Vergelijking van de bactericiede werking van chemische ontsmettingsmiddelen in water desinfectie



N. DEPRE
Laboratorium voor Industriële Microbiologie & Biochemie
Universiteit Leuven

Inleiding

Oppervlaktewater bevat naast de natuurlijke bodem- en water microflora ook kunstmatig ingebrachte micro-organismen. De voornaamste van deze microbiële verontreinigingsbronnen zijn huishoudelijk afvalwater, effluent van slachthuizen en van bio-industrieën.

Bij het gebruik van water worden microbiologische kwaliteitseisen gesteld. Meestal is dit om hygiënische redenen zoals bijv. in geval van drinkwater, zwemwater, recreatiewater, water gebruikt in de voedings-, de geneesmiddelen- en de cosmetica-industrie. Ook om zuiver technische redenen kunnen normen gesteld worden, zo bijv. aan koelwater en aan proceswater. Om aan de speciale eisen van elk van deze toepassingen te kunnen voldoen is desinfectie meestal de enige oplossing. Verschillende desinfectiemethoden zijn beschreven [8, 11, 26].

Chloor is zonder twijfel het meest algemeen gebruikte desinfectiemiddel. Jarenlange ervaring met chloor in de drinkwater desinfectie lieten toe het proces te optimaliseren. Chlorering werd dan ook automatisch overgenomen voor de desinfectie van zwembadwater, van koelwater en van effluenten van huishoudelijk afvalwaterzuiveringsinstallaties [26]. Naargelang de zuiverheid van het te behandelen water gebruikt men 1 tot 16 mg vrij chloor/liter [4]. Bacteriën worden goed afgedood door chloor maar virussen, algen en bepaalde protozoa zijn relatief weerstandig [26]. Van de toegevoegde chloor blijft ongeveer 1 mg/liter als restchloor achter in het behandelde water [4]. Daar vrij chloor toxisch is voor hogere organismen is dechloreren aan te raden [3, 18, 24]. Door dechloreren wordt het toxiciteitsprobleem echter niet volledig opgelost. Vrij chloor zal immers ook reageren met organisch materiaal aanwezig in het water [15]. De gevormde organochloorverbindingen zijn toxisch, mutageen en zelfs carcinogeen [23]. Omwille van deze nadelen zoekt men naar alternatieve oxyderende verbindingen. Een mogelijkheid bestaat erin te werken met chloorderivaten als chlooraminen, chloordioxide en interhalogeenverbindingen. Monochlooraminen kunnen direct aan water worden toegevoegd of worden gevormd bij chlorering van ammoniakhoudend water [18]. De microbiciede werking van monochlooramine is minder sterk dan deze van vrij chloor [26].

Het desinfecterend vermogen van chloordioxide, bij neutrale pH, is vergelijkbaar met dat van vrij chloor [2]. Met chloordioxide worden geen chlooraminen of organochloorverbindingen gevormd. Chloordioxide is echter een explosief gas, het moet bijgevolg ter plaatse gemaakt worden [5, 26].

De interhalogenen gedragen zich analoog aan de halogenen. Voor broomchloride, het meest bestudeerde interhalogeen, betekent dit dat in water broomaminen en organochloorverbindingen zullen gevormd worden. Broomaminen zouden echter sterkere desinfectiemiddelen zijn dan chlooraminen, terwijl de organobroomverbindingen minder toxisch en makkelijker afbreekbaar zouden zijn dan de overeenkomstige organochloorverbindingen. Broomchloride kan gedoseerd worden met dezelfde installaties als chloor zodat hier geen bijkomende kosten nodig zijn [13].

Ozon is een ander veel bestudeerd alternatief voor water desinfectie. De aangegeven dosis voor het behandelen van natuurlijk water schommelt tussen 15 en 50 mg/liter [5, 26]. Het gebruik van ozon stelt enkele praktische problemen: ozon wordt elektrisch gegenereerd uit lucht, dit houdt in dat ozon ter plaatse gemaakt moet worden; omwille van zijn lage wateroplosbaarheid zijn speciale technieken vereist om de geozoniseerde lucht in contact te brengen met het water. Dit alles maakt dat installatie- en werkingskosten bij gebruik van ozon eerder hoog zullen liggen.

