

## Desinfectie van effluent

### Inleiding

Het doel van desinfectie is om alle ziekteverwekkende organismen te vernietigen. In dit verband wordt in de afvalwaterzuiveringstechniek vaak ten onrechte gesproken van sterilisatie.

Onder sterilisatie wordt nl. verstaan de vernietiging c.q. onschadelijkmaking van alle micro-organismen, ziekteverwekkend of niet.

Desinfectie van effluent kan op diverse manieren plaats vinden. Er kan bv. gedesinfecteerd worden door het effluent te bestralen met UV licht, maar ook door middel van een dosering van ozon. In Groot Brittannië is een methode van desinfectie door elektrolyse van een mengsel van zeewater en rioolwater in onderzoek, waarbij dan aan de ene elektrode de BOD<sub>5</sub> wordt verlaagd en aan de andere elektrode wordt gedesinfecteerd.

Deze methoden zijn interessant en van belang.

Directe toepassingsmogelijkheden ervan lijken echter nog niet weggelegd, daar enerzijds de kosten, voor zover bekend, exorbitant hoog zijn en anderzijds alle methoden nog min of meer in een experimenteel stadium verkeren. Anders is het gesteld met desinfectie van effluent door chloorgas of chloorverbindingen, zoals chloorbleekloog. Deze desinfectiemiddelen zijn, zowel binnen als buiten de afvalwaterzuiveringstechniek, vaak toegepast. Men kan dus met een redelijke mate van zekerheid na gaan welke consequenties, zowel uit kosten- als uit technisch oogpunt, de toepassing ervan met zich brengt.

In het navolgende wordt op deze consequentie van desinfectie van effluent nader ingegaan in de vorm van de beantwoording van een aantal vragen, nl.:

1. Waarom desinfectie?
2. Waar desinfectie?
3. Welke factoren zijn van belang?
4. Wat kost desinfectie?

### Waarom desinfectie?

Op 6 mei 1968 is te Straatsburg de tekst bekend gemaakt van het Handvest voor het Water.

Artikel 4 van dit Handvest luidt:

„Het is noodzakelijk dat de kwaliteit van het water geschikt blijft voor alle gebruik; zij moet in het bijzonder voldoen aan de eisen die de Volksgezondheid stelt”.

Als toelichting op dit artikel wordt vermeld:

„De eisen die aan de kwaliteit van het water worden gesteld verschillen naar gelang het gebruik dat ervan zal worden gemaakt, zoals voor voeding en huishouding, voor landbouw en industrie, voor visserij en recreatie. Omdat alle leven op aarde in zijn totaliteit afhankelijk is van de vele natuurlijke eigenschappen van het water, dienen maatregelen te worden genomen, om deze te behouden”.

Wordt de bestaande situatie in W.-Europa getoetst aan artikel 4 van het Handvest, dan zal toch een gevoel van onbehagen ontstaan. Want wat is het geval?

Globaal gesproken is het geproduceerde afvalwater ver-

zameld en zijn d.m.v. rioolwaterzuiveringsinstallaties de organische stoffen grotendeels uit dit afvalwater verwijderd.

Hierdoor is gedeeltelijk aan de eis van artikel 4 voldaan, en worden inderdaad een groot aantal bezwaren, uit een oogpunt van volksgezondheid, ondervangen.

Immers, bij een juiste afstemming van het systeem van afvalwaterbehandeling op kwaliteit en kwantiteit van het ontvangend water worden vissterfte, stankproblemen, het ontstaan van esthetisch onaanvaardbare toestanden e.d. doeltreffend bestreden.

Er moet echter wel worden beseft dat slechts geheel aan de eis van artikel 4 wordt voldaan, als er ook maatregelen zijn genomen ter bestrijding van de bacteriologische vervuiling.

Op het belang van de bacteriologische vervuiling van oppervlaktewater voor de volksgezondheid wordt elders in dit nummer ingegaan, zodat dit aspect hier gevoeglijk buiten beschouwing kan worden gelaten.

Eveneens wordt er in dit nummer aandacht geschonken aan de processen, welke uiteindelijk het aantal in oppervlaktewater voorkomende darmbacteriën bepalen.

Hierbij spreekt men van afstervings- en verdunnings-effecten. Deze effecten gaan een rol spelen zodra de darmbacteriën het oorspronkelijke milieu verlaten.

In vers huishoudelijk afvalwater zijn ca. 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup> darmbacteriën per ml aanwezig.

Door de genoemde effecten komen in het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie in het gunstigste geval nog ca. 10<sup>4</sup> - 10<sup>5</sup> darmbacteriën per ml voor.

Deze lozing is in het oppervlaktewater ook weer onderhevig aan afstervings- en verdunnings-effecten.

