

**BTO 2007.018**  
mei 2007

# **Validatie UV-installaties in Nederland**

Nut en noodzaak van een Nederlands protocol

**BTO 2007.018**  
mei 2007

# **Validatie UV-installaties in Nederland**

Nut en noodzaak van een Nederlands protocol

© 2007 Kiwa N.V.  
Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag  
worden verveelvoudigd,  
opgeslagen in een  
geautomatiseerd  
gegevensbestand, of  
openbaar gemaakt, in enige  
vorm of op enige wijze,  
hetzij elektronisch,  
mechanisch, door  
fotokopieën, opnamen, of  
enig andere manier, zonder  
voorafgaande schriftelijke  
toestemming van de  
uitgever.

**Kiwa Water Research BV**  
Groningehaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Tel. (030) 606 95 11  
Fax (030) 606 11 65  
[www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

# Colofon

**Titel**

Validatie van UV-installaties in Nederland – Nut en noodzaak van een Nederlands protocol

**Projectnummer**

111469.012

**Projectmanager**

Erwin Beerendonk

**Opdrachtgever**

BTO

**Kwaliteitsborger**

Gertjan Medema, L. Peter Wessels

**Auteurs**

Danny J.H. Harmsen, Erwin F. Beerendonk, Guus F. Ijpelaar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

# Samenvatting

“Validatieprotocollen zijn nodig om een goede prestatie van installaties voor UV-desinfectie te waarborgen”.

Dit was de uitkomst van een peiling onder de leden van de Projecten Begeleidings Commissie (PBC) UV-technologie in april 2005. Aan dit verzoek werd gevolg gegeven door het starten van een verkenningsproject in 2006.

Het project was gebaseerd op:

- het verzamelen van kennis per individueel waterbedrijf over de aanpak van validatie en procesbewaking door middel van persoonlijk overleg en het invullen van een vragenlijst;
- de resultaten van een bedrijfstakgerichte workshop (panel van UV-technologen) waarin aan de hand van stellingen werd geïnventariseerd of een protocol voor de Nederlandse drinkwatersector nodig is en zo ja, waar dit protocol aan moet voldoen.

Het panel van UV-technologen bestond uit vertegenwoordigers van Evides, PWN, Vitens, WLN en WML. De standpunten van Brabant Water en Oasen werden schriftelijk ingediend en in dit rapport meegenomen.

Volgens de technologen heeft Nederland geen specifiek(e) eigen protocol(len) nodig voor validatie en procesbewaking van installaties voor UV-desinfectie en UV-oxidatie naast de al bestaande protocollen. De internationaal beschikbare protocollen (DVGW, Önorm, EPA) voldoen in de basis, maar technische aanvullingen gericht op specifieke Nederlandse situaties zijn nodig. Voorbeeld van een aanvulling is de UV-dosis waarvan de waarde per situatie moet worden vastgesteld aan de hand van een microbiologische risicoanalyse. DVGW en Önorm hanteren een vaste UV-dosis van 40 mJ/cm<sup>2</sup> en richten de certificering alleen op die ene waarde. Het vaststellen van de benodigde technische aanvullingen zou onderdeel moeten zijn van een vervolgstudie.

De technologen zijn van mening dat een basisdocument moet worden opgesteld met de volgende aspecten:

- (technische) aanvullingen op de bestaande protocollen;
- technische informatie die het waterbedrijf met leveranciers van UV-installaties moet/kan delen om een UV-installatie te realiseren met de noodzakelijke en geborgde dosis.

Om ieder waterbedrijf dat deelneemt aan het bedrijfstakonderzoek optimaal gebruik te laten maken van de kennis die in de loop der jaren in de bedrijfstak is opgedaan, werd tevens geadviseerd om bestaande en nieuwe kennis actueel te houden. Hiervoor zou een database kunnen worden gebruikt. De database zou onder meer informatie moeten geven over de aanpak en resultaten van validatie en procesbewaking van UV-installaties maar ook over de inspanning en kosten van deze aanpak.

Namens de betreffende waterbedrijven hebben de vertegenwoordigers aangegeven mee te willen werken aan het opbouwen en actueel houden van

een database. Hiervoor is het een voorwaarde dat betrokken partijen de opgedane kennis over validatie en procesbewaking van UV-installaties beschikbaar stellen. Als onafhankelijk instituut zou Kiwa Water Research de geschikte partij zijn om in een vervolgstudie het basisdocument en de database vorm te geven.

Het initiatief tot het opzetten van een BTO-project gericht op het opstellen van een basisdocument en een database wordt door Kiwa WR genomen.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
	<b>Inhoud</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Projectomschrijving	6
1.3	Opbrengst	6
1.4	Uitvoering	6
<b>2</b>	<b>Inspectierichtlijn en effecten nieuwe wetgeving</b>	<b>9</b>
2.1	Introductie	9
2.2	Het Waterleidingbesluit	9
2.3	Inspectierichtlijnen	9
2.4	Water Safety Plans	10
<b>3</b>	<b>Beschikbare (internationale) protocollen</b>	<b>11</b>
3.1	Inleiding	11
3.2	Validatieprotocollen	11
3.3	Biodosimetrie	12
3.4	Verschillen tussen Önorm, DVGW en EPA	14
<b>4</b>	<b>Bedrijfsvoering waterbedrijven</b>	<b>17</b>
4.1	Inleiding	17
4.2	Aanpak validatie	17
4.2.1	Hoofddesinfectie	18
4.2.2	Nadesinfectie	18
4.3	Procesbewaking	18
<b>5</b>	<b>Validatie en procesbewaking versus waterleidingbesluit en WSP</b>	<b>21</b>
5.1	Inleiding	21
5.2	Belang van validatie	21
5.2.1	Inactivatie ziekteverwekkers	22
5.3	Procesbewaking	24
<b>6</b>	<b>Wat kiest de bedrijfstak?</b>	<b>25</b>
6.1	Stellingen en standpunt panel	25
6.2	Conclusie	28
	<b>Literatuur</b>	<b>31</b>

<b>I</b>	<b>Inspectierichtlijn 'Analyse micro-biologische veiligheid drinkwater'</b>	<b>33</b>
<b>II</b>	<b>Vragenlijst</b>	<b>37</b>
<b>III</b>	<b>Statistieken waterbedrijven</b>	<b>41</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Tijdens de drinkwaterbereiding wordt steeds vaker gebruik gemaakt van UV-technologie waarbij UV op drie manieren kan worden toegepast:

- UV-desinfectie;
  - hoofddesinfectie (gericht op inactivatie van pathogenen);
  - nadesinfectie (gericht op onder meer verlaging kolonietallen om biofilmvorming en ontwikkeling Legionella in het distributiesysteem tegen te gaan);
- UV-oxidatie.

Validatie en procesbewaking van UV-installaties voor desinfectie is nodig om te allen tijde te kunnen garanderen dat het water afdoende is gedesinfecteerd. Tijdens de validatie wordt het 'venster' vastgesteld waarbij de dosis-effect relatie van het meest UV-ongevoelige micro-organisme in het inkomende water, de variatie in de inkomende waterkwaliteit (met name de UV-transmissie) en de veroudering van de UV-lampen is meegenomen. Met een dergelijk venster wordt inzichtelijk gemaakt dat het water altijd de gewenste UV-dosis (ontwerpdosis) ontvangt onder procescondities die vallen binnen dit venster.

Vanuit de inspectie van VROM is er geen verplichting tot valideren van de UV-installatie. De inspectie stelt dat er moet worden voldaan aan de eisen voor drinkwater die staan beschreven in het waterleidingbesluit. Het is aan de waterbedrijven om aan te tonen dat er aan de eisen wordt voldaan.

In de praktijk blijkt dat de aanpak en het wel/niet uitvoeren van validatie en procesbewaking op verschillende manieren kan plaatsvinden:

- men koopt een gecertificeerde installatie (gevalideerd volgens DVGW, Önorm of EPA-norm);
- validatie op eigen locatie met een bestaand protocol als basis.

Nadat de UV-installatie in bedrijf is genomen, worden er diverse manieren van procesbewaking toegepast. In de meeste gevallen vindt de procesbewaking van de UV-installatie continu plaats met behulp van sensoren opgebouwd uit lichtgevoelige diodes die de lichtintensiteit van de lampen meten.

Tijdens de PBC UV-technologie van 4 april 2005 hebben de PBC-leden te kennen gegeven dat validatieprotocollen nodig zijn om een goede prestatie van UV-installaties te garanderen.

Naar aanleiding van de wens van de PBC UV-technologie is dit rapport opgesteld, waarin

- het nut en noodzaak van validatie en procesbewaking in Nederland;
- een verkenning van invulling van de wens van de PBC UV-technologie.



Basis hiervoor is wat er volgens inspectierichtlijnen met betrekking tot risicoanalyse en 'water safety plans' noodzakelijk is aan validatie en bewaking van UV-installaties.

## 1.2 Projectomschrijving

Stel een discussiestuk op waarin, gebruikmakend van bestaande protocollen alsmede van expertise in de bedrijfstak en van Kiwa Water Research, beargumenteerd wordt aangegeven wat er in de Nederlandse situatie zou moeten gebeuren om een UV-installatie op een zodanige wijze te valideren en te bewaken dat wordt voldaan aan de gestelde eisen voor drinkwater, met inachtneming van wat praktisch mogelijk is aan validatie en procesbewaking van de UV-installatie.

## 1.3 Opbrengst

Een visie ten aanzien van de noodzaak van het valideren en controleren van UV-installaties. Dit rapport dient als startpunt van een discussie waaruit volgt of er behoefte is aan een uniforme validatie/controle van UV-installaties voor de drinkwatersector in Nederland.

In dit rapport zijn de volgende onderwerpen beschreven:

- inspectierichtlijn en wetgeving (*hoofdstuk 2*);
- beschrijving van de bestaande validatieprotocollen opgesteld door DVGW, Önorm en US EPA (*hoofdstuk 3*);
- beschrijving van de huidige manier van validatie en procesbewaking van UV-hoofddesinfectie en -nadesinfectie per participerend bedrijf (*hoofdstuk 4*);
- inleiding tot validatie van UV-installaties gericht op ziekteverwekkers en niet-ziekteverwekkers (*hoofdstuk 5*);
- Stellingen en reacties van UV-technologen uit de Nederlandse drinkwatersector (*hoofdstuk 6*).

