

Whitepaper UV-C desinfectie -- veiligheid, effectiviteit en praktische toepassing

Desinfectie van kleine medische instrumenten en apparatuur gebeurt traditioneel vooral in een autoclaaf met stoom, hitte, met chemische vloeistoffen of desinfectiedoekjes.

Hoogenergetisch UV-C licht (UVGI) wordt al tientallen jaren gebruikt voor desinfectie in water- en luchtbehandelingssystemen van bijvoorbeeld operatiekamers. Deze techniek is in de loop der jaren verder ontwikkeld en verfijnd, en dat opende mogelijkheden om UV-C ook toe te passen bij de desinfectie van medische instrumenten en apparatuur.

In dit document verzamelen we actuele achtergronden, wetenschappelijke studies en praktijkervaringen, ter evaluatie van de veiligheid, effectiviteit en praktische toepassing van UV-C desinfectie in medische setting.

Inhoud:

- Mechanisme van UV-C desinfectie
- Medische desinfectiemethoden
- Toepasbaarheid en veiligheid UV-C
- Effectiviteit en praktische toepassing
- Ervaringen in Nederland
- Literatuur

De samenstelling van deze uitgave – versie #1 - is op 18 mei 2020 afgesloten. We verwachten deze uitgave regelmatig te kunnen aanvullen met nieuwe uitkomsten uit wetenschappelijk en klinisch onderzoek. Raadpleeg daarom s.v.p. onze website of scan deze QR code om de laatste update in te kunnen zien.

Voor aanvullingen of suggesties kunt u contact opnemen met:
marc.hinfelaar@uvsmart.nl, tel. 0655746523.



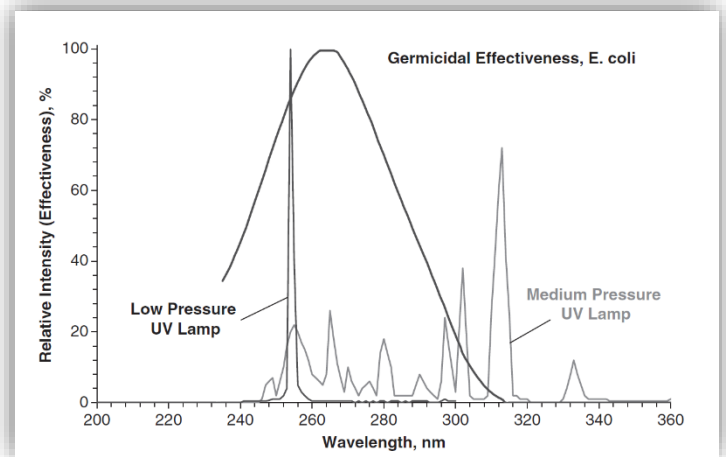
1. Mechanisme van UV-C desinfectie

UV desinfectie speelt in op een belangrijke kwetsbaarheid van micro-organismen: de gevoeligheid voor UV-C licht van hun erfelijk materiaal.

Erfelijk materiaal (DNA, RNA) van micro-organismen (zoals virussen en bacteriën) vertoont een absorptie-piek voor licht met een golflengte tussen 260 en 265 nm, UV-C licht. Door een fotochemisch proces 'versmelt' het DNA al na een korte belichtingsduur, waardoor het micro-organisme zich niet meer kan vermenigvuldigen en sterft.

Dit type UV is terug te vinden in zonlicht, maar wordt grotendeels afgevangen door de ozonlaag.

Met een bepaald type UV-lamp is licht van deze golflengte echter eenvoudig in voldoende intensiteit op te wekken voor desinfectie van lucht, water en aanstraalbare oppervlakken.



Geschiedenis van UV-C technologie (van water, voeding naar medisch).

- 1877 ontdekking van desinfectie-eigenschap zonlicht
- 1901 uitvinding gasontladingslamp als UV-bron
- 1903 toepassing gedocumenteerd tegen tuberculose-bacterie op de huid
- 1910 test-installatie voor UV-C desinfectie van drinkwater, Marseille
- 1929 mechanisme van genetische schade door UV-C bij micro-organismen beschreven
- 1955 brede inzet UV-C desinfectie van drinkwater in Europa
- 1970 brede toepassing UV-C desinfectie afvalwater in de VS
- 1990 introductie van UV-D desinfectie van lucht in medische setting

2. Medische desinfectiemethoden

In medische setting zijn verschillende desinfectiemethoden toepasbaar. UV-C is er één van.ⁱ

In de praktijk hangt het van het vereiste desinfectieniveau en van de aard van de materialen af welke methode van desinfectie wordt aanbevolenⁱⁱ.