Al met al zijn er dus een aantal factoren welke zorg dragen voor een aanzienlijke reductie van het aantal darmbacteriën, nadat deze het oorspronkelijke milieu verlaten hebben.

Ondanks deze reductie zijn er toch een drietal factoren die aandacht verdienen, en wel:

*Afb. 1 - De gegevens van Rijn en Maas zijn verkregen door rekenkundige middeling van door het RIZA beschikbaar gestelde uitkomsten van bemonsteringen. De gegevens over het Eemmeer zijn afkomstig uit een verslag (1966) van de Provinciale Waterstaat Utrecht. De cijfers van het boezemgebied zijn bepaald door Dwars, Heederik en Verhey nv (1968-1969).*

Bacteriologische verontreiniging	-----		
	kiemen 37° C	MPN	Eijkman
norm	< 500	1/ml	negatief in 5 x 0,2 ml
Eemmeer I	700 - 3000	n.b.	+
Eemmeer II	4000 - 7000	n.b.	+
Boezemgebied	n.b.	240 - 11000	+
Rijn, Lobith	9200	75	n.b.
Maas, Grave	11000	30	n.b.

### 1. De huidige situatie

Ondanks de genoemde elimineringsfactoren komen er in het oppervlaktewater toch nog een aanmerkelijk aantal darmbacteriën voor (afb. 1).

Worden deze cijfers vergeleken met de normen gesteld door de Commissie Zwembaden TNO, voor open water, dan wordt wel duidelijk dat de huidige situatie uit een oogpunt van volksgezondheid, niet aanvaardbaar is.

### 2. De toekomstverwachting

De te verwachten toename in het aantal geproduceerde huishoudelijke inwonerequivalenten laat vermoeden dat, ondanks de toename van het aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties, de huidige toestand eerder zal verslechteren dan verbeteren.

### 3. De positie van het recreatiewater

Watersporten, zoals zwemmen en zeilen, worden bedreven in en op plassen en meren met weinig of geen doorstroming, m.a.w. onder omstandigheden waarbij de geproduceerde en geloosde bacteriologische verontreiniging relatief lang werkzaam blijft. Juist die wateren dus, welke uit een oogpunt van volksgezondheid zeker in een goede bacteriologische conditie moeten zijn, verkeren in een slechte positie.

Nu kan gesteld worden dat de huidige situatie niet van de ene dag op de andere is ontstaan, maar al jaren bestaat en dat calamiteiten uitgebleven zijn.

Niemand kan echter ontkennen dat het best mogelijk is dat ziektegevallen zijn ontstaan door het zwemmen in oppervlaktewater. Het is eenvoudig niet bekend.

In een dergelijke situatie is het toch zeker een taak van de overheid de best mogelijke preventieve maatregelen te nemen. Naast de preventieve maatregelen welke in het beleidsvlak liggen (bv. het aanwijzen van oppervlaktewateren welke speciaal voor de recreatie zijn bestemd en waarop geen afvalwater geloosd mag worden) is één van de technische maatregelen om bacteriologische verontreiniging tegen te gaan, de desinfectie van effluent.

#### Waar desinfectie?

Zowel in Nederland als in Zwitserland, Duitsland en Gr. Brittannië wordt slechts incidenteel desinfectie toegepast. Geheel anders is de situatie in de Verenigde Staten.

Sinds 1914 is daar het desinfecteren van afvalwater tot een normaal bestanddeel van de afvalwaterzuiveringstechniek geworden. In 1957 werd op ca. 30 % van alle afvalwaterzuiveringsinstallaties op één of andere wijze desinfectie toegepast. Opvallend is dat vooral bij de grotere installaties het percentage met desinfectie groot is (afb. 2).

Afb. 2 - Overzicht 1957 USA.

i.e.	totaal aantal	%
< 5.000	5598	23
5.000 - 25.000	1458	44
25.000 - 100.000	298	60
> 100.000	164	61
totaal	7518	30

Uit een enquête van Juliano [1] blijkt voor de laatste jaren een stijgende tendens in het aantal rioolwaterzuiverings-

inrichtingen dat gebouwd is met een desinfectie-installatie (afb. 3).

Afb. 3 - Aanvangstijdstip desinfectie.

tijdstip	aantal
1920 - 1950	5
1951 - 1955	7
1956 - 1960	14
1961 - 1966	34

Als in Nederland gedacht wordt aan desinfectie van effluent dan wordt vooralsnog uitgegaan van de opvatting dat slecht dan desinfectie van effluent toegepast behoort te worden als er geloosd wordt op wateren met een recreatief karakter.

