



Zijn reactieproducten tijdens waterzuivering met UV-technologie beheersbaar?

GUUS IJPELAAR, KIWA
 DANNY HARMSSEN, KIWA
 BRAM VAN DER VEER, EVIDES

Nieuwe pathogenen en ongewenste stoffen in bronnen voor de bereiding van drinkwater dwingen de Nederlandse drinkwaterbedrijven na te denken over de zuivering van morgen. De waterbedrijven zijn intussen verplicht om een risicoanalyse op hun zuiveringsprocessen uit te voeren, gericht op pathogenen in drinkwater. Daarnaast kijken de waterbedrijven in toenemende mate naar prioritaire stoffen en naar eventuele neveneffecten van zuiveringsprocessen, zoals de vorming van reactieproducten. Bij toepassing van UV-licht voor desinfectie en omzetting van ongewenste stoffen in natuurlijk water worden reactieproducten als AOC en nitriet gevormd. Groei van algen kan spelen bij UV-desinfectie. Sommige onderzoeksresultaten geven aan dat tijdens UV-processen stoffen met een (geno)toxisch karakter worden gevormd. Over de aard, kwantiteit en betekenis daarvan voor de volksgezondheid is echter onvoldoende kennis beschikbaar. Aanvullend onderzoek is derhalve nodig om de vraag in de titel te kunnen beantwoorden.

Op basis van literatuuronderzoek en met medewerking van de drinkwaterbedrijven is een overzicht opgesteld over de vorming van reactieproducten tijdens UV-desinfectie en UV/waterstofperoxide-oxidatie onder diverse praktische condities. Het onderzoek richtte zich op het effect van de watersamenstelling,

de UV-dosis en het type UV-lamp (middendruk versus lagedruk). Geïnventariseerd werden de vorming van assimileerbare organische koolstof (AOC), nitriet, genotoxische stoffen, degradatieproducten en algengroei in Nederland en het buitenland.

Voor de vorming van reactieproducten



spelen de schaalgrootte en de lampkeuze een significante rol. In Nederland is het vanwege de vorming van reactieproducten gebruikelijk om actieve-koolfiltratie na desinfectie en oxidatie toe te passen.

Lamptechnologie

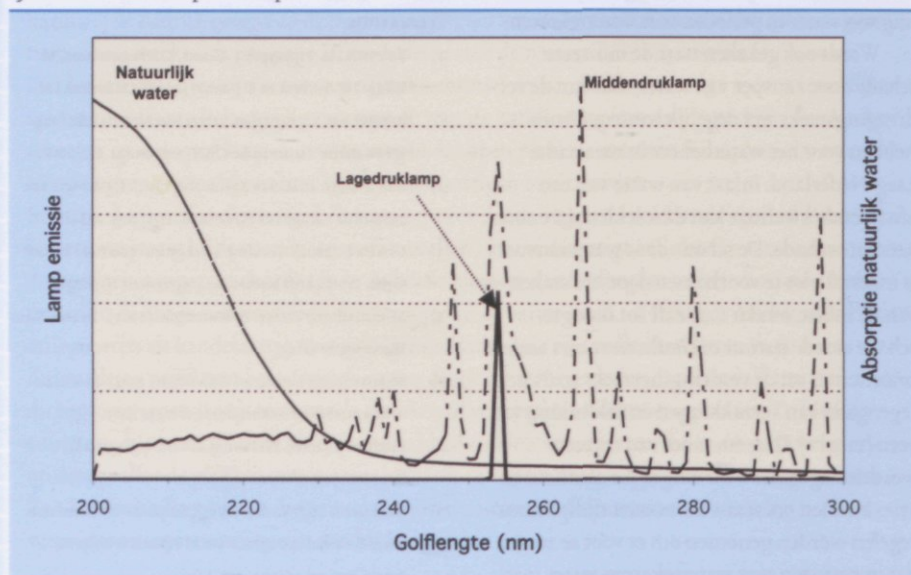
Toepassing van UV-licht in de waterzuivering is nagenoeg volledig gebaseerd op het gebruik van lagedruk en middendruk kwiklampen. Vanwege de lage gasdruk in de lagedruk lampen zendt het kwik slechts drie lijnen uit in het UV-gebied, waarbij meer dan 95 procent van de energie wordt uitgezonden bij een golflengte van 253,7 nm. De hogere gasdruk in middendruk lampen creëert een continu spectrum tussen 200 en 800 nm waarbij het gehele UV-C-gebied (200-280 nm) wordt afgedekt (zie afbeelding 1). Enkele jaren geleden zijn kwartsbuizen (lampomhulsel van kwartsglas voor waterbehandeling) geïntroduceerd die UV-licht met golflengten kleiner dan 240 nm wegfilteren.