UV-oxidatie valt buiten het kader van dit project. Daar waar UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidatie in dit rapport wordt besproken, is dit gericht op de desinfectiecapaciteit onder oxidatiecondities.

## 1.4 Uitvoering

Toonaangevende validatieprotocollen en beschikbare informatie van de Nederlandse waterbedrijven ten aanzien van validatie/controle/rol van de inspectie (Evides, PWN, WML) bij het valideren en controleren van UV-installaties worden bediscussieerd. Daarnaast is de informatie van de waterbedrijven (Evides, PWN, Oasen, BW, Vitens) over de huidige manier van valideren en controleren van bestaande UV-installaties beschreven. Tenslotte geeft dit rapport punten die kunnen worden verbeterd ten aanzien van validatie/procesbewaking.

Aan de hand van de beschikbare informatie en de bestaande protocollen wordt opgeschreven wat er in de Nederlandse situatie gebeurt en eventueel

zou moeten gebeuren om een UV-installatie op een zodanige wijze te valideren en te bewaken dat wordt voldaan aan de gestelde richtlijnen in de risicoanalyse en 'water safety plans' (WSP).

Dit rapport zal vervolgens dienen als startpunt van de discussie in de bedrijfstak over het nut en de noodzaak van uniforme validatieprotocollen voor UV-installaties. Hiervoor is een aantal stellingen opgesteld (zie §6.1). Ook eventuele nieuwe inzichten en ideeën voor validatie en controle van UV-installaties worden meegenomen.



## 2 Inspectierichtlijn en effecten nieuwe wetgeving

### 2.1 Introductie

Bij het installeren en/of valideren van een zuiveringsinstallatie ten behoeve van desinfectie is het van belang te weten voor welk(e) micro-organisme(n) het zuiveringsproces moet worden ingezet. Daarnaast dient a priori te worden vastgesteld hoeveel logeenheden inactivatie van de diverse micro-organismen het proces dient te realiseren.

Om vast te kunnen stellen aan welke microbiologische eisen het zuiveringsproces moet voldoen en hoe dit aantoonbaar te maken, wordt eerst kort ingegaan op de wettelijke verplichtingen, zoals het waterleidingbesluit en de nieuwe inspectierichtlijnen. Ook de niet verplichte 'Water Safety Plans' worden toegelicht.

### 2.2 Het Waterleidingbesluit

Sinds 25 december 1998 is de drinkwaterrichtlijn van kracht (EU, 1998). De drinkwaterrichtlijn kent als algemene verplichting dat de lidstaten ervoor moeten zorgen dat water bestemd voor menselijke consumptie geen micro-organismen, parasieten of stoffen bevat in hoeveelheden of concentraties die een gevaar kunnen opleveren voor de volksgezondheid. Daarnaast moeten voor de in de richtlijn genoemde parameters kwaliteitseisen worden vastgesteld voor water, bestemd voor menselijk consumptie. In Nederland worden deze richtlijnen beschreven in het waterleidingbesluit (Waterleidingbesluit, 2001). Belangrijke passages/artikelen die van invloed zijn op het toepassen van UV bij de drinkwaterbereiding zijn artikel 4 en 6 van het waterleidingbesluit.

Sinds 2005 zijn de waterbedrijven verplicht een risicoanalyse uit te voeren (VROM, 2005a). Alle zuiveringsstappen die bijdragen aan de verwijdering tot een infectierisico  $< 10^{-4}$  dienen in de risicoanalyse te worden meegenomen. Aanvullend op artikel 4 wordt in artikel 6 gesteld dat micro-organismen die niet in de tabellen zijn opgenomen, maar waarvan bekend is dat zij een reëel risico voor de veiligheid van drinkwater kunnen vormen, moeten worden meegenomen in het meetprogramma (risicoanalyse). In het waterleidingbesluit is geen concrete invulling gegeven aan de wijze waarop de risicoanalyse moet worden uitgevoerd. Daarom is de inspectierichtlijn - analyse microbiologische veiligheid drinkwater opgesteld (VROM, 2005a).

### 2.3 Inspectierichtlijnen

De inspectierichtlijn - Analyse microbiologische veiligheid drinkwater - is het protocol voor de uitvoering van de microbiologische risicoanalyse die in het waterleidingbesluit wordt gevraagd.

Er zijn vier onderdelen te onderscheiden (zie verder bijlage I):

1. verzamelen van informatie over pathogene micro-organismen in de grondstof;
2. eliminatie van pathogene micro-organismen door zuiveringsprocessen;
3. verwerken van informatie voor het uitvoeren van de risicoanalyse en de betrouwbaarheid hiervan;
4. beschrijving van de manier waarop de VROM-inspectie de uitvoering van de risicoanalyse controleert.

De risicoanalyse moet worden gebaseerd op metingen van pathogene micro-organismen in het ruwe water en de verwijdering tijdens de diverse zuiveringsstappen.

Voor een uitgebreide beschrijving van de microbiologische risicoanalyse van de waterzuivering ten behoeve van de productie van drinkwater wordt verwezen naar het VROM-protocol (VROM, 2005a).

#### **2.4 Water Safety Plans**

Naast de risicoanalyse zijn de waterbedrijven bezig met het werken aan waterkwaliteitsplannen (WSP). Waterkwaliteitsplannen beschrijven op systematische wijze de aanpak waarlangs kan worden aangetoond dat het winnings-, zuiverings-, en distributiesysteem zodanig is ontworpen en wordt bedreven dat de veiligheid van het drinkwater continu is gewaarborgd.

De systematiek is gebaseerd op de HACCP (Hazard Analysis & Critical Control Points) welke voor de drinkwaterbereiding zijn uitgewerkt door de WHO (WHO, 2005). Het maken van een WSP is niet wettelijk verplicht, maar wel wenselijk om te garanderen dat 24 uur per dag, elke dag van het jaar aan de wettelijke eis van het infectierisico wordt voldaan. Het initiatief tot waterkwaliteitsplannen is genomen door de waterbedrijven en wordt aangemoedigd door de VROM-inspectie. Waterkwaliteitsplannen kunnen als ondersteuning voor de verplichte risicoanalyse worden beschouwd.

In het WSP wordt aangegeven welke processen belangrijk zijn voor het waarborgen van de veiligheid van drinkwater. De werking van processen wordt in veel gevallen bewaakt met proces- en resultaatparameters en de werking varieert altijd binnen bepaalde grenzen. Om vast te stellen wanneer een proces voldoende goed functioneert, worden kritische grenzen gesteld aan deze parameters. Om de grenzen zo goed mogelijk te bepalen moet de relatie tussen de parameters en de effectiviteit van het proces voor het verwijderen van pathogenen bekend zijn.

## 3 Beschikbare (internationale) protocollen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de beschikbare internationale protocollen en wat de belangrijkste eisen van en verschillen zijn tussen deze protocollen. De toepassing van biodosimetrie, de basis voor alle huidige protocollen, zal worden toegelicht.

### 3.1 Inleiding

Internationaal zijn er verschillende protocollen (keuringsmethoden) in gebruik. De drie bekendste zijn de protocollen:

- W 294 van DVGW in Duitsland (DVGW, 1997);
- Önorm M 5873-1 en M5873-2 in Oostenrijk (Österreichisches Normungsinstitut, 2001a+b);
- ‘Ultraviolet disinfection guidance manual’ van de EPA in de USA (EPA, 2006).

De genoemde protocollen worden gebruikt om installaties voor UV-desinfectie te valideren. Ook in andere landen dan Oostenrijk, Duitsland en de USA worden eisen gesteld aan UV-installaties waarbij vaak verwezen wordt naar de DVGW-richtlijn, de Önorm en/of het EPA-protocol. Enkele landen waar dit voor geldt zijn: Zwitserland, Noorwegen (mondelinge informatie Berson UV-techniek) en Nieuw Zeeland. Onder andere in Canada wordt verwezen naar de EPA guidance manual. DVGW accepteert ook installaties die zijn gecertificeerd volgens de methode van Önorm, echter alleen de installaties die zijn voorzien van lagedruk UV-lampen.

De protocollen in Duitsland en Oostenrijk zijn al enkele jaren in gebruik. In Oostenrijk moeten UV-installaties die waterbedrijven gebruiken zijn gevalideerd conform de Önorm. Leveranciers van UV-installaties kunnen hun installaties volgens één of meerdere van de protocollen laten certificeren voordat deze op de markt worden gebracht. In veel gevallen wordt de certificering van (een reeks van) installaties dan ook geregeld en gefinancierd door de leverancier.

### 3.2 Validatieprotocollen

Bij validatie van een UV-installatie volgens de DVGW en Önorm protocollen wordt vastgesteld of de betreffende installatie een dosis van minimaal 40 mJ/cm<sup>2</sup> realiseert onder diverse omstandigheden. De EPA Guidance Manual stelt voor om te controleren of de betreffende installatie een nader vast te stellen gewenste dosis kan realiseren onder diverse omstandigheden. De gewenste dosis is daarbij afhankelijk van de gewenste logeenheden inactivatie van *Cryptosporidium*, *Giardia* en virussen en van de geleverde logeenheden door andere in gebruik zijnde processen in de zuivering. De nadruk ligt hierbij op *Cryptosporidium*.

De omstandigheden worden bepaald door de UV-transmissie van het water, het waterdebiet door de installatie en het totale lampvermogen. De geleverde UV-dosis wordt vastgesteld bij diverse debieten, UV-transmissies van het water en lampvermogen. Uiteraard is de 'worst case' situatie met het hoogste debiet, de laagste UV-transmissie en lampen aan het einde van de levensduur hierbij erg belangrijk.

Tevens wordt bij de validatietesten vastgesteld of het monitoringssysteem op de installatie de geleverde dosis kan bewaken. De sensoren op de installatie worden daarbij vergeleken met referentiesensoren die tevens discontinu worden ingezet bij gebruik van de installatie in de praktijk.