Waterstofperoxide is reeds lang bekend als desinfectiemiddel [9, 17]. De schadeloosheid van de produkten die vrijkomen bij de ontbinding van waterstofperoxide is natuurlijk bijzonder aantrekkelijk. Alvorens men met waterstofperoxide een goede afdoding bekomt zijn echter hoge concentraties en lange contacttijden nodig. Anderzijds laat zijn langdurige desinfecterende werking toe nagroei in leidingen en opslagreservoirs te vermijden [27].

Peroxyzuren, vooral perazijnzuur, worden ook beschreven als desinfectiemiddel. Peroxyzuren werken sterker bactericiede dan waterstofperoxide: lage concentraties en korte contacttijden worden dus mogelijk [12, 20].
In dit artikel werden verschillende chemische desinfectiemiddelen vergeleken door hun invloed na te gaan op de bacteriële flora van secundaire effluenten van zuiveringsinstallaties van huishoudelijk afvalwater. De studie van deze mengflora's in hun natuurlijk medium laat toe een algemeen beeld te krijgen over de desinfecterende eigenschappen van een produkt. Als parameters voor de microbiologische kwaliteit van het water beschouwt men het totaal kiemgetal en de belangrijkste indicator-organismen voor pathogene enterobacteriën.

Materialen en methoden

Effluent monsters werden genomen aan de uitlaat van de secundaire bezinkingstank van actief slib – of bacteriebed afvalwaterzuiveringsinstallaties. De monsters werden genomen in steriele flessen (inhoud: 300 ml) en werden in een ijsgekoelde box naar het laboratorium gebracht. De monsters werden bewaard bij 11 °C, dit was ook de gemiddelde temperatuur van de effluenten. De monsters werden nog dezelfde dag behandeld.
Hiertoe bracht men 100 ml goed gemengd effluent monster in een steriele 250 ml erlenmeyer. Na toevoegen van desinfectiemiddel werd er gemengd. Na het verlopen van de gewenste contacttijd werd de reactie stilgelegd door neutraliseren van het desinfectiemiddel. De efficientie van het desinfectiemiddel werd bepaald door het uitvoeren van een microbiologische analyse voor en na behandeling. Om de vergelijking van verschillende behandelingen mogelijk te maken werd de afname van de populatiedichtheid uitgedrukt als procent reductie en/of overleving van het initieel kiemgetal.

Desinfectiemiddelen

Chloor

Vrij chloor werd aan het effluent toegevoegd als natriumhypochloriet. De concentratie van de hypochloriet oplossing werd jodometrisch bepaald. Aan het effluent werd 0,5 tot 5 ppm vrij beschikbaar chloor toegevoegd. Na verloop van de gewenste contacttijd werd de werking van het vrij chloor stilgelegd door toevoegen van natriumthiosulfiet.

Chloordioxide

Chloordioxide werd gemaakt in het laboratorium: druppelsgewijze voegde men HCl (6 N) toe aan $NaClO_2$ (40 g/l), het gevormde ClO_2 werd door een stikstofstroom afgevoerd. Het gasmengsel werd door wasflessen geleid en na oplossen van chloordioxide in het water, d.w.z. wanneer het water in de wasflessen geel gekleurd was, werd de bereiding stopgezet. De

flessen werden gesloten met glazen stoppen en bewaard in het donker bij 40 °C. De oplossing die op een dergelijke manier werd bekomen bevat nog verschillende chloorcomponenten, vandaar dat vier opeenvolgende jodometrische titraties nodig waren om de juiste ClO_2 concentratie te bepalen [19]. Chloordioxide werd aan de monsters toegevoegd in concentraties van 2 tot 10 ppm. Na inwerking werd het chloordioxide ontbonden met natriumthiosulfiet.

Monochlooramine

Monochlooramine werd gemaakt door amoniumchloride en waterstofhypochloriet in natriumtetraboraat buffer te laten reageren. De juiste NH_2Cl concentratie in het bekomen reactiemengsel werd bepaald volgens de DPD methode [14]. Monochlooramine werd toegevoegd aan het effluent in concentraties van 1 tot 10 ppm. De neutralisatie gebeurde met natriumsulfiet.