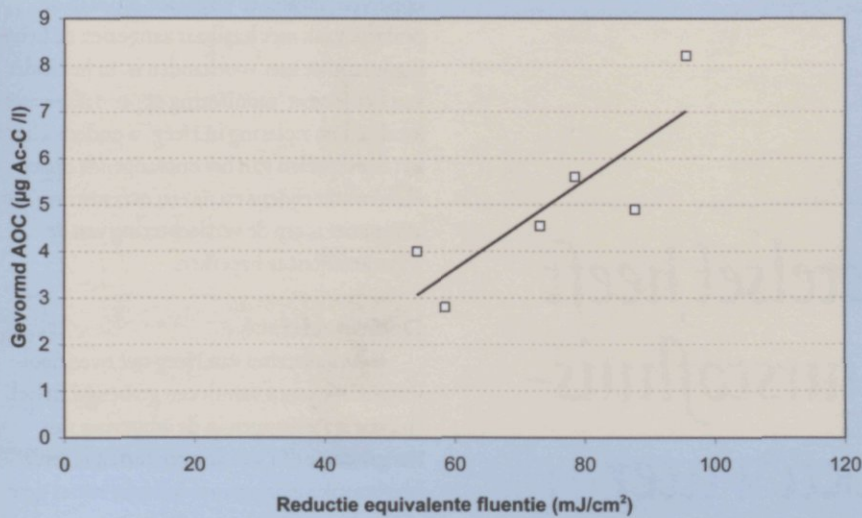
AOC- en nitrietvorming

De vorming van nitriet en AOC tijdens UV-processen is uitvoerig onderzocht en gedocumenteerd. UV-licht is verantwoordelijk voor de reductie van nitraat tot nitriet. AOC wordt zowel tijdens UV-desinfectie als tijdens geavanceerde oxidatie met UV/waterstofperoxide gevormd uit organische stoffen zoals humuszuren.

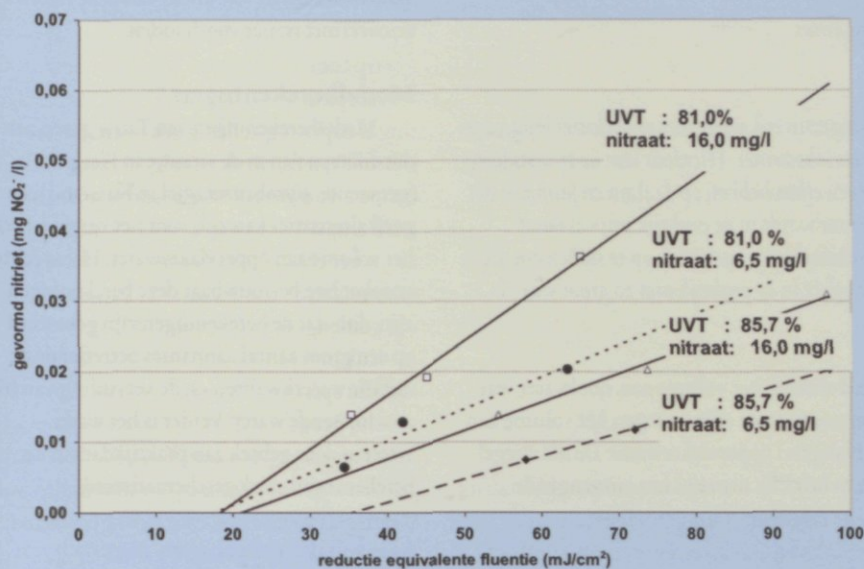
De vorming van AOC in (voorbehandeld) natuurlijk water is sterk afhankelijk van de gebruikte lamp. Zo vindt bij gebruik van lagedruk lampen en ook bij middendruk lampen omgeven door een speciale kwartsbuis (filter minder dan 240 nm) nauwelijks vorming van AOC en nitriet plaats. Dit is vanwege de lage absorptie van de matrix in natuurlijk water bij golflengten boven 240 nm conform de verwachting (zie afbeelding 1). Toepassing van middendruk lampen met het volle UV-C-spectrum leidt tot hogere AOC-vorming. Dit varieert van enkele microgrammen acetaat-koolstof per liter bij een dosis van 20 tot 40

Afb. 1: Waterabsorptie en lampemissies.