Het vaststellen van de geleverde dosis door een installatie bij diverse condities, gebeurt middels biosimetrie (zie §3.3). Dit geldt voor alle in §3.1 genoemde protocollen.

### 3.3 Biosimetrie

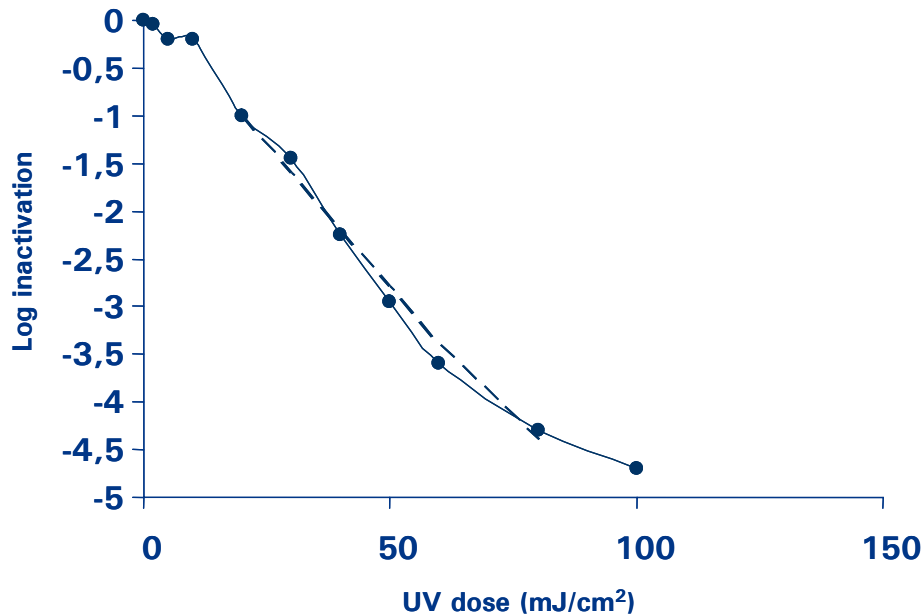
De basis voor de protocollen van DVGW, Önorm en de EPA is hetzelfde, namelijk biosimetrie. Biosimetrie is een methode om desinfectiecapaciteit van een UV-installatie vast te stellen door de inactivatie van gekalibreerde micro-organismen te meten. Van deze micro-organismen is op laboratoriumschaal (collimated beam) de inactivatiekinetiek bepaald (zie Figuur 1 voor *Bacillus subtilis*). De geleverde UV-dosis door de praktijkinstallatie wordt vervolgens bepaald door de gemeten inactivatie in de praktijkinstallatie te vergelijken met de inactivatie in de collimated beam testen.

#### **Collimated beam testen**

Een collimated beam installatie biedt de mogelijkheid om onder ideale condities fundamenteel onderzoek te doen naar de inactivatie van micro-organismen. Hiertoe wordt een petrischaaltje met een suspensie met micro-organismen in water behandeld met UV-licht. De inactivatie wordt bepaald bij een reeks van nauwkeurig bekende UV-doses (functie van de golflengte-afhankelijke UV-emissie, lampvermogen, golflengte-afhankelijke UV-transmissie van het water en de belichtingstijd). Het aantal geïnactiveerde micro-organismen in het water voor en na UV-behandeling wordt omgerekend naar logeenheden inactivatie. Door de logeenheden inactivatie uit te zetten tegen de toegepaste UV-dosis wordt een dosis-effect relatie verkregen.

Deze gegevens bieden informatie over:

- de gevoeligheid van het micro-organisme ten opzichte van andere micro-organismen;
- de kinetiek van inactivatie onder de toegepaste condities (waterkwaliteit, golflengte-afhankelijke emissie door UV-lampen).



$$\text{UV dose} = -137.630 \cdot \text{Log inactivation} + 105.5812$$

*Figuur 1 kalibratiecurve van Bacillus subtilis sporen verkregen met collimated beamtesten.*

De biosimetrietest wordt toegepast voor het testen van UV-systemen waarbij een (reeks van) reactor(en) wordt gecertificeerd op basis van metingen aan één of meerdere prototypes. De testen worden in Duitsland en Oostenrijk uitgevoerd op een testbank van het keuringsinstituut onder gestandaardiseerde omstandigheden en van tevoren vastgelegde condities betreffende o.a. gewenste dosis, debieten en UV-transmissie. Dit leidt ertoe dat door DVGW en Önorm wordt geëist dat de (reeks van) installatie(s) onder alle praktische omstandigheden een UV-dosis van minimal 40 mJ/cm<sup>2</sup> realiseren.

De validatie levert een certificaat op waarin staat aangegeven onder welke combinaties van debiet en UV transmissie de dosis van 40 mJ/cm<sup>2</sup> minimaal wordt gerealiseerd.

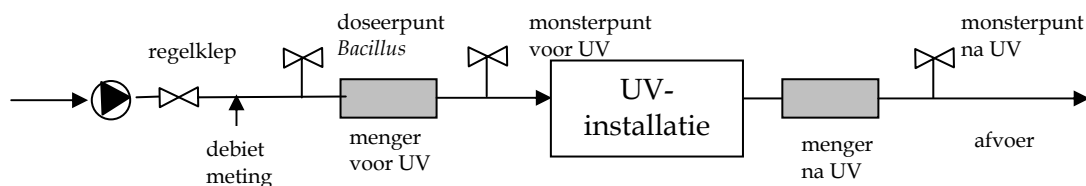
Biosimetrie wordt echter niet altijd uitgevoerd op de testbank van het keuringsinstituut, maar ook op locatie. Voordelen hiervan zijn dat:

- de testen onder lokale bedrijfsspecifieke omstandigheden worden uitgevoerd;
- de 'biosimetriedosis' wordt bepaald, uitgaande van de ontwerpdosis en niet van de in de protocollen gestandaardiseerde dosis van 40 mJ/cm<sup>2</sup>. Hierbij wordt de UV-dosis vastgesteld onder de meeste reële, praktische condities.
- Controles met een gekalibreerde referentiesensor tijdens de biosimetrietest een goede indicatie geven over gebruik van sensoren bij de bewaking van de UV-installatie in de toekomst.



De combinatie van gegevens (biosimetrie en referentiesensoren) kunnen mogelijk worden geëxtrapoleerd naar andere (identieke) UV-reactoren op een andere locatie. Omdat dit niet zonder risico is, is procesbewaking bijzonder belangrijk.

Een nadeel van biosimetrietesten op de eigen locatie is dat aanpassingen in de praktijksituatie nodig zijn (statische mixers, doseer- en monsterpunten). Een flowschema voor de installatie tijdens biosimetrietesten is in Figuur 2 weergegeven.



Figuur 2 flowschema van de UV-installatie tijdens de biosimetrietesten.

### 3.4 Verschillen tussen Önorm, DVGW en EPA

Naast de gemeenschappelijke basis zijn er ook verschillen tussen de drie protocollen. Een belangrijk verschil is dat de protocollen van Önorm en DVGW eisen dat een installatie onder alle (gewenste) omstandigheden een dosis van minimaal 40 mJ/cm<sup>2</sup> moet realiseren. Bij het EPA-protocol wordt een locatiespecifieke eis gesteld. De vereiste dosis wordt bepaald door de kwaliteit van het te zuiveren water, de eisen aan het eindproduct en de logeenheden inactivatie van de gebruikte zuiveringsprocessen.

Een ander belangrijk verschil is het gebruikte micro-organisme bij de biosimetrietesten. Önorm en DVGW gebruiken *Bacillus subtilis* sporen terwijl EPA voorschrijft dat het testorganisme dezelfde inactivatiekinetiek heeft als het micro-organisme dat de installatie moet inactiveren. Voor inactivatie van *Cryptosporidium* is nog geen testorganisme gevonden en daarom worden MS2-fagen en *Bacillus subtilis* sporen genoemd in de EPA guidance manual. In de praktijk wordt meestal gebruik gemaakt van MS2 fagen.

De inactivatiecurve van de *Bacillus subtilis* sporen is lineair bij een UV-dosis van 20 mJ/cm<sup>2</sup> tot circa 60 mJ/cm<sup>2</sup> (zie Figuur 1), terwijl de inactivatiecurve van MS2-fagen over een veel groter dosisbereik lineair is.

In de internationale protocollen worden verschillende eisen gesteld aan het uitvoeren van de biosimetrietesten. Bij de Önorm en DVGW worden de biosimetrietesten uitgevoerd bij 70 - 80% van de lamp output (meenemen invloed lampveroudering = 'safety aging') en wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde dosis tijdens de bepaling van de REF ('Reduction Equivalent Fluence') waarde. De REF is de UV-dosis die gekoppeld is aan de loginactivatie van gekalibreerde micro-organismen.

Het EPA protocol schrijft voor dat een 'safety factor' moeten worden bepaald voor het effect van veroudering, fouling, sensoren, interpolatie op de REF-waarde. Om deze reden wordt gebruikgemaakt van het 95% betrouwbaarheidsinterval bij de dosisberekening. Voor gedetailleerde uitleg van de bepaling van de safety factors zie het EPA protocol (EPA Guidance Manual, 2006).

Naast de hierboven genoemde verschillen, zijn er nog meer kleine verschillen tussen de protocollen. Een voorbeeld hiervan is de gebruikte referentiesensor en de eisen daaraan.

Alle genoemde verschillen zijn van toepassing op installaties met lagedruk UV-lampen. Voor middendruk UV-lampen is er geen DVGW-richtlijn. Er is wel een Önorm ontwerpprotocol. Het probleem bij het opstellen van dit protocol was vooral dat sensoren met de spectrale gevoeligheid overeenkomend met de absorptie van DNA niet beschikbaar zijn. Hierdoor kunnen de bijdragen aan inactivatie van de verschillende door middendruk UV-lampen geëmitteerde golflengten niet nauwkeurig worden bepaald. De validatie bestaat uit biosimetrietesten met lagedruk UV-lampen waarvan de resultaten worden vertaald naar middendruk praktijkinstallatieonderzoek. Voor lagedruk UV-lampen speelt dit probleem niet omdat de beschikbare sensoren de geëmitteerde 253,7 nm nauwkeurig kunnen meten.