Het Gooi- en Eemmeer, het Veluwemeer en de afgedamde Zeeuwsche wateren staan dan ook in het brandpunt van de belangstelling. Daar de waterrecreatie zich vrijwel geheel in het zomerseizoen afspeelt kan de desinfectie ook tot dit seizoen worden beperkt. Uit de enquête van Juliano over de praktijk van de desinfectie in de staten Illinois en Indiana blijkt, dat ook in de Verenigde Staten deze part-time chlorination vaak wordt toegepast.

Op 28 % van het aantal geënquêteerde installaties werd gehoord gedurende 6 - 10 maanden, op 14 % gedurende minder dan 6 maanden en op 58 % gedurende het gehele jaar.

#### Welke factoren zijn van belang?

Bij het ontwerp van een desinfectie-installatie speelt het desinfectans een grote rol.

Een desinfectans voor de behandeling van effluent moet voldoen aan de volgende eisen:

- het moet een sneldodende werking hebben;
- het moet deze werking geruime tijd behouden, m.a.w. het moet stabiel zijn;
- het moet veilig en gemakkelijk hanteerbaar en doseerbaar zijn;
- de kosten moeten zo laag mogelijk zijn;
- kleine hoeveelheden moeten een voldoende resultaat geven.

Er zijn zowel fysische, als chemische desinfectiemethoden denkbaar, welke alle min of meer aan deze eisen voldoen.

De bestaande desinfectie-installaties voor de behandeling van effluent werken vrijwel alle met chloorgas of chloorverbindingen, zoals bv. chloorbleekloog.

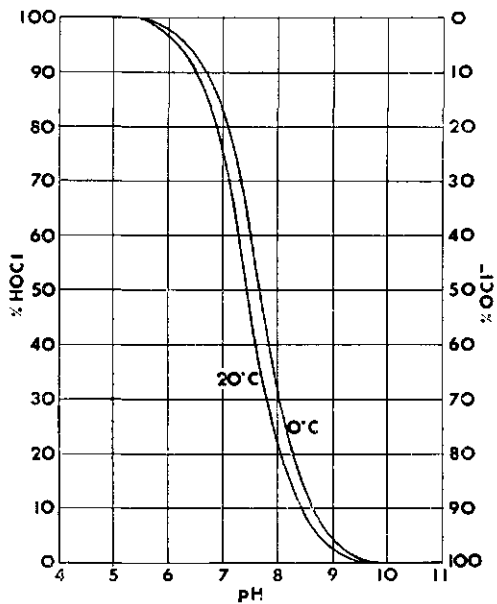
#### Chloorgas

Chloorgas bezit, m.b.t. de genoemde wenselijke eigenschappen voor een desinfectans, zowel gunstige- als ongunstige kenmerken. Gunstig is dat chloorgas

- bij een pH van ca. 7,5 een sneldodende werking heeft;
- stabiel is;
- niet duur is.

Daartegenover staan een aantal minder prettige eigenschappen, die allen betrekking hebben op het veiligheidsaspect, nl. chloorgas

- is giftig;
- is in een vochtig milieu agressief;
- staat in een container onder ca. 6,5 ato druk, terwijl het bij 1 ato gedoseerd moet worden;
- vraagt voor opslag en dosering vele veiligheidsmaatregelen.



Afb. 4 - Effect of pH on the distribution of hypochlorous acid and hypochlorite ion in water.

### Chloorbleekloog

Chloorbleekloog is een vloeistof welke ongeveer dezelfde positieve desinfectie eigenschappen bezit als chloorgas. Daartegen zijn er echter ook een aantal bezwaren verbonden aan het gebruik van chloorbleekloog, nl.

- de sterkte loopt terug in de tijd. Na ca. 3 weken is de hoeveelheid werkzaam chloor van max. 15 % teruglopen tot ca. 12 %;
- vergeleken met chloorgas is het als middel relatief duur.

Van belang voor het ontwerp van een desinfectie-installatie is dat de bezwaren welke verbonden zijn aan het gebruik van chloorbleekloog geen betrekking hebben op het veiligheidsaspect.

Bij de bepaling van het uiteindelijke effect van een dosering, spelen zowel variabele, door de mensen te beïnvloeden factoren, als gegeven factoren, eigenschappen van de te behandelen effluent, een rol.

De variabele factoren zijn contacttijd en dosis.

Als gegeven factoren zijn te beschouwen de zuurgraad, de aard van het organisme, de samenstelling van het effluent, de temperatuur.

Allereerst wordt nader ingegaan op de 4 gegeven factoren. Daarna worden de 2 variabele factoren behandeld.