Ozon

Ozon werd gegenereerd door stille elektrische corona ontladingen in zuivere zuurstof. Er werd gewerkt bij een frequentie van 50 Hz en een spanning van 6000 V. De leidingen waren uit PVC, de reactor was uit polystyreen, de diffusor uit hout. Het debiet van de zuurstofstroom was zodanig geregeld dat de ozonbellen 3 seconden nodig hadden om het wateroppervlak te bereiken. De ozon concentratie werd jodometrisch bepaald. Hiertoe werd de kaliumjodide oplossing in de reactor gebracht en werd ozon door de jodide oplossing gestuurd. Op deze manier werden fouten, te wijten aan de snelle ontbinding van ozon, vermeden. Effluent monsters werden in de reactor geozoniseerd gedurende 2 tot 15 minuten. Gedurende deze tijdspannen werd 1,5 tot 20 ppm ozon aan het water toegevoegd. Gezien zijn snelle ontbinding is het niet nodig ozon na de vooropgestelde reactietijd te neutraliseren.

Waterstofperoxide

Perhydrol - 30 vol % H_2O_2 (Merck, Darmstadt, W.-Duitsland) werd gebruikt als stock-oplossing. De H_2O_2 concentratie van de oplossing werd jodometrisch bepaald. Waterstofperoxide werd toegevoegd in concentraties van 500 tot 50.000 ppm. Na verloop van de gewenste contacttijd werd 1 ml van het H_2O_2 bevattende effluent in 9 ml physiologisch water gebracht dat voldoende katalase bevatte om het residuele H_2O_2 te ontbinden: 0,75 mg katalase (Boehringer, Mannheim, W.-Duitsland) van 39.000 eenheden/mg waren voldoende om 1000 mg H_2O_2 te ontbinden in 1 minuut.

Perazijnzuur

Als perazijnzuur (PAA) gebruikte men een commerciële oplossing (Interox, Brussel, België). Deze oplossing bevat naast 40 % PAA ook nog een kleine hoeveelheid waterstofperoxide (± 4 %).
Na verdunnen van de oplossing tot 0,2 % PAA werd de PAA concentratie bepaald volgens de methode van Greenspan en McKellar [7]. In een eerste stap werd H_2O_2 bepaald en geneutraliseerd met $Ce(SO_4)_2$ en met ferroïne als indicator. In een tweede stap werd PAA jodometrisch bepaald met natriumthiosulfiet 0,1 N. Perazijnzuur werd aan het effluent toegevoegd in concentraties van 1 tot 2000 ppm. Neutralisatie gebeurde met natriumthiosulfiet.

Microbiologische bepalingen

Totaal kiemgetal

Het totaal kiemgetal werd bepaald op Tryptoon Soya Agar (Oxoid, Basingstoke, England) volgens de gietplaat methode. Tellingen werden gedaan na 48 uur incubatie op 30 °C.

Enterobacteriaceae

Enterobacteriaceae werden geïsoleerd op Violet Red Bile Glucose Agar (Oxoid) volgens de gietplaat methode. Door het aanbrengen van een deklaag van hetzelfde medium creëerde men een zekere anaerobiose. Na 24 uur incubatie bij 37 °C werden alle paarsrode kolonies geteld.

Coli-achtigen

De bepaling van het aantal coli-achtigen gebeurde volgens de MPN methode (Tabellen van McGrady). Groei met gasvorming na 48 uur bij 37 °C in Lauryl Tryptose Bouillon [21] gold als presumptieve test. Als confirmatieve test voor het bepalen van het totaal aantal coli-achtigen ging men gasvorming na in Briljantgroen Gal 2 % Bouillon [21] na 48 uur op 37 °C. De confirmatietest voor het bepalen van de faecale coli-achtigen bestond in het nagaan van gasvorming na 24 uur op 44 °C in EC-bouillon (Difco, Detroit, USA). Ook indol vorming bij 44 °C in tryptoon water werd nagegaan.

Groep D-streptococcen

Op Kanamycine Aesculine Azide Agar (Oxoid) gietplaten werden na 24 uur incubatie bij 37 °C de bruine kolonies geteld.

Staphylococcen en micrococcen

Men maakte een oppervlakte enting op Baird-Parker medium (Oxoid) waaraan men, na sterilisatie, 50 ml eigeel-telluriet emulsie/liter toevoegde. Na 48 uur bij 37 °C telde men de zwarte kolonies.

Aerobe sporevormers

Nadat het effluent monster gedurende 10 minuten op 80 °C werd verhit bepaalde men het aeroob kiemgetal.