Het EPA-protocol geldt voor zowel installaties met lagedruk als met middendruk UV-lampen. Ook hier wordt gebruik gemaakt van een combinatie lagedruk collimated beam experimenten versus/vertaald naar middendruk praktijkinstallatieonderzoek. Echter, afwijkend van het Önorm protocol, wordt in het EPA-protocol gecorrigeerd voor het verschil tussen de gekalibreerde micro-organismen (biosimeteer) en gevoeligheid van de doelorganismen (pathogenen).



# 4 Bedrijfsvoering waterbedrijven

## 4.1 Inleiding

Om de huidige manier van valideren en procesbewaken van UV-installaties bij de Nederlandse waterbedrijven in kaart te brengen, is informatie en kennis over validatie en procesbewaking van UV-installaties en de rol van de inspectie door Evides, PWN en WML beschikbaar gesteld. Daarnaast is informatie ingewonnen bij waterbedrijven (Evides, PWN, Oasen, BW, Vitens) over de huidige manier van valideren en bewaken van bestaande UV-installaties, de rol van de inspectie en de verbeterpunten die kunnen worden aangebracht ten aanzien van validatie/procesbewaking. Deze informatie is verkregen door middel van een door de waterbedrijven ingevulde vragenlijst (zie bijlage II) en waar nodig een telefonische toelichting. In dit hoofdstuk is alle informatie gebundeld en wordt de huidige manier van valideren en procesbewaken per UV-techniek weergegeven. Tevens zijn in bijlage III alle gegevens per UV-techniek in tabelvorm gerangschikt.

## 4.2 Aanpak validatie

Voordat een UV-installatie wordt aangeschaft, zal een aantal vragen moeten worden beantwoord. De antwoorden op deze vragen worden in een programma van eisen vastgelegd om voorbereid met leveranciers van UV-installaties te kunnen overleggen. Belangrijke vragen zijn:

### Eisen

1. Welk(e) micro-organisme(n) moet(en) worden geïnactiveerd?
2. Hoeveel logeenheden inactivatie van micro-organismen dient het zuiveringsproces te leveren?
3. Hoe hoog dient de ontwerp UV-dosis te zijn?

### Uitvoering

4. Welke UV-technologie wordt toegepast?
5. Welk type lamp (LD of MD) wordt cq. gaat worden gebruikt?
6. Waarop is/wordt de UV- of ontwerpdosis gebaseerd (modellering, biodosimetrie)?

De vragen 4 t/m 6 kunnen in overleg tussen waterbedrijf en de leverancier worden beantwoord, waarbij gebruik kan worden gemaakt van advies van derden of informatie uit de literatuur. In de praktijk worden UV-systemen in toenemende mate gevalideerd met biodosimetrie (zie verder §3.3) eventueel ondersteund met modellering. Bij het berekenen van de UV-dosis wordt vaak gebruik gemaakt van 'Computational Fluid Dynamics' (verblijftijdspreiding) in combinatie met lichtverdelingsmodellen, waterkwaliteitsparameters zoals de UV-transmissie en de kinetiek van micro-organismen en chemische verbindingen. Kinetische parameters worden verkregen via collimated beamonderzoek (zie het kader in §3.3 voor een beknopte beschrijving van de aanpak van dergelijk onderzoek).

#### 4.2.1 Hoofddesinfectie

Op enkele plaatsen in Nederland wordt bij de bereiding van drinkwater UV toegepast voor hoofddesinfectie. Op één van die locaties (Berenplaat, Evides) is een grote inspanning geleverd voor het valideren en bewaken van de UV-reactoren. De benodigde logeenheden die het UV-systeem diende te leveren, bleken te worden bepaald door de aanwezigheid van natuurlijke sporen van sulfietreducerende clostridia (SSRC) waardoor uiteindelijk een REF van 70 mJ/cm<sup>2</sup> nodig bleek (Van der Veer, 2002).

De protocollen van DVGW en Önorm zijn gericht op validatie bij de vaste dosis van 40 mJ/cm<sup>2</sup> waardoor de uitvoering weinig flexibel is. Daarnaast wordt in deze protocollen gebruik gemaakt van *Bacillus Subtilis* sporen welke slechts in een beperkt dosisbereik een lineair dosis-effect relatie tonen (zie Figuur 1, §3.3). Vanwege de 'Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule' (LT2ESWTR), welke regulering van kracht is in de VS, is het EPA-protocol primair gericht op inactivatie van *Cryptosporidium*. Echter, de werkwijze is aan te passen gericht op andere, eventueel meer UV-resistente micro-organismen om aan de eisen van het waterleidingbesluit te voldoen. Op een andere locatie (Roosteren, WML) waar UV voor hoofddesinfectie wordt toegepast, is de UV-installatie gevalideerd met een combinatie van de DVGW- en Önormprotocollen. Op één dag is een viertal biosimetrietesten uitgevoerd gericht op het behalen van de ontwerpdosis onder 'worst case' condities (hoogste debiet en laagste lampvermogen bij gelijke UV-transmissie).

#### 4.2.2 Nadesinfectie

Op diverse plaatsen in Nederland (Brabant Water, Vitens, Oasen en WML) wordt UV toegepast voor nadesinfectie cq. als veiligheidsbarrière of in geval van calamiteiten bij de drinkwaterbereiding. Aan UV-installaties die worden gebruikt voor nadesinfectie worden vaak andere eisen gesteld dan aan installaties die worden gebruikt voor hoofddesinfectie. In tegenstelling tot hoofddesinfectie, dat zich richt op ziekteverwekkers, wordt nadesinfectie ingezet voor het desinfecteren van water met niet-ziekteverwekkers. In de praktijk betekent dit dat de UV-dosis doorgaans lager is dan bij hoofddesinfectie.

Voor zover bekend zijn de huidige installaties voor nadesinfectie niet gevalideerd volgens een bestaand protocol (DVGW, EPA of Önorm). Wel heeft de leverancier op basis van berekeningen met een eigen spread sheet de UV-dosis berekend en de installaties ingesteld op de gewenste dosis.

#### 4.3 Procesbewaking

Nadat de UV-installatie is gevalideerd en in bedrijf is genomen, wordt het proces bewaakt. In alle (bekende) gevallen vindt bewaking van het proces continu plaats waarbij gebruik wordt gemaakt van optische sensoren. De sensoren registreren de UV-intensiteit waarin onder meer de UV-transmissie van het water en de output van de lamp in relatie tot de elektrische stroom en lampleeftijd is betrokken. Registratie van het aantal branduren, gecombineerd met de levensduurcurve van de lampen is essentieel. Het aantal gebruikte

sensoren is minimaal één per reactor, maar bij een reactor met meerdere lampen is een bewaking met één sensor onvoldoende. Eén sensor kan niet alle lampen bewaken waardoor lampveroudering onvoldoende wordt geregistreerd. Naast het gebruik van sensorsignalen kan lampuitval ook worden vastgesteld door het meten van elektrische stroom in de ballasten. Late registratie van lampuitval of te ver verouderde lampen kan leiden tot onvoldoende presteren van het UV-systeem. Het sensorsignaal is afhankelijk van:

- de UV-transmissie en troebelheid van het water wat een significant effect kan hebben op de gemiddelde UV-dosis;
- de UV-output van de lamp: dit is het lampvermogen gecorrigeerd voor het aantal branduren volgens de levensduurcurve van de lamp;
- afstand van de sensor tot de lamp;
- veroudering van de sensor;
- vervuiling van de kwartsbuizen en de vensters waarachter de sensoren zich bevinden;
- de invalshoek (meethoek uitlijning van de sensor) waaronder UV-licht op de sensor valt;
- spectrale gevoeligheid van de sensor.

Naast de UV-intensiteit van de lampen wordt de UV-dosis bepaald door de verblijftijd(spreiding) van het water in de reactor. In UV-reactoren met een brede verblijftijdspreiding kan een deel van het water korter dan de minimaal benodigde verblijftijd in de reactor doorbrengen. Dit betekent dat een deel van het water een te lage UV-dosis ontvangt waardoor een reële kans ontstaat dat onvoldoende desinfectiecredits worden gerealiseerd.

In de praktijk varieert de verblijftijd. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de berekening van de dosis. De gemeten lichtintensiteit en het gemeten waterdebiet worden gebruikt om de actuele UV-dosis te berekenen. Voor het bepalen van de UV-dosis kunnen verschillende rekenmethodes worden gehanteerd:

1. Een simpele berekening van de verblijftijd, met als uitgangspunt een propstroom door de reactor, gekoppeld aan de signalen van de UV-sensoren. Dit levert vaak een overschatting van de effectieve UV dosis op.
2. Een geavanceerde berekening gebruikmakend van de verblijftijd (CFD), de sensorsignalen en metingen van het debiet en UV-transmissie.
3. Een geavanceerd model waarmee de gemiddelde verblijftijd van het water wordt berekend met behulp van CFD en waarmee de CFD-data worden gekoppeld aan de signalen van de UV-sensoren. In dit model worden ook de resultaten van biodosimetrie (testen uitgevoerd tijdens de validatie) meegenomen.

In een enkel geval wordt naast de continue bewaking met sensoren, de sensor jaarlijks gecontroleerd met een referentiesensor. Deze referentiesensor is geïkht zodat de werkelijke UV-intensiteit wordt weergegeven en de continu in gebruik zijnde sensoren worden gecontroleerd op afwijkingen. Bij constatering van afwijkingen (zoals beschreven in de EPA Guidance Manual) tussen de referentiesensor en een continu gebruikte sensor vindt in eerste instantie uitwisseling met andere sensoren plaats en worden kwartsbuizen

schoongemaakt of vernieuwd. Als het verschil dan nog niet kan worden verklaard, wordt de continu gebruikte sensor vervangen door een nieuwe sensor en opgestuurd naar de leverancier ter controle en/of kalibratie.

Om voor het effect van lampveroudering te corrigeren, wordt de energietoevoer verhoogd zodat de juiste lampintensiteit is gewaarborgd. Dit vindt plaats als de sensoruitlezing lager is dan de ingestelde waarde. Bij de meeste installaties is dit automatisch geregeld. Bij oudere installaties, waarbij dit niet automatisch is geregeld, is niet altijd duidelijk hoe er wordt gecorrigeerd voor lampveroudering.