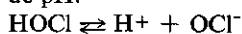
### Gegeven factoren

#### De zuurgraad

Bij oplossen van chloorgas in water ontstaat het volgende evenwicht:

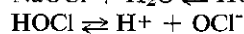
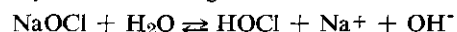


Boven pH = 4 is het evenwicht sterk naar rechts verschoven, dus boven pH = 4 is er weinig of geen vrij chloor in oplossing. Het gevormde onderchlorigzuur (HOCl) is een zwak zuur en dissocieert, afhankelijk van de pH.



Afhankelijk van de pH komen er in de oplossing dus HOCl moleculen en OCl<sup>-</sup> ionen voor, samen het zgn. werkzaam chloor (afb. 4).

Bij chloorbleekloog dezelfde situatie:



Deze pH afhankelijkheid is van grote betekenis omdat uit vele onderzoeken gebleken is dat het desinfecterend vermogen voornamelijk wordt veroorzaakt door het niet gedissocieerde onderchlorigzuur (HOCl). Het neutrale, niet geladen HOCl kan gemakkelijker door de celwand van de bacterie diffunderen dan het geladen OCl<sup>-</sup> ion.

Bij de meest voorkomende pH van het effluent, ongeveer 6,5 - 7, bestaat dus een voor de desinfectie gunstige verhouding tussen HOCl moleculen en OCl<sup>-</sup> ionen (zie afb. 4).

#### De aard van het organisme

In effluent kunnen voorkomen bacteriën, virussen en bacteriesporen.

Het desinfecterend effect van het HOCl molecuul ligt voor de verschillende bacteriën nogal wat uit elkaar.

Bekend is bv. dat de darmbacteriën snel ten gronde gaan. De virussen, bestaande uit één vrij ongevoelig eiwit, worden moeilijker gedood. Wil men ook de virussen doden, dan moet zeker breekpuntchloring toegepast worden.

Bacteriesporen hebben een moeilijk doordringbare wand, waardoor wellicht de grotere resistentie van sporen tegen desinfectie door chloor verklaard kan worden.

#### De samenstelling van het effluent

De gecompliceerde samenstelling van het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie, ook in de tijd, is er oorzaak van dat een voorspelling van het verloop van de desinfectieprocessen zeer moeilijk, zo niet onmogelijk is. De toegedijnde desinfectiemiddelen reageren primair als oxydatiemiddelen. IJzer en mangaan kunnen geoxydeerd worden tot hogere valenties en nitriet tot nitraat. De hoeveelheid desinfectans dat nog werkzaam kan zijn als desinfectans neemt hierdoor aanzienlijk af. Naast de anorganische stoffen zijn er organische verbindingen welke op dezelfde wijze reageren. Er zijn echter ook organische stoffen welke tussenprodukten vormen die, zij het langzamer, desinfecterend werkzaam kunnen zijn. In dit laatste geval wordt er gesproken van gebonden werkzaam chloor.

Eenzelfde reactieverloop vertoont ammoniak.

Al met al is het duidelijk dat elk effluent een zekere chloorbehoefte heeft. Er is lange tijd uitgegaan van de gedachte dat desinfectie pas optreedt als aan de chloorbehoefte van het water is voldaan, m.a.w. als de oxyderende werking van het chloor beëindigd is. Er zijn echter onderzoeken waarbij is aangetoond dat bv. een dosis van 50 % van de chloorbehoefte al een bacteriedodend geeft van 80 %.

Nevengeschikt aan deze problematiek is het feit dat indien een desinfectansdosering het gevraagde effect, nl. het onschadelijk maken van ziekteverwekkende organismen wil bereiken, deze organismen ook aantastbaar moeten zijn. Indien de organismen in vlokform verkeren of omgeven zijn door een huidje van organisch materiaal, dan kan het voorkomen dat de bereikbaarheid vermindert wordt.

Dit bezwaar kan eventueel ondervangen worden door vóór de desinfectie zandfiltratie of micro-straining toe te passen. Het is echter een kwestie van afwegen van kosten of de investeringen hiertoe opwegen tegen een verhoging van de dosis en/of langere contacttijd.

Voor de praktijk van de desinfectie van effluent impliceert dit alles dat de te installeren capaciteit en de toe te dienen dosis, afhankelijk zijn van het zuiveringssysteem.

#### De temperatuur

Het effect van de temperatuur is niet anders dan bij de meeste biologische processen. Bij verhoging van temperatuur verlopen processen sneller. Dit impliceert dat het desinfectieproces gedurende het zomerseizoen effectiever verloopt dan tijdens het winterseizoen.

#### Variabele factoren

Bij de vaststelling van de variabele factoren, welke worden gevormd door contacttijd en dosis, moet, om het gevraagde effect te bereiken, dus rekening worden gehouden met de gegeven factoren zuurgraad, aard van het organisme, samenstelling van het effluent en de temperatuur.