Clostridium perfringens

Cl. perfringens werd bepaald op Tryptose Sulfiet Cycloserine Agar: 15 g tryptose, 5 g soyton, 5 g gistextract, 1 g natriummetabisulfiet, 1 g ijzeramomniumcitraat, 20 g agar, 1 l H_2O werden gesteriliseerd. Na afkoelen werd per liter 40 ml toegevoegd van een 1 % D-cycloserine oplossing en 80 ml van een 50 % eigeelemulsie. Na opstijven bracht men een deklaag aan van hetzelfde metdium, zonder eigeel. Na anaeroob bebroeden gedurende 24 uur bij 37 °C werd het aantal kolonies geteld.

Resultaten en bespreking

De BOD_5^{20} van de behandelde effluenten bedroeg 10 ± 5. Het totaal kiemgetal varieerde tussen 10.000 en 60.000 kolonies per ml. Het aantal Enterobacteriaceae, totale coliformen en faecale coliformen varieerde tussen 1500 en 62.000/ml, 50 en 1100/ml en 25 en 900/ml resp. Voor staphylococcen en micrococcen bedroeg de laagste telling 210/ml, de hoogste telling 10.000/ml. Het aantal groep D-streptococcen varieerde van 10 tot 3700/ml. Aerobe sporevormers waren aanwezig in concentraties van 44 tot 950/ml, *Cl. perfringens* in concentraties van 10 tot 100/ml.

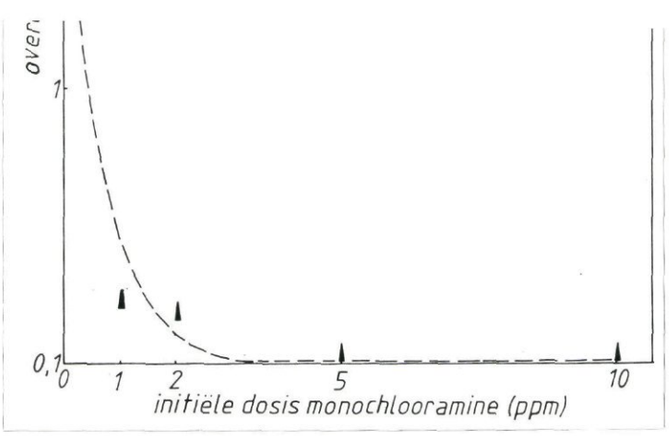
Chloor

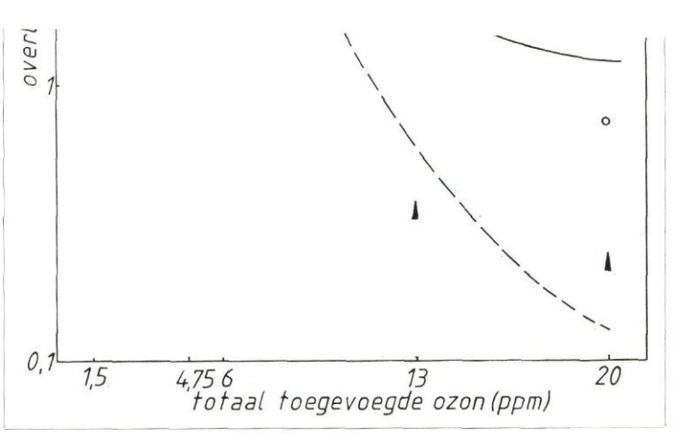
Uit afb. 1 blijkt dat 2 ppm vrij chloor en een contacttijd van 15 min nodig waren om 99 % reductie van de Enterobacteriaceae te bekomen. Eenzelfde procentuele afdoding van het totaal kiemgetal werd pas bekomen met 5 ppm vrij chloor na 15 minuten contacttijd. Tabel I toont aan dat vegetatieve cellen goed werden afgedood door vrij chloor, staphylococcen en micrococcen waren het meest weerstandig. Sporen werden praktisch niet vernietigd. Ook Taki en Hashimoto [22] vonden dat