Om het effect van vervuiling van de kwartsbuizen op de UV-dosis tegen te gaan, worden de kwartsbuizen op gezette tijden gereinigd. De wijze waarop reiniging van kwartsbuizen plaatsvindt, kan per locatie verschillen. Bij nieuwe installaties vindt de reiniging over het algemeen automatisch plaats, een enkele keer handmatig. Het automatisch schoonmaken van de kwartsbuizen gebeurt door middel van een wisser die met een ingestelde frequentie over de kwartsbuizen schuift.

Ook visuele inspecties van het inwendige van de UV-reactor en de toe- en afvoer van het te behandelen water geven uitsluitsel over de aanwezigheid van ongewenste afzettingen. Algengroei kan het beste via visuele inspectie aan het licht worden gebracht.

Naast procesbewaking met de sensor worden op de diverse locaties ook regelmatig (wekelijks, maandelijks) monsters genomen om de bedrijfsvoering van de UV-installatie te controleren. Dit onderzoek betreft de mate waarin bijproducten (onder meer nitriet) worden gevormd en ook bacteriologische parameters (onder meer koloniegetallen) worden verlaagd.

# 5 Validatie en procesbewaking versus waterleidingbesluit en WSP

## 5.1 Inleiding

Op dit moment zijn er geen specifieke richtlijnen betreffende de validatie en procesbewaking gericht op UV-installaties in Nederland. Het waterbedrijf bepaalt zelf of een UV-installatie voor gebruik dient te worden gevalideerd en hoe de procesbewaking plaatsvindt.

In het waterleidingbesluit wordt gesteld dat een risicoanalyse moet worden uitgevoerd om aan te tonen dat aan de grenswaarde van één infectie per 10.000 mensen per jaar (risico  $10^{-4}$ ) wordt voldaan. In de inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater' (zie hoofdstuk 2) wordt beschreven hoe de risicoanalyse dient te worden uitgevoerd en op welke manier de inspectie controleert of de risicoanalyse op de juiste manier is uitgevoerd. De VROM-inspectie verplicht niet tot valideren en controleren van de UV-installatie. Het is aan de waterbedrijven om aan te tonen dat aan het  $10^{-4}$  risico wordt voldaan.

Daarnaast wordt in de inspectierichtlijn 'Harmonisatie meetprogramma drinkwaterkwaliteit' gesteld dat in het gehele traject van inkomend ruw water tot het uitgaande drinkwater per procesonderdeel één of meerdere monsterpunten moeten worden aangewezen waar regelmatig monsters worden genomen.

In dit hoofdstuk wordt omschreven hoe de validatie/procesbewaking van UV-installaties dient te worden uitgevoerd met inachtneming van het waterleidingbesluit en de inspectierichtlijnen (risicoanalyse) en WSP, rekeninghoudend met wat praktisch mogelijk is en de kosten die daar uit voortvloeien.

In plaats van de termen hoofd- en nadesinfectie, zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken, worden de volgende groepen geïntroduceerd:

1. inactivatie ziekteverwekkers (hoofdesinfectie);
2. inactivatie niet-ziekteverwekkers (nadesinfectie).

## 5.2 Belang van validatie

De manier van valideren is afhankelijk van de toegepaste UV-technologie. Indien UV wordt toegepast als desinfectiemiddel waarbij geen ziekteverwekkers hoeven te worden geïnactiveerd, dient UV als polijstap. Een voorbeeld is het verlagen van koloniegetal  $22^{\circ}\text{C}$  in het effluent van actieve-koolfilters (Kruithof *et al.*, 1992). De inactivatie van eventueel aanwezige ziekteverwekkers (eis  $10^{-4}$  infectierisico) vindt in dit geval al eerder in de zuivering plaats. Ondanks dat er redenen aan te voeren zijn om UV-installaties voor behandeling van water met niet-ziekteverwekkers volgens dezelfde methode te valideren als UV-installaties voor water met ziekteverwekkers wordt hier in de praktijk vaak anders mee omgegaan. Controle op het functioneren van



de UV-installatie gebeurt vaak door het meten van onder meer koloniegetallen en *Aeromonas* in het in- en effluent van de installatie. Als de waarden hiervoor in het effluent voldoende laag zijn, wordt dit in veel gevallen als afdoende beschouwd en wordt niet vastgesteld wat de UV-dosis is. Vanwege deze aanpak is er vaak onvoldoende reden om UV-installaties volgens protocol te valideren.

Desondanks zijn de auteurs van dit rapport van mening dat UV-installaties volgens een betrouwbare methode moet worden gevalideerd, ongeacht of de installatie bedoeld is voor de behandeling van ziekteverwekkers of niet-ziekteverwekkers:

- analyse van het in- en effluent van UV-installaties op bijvoorbeeld koloniegetallen en *Aeromonas* wordt wel frequent uitgevoerd, maar met deze aanpak wordt te laat ingegrepen als het water onverhoopt onvoldoende is gedesinfecteerd;
- eventuele omissies bij de hoofddesinfectie worden alsnog rechtgezet door de aanvullende UV-desinfectie. Het is daarbij van belang dat bij het vaststellen van de UV-dosis voor nadesinfectie rekening wordt gehouden met aanvullende desinfectiecapaciteit van ziekteverwekkers.
- Verminderde waterkwaliteit (met name UV-transmissie) kan leiden tot onvoldoende desinfectiecapaciteit.
- Aangezien variatie in de waterkwaliteit ook de hoofddesinfectie nadelig kan beïnvloeden, is het van belang dat de gehele zuivering integraal wordt betrokken bij het vaststellen van de benodigde desinfectiecapaciteit.
- Te hoge UV-doses leiden tot onnodig hoge variabele kosten en eventueel hogere concentraties aan ongewenste bijproducten, zoals AOC en nitriet.
- UV-installaties voor niet-ziekteverwekkers dienen te functioneren waar ze voor zijn geïnstalleerd, zoals hygiëne en voorkómen/verminderen nagroei. Nagroei kan ook groei van *Legionella* veroorzaken.

Deze redenen sluiten aan bij het doel zoals vastgelegd in de Water Safety Plans (WSP) zoals toegelicht in §2.4. Het advies is om de aanpak zoals beschreven in §5.2.1 ook te hanteren voor UV-installaties die water behandelen voor de inactivatie van niet-ziekteverwekkers.

### 5.2.1 *Inactivatie ziekteverwekkers*

Als UV-desinfectie wordt ingezet met als hoofddoel het inactiveren van ziekteverwekkers dient te worden voldaan aan de eisen die staan vermeld in het waterleidingbesluit en uitgebreid zijn beschreven in de inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater'. Er moet worden aangetoond dat de zuivering (inclusief UV) in staat is om afdoende verwijdering/inactivatie van micro-organismen te realiseren om aan de eis van maximaal  $10^{-4}$  infectierisico te voldoen. Om dit aan te tonen dient een risicoanalyse te worden uitgevoerd. Verder staat in de richtlijn dat, indien de zuiveringsstap verderop in het proces plaatsvindt en de indicatororganismen (*E. coli*, SSRC, somatische colifagen en F+RNA fagen) niet kunnen worden geanalyseerd, de vereiste logreductie op een andere wijze moet worden aangetoond. De volgende alternatieven zijn voorhanden:

- doseren van indicatororganismen op praktijkschaal;

- proefinstallatieonderzoek (ondersteund door literatuuronderzoek);
- laboratoriumonderzoek (ondersteund door literatuuronderzoek).

Een niet-gecertificeerde UV-installatie kan niet worden gevalideerd op basis van enkel literatuuronderzoek of op basis van gegevens van de leverancier. Validatie dient op praktijkschaal plaats te vinden of op een schaal die het mogelijk maakt om de resultaten te vertalen naar de praktijkschaal. Vanwege mogelijke vertaalproblemen (zoals hydraulische aspecten die leiden tot verblijftijdspreiding en zelfs kortsluitstroming) verdient het de voorkeur om één of meer praktijkschaal reactoren te valideren. Bij de validatie dient onder meer aandacht te worden besteed aan de volgende onderwerpen:

- validatie uitvoeren bij de vereiste dosis;
- invloed waterkwaliteit en variaties daarin;
- controleren sensorsignaal met behulp van referentiesensor (validatie procesbewaking);
- werking sensor in 'worst case' situaties (lampuitval, lampveroudering);
- aantonen haalbaarheid ontwerpdosis onder verschillende extreme omstandigheden;
- dosis-effect relatie bepalen; eventueel 'safety factors' meenemen in de dosisberekening (nader te bepalen);
- desinfectiecapaciteit bij 'worst case' situaties (waterkwaliteit, lampuitval, lampveroudering) met behulp van collimated beamtesten op labschaal gebruikmakend van biosimetrietesten (MS2-fagen, *Bacillus subtilis* sporen) conform het EPA-protocol.

Tijdens de validatie wordt het kader vastgesteld waarbinnen bij een gegeven UV-dosis de vereiste logeenheden zijn gegarandeerd. Dit kader wordt bepaald door de golflengteafhankelijke UV-transmissie (simulatie waterkwaliteit), het lampvermogen (simulatie lampuitval en -veroudering) en het waterdebiet te variëren. Op basis van literatuur, maar beter met onderzoek op laboratoriumschaal (collimated beam), kan de dosis-effect relatie worden vastgesteld voor de relevante ziekteverwekkers. Gezien het relatief eenvoudige karakter van de uit te voeren collimated beam testen wordt geadviseerd om de dosis-effect relatie zelf onder gecontroleerde condities vast te (laten) stellen.

Na verloop van tijd kan het vóórkomen dat de UV-installatie opnieuw moet worden gevalideerd. Dit kan het gevolg zijn van onder meer:

- aanpassingen in de zuivering waardoor de UV-installatie meer logeenheden inactivatie van (een) specifieke ziekteverwekker(s) moet leveren;
- variaties in de waterkwaliteit die buiten het eerder vastgestelde kader vallen; om die reden is het van belang om de waterkwaliteit, met name de UV-transmissie, te monitoren;
- het aantreffen in het water van andere, meer UV-resistente ziekteverwekkers.