#### Contacttijd

Naar het effect van de contacttijd is veel onderzoek gedaan. Gewoonlijk neemt men aan dat de desinfectie een reactie is van de eerste orde, dus dat de snelheid van het desinfectieproces recht evenredig is met de nog niet gedesinfecteerde hoeveelheid organismen.

$$\text{In formule: } - \frac{dC}{C} = kC$$

Als  $C_0$  het aantal bacteriën is op tijdstip  $t = 0$  en als  $C$  het aantal bacteriën is op tijdstip  $t$  en  $k$  is de reactieconstante, dan kan worden gesteld:

$$- \int_{C_0}^C \frac{dC}{C} = k \int_0^t dt, \text{ ofwel}$$

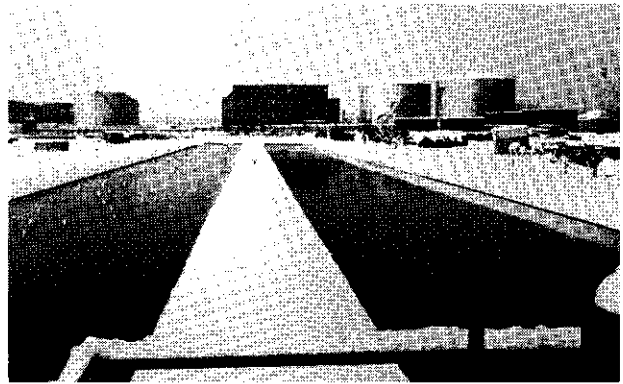
$$- \ln \frac{C}{C_0} = \ln \frac{C_0}{C} = kt$$

Overgaand op  $\log_{10}$  volgt hieruit dat

$$\log_{10} \frac{C_0}{C} = \frac{kt}{2,303}$$

Theoretisch kan nu bij een gegeven beginconcentratie aan bacteriën  $C_0$ , een bekende  $k$  en een te bereiken eindconcentratie aan bacteriën  $C$ , de  $t$  in de formule, de contacttijd, berekend worden.

In de praktijk blijkt dat deze wet van Chick niet altijd opgaat. Er is dan ook een groot aantal onderzoekers geweest, die elk weer tot een andere formule zijn gekomen met daarin exponenten welke weer een variabele waarde kunnen hebben. Wat dit alles voor de praktijk te betekenen heeft wordt wellicht gegeven door de enquête van Juliano. 70 % van het aantal geënquêteerde installaties heeft een contacttijd welke bij de gemiddelde dagaanvoer ligt tussen de 15 en 30 minuten. De overige 30 % heeft langere contacttijden.



Afb. 5 - Contactbassin van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Ruhleben te Berlijn.

De contacttijd wordt voornamelijk gevonden in speciaal daartoe ontworpen contactbassins (afb. 5). Ook wordt wel gebruik gemaakt van de afvoerleidingen van de installatie, de nabezinktank of zelfs van het ontvangende water om een voldoende contacttijd te bereiken.

#### Dosis

De dosis welke toegediend wordt heeft belangrijke invloed op het uiteindelijk effect. Het is duidelijk dat de mate van dosering afhankelijk is van de pH, de aard van de organismen welke vernietigd moeten worden, de samenstelling van het effluent, de temperatuur en de contacttijd.

In afb. 6 wordt een inzicht gegeven in de orde van grootte van de noodzakelijke dosis. Opmerkelijk is dat de geadviseerde dosis volgens de Ten States Standards aanmerkelijk hoger is dan de in de praktijk gevonden waarden van Juliano. De installatie Ruhleben in Berlijn doseert slechts 2 mg/l, omdat het effluent van deze installatie de zeer lage  $BOD_5$  heeft van ca. 10 mg/l.

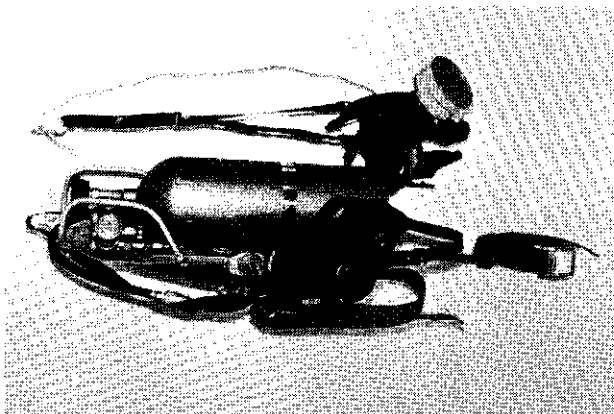
Afb. 6 - Gem. hoeveelheid chloor in mg/l.

	effluent bezinktank	effluent AS installatie	effluent ox. bed installatie
Juliano	8,5	5,0	6,5
Ten States Standards	20 - 25	8	15
Ruhleben	—	2	—

Het uiteindelijke doel van de desinfectie is de ziekteverwekkende organismen te vernietigen. De kans op een goed resultaat is zo groot mogelijk als er zo weinig mogelijk colitestorganismen in het gedesinfecteerde effluent aangetoond kunnen worden. Wil de beheerder van het ontvangende water dan ook handelen volgens de regels der kunst, dan moet geëist worden dat niet meer dan  $x$  colibacteriën per ml effluent aanwezig mogen zijn.