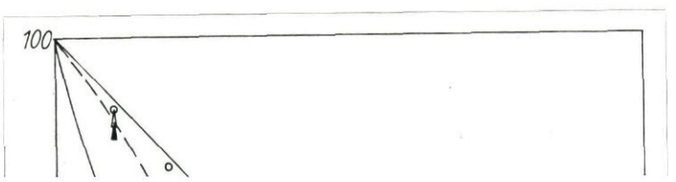
TABEL I - *Invloed van 5 ppm vrij beschikbare chloor op de indicator organismen in secundair effluent.*

Indicator organismen	contacttijd (min) 5	15	30
totaal kiemgetal	98,53*	99,17	98,96
Enterobacteriaceae	> 99,99	> 99,99	> 99,99
totale coliformen	99,89	> 99,99	> 99,99
faecale coliformen	99,91	> 99,99	> 99,99
staphylococ. & micrococ. groep	95,83	99,08	> 99,99
D-streptococcen	> 99,99	> 99,99	> 99,99
aerobe sporen	0,00	11,54	20,00

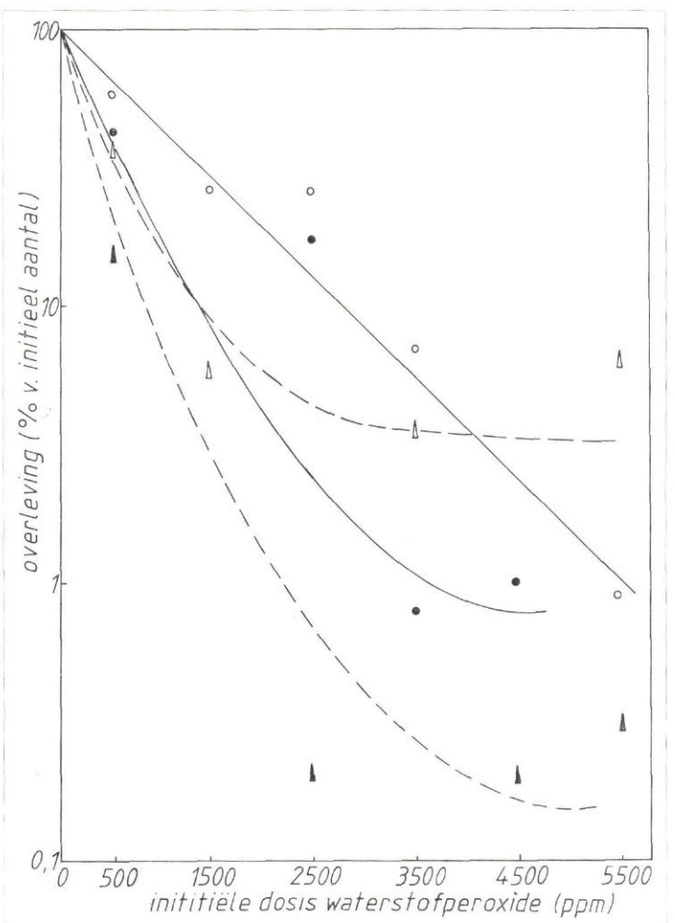
*: % reductie van het initieel aantal.