UV-oxidatie, zoals UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, is primair bedoeld als barrière voor organische microverontreinigingen. Vanwege de relatief hoge UV-dosis is dit proces tevens zeer geschikt als barrière voor ziekteverwekkers (Kruithof *et al.*, 2003).

Validatie van een UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> installatie met betrekking tot de inactivatie van ziekteverwekkers is dus van belang. Om die reden wordt voor validatie verwezen naar de hierboven beschreven methode met de toevoeging dat de condities waaronder wordt gevalideerd onderdeel uitmaken van de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> techniek (hoge UV-dosis, aanwezigheid van H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, vorming van oxidatief krachtige species zoals hydroxylradicalen).

### 5.3 Procesbewaking

De methode van procesbewaken is onafhankelijk van de toegepaste UV-technologie. In alle gevallen kan dezelfde procedure worden gevolgd om het proces te bewaken.

Procesbewaking vindt continu plaats met behulp van sensoren welke moeten voldoen aan de eisen zoals beschreven in de protocollen. Indien niet wordt gewerkt met één sensor per lamp kan gebruik worden gemaakt van detectie op basis van lampstroomonderbreking, waarbij een signaal wordt afgegeven als een lamp is uitgevallen. Lampstroomonderbreking detectie is alleen nodig als niet alle lampen met een sensor worden bewaakt. Benadrukt wordt dat een sensor per lamp de ideale situatie is. Met dit systeem wordt een afname in de UV-dosis opgemerkt, terwijl dit vaak niet het geval is bij gebruik van minder sensoren dan lampen in een reactor en lampstroomonderbreking detectie.

De werking van de sensor dient regelmatig te worden gecontroleerd met behulp van een referentiesensor. De frequentie waarin dit gebeurt, is afhankelijk van de veroudering van de sensor (informatie leverancier).

## 6 Wat kiest de bedrijfstak?

Voor het voeren van de discussie over nut en noodzaak en opzet/vormgeven van validatieprotocollen voor UV-installaties is gebruikgemaakt van een aantal stellingen. De stellingen werden voorgelegd aan een panel van UV-technologen van waterbedrijven in Nederland met als doel om vast te stellen of de drinkwatersector in Nederland behoefte heeft aan (een) specifiek(e) UV-protocol(len) en zo ja, waar deze protocollen zich op moeten richten.

Aanwezig bij deze workshop waren:

Evides – A.J. van der Veer

PWN – A.J. Martijn

Vitens – G.M. Bakker

WML – G. Reijnen

WLN – J.H. Bruins

Kiwa WR – E.F. Beerendonk

Kiwa WR – G.F. Ijpelaar

Schriftelijke reacties van E. Coppens (Brabant Water), R. Kolpa (Oasen) en L.A.C. Feij (Stichting Waterlaboratorium Zuid) zijn hierin meegenomen.

### 6.1 Stellingen en standpunt panel

#### Stelling 1

Vanwege de toenemende toepassing van UV en de aangescherpte regelgeving rondom desinfectie van drinkwater kan Nederland het zich niet permitteren geen protocol(len) voor toepassing van UV-technologie te hanteren. Daarom is een protocol voor validatie en procesbewaking nodig voor toepassing van UV-desinfectie in Nederland.

#### *Reactie panel*

Nee.

#### *Toelichting*

De internationale protocollen zijn goed bruikbaar voor de Nederlandse drinkwatersector. Aanvulling op deze protocollen vormt de expertise die in de loop der jaren in de (drink)watersector is opgedaan. De meerderheid van het panel geeft aan dat de waterbedrijven zelf in staat zijn om met een (door de leverancier) gevalideerde installatie het 'venster' van relevante parameters (debiet, UV-vermogen, UV-transmissie) vast te stellen. Op basis hiervan is geen Nederlands protocol nodig.

#### Stelling 2

Een validatie en procesbewaking protocol wordt gebaseerd op (een) bestaand(e) (internationale) protocol(len) en indien nodig aangepast tot een voor de Nederlandse situatie toepasbaar en geaccepteerd protocol.

*Reactie panel*

Ja.

*Toelichting*

Een nieuw protocol is niet nodig; aanvullingen op de bestaande protocollen zijn wel nodig. Per situatie moet worden gezien welke aanvullingen dit zijn. Voorzien wordt dat niet iedereen in staat is om vast te stellen wat nodig is. De panelleden stellen voor om voor dit doel een basisdocument op te stellen. De optie werd genoemd om Kiwa WR als kennisinstituut de kennis actueel te laten houden en die te laten delen met de bedrijfstak.

### Stelling 3

Vanwege de zwaardere eisen die worden gesteld aan regelgeving voor hoofddesinfectie gaat het validatie- en procesbewakingsprotocol voor hoofddesinfectie verder dan het validatie en procesbewaking protocol voor nadesinfectie.

*Reactie panel*

Nee.

*Toelichting*

Het standpunt hierin is dat geen onderscheid moet worden gemaakt. In alle gevallen is het noodzakelijk dat wordt aangetoond dat het werkt. Ook niet-ziekteverwekkers kunnen via nagroei een probleem voor de waterkwaliteit vormen. Nagroei bevordert ondermeer de ontwikkeling van Legionella.

### Stelling 4

Een protocol voor toepassing van UV-desinfectie en -oxidatie is alleen dan bruikbaar als naast de technische aspecten (eisen UV-reactor, gebruik van sensoren, etc.) ook de relatie met de vereiste desinfectie-capaciteit (logeenheden, dosis-effect relatie) wordt gelegd.

*Reactie panel*

Dient nader te worden vastgesteld.

*Toelichting*

Een protocol wordt gezien als een kookboek dat aangeeft welke handelingen moeten worden uitgevoerd. Volgens de panelleden is het niet eenduidig welke aspecten wel en welke niet moeten worden meegenomen. Bepaalde informatie moet aan de leverancier van de UV-installatie worden voorgelegd om de installatie te krijgen die aan de eisen voldoet. Welke informatie dit is, zou in het basisdocument moet worden vastgelegd en op elk moment beschikbaar moeten zijn.

### Stelling 5

Een meet- en validatieprotocol voor UV-desinfectie in Nederland moet voor de VROM-inspectie ter beschikking komen als controlemiddel op het naleven van de regels.

#### *Reactie panel*

Nee.

#### *Toelichting*

Dit past niet in de Nederlandse cultuur. Dit is ook niet nodig, omdat de VROM-inspectie vraagt aan te tonen dat het drinkwater voldoet aan het  $10^{-4}$  infectierisico. De combinatie van de volgende 3 stappen is volgens het panel voldoende:

- gebruik van de 3 internationale protocollen;
- specifieke informatie voor de Nederlandse situatie in het basisdocument;
- opbouw en actueel houden van expertise welke informatie op elk gewenst moment beschikbaar is, bijvoorbeeld in een database.

De panelleden zijn het erover eens dat de opbouw van een database nodig is en zeggen namens het waterbedrijf de volledige medewerking hieraan toe.

### Stelling 6

Voor een officieel en onderbouwd Nederlands validatie en procesbewaking protocol dient een beoordelingsrichtlijn (BRL) te worden opgesteld.

#### *Reactie panel*

Nee.

#### *Toelichting*

Op basis van de reacties op de voorgaande stellingen is een Nederlands protocol voor UV-desinfectie niet nodig en hoeft er dus geen beoordelingsrichtlijn worden opgesteld.

### Stelling 7

Voor toepassing van het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proces voor desinfectie en omzetting van ongewenste stoffen in Nederland is een validatie en procesbewaking protocol nodig.

#### *Reactie panel*

Nee.

#### *Toelichting*

Wat voor UV-desinfectie geldt, geldt ook voor UV-oxidatie. Als een internationaal protocol voor UV-oxidatie niet of niet op korte termijn beschikbaar komt, zal ook hier opbouw van expertise nodig zijn. Voorgesteld wordt om nu al aan opbouw van expertise te werken en deze expertise in een database op te slaan.

### Stelling 8

Voor toepassing van UV-desinfectie en UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in Nederland kan met één validatie en procesbewaking protocol worden volstaan.

*Reactie panel*

Gezien de reacties op het voorgaande gaat deze stelling niet meer op.

*Toelichting*

Voorgesteld wordt om een basisdocument op te stellen met informatie die aanvullend is op de bestaande internationale protocollen en dat tevens adviseert welke informatie met de leverancier te delen.

Stelling 9

Voor toepassing van het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proces voor desinfectie en omzetting van ongewenste stoffen in Nederland is nu al een validatie en procesbewaking protocol nodig.

*Reactie panel*

Zie stelling 7.

Stelling 10

Ondanks dat de procescondities van het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proces zijn gericht op de omzetting van ongewenste stoffen dient het protocol niet alleen te beschrijven hoe het UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> systeem functioneert gericht op omzetting van stoffen, maar ook hoe een 4 log inactivatie van MS2-fagen onder alle omstandigheden wordt gegarandeerd.

*Reactie panel*

Nee.

*Toelichting*

Dit zijn twee verschillende processen. Vanwege de strenge waterkwaliteitseisen vraagt desinfectie veel meer aandacht. De klant moet de keuze hebben hoe met beide processen om te gaan.

## 6.2 Conclusie

Volgens de vertegenwoordigde UV-technologen heeft de drinkwatersector geen behoefte aan een nieuw en volledig validatie- en procesbewakings-protocol naast de al bestaande internationale protocollen. Wel zijn aanvullingen nodig die specifiek gelden voor de Nederlandse situatie en dus niet in de bestaande protocollen zijn beschreven. Welke aanvullingen dit zijn, dient te worden vastgesteld en in een basisdocument te worden vastgelegd. Dit basisdocument dient tevens advies te geven over welke informatie met de leverancier van de UV-installatie te delen.