Praktisch levert deze werkmethode bezwaren op in verband met het karakter van deze bepaling. Meestal wordt er dan ook geëist dat na een contacttijd van  $y$  minuten minimaal  $z$  mg restchloor/l aanwezig is.

Gesteld wordt dan dat de aanwezigheid van  $z$  mg restchloor per liter na de contacttijd een voldoende garantie is voor de afwezigheid van ziekteverwekkende organismen. In de praktijk heeft  $z$  verschillende waarden, die echter allen variëren binnen de 0,2 - 0,5 mg/l. De installatie Ruhleben werkt met een restchloorgehalte van 0,3 mg/l.



Afb. 7 - Een bij een chloorgas-installatie voorgeschreven perslucht-masker.

Bij dit alles moet wel bedacht worden dat deze werkwijze in feite alleen toegepast mag worden als aan de chloorbehoefte van het effluent is voldaan, m.a.w. als het restchloorgehalte gemeten wordt als werkzaam chloor.

#### Wat kost desinfectie?

Om een juist beeld te krijgen van de kosten welke verbonden zijn aan desinfectie, dienen zowel de investeringen als de jaarlijkse lasten in de beschouwing betrokken te worden. De investeringen hebben zowel betrekking op bouwkundige- als mechanische voorzieningen welke noodzakelijk zijn voor de te creëren contacttijd, de opslag- en de veiligheidsvoorzieningen.

De jaarlijkse lasten worden gevormd door de afschrijving op de investering en de exploitatiekosten welke voornamelijk worden gevormd door het chemicaliënverbruik. Welke investeringen noodzakelijk zijn is niet alleen afhankelijk van de grootte van de rioolwaterzuiveringsinstallatie, maar ook van het desinfectiemiddel dat wordt toegepast t.w. chloorgas of chloorbleekloog.

Het gebruik van chloorgas, er is al op gewezen, is niet zonder gevaar. De Arbeidsinspectie stelt aan een chloorgasinstallatie dan ook hoge veiligheidseisen (afb. 7), wat dan weer z'n weerslag vindt in de daartoe noodzakelijke investeringen. Het voordeel van de relatief lage kostprijs van chloorgas gaat dan verloren.

Chloorbleekloog is minder gevaarlijk met als gevolg dat de uitgebreide veiligheidsvoorzieningen voor een chloorbleeklooginstallatie niet nodig zijn. Als middel is chloorbleekloog daarentegen duurder dan chloorgas (resp. ca. f 75,— per 100 kg (15%) tegen ca. f 36,— per 100 kg chloorgas). De beslissing welke installatie gebouwd wordt — de desinfecterende effecten van beide middelen komen goed met elkaar overeen, beide middelen hebben dezelfde contacttijd — is dus vooral afhankelijk van een kostenberekening en van een waardering van het gevaarelement. Deze waardering van het gevaarelement is niet objectief in kosten uit te drukken, zodat dit aspect verder buiten beschouwing blijft.

Aan de hand van een rekenvoorbeeld wordt nu nagegaan hoe het kostenaspect is opgebouwd, zowel voor chloorgas als chloorbleekloog.

Stel dat een desinfectie-installatie ontworpen moet worden voor een rioolwaterzuiveringsinstallatie van 180.000 i.e. (laag belaste oxydatiebedden), een r.w.a. van 5100 m<sup>3</sup>/h en een d.w.a. van 1700 m<sup>3</sup>/h.

Er moet een contacttijd en een te installeren capaciteit gekozen worden, terwijl, afgaande op een vermoedelijke dosis, het verbruik en daarmee de opslag bepaald kan worden. De contacttijd is, analoog aan de gebruikelijke Amerikaanse omstandigheden, gesteld op 15 min. bij r.w.a. Een contactbassin dus met een inhoud van 1275 m<sup>3</sup>. Bij d.w.a. wordt de contacttijd dan 45 min. Aansluitend bij de gegevens van de Ten States Standards is gekozen voor een doseercapaciteit van 15 mg/l. De capaciteit van de doseerapparatuur wordt uitgedrukt in kg/h. De 15 mg/l komt bij een max. dagaanvoer van 135.000 m<sup>3</sup> en een afwijking van 10% van de capaciteit van de vijzels t.o.v. de ontwerpcapaciteit overeen met een installatie van 92,5 chloorgas per uur. Voor chloorbleekloog

$$\text{wordt deze capaciteit } \frac{1000}{150} \times 92,5 = 620 \text{ l/uur (s.g. chloorbleekloog } \approx 1).$$

Het verbruik van chloorgas of chloorbleekloog is afhankelijk van de dosis welke toegediend wordt en de hoeveelheid te behandelen effluent.