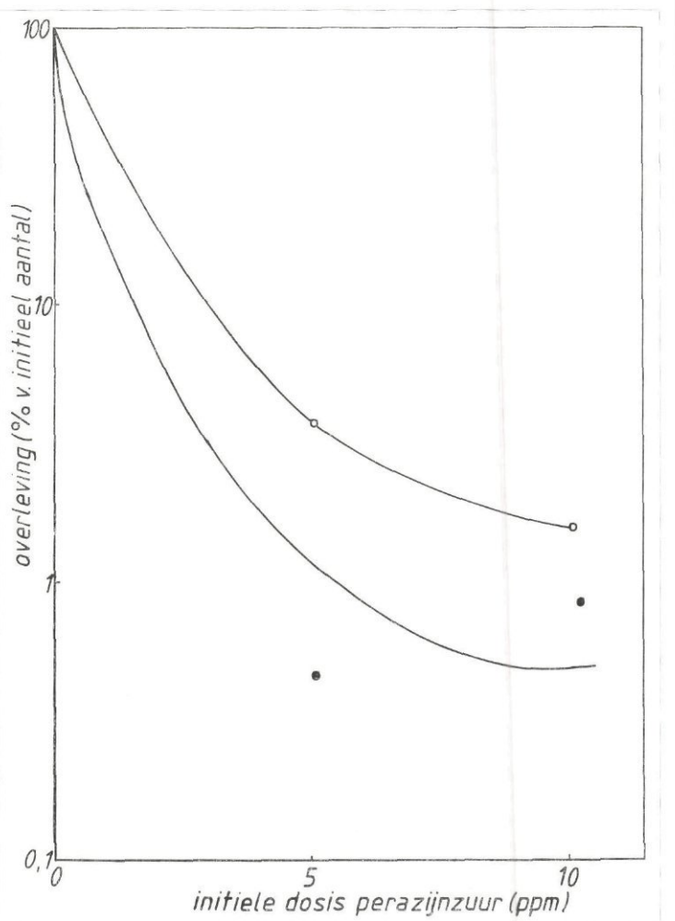








Afb. 5 - Bactericiede werking van waterstofperoxide bepaald op het totaal kiemgetal na 30' (o——o) en na 2 uur (●——●); en op de Enterobacteriaceae na 30' (△--△) en na 2 uur (▲--▲).



Afb. 6 - Bactericiede werking van perazijnzuur bepaald op het totaal kiemgetal na contacttijden van 5' (o——o), 15' (●——●) en 30' (•——•).

Daar de commerciële perazijnzuur oplossing naast 40 % PAA ook nog 40 % azijnzuur bevat bestaat het risico dat zich problemen voordoen op gebied van pH, BOD_5 en COD van het behandelde effluent. Uit tabel VI blijkt dat de pH van het effluent nagenoeg niet gewijzigd werd na toevoeging van 10 ppm PAA.
Bij toevoeging van 10 ppm PAA, en in de veronderstelling dat alle PAA ontbindt verwacht men een theoretische COD stijging van 21 mg O_2/l. Aangezien azijnzuur volledig biodegradeerbaar is zou de BOD stijgen met 14,7 mg O_2/l. Uit tabel VI blijkt dat deze berekende waarden goed overeenkomen met de experimentele waarden, de BOD was wel iets hoger dan verwacht.

Om een idee te hebben over de hoeveelheid perazijnzuur die overbleef na een bepaalde contacttijd, rekening houdend met de karakteristieken van het water, werd een verdunningsreeks aangelegd van bezonken influent. Uit tabel VII blijkt dat bij lage organische belasting een duidelijk restgehalte perazijnzuur overbleef, terwijl ook de desinfectie zeer goed was. Bij hoge organische belastingen werd alle perazijnzuur onmiddellijk verbruikt zonder dat hierbij een afdoende desinfectie werd bereikt. Bij werk met reinculturen vonden Sprössig *et al.* [20] dat 12,5 tot 100 ppm PAA en contacttijden van 0,5 tot 8 minuten nodig waren voor het afdoden van *E. coli* en *Staphylococcen aureus*. Voor het vernietigen van Bacillus sporen waren 0,005 tot 0,04 % PAA nodig bij contacttijden van 0,5 tot 8 minuten. Meyer [12] gebruikte PAA voor de desinfectie van biologisch gezuiverd afvalwater. Hij besloot dat 1 % PAA en 30 seconden contacttijd optimaal waren voor een goede desinfectie.

TABEL V - *Invloed van perazijnzuur op indicator organismen.*

Indicator organismen	Behandeling: 5 ppm PAA - 15 min	0,2 % PAA - 5 min
totaal kiemgetal	99,54*	> 99,99
Enterobacteriaseae	99,90	> 99,99
totale coliformen	99,54	> 99,99
faecale coliformen	> 99,99	> 99,99
staphylococ. & microco.	98,54	> 99,99
groep D-streptococcen	> 99,99	> 99,99
aerobe sporen	8,74	99,57
Cl. perfringens	5,45	—

*: % reductie van het initieel aantal.