Nederlandse waterbedrijven hebben in de loop der jaren veel kennis opgedaan over validatie en bewaking van UV-installaties. Deze expertise is gebaseerd op de kennis beschreven in de internationale protocollen en

aangevuld met kennis van onderzoek gericht op de lokale situatie. Deze kennis is zeer goed bruikbaar voor UV-installaties die in de toekomst worden gebouwd. Om deze kennis voor de in het bedrijfstakonderzoek samenwerkende waterbedrijven beschikbaar te laten komen, wordt naast het basisdocument ook een database ingericht waarin de opgebouwde expertise staat beschreven. Volgens de aanwezige UV technologen zou het opstellen van het basisdocument en het inrichten en opnemen van al bestaande en nieuwe kennis in een database het beste door Kiwa Water Research in het bedrijfstakonderzoek kunnen worden uitgevoerd. Het volledig ter beschikking stellen van relevante informatie door relevante partijen is hierbij een voorwaarde.

De conclusie sluit in hoofdlijnen aan bij het standpunt dat Brabant Water, Oasen en Stichting Waterlaboratorium Zuid schriftelijk hadden ingediend.





# Literatuur

- DVGW (1997), UV-Desinfectionsanlagen für die Trinkwasserversorgung – Anforderungen und Prüfung, Technische Regel Arbeitsblatt W 294, 1997.
- EPA (2006), Ultraviolet disinfection guidance manual for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule, Office of Water (4601), EPA 815-R-06-007, November 2006.
- EU (1998), richtlijn nr. 98/83/EG van de Raad van de Europese Unie van 3 november 1998 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water (PbEG L 330).
- Kruithof, J.C., R.Chr. van der Leer, W.A.M. Hijnen (1992) Practical experiences with UV disinfection in the Netherlands. J Water SRT – Aqua, 41(2), pp. 88 – 94.
- Kruithof, J.C., P.C. Kamp, N.W. Lute, M. Belosevic, G. Williams (2003) Implementation of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment for inactivation of micro-organisms and pesticide control. Proceedings van het tweede internationale IUVA congres over ultraviolet technologieën. Wenen, 9-11 juli.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2001a), Requirements and testing (low pressure mercury lamp plants), Önorm M 5873-1, Wenen, 2001.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2001b), Anlagen zur Desinfektion von Wasser mittels Ultraviolett-Strahlen; Teil 2, Anlagen mit Quecksilberdampf-Mitteldruckstrahlern, Vorschlag Önorm M 5873-2, Wenen, 23 november 2001.
- Van der Veer, A.J. (2002) Case study Berenplaat. Workshop Kiwa Water Research, maart 2002.
- VROM (2005a), Inspectierichtlijn ‘Analyse microbiologische veiligheid drinkwater’, VROM-inspectie, januari 2005, art. code 5318.  
Zie: [www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=5318](http://www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=5318)
- VROM (2005b), Inspectierichtlijn ‘Harmonisatie meetprogramma drinkwater kwaliteit’, VROM-inspectie, maart 2005, art. code 5074, pag. 14/32.
- Waterleidingbesluit (2001), Besluit van 9 januari 2001 tot wijziging van het Waterleidingbesluit in verband met de richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijk consumptie bestemd water, Staatsblad van het koninkrijk der Nederlanden, 31:1-53
- WHO (2005), Water Safety Plans ‘managing drinking water quality from catchment to consumer’, WHO/SDE/WSH/05.06



# I Inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater'

De inspectierichtlijn 'Analyse microbiologische veiligheid drinkwater' is het protocol voor de uitvoering van de microbiologische risicoanalyse die in het waterleidingbesluit wordt gevraagd.

Er zijn vier onderdelen te onderscheiden:

1. verzamelen van informatie over pathogene micro-organismen in de grondstof.
2. eliminatie pathogene micro-organismen door zuiveringsprocessen
3. verwerken informatie voor het uitvoeren van de risicoanalyse en de betrouwbaarheid hiervan
4. beschrijving op welke wijze van de VROM-inspectie de uitvoering van de risicoanalyse controleert

## ad. 1 Grondstof

Uit het waterleidingbesluit volgt dat een risicoanalyse moet worden uitgevoerd. De risicoanalyse moet worden gebaseerd op metingen van pathogene micro-organismen in het ruwe water en de verwijdering in de zuivering. Verder staat vermeldt dat dit geldt voor waterbedrijven die oppervlaktewater als grondstof gebruiken (oppervlaktewaterbedrijven), inclusief degene die gebruik maken van bodempassage (infiltratiebedrijven en oevergrondwaterbedrijven). Daarnaast kan de toezichthouder (inspectie) bepalen of ook voor kwetsbare grondwaterwinningen een risicoanalyse moet worden opgesteld.

In de richtlijn staat aangegeven welke index pathogenen kunnen worden gebruikt voor de risicoanalyse. Deze zijn geselecteerd volgens de voorwaarden die staan vermeld in de inspectierichtlijn. In Tabel 1 staan de indexpathogenen weergegeven.

*Tabel 1 groepen pathogene micro-organismen met voorgestelde indexpathogenen.*

Bacteriën	Parasitaire protozoa	Virussen
Campylobacter	Cryptosporidium en Giardia	Enterovirussen

Verder staat omschreven welke meetstrategie dient te worden gevolgd bij oppervlaktewater en bij grondwater. In de meetstrategie staan de meetlocatie, de meetfrequentie, het meetvolume, de meetmethode en de kwaliteitsborging omschreven.

## ad. 2 Effectiviteit zuivering

Om de effectiviteit van de zuivering in kaart te brengen wordt uitgegaan van een aantal uitgangspunten betreffende het zuiveringsontwerp en de risicoanalyse.

Voor het zuiveringsontwerp gelden de volgende uitgangspunten:

- stel de zuivering af op de kwaliteit van de grondstof;
- gebruik 'multiple barriers'.

Voor de risicoanalyse gelden de volgende uitgangspunten:

- uitvoeren op elke productielocatie;
- uitvoeren voor de indexpathogenen;
- uitvoeren als onderzoek.

Het verzamelen van informatie wordt gezien als onderzoek. Dat betekent dat de effectiviteit van de zuiveringsprocessen per productielocatie in een onderzoek goed wordt vastgesteld.

Het bepalen van de effectiviteit van de zuivering vindt plaats in zes stappen.

1. beschrijving zuivering;
2. kennis effectiviteit zuivering;
3. opstellen van risicoscenario's;
4. meting praktijkschaal.

#### *Meting indicatororganismen*

De effectiviteit van de eerste stappen in de zuivering is in veel gevallen niet vast te stellen met metingen van pathogenen, maar wel met metingen van indicatororganismen. Tabel 2 geeft de indicatororganismen weer die dienen te worden geanalyseerd voor het beschrijven van de zuivering voor de indexpathogenen.

*Tabel 2 indicatororganismen voor het beschrijven van de zuivering voor de indexpathogenen.*

	Bacteriën	Parasitaire protozoa	Virussen
Indexpathogeen	Campylobacter	Cryptosporidium en Giardia	Enterovirussen
Indicatororganismen	E. coli	SSRC	Somatische colifagen; F+RNA fagen

#### *Metingen proces- en resultaatparameters*

Procesparameters zijn parameters die de goede werking van het proces aangeven (bv. UV-intensiteit). Resultaatparameters zijn parameters die aangeven dat het proces goed heeft gewerkt (bv. koloniegetal 22 °C).

#### *Werkwijze*

Stel vast voor welke processen of combinatie van processen met een verbeterd bedrijfsmeetnet een kwantitatieve beschrijving kan worden gegeven van de eliminatie van indicatororganismen of proces- en resultaatparameters. Stel een meetprogramma op voor de indicatororganismen *E. coli*, *Clostridium perfringens* en F-specifieke RNA fagen en somatische colifagen waarbij zodanige volumes voor en na het zuiveringsproces worden geanalyseerd dat kwantitatieve informatie wordt verkregen over deze organismen. De metingen moeten over een periode van minimaal een jaar wekelijks worden uitgevoerd (EU richtlijn, 1998)

## 5. Aanvullend onderzoek

Voor stappen verderop in de zuivering (meestal UV aan het eind) zijn metingen van indicatororganismen meestal niet mogelijk, omdat de concentratie te laag is om betrouwbare informatie te kunnen verzamelen. In die gevallen is aanvullend onderzoek noodzakelijk, tenzij er voldoende logreductie beschikbaar is zonder deze stappen. Aanvullend onderzoek kan op een aantal manieren worden uitgevoerd:

- doseren van indicatororganismen op praktijkschaal;
- proefinstallatieonderzoek;
- laboratoriumonderzoek;
- literatuuronderzoek.

## 6. Vertaling van de informatie voor de risicoanalyse

### ad. 3 Risicoanalyse

De vereiste kwantitatieve risicoanalyse gaat uit van gegevens over de grondstofkwaliteit en de effectiviteit van de zuivering zoals hierboven beschreven. Daarnaast zijn gegevens nodig betreffende de consumptie van leidingwater en de dosisrespons relaties van de gastheer op het betreffende pathogeen. De uitkomsten worden separaat beschreven voor *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia* en Enterovirussen waarbij iedere stap van de berekening alsook de ruwe data inzichtelijk worden gemaakt in een rapportage dat het waterbedrijf aan de VROM-inspectie voorlegt. Deze beoordeelt de risicoanalyse en bespreekt dit met het waterbedrijf.

De procedure voor de uitvoering van de risicoanalyse (inclusief berekeningsformules) wordt uitgebreid beschreven in de inspectierichtlijn.

### ad. 4 Beoordeling risicoanalyse door VROM-inspectie

Zoals al eerder is gezegd is het doel van de risicoanalyse het aantonen dat het geproduceerde drinkwater minstens voldoet aan de voorlopige grenswaarde van minder dan één infectie per 10000 personen per jaar voor minimaal *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia* en Enterovirussen, maar in principe ook voor andere pathogene micro-organismen.

Nadat het waterleiding bedrijf in overleg met de inspectie tot een risicoanalyse is gekomen beoordeeld de inspectie of de risicoanalyse voldoet aan de gestelde eisen. De beoordelingscriteria worden genoemd in de inspectierichtlijn. Enkele criteria zijn:

- wat is de aard van de grondstof?
- Is de goede informatie gebruikt om de zuiveringsprestaties te karakteriseren?
- Waar zitten de onzekerheden in de risicoanalyse en hoe kunnen die worden verkleind?