Afb. 2: AOC-vorming versus UV-dosis zoals gemeten door Evides.



Afb. 3: Nitraatvorming versus UV-dosis zoals gemeten door Evides. UVT = % transmissie bij 254 nm (1 cm).

mJ/cm² tot 4-6 microgram per liter bij 70 mJ/cm² (zie afbeelding 2). Tijdens het UV/waterstofperoxide-oxidatieproces (meer dan 500 mJ/cm²) kan 110 tot 140 microgram AOC per liter water worden gevormd²⁾. Dergelijke AOC-concentraties betekenen een stimulans voor de biologie in de nageschakelde koolfilters, waardoor een effectievere barrière tegen ongewenste stoffen ontstaat. Bovendien blijkt uit de praktijk dat actieve-koolfiltratie bijdraagt aan de productie van biologisch stabiel water.

Grote installaties met middendruklampen produceren 5 tot 20 microgram nitriet per liter (20-40 mJ/cm², 8 mg nitraat/l). Bij een dosis van 70 mJ/cm² varieert de nitrietconcentratie tussen 10 en 40 microgram per liter (zie afbeelding 3). De nitrietconcentratie tijdens UV/waterstofperoxide-oxidatie bij 8 mg/l nitraat kan oplopen tot enkele honderden microgrammen per liter.

Algengroei

Groei van algen vindt plaats door emissie van zichtbaar licht dat algen gebruiken voor de fotosynthese. Zichtbaar licht dringt verder door in water dan UV-licht, waardoor de inactivatie van algen bij lage UV-transmissie vaak onvolledig is. Op plaatsen die niet door UV-licht maar wél door zichtbaar licht worden bereikt, kan extreme groei van algen plaatsvinden.

Vanwege het grote aandeel aan zichtbaar licht (circa 25 procent) kan algengroei sterk optreden bij toepassing van middendruklampen. Het kleine aandeel zichtbaar licht (vijf procent) beperkt de algengroei bij lagedruklampen. Algengroei kan plaatsvinden tijdens UV-desinfectie, maar nergens wordt melding gemaakt van algengroei tijdens UV/waterstofperoxide. Dit is te verklaren door aan te nemen dat algen de hoge(re) UV-doses niet overleven of niet kunnen groeien door aanwezigheid van waterstofperoxide.

Toxische reactieproducten

Naast de vorming van reactieproducten als gevolg van reactie met natuurlijke stoffen zoals humuszuren kunnen ook producten ontstaan tijdens de reactie met bestrijdingsmiddelen. Studies naar de toxiciteit van de reactieproducten na UV-desinfectie en UV/waterstofperoxide zijn uitgevoerd in zowel Nederland als in het buitenland. Deze studies zijn gericht op mutageniteit (Ames) en clastogeniteit (DNA-fouten). Vanwege de uiteenlopende aanpak in deze studies zijn geen duidelijke conclusies te trekken.

Veel studies geven onvoldoende informatie over onder meer het UV-systeem, de procescondities en de watersamenstelling, waardoor geen inzicht wordt verkregen in de toegepaste UV-dosis. Aanwijzingen bestaan dat toxische reactieproducten kunnen worden gevormd bij toepassing van UV-licht in de drinkwaterzuivering. Vanwege de lage doses is vorming van degradatieproducten tijdens UV-nadesinfectie niet te verwachten, maar wel bij toepassing van UV/waterstofperoxide-oxidatie. Bij toepassing van hogere UV-doses, zoals bij UV/waterstofperoxide-oxidatie en UV-hoofdinfectie, is de eventuele vorming van toxische producten een punt van aandacht. Vanwege het mogelijk grote aantal stoffen dat kan worden gevormd, is stofgericht onderzoek geen reële optie. Aanvullend onderzoek zal zich daarom richten op toespitsing van toxiciteitstesten voor het weergeven van eventuele toxische effecten van UV-behandeld water.

Overigens wordt in Nederland zowel bij UV voor hoofdesinfectie als voor UV-oxidatie actieve koolfiltratie toegepast voor nabehandeling van het water. De verwachting is dat eventueel gevormde toxische stoffen hierdoor worden verwijderd. De aanwezigheid van toxische reactieproducten zal dan ook integraal in de zuivering worden bestudeerd. ◀

LITERATUUR

- 1) Harmsen D., M. Heringa, J. van Genderen en G. Ijpelaar (2005). BTO-rapport 2005.057.
- 2) Kruithof, J. en P. Kamp (2000). AWWA Annual Conference, Denver (VS).