Algemene bespreking en besluit

De bactericiede werking van verschillende

TABEL VI - *Invloed van perazijnzuur op de pH, de COD en de BOD_5 van het effluent.*

Behandeling: PAA (ppm)	contacttijd (minuten)	Neutralisatie (met $Na_2S_2O_3$)	Effluent karakteristieken: pH	COD (mg O_2/l)	BOD_5 (mg O_2/l)
—	—	—	7,5	37,6	11,6
10	15	+	—	60,2	32,5
10	15	—	7,3	—	—

TABEL VII - *Invloed van de karakteristieken op de werking van perazijnzuur.*

Karakteristieken van het effluent		Behandeling: 10 ppm PAA - 30 min	
BOD_5 (mg O_2/l)	COD (mg O_2/l)	% red totaal kiemgetal	residueel PAA (ppm)
170	220	56,63	0,0
85	110	72,25	0,0
17	22	99,92	6,4

chemische desinfectiemiddelen werd vergeleken door hun invloed na te gaan op de bacteriële flora van secundaire effluenten van afvalwaterzuiveringsinstallaties. De bactericiede werking van ozon, waarschijnlijk het meest bestudeerde alternatief voor chloor, was vergelijkbaar met deze van chloor. Ozon bleek zelfs een sterkere sporiciede werking uit te oefenen dan chloor.

Literatuurgegevens vermelden dat met chloor en chloordioxide gelijkaardige reductiepercentages worden verkregen waneer ze worden vergeleken op basis van gewichtsdosis [1]. Een behandeling met 5 ppm gedurende 30 minuten resulteerde hier echter in 99 % reductie van het initieel totaal kiemgetal in geval van vrije chloor en slechts in 97 % reductie in geval van chloordioxide.

Monochlooramine desinfecteerde niet alleen trager dan chloor, het liet ook niet toe gelijkaardige reducties te verkrijgen bij gebruik van equivalente dosissen.

Waterstofperoxide was niet in staat een goede desinfectie te verwezenlijken tenzij extreem hoge concentraties en lange contacttijden werden toegepast.

Het organisch peroxide, perazijnzuur, liet wel toe reducties te bekomen die vergelijkbaar waren met deze van chloor. Er werd aangetoond dat 5 tot 10 ppm PAA kan worden toegevoegd zonder de karakteristieken van het effluent te wijzigen.

Uiteindelijk lieten volgende behandelingen toe om, met aanvaardbare concentraties en contacttijden, 99 % reductie van het initieel totaal kiemgetal te bekomen: 5 ppm vrij beschikbaar chloor – contacttijd 15 min; 20 ppm ozon, toegediend over 15 minuten en 5 ppm PAA – contacttijd 15 minuten.

Om een verdere evaluatie van deze drie verbindingen door te voeren zal in verder onderzoek het fagiciede en viruciede effect van deze behandelingen worden bestudeerd.

Dankwoord

Dit onderzoek werd gesponsord door Interox NV, Brussel. Het artikel kwam tot stand dankzij de medewerking van het Laboratorium voor Industriële Microbiologie en Biochemie van de Katholieke Universiteit Leuven.

Literatuur

1. Aieta, E. M., Berg, J. D., Roberts, P. V. and Cooper, R. C. *Comparison of chlorine dioxide and chlorine in waste water disinfection.* J. Water Poll. Control Fed. *52,* 810 - 822, 1980.

2. Bernarde, M. A., Israel, B. M., Olivieri, V. P. and Granstrom, M. L. *Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide.* Appl. Microbiol. *13,* 776 - 780, 1965.

3. Brungs, W. A. *Effects of residual chlorine on aquatic life.* J. Water Poll. Control Fed. *45,* 2180 - 2193, 1973.

4. Chambers, C. W. *Chlorination for control of bacteria and viruses in treatment plant effluents.* J. Water Poll. Control Fed. *43,* 228 - 241, 1971.

5. Fiessinger, F. R. Y and Montiel, A. M. P. *Advantages and disadvantages of chemical oxidation and disinfection by ozone and chlorine dioxide.* The Science of the total Environment. *18,* 245 - 261, 1981.

6. Ghan, H. B. et al. *The significance of water quality in waste water disinfection with ozone.* In 'Forum on ozone disinfection', E. Fochtman et al. Eds), International Ozone Institute, Syracuse, N. Y., 1977.

7. Greenspan, F. P. and MacKellar, D. G. *Analysis of aliphatic peracids.* Anal. Chem. *20,* 1061 - 1063, 1948.

8. Johnson, E. D. (Ed). *Disinfection water and* waste water. Ann. Arbor Science Publishers Inc., 1975.

9. Just. J. *Bactericidal action of hydrogen peroxide in water.* Rocsniki Pakstwowego Zakladne Hig. *1,* 44 - 73, 1950.

10. Kinman, R. N. and Layton, R. F. *New method for disinfection.* J. Am. Water Works Ass. *68,* 298 - 302, 1976.

11. Metcalf & Eddy. *Inc. Waste water engineering Collection Treatment Disposal.* McGraw Hill Book Company, 1972.

12. Meyer, E. *Abwasser Desinfektion in Tierkörperbeseitigungsanstalten mit Hilfe der Peressigsäure.* J. Hyg. Epidemid. Microbiol. Immunol. *20,* 266 - 273, 1976.