Voor de volgende berekeningen voor chloorgas zijn twee dosis aangehouden, nl. 6,5 g/m<sup>3</sup> en 10 g/m<sup>3</sup>.

Bij een gemiddelde dagaanvoer, met als berekeningsgrondslag de jaaraanvoer gedeeld door 365, van 27.800 m<sup>3</sup>, worden de verbruiken per dag resp. 181 kg en 287 kg. Bij een maximale dagaanvoer van 135.000 m<sup>3</sup> worden deze bedragen resp. 876 kg en 1350 kg. Bij een minimale dagaanvoer van 20.150 m<sup>3</sup>, gebaseerd op de d.w.a. van inwoners en industrie, worden deze verbruiken resp. 131 kg en 201 kg (afb. 8).

Afb. 8 - Chloorgas.

	r.w.a. 5100 m <sup>3</sup> /u	d.w.a. 1700 m <sup>3</sup> /u
	180.000 i.e.	
dosis	6,5 g/m <sup>3</sup>	10 g/m <sup>3</sup>
max. 135.000 m <sup>3</sup>	876 kg	1350 kg
min. 20.150 m <sup>3</sup>	131 kg	201 kg
gem. 27.800 m <sup>3</sup>	181 kg	278 kg

Het is duidelijk dat het maximale dagverbruik geen juiste maatstaf is voor het bepalen van de opslag. Deze situatie komt immers slechts incidenteel voor. Uiteraard moet er wel aan gedacht worden dat ze voor kan komen en dat ze dan opgevangen moeten kunnen worden.

Evenmin mag men uitgaan bij een bepaling van de opslag van de minimale aanvoer, omdat er normaliter meer aanvoer is dan uitsluitend d.w.a.

Beter is het voor de bepaling van de opslag uit te gaan van de gemiddelde dagaanvoer.

Bij de berekening van de opslag dient naast het verbruik ook aandacht geschonken te worden aan de hantering van de opslag. Is er bv. een opslag berekend voor 15 dagen bij gemiddelde dagaanvoer, dan vallen er in deze 15 dagen twee weekenden, met de kans dat juist in deze weekenden de opslag vernieuwd of aangevuld moet worden. Beter is het dan ook de opslag iets ruimer te nemen, bv. voorraad voor 20 dagen.

In principe gelden voor het verbruik van chloorbleekloog dezelfde cijfers als voor chloorgas, met dien verstande

$$\text{dat een omrekeningsfactor van } \frac{1000}{150} \text{ gebruikt moet worden daar chloorbleekloog slechts circa 15\% werkzaam chloor bevat.}$$

De zo berekende verbruiken staan gegroepeerd in afb. 9. Bij de bepaling van de opslag van chloorbleekloog dient niet alleen rekening gehouden te worden met de gemiddelde aanvoer en het weekend, maar ook met het feit dat het percentage werkzaam chloor terugloopt in de tijd. Na 3 weken bevat chloorbleekloog nog slechts ca. 11 - 12 % werkzaam chloor. Deze drie weken worden als grens genomen voor de opslag, dus de opslag moet zodanig zijn, dat eens in de drie weken de voorraad ververst kan worden.

Afb. 9 - Chloorbleekloog.

	180.000 i.e.		d.w.a. 1700 m <sup>3</sup> /u	
	r.w.a. 5100 m <sup>3</sup> /u			
dosis		43 l/m <sup>3</sup>		66 l/m <sup>3</sup>
max. 135.000 m <sup>3</sup>		5850 l		9000 l
min. 20.150 m <sup>3</sup>		870 l		1340 l
gem. 27.800 m <sup>3</sup>		1200 l		1850 l

In dit verband is dan ook de minimale aanvoer van belang.

Aan de hand van de nu bekende gegevens kan een kostenoverzicht van zowel chloorgas als chloorbleekloog opgesteld worden (afb. 10).