Als de risicoanalyse is goedgekeurd dient de risicoanalyse regelmatig te worden herijkt. Dit betekent dat de VROM-inspectie verlangt dat regelmatig moet worden gecheckt of de risicoanalyse moet worden aangepast. Het is aan het waterbedrijf om de frequentie te bepalen. Er is wel een eis dat de herijking minimaal eens in de vier jaar moet plaatsvinden.



## II Vragenlijst

### Vragenlijst ten behoeve van het BTO-project 'Nut en noodzaak van validatie protocollen voor UV-installaties'

De vragenlijst is samengesteld uit meerkeuzevragen en open vragen. In de vragenlijst wordt onderscheid gemaakt tussen het valideren van installaties en de procesbewaking van installaties.

**Validatie** is de ingangscontrole van de installatie. Er wordt aangetoond dat de installatie onder verschillende omstandigheden de gewenste dosis levert voordat deze in bedrijf wordt genomen.

**Procesbewaking** is het checken van de installatie tijdens de bedrijfsvoering. De procesbewaking kan continu of periodiek worden uitgevoerd. Tijdens de controle wordt gekeken of de installatie de gewenste dosis/lampintensiteit levert.

Indien er meerdere locaties met UV-installaties aanwezig zijn die voor dezelfde toepassing (bv. nadesinfectie) worden gebruikt, kan worden volstaan met het beantwoorden van de vragen voor een **representatieve** UV-installatie of locatie.

#### Huidige installaties

1. Waarvoor wordt UV-technologie toegepast (meerdere antwoorden mogelijk)?
  - hoofddesinfectie
  - nadesinfectie
  - oxidatie
2. Welke type lampen wordt er gebruikt (meerdere antwoorden mogelijk)?
  - lagedruk lampen
  - middendruk lampen
3. Welke UV-dosis is vereist?
4. Waar is de ontwerp dosis op gebaseerd (bv. verlagen koloniegetallen)?
5. Waar is de berekende dosis op gebaseerd (meerdere antwoorden mogelijk)?
  - biodosimeter
  - berekeningen m.b.v. spreadsheets (eenvoudige modellen)
  - CFD berekeningen
  - anders, namelijk.....



## *Validatie*

6. Is er een beleid ten aanzien van het valideren van UV-installaties binnen uw bedrijf?
7. Heeft een validatie plaatsgevonden, zo ja hoe?  
of
8. Is (bewust) een gevalideerde installatie aangeschaft? Zo ja, volgens welk protocol (DVGW, Önorm, EPA)?
9. Indien er geen validatie heeft plaatsgevonden, is hier een speciale reden voor?
10. Is er een validatierapport bij jullie beschikbaar?
  - ja
  - nee
11. Kunt u omschrijven hoe de validatie is uitgevoerd, waar wordt naar gekeken?
12. Zijn er beperkende factoren tijdens de validatie (kosten, ARBO, capaciteit). Zo ja, welke?
13. Wordt de validatie van de UV-installaties na verloop van tijd herhaald?
  - ja
  - nee
14. Indien ja, met welke frequentie vindt deze herhaling plaats?
  - maandelijks
  - ieder kwartaal
  - jaarlijks
  - anders, namelijk.....
15. Wordt de validatie volledig herhaald of wordt een gedeelte van de validatie herhaald?
  - volledig
  - gedeeltelijk
16. Indien de validatie gedeeltelijk wordt herhaald, kunt u aangeven wat er precies wordt gedaan tijdens de herhaling van de validatie?

### *Procesbewaking*

17. Vindt er procesbewaking plaats?
- ja
  - nee
18. Is er een beleid ten aanzien van procesbewaking van UV-installaties binnen uw bedrijf?
19. Indien er geen procesbewaking plaatsvindt, is hier een speciale reden voor?
20. Vindt de procesbewaking continu of periodiek plaats?
- continu
  - periodiek
21. Indien periodiek, wat is dan de frequentie van de procesbewaking?
- ieder uur
  - dagelijks
  - wekelijks
  - anders, namelijk.....
22. Hoe vindt de procesbewaking plaats?
23. Indien het proces wordt bewaakt m.b.v. sensoren, hoeveel sensoren zijn er per reactor aanwezig?
- 1 sensor per lamp
  - 1 sensor per reactor
  - anders, namelijk.....
24. Zijn er beperkende factoren tijdens de procesbewaking/controle (kosten, ARBO, capaciteit, frequentie). Zo ja, welke?
25. Hoe is de bewaking aan de validatie gekoppeld (m.a.w. hoe weet je dat je goed bewaakt?)
26. Wordt er gestuurd op verandering in de UV transmissie van het water? Zo ja, hoe?
27. Wordt bij verouderde lampen de energietoevoer verhoogd om de UV dosis op peil te houden?
- Ja, automatisch
  - Ja, handmatig
  - nee
28. Indien de energietoevoer wordt verhoogd, hoe wordt bepaald wanneer dat moet gebeuren?
29. Worden de kwartsbuizen schoongemaakt? Zo ja, hoe en met welke frequentie?

### **Inspectie**

30. Was er een bijdrage van de Inspectie in het voortraject tot ingebruikname van de UV-installatie en welke rol speelde de Inspectie toen?

### **Toekomst/algemeen**

31. Zullen nieuwe/toekomstige UV-installaties op dezelfde manier worden gevalideerd? Of: worden alleen gevalideerde installaties gekocht?
32. Indien wordt overgegaan op een andere manier van valideren hoe wordt de validatie dan uitgevoerd?
33. Welke verbeteringen met betrekking tot de procesbewaking zijn gewenst?
34. Zijn er nog aanvullende opmerkingen/wensen/onderzoeksvragen over validatie protocollen voor UV-installaties?

### III Statistieken waterbedrijven

De gegevens die staan vermeld in de tabellen zijn overgenomen uit de vragenlijst die is ingevuld door de waterbedrijven. De vragenlijst is weergegeven in bijlage II.

Tabel 3 gegevens UV-installaties (nadesinfectie) waterbedrijven.

	Nadesinfectie		
Aantal locaties	Meerdere	Meerdere	Meerdere
UV-technologie	Nadesinfectie	Nadesinfectie en calamiteiten desinfectie	Nadesinfectie
Lamptype	Lagedruk en Middendruk	Lagedruk en Middendruk	Middendruk
UV-dosis (mJ/cm <sup>2</sup> )	> 25	Meestal 20 - 40	> 20 (bij einde levensduur lampen)
<b>Validatie</b>			
Ontwerpdosis gebaseerd op	Ervaringen collega-bedrijven en leveranciers	Elimineren Aeromonas. Desinfectie bacteriologische verontreiniging in reinwater	Verlaging kolonietal 22°C. 'Safety barrier'
Berekende dosis gebaseerd op	Spreadsheets en CFD (door leverancier)	Opgave leverancier en procestechnologen op basis van literatuurgegevens	Adviezen van Kiwa WR m.b.t. type lamp en dosering
Validatie	Nee	Ja	Ja
Herhaling validatie	n.v.t.	Ja, gedeeltelijk (leverancier)	Nee, wel jaarlijks onderhoud door leverancier
Frequentie	n.v.t.	Jaarlijks	n.v.t.
Rol inspecties	Geen	Op een locatie heeft VROM aangedrongen op het plaatsen van UV-installatie. Verder geen betrokkenheid	Ja
<b>Procesbewaking</b>			
Procesbewaking	Ja	Ja	Ja
Soort bewaking	Continu: Sensor (Uvector) Periodiek: monstername	Noteren van afleesbare gegevens in logboeken. Monstername: bacteriologische parameters (Sensor aanwezig voor bewaking installatie)	Continu: Sensor (Uvector) Periodiek: monstername op uitgaand reinwater (oa. Aeromonas)
Aantal sensoren	1 per reactor	1 sensor per lamp	1 per reactor
Frequentie	Continu/ Periodiek	Wekelijks (tijdens rondgang langs alle installaties)	Continu/ Periodiek
Verhoging energie toevoer bij veroudering lampen	Ja, automatisch	Ja, automatisch	Ja, automatisch (nieuwere installaties)
Schoonmaken kwartsbuizen	Ja, automatisch met wissel	Ja, automatisch in een enkel geval handmatig (beide met wissel)	Ja

Tabel 4 gegevens UV-installaties (hoofddesinfectie en UV-oxidatie waterbedrijven).

	Hoofddesinfectie		UV-oxidatie
Aantal locaties	1	1	1
UV-technologie	Hoofddesinfectie	Hoofddesinfectie	Oxidatie en hoofddesinfectie
Lamptype	Middendruk	Middendruk	Middendruk
UV-dosis (mJ/cm <sup>2</sup> )	> 36	70	120 (hoofddesinfectie) 0,56 KWh/m <sup>3</sup> (oxidatie)
<b>Validatie</b>			
Ontwerpdosis gebaseerd op	Risico-inventarisatie kwaliteit Maaswater en effect rest van de zuivering	Verwijdering micro-organismen, vooral SSRC	benodigde logeenheden voor virussen (3,6), <i>Giardia</i> (2,7) en <i>Cryptosporidium</i> (2,7).
Berekende dosis gebaseerd op	Spreadsheets en CFD	Biodosimeter en CFD	Biodosimeter en CFD
Validatie	Ja	Ja	Ja
Herhaling validatie	Nee	Nee	Nee
Frequentie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Rol inspecties	Geen	Ja	Ja
<b>Procesbewaking</b>			
Procesbewaking	Ja	Ja	Ja
Soort bewaking	Sensor	Geautomatiseerd via signalen uit de installatie (sensor) en een aantal PLC's	Geautomatiseerd via SCADA, signalen uit de installatie (sensor) en een aantal PLC's
Aantal sensoren	1 sensor per lamp	1 sensor per lamp	1 per 4 lampen
frequentie	Continu	Continu	Continu
Verhoging energie toevoer bij veroudering lampen	Ja, automatisch	Ja, automatisch	Ja, automatisch
Schoonmaken kwartsbuizen	Ja, handmatig	Ja, automatisch	Ja, automatisch