13. Mills, J. F. *Chemistry and disinfectant properties of bromine chloride.* In 'Chemistry of waste water technology'. A. J. Rubin (Ed). Ann Arbor Science Publishers Inc. 199 - 212, 1978.

14. Palin, A. T. *The determination of free and combined chlorine in water by use of DPD.* J. Am. Water Works Ass. *49,* 873, 1957.

15. Powell, P. R. K., Chian, E. S. K. and Chang, *B. J. Identification of end products resulting from ozonation and chlorination of organic compounds commonly found in water.* Environ. Sci. Technol. *11,* 1177 - 1181, 1977.

16. Rouh, J. S. *Disinfection and oxidation of wastes by ClO_2.* Jour. Environ. Sci. *22,* 2 - 42, 1979.

17. Rutshtein, N. D. and Kazakova, B. P. *On the disinfection of drinking water by H_2O .* Gig. U. Sanit. *21,* 48 - 50, 1956.

18. Snoeyink, V. L. and Markus, F. I. *Chlorine residuals in treated effluents.* Water & Sewage Works. *121* (Apr), 35 - 38, 1974.

19. Solvay, Laboratoire Central, Bruxelles: *Industries diverses. Epuration et stérilisation des eaux.* Méthodes d'examen, 1972.

20. Sprössig, M., Mucke, M. and Tilgner-Peter, Ch. *Ueber die anti-mikrobielle Wirkung der Peressigsäure, 3. Mitteilung: Untersuchungen zur bakteriziden und sporiziden Wirkung.* Pharmazie. *22,* 517 - 519, 1967.

21. *Standard methods for the examination of water and waste water. 13th edition,* American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (Eds), 1971.

22. Taki, M. and Hashimoto, R. *Sterilisation of biologically treated water. I. Sterilizing effects of chlorine and hydrogen peroxide.* Mizu Shori Gijutsu. *18,* 149, 1977. Chem. Abs. *87,* 11393, 1977.

23. Ward, P. S. *Carcinogens complicate chlorine* question. J. Water Poll. Control Fed. *46,* 2638 - 2640, 1974.

24. Ward, R. W. and De Graeve, G. *Residual toxicity of several disinfectants in domestic waste water.* J. Water Poll. Control Fed. *50,* 46 - 60, 1976.

25. Wardle, M. D. and Renninger, G. M. *Bactericidal effect of hydrogen peroxide on spacecraft isolates.* Appl. Microbiol. *30,* 710 - 711, 1975.

26. White, G. C. *Handbook of chlorination for potable water, waste water, cooling water, industrial processes and swimming pools.* Van Nostrand Reinhold Company, N.Y. Litton Educational Publishing Inc., 1972.

27. Yosphe-Purer, Y. and Eylan, E. *Disinfection of water by hydrogen peroxide.* Health Lab. Sci. *5,* 233 - 238, 1968.

● ● ●

Rectificatie

In het artikel 'Langdurige toepassing van zuiveringsslib in de landbouw, een opname' in H_2O (15) 1982, nr. 10, p. 239 - 240, is een fout gemaakt. Het betreft tabel IV op pagina 240.

Deze tabel moet als volgt zijn:

Erratum tabel IV p. 240

TABEL IV.

	(1) Gemiddeld natuurlijke waarde in					Range (mg/kg d.s.)	
	Klei	Zand	Veen	Dal	Löss		
Cd	0,5	0,3	0,9	0,3	0,9	0,3 – 1,1	(2)
Pb	43	31	71	32	30	2 – 200	(3)
Cu	23	11	28	21	13	2 – 100	(2)
Hg	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,01 – 0,5	(2)
Zn	117	44	101	25	86	10 – 300	(2)
Ni						10 – 1000	(3)

(1) Van Driel, 1981
(2) anon. , 1980
(3) Leeper, 1978