Afb. 10 - Kostenoverzicht.

	chloorgas		chloorbleekloog	
	totaal	per i.e.	totaal	per i.e.
investering	f 370.600	f 2,—	f 261.600	f 1,45
jaarlijkse last				
à 6,5 g/m <sup>3</sup>	f 43.490	f 0,24	f 46.720	f 0,26
à 10 g/m <sup>3</sup>	f 49.690	f 0,27	f 59.630	f 0,33

Dit overzicht is gebaseerd op een seizoen van 150 dagen, een gemiddelde wateraanvoer van 27.800 m<sup>3</sup> per dag en dosering van 6,5 g/m<sup>3</sup> resp. 10 g/m<sup>3</sup>. Voor de bouwkundige voorzieningen is een afschrijvingstermijn van 40 jaar aangehouden en een rentepercentage van 6½ procent. Voor de werktuigbouwkundige voorzieningen worden deze bedragen resp. 15 jaar en 6½ %.

Onder chemicaliënverbruik is tevens begrepen 12 % omzetbelasting over het totale bedrag, dus inclusief vervoerskosten. Voor onderhoud is voor het bouwkundig deel gerekend met ½ % en voor het mechanisch deel met 2 %.

Uit deze kostenvergelijking blijkt dat chloorgas bij de gekozen doseringen van 6,5 en 10 g/m<sup>3</sup> qua kosten aantrekkelijker is dan dosering van chloorbleekloog. Duidelijk merkbaar is ook de tendens dat bij kleinere installaties (hier te vergelijken met kleinere dosering) chloorbleekloog, door het ontbreken van diep ingrijpende en kostbare veiligheidsmaatregelen, meer en meer het aangewezen desinfectiemiddel is. Tenslotte zij er nogmaals op gewezen dat naast het kostenaspect ook de werkbaarheid van de installatie, het veiligheidsaspect en de personeelsbezetting een grote rol spelen bij de beslissing of voor een chloorgas- of een chloorbleekloogdesinfectie-installatie gekozen wordt.

### Samenvatting

Op grond van bemonsteringen is gesteld dat een aantal

Nederlandse oppervlaktewateren niet voldoen aan de normen welke gesteld zijn door de Commissie zwembaden TNO voor het zwemmen in open water. De toekomstverwachting en de positie van de wateren welke bestemd zijn voor de recreatie, geven aanleiding om te komen tot maatregelen om deze wateren te beschermen tegen bacteriologische verontreiniging.

Eén van deze maatregelen is de desinfectie van effluent door middel van chloorgas of chloorbleekloog. De eigenschappen van het effluent zijn mede bepalend voor het ontwerp van een desinfectie-installatie.

Het verschil tussen dosering van chloorgas en chloorbleekloog wordt vooral gevormd door de hoge veiligheidseisen welke noodzakelijk zijn bij dosering van chloorgas. Ook in de kosten komt dit tot uiting.

Uit het rekenvoorbeeld (laag-belaste oxydatiebedden-installatie van 180.000 i.e., d.w.a. 1700 m<sup>3</sup>/u, r.w.a. 5100 m<sup>3</sup>/u), blijkt voor chloorgas een investering noodzakelijk te zijn van f 2,— per i.e. en voor chloorbleekloog ca. f 1,45 per i.e. De jaarlijkse last is mede afhankelijk van de toe te dienen dosis desinfectiemiddel.

Voor een dosis van 6,5 g/m<sup>3</sup> wordt de jaarlijkse last van chloorgas f 0,25 per i.e. en voor chloorbleekloog f 0,26 per i.e. Bij een dosis van 10 g/m<sup>3</sup> wordt voor chloorgas als jaarlijkse last berekend f 0,27 per i.e. en voor chloorbleekloog f 0,33 per i.e.

### Literatuur

1. Juliano, F. E., „Water and Sewage Works”. Sewage Effluent Chlorination Practice, januari 1968.
2. „WPCF Manual of Practice no. 8, Sewage Treatment Plant Design 1963.
3. Sawyer, Clair N. and Mc Carty, Perry L. 1967. „Chemistry for sanitary engineers”.
4. Fair, G. M. und Geyer J. G. 1961. „Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung”.
5. „Advances in Applied Microbiology no. 8, 145-193, 1966.
6. Shuval, H. J., „Advances in Water Pollution Research”. Vol. III, 1966.
7. Shuval, H. J., 1967. „Paper presented to the international conference on water for peace”.
8. Voorlopige aanbevelingen inzake de kwaliteit van zwembadwater, opgesteld door de Commissie Zwembaden TNO, publ. no. 20, afd. Gezondheidstechniek TNO.
9. Guillard, Jean, R., „Techniques et Sciences Municipales”, okt. 1968. L'évolution dans le traitement des eaux par l'ozone du cours des quinze dernières années.
10. Marson, H. W., 1967. „Water Pollution Control”. Electrolytic sewage treatment; the modern Process.
11. Carroll, Leo J., 1965. Closed loop chlorination control. National Symposium on sanitary engineering research, Pennsylvania State University.
12. Whitlock, E. A. 1953. „Water and Water Engineering”. The application of chlorine in the treatment of water.