De trend is dat methoden waarbij géén handmatige handeling nodig is ('no-touch' desinfectie) steeds meer de voorkeur krijgen boven het handmatig desinfecteren met doekjes of chemicaliënⁱⁱⁱ.

Voorbeelden van contactloze methoden zijn gas-of dampvormige desinfectantia (bv ozon of waterstofperoxide-damp), en fysische methoden (bv hoge temperatuur of kiemdodende straling zoals UV-C).

In Nederland heeft de ZKH-Werkgroep Infectiepreventie namens het RIVM in maart 2017 een richtlijn^{iv} uitgegeven over desinfectie in medische setting.

Ook de WIP raadt handmatig uitgevoerde processen af, en benadrukt bovendien het belang van *gevalideerde* apparatuur en processen.

De mogelijkheden met UV-C worden in het WIP-rapport nog niet besproken; in de geplande revisie (2020)^v zal dit naar verwachting wel aan bod komen omdat er in de tussentijd meerdere oplossingen zijn onderzocht, ontwikkeld en geïntroduceerd die van deze technologie gebruik maken.



Fotochemisch effect UV-C op erfelijk materiaal¹

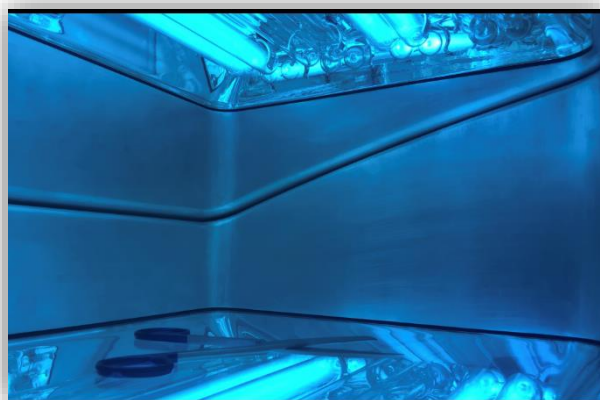
- Een lagedruk gasontladingslamp zendt UV-C licht uit
- Dit veroorzaakt chemische bindingen in de DNA-keten
- Een gematigde intensiteit veroorzaakt al uitgebreide schade
- Dit inactieveert het virus effectief, al na enkele seconden belichting

3. Toepasbaarheid en veiligheid UV-C

Gesloten UV-C systemen zijn inherent veilig.

Vanwege potentiële gezondheidsschade manen de richtlijnen voor desinfectie tot voorzichtigheid met de chemische stoffen of hete stoom die daarbij wordt gebruikt^{vi}. Voorzichtigheid is uiteraard ook van belang bij UV-C desinfectie. Het hoogenergetische licht is niet alleen schadelijk voor micro-organismen, maar ook voor de mens. Het kan in potentie oogschade, verbranding of huidkanker veroorzaken.

Gedateerde publicaties over veiligheidsvoorzorgen bij UV-C bespreken meestal het gebruik van open lichtbakken, die op een vaste plek of mobiel in een ruimte kunnen worden geplaatst^{vii}. Het is van belang te realiseren dat er tegenwoordig voor de desinfectie van kleine medische apparatuur en materialen gebruik wordt gemaakt van een *gesloten* box. Het te desinfecteren materiaal ligt daarin op een glasplaat met reflecterend materiaal rondom, en wordt zowel van onder als boven aangestraald. Met het oog op de veiligheid kan de UV-C bron in de box alleen aan als de klep geheel gesloten is, dus het ontwerp van dit soort apparaten is inherent veilig.



Uiteraard is ook het juiste gebruik van de apparatuur van belang. De internationale brancheorganisatie heeft hierover onlangs een aanbeveling gepubliceerd^{viii}.

Naast controle op de technische aspecten van desinfectie, gaat het in de praktijk ook altijd om de correcte wijze van toepassing. Training van de zorgmedewerkers en monitoring van de resultaten houden de effectiviteit van het gevalideerde proces aantoonbaar op peil^{ix}.

Ook is het interessant om te weten of het UV-C licht geen schade doet aan de materialen die ermee worden gedesinfecteerd. Dat is ondermeer voor mondklappers onderzocht. Pas na zeer hoge doses vermindert de sterkte van het materiaal^x, en de werking van het filter in FFP-2 maskers bleef na 8 cycli onveranderd^{xi}. Dit is consistent met onderzoek in luchtbehandelings-systemen: zelfs 10 jaar blootstelling aan sterkte UV-C belichting tast kunststof filters en leidingen niet aan^{xii}.

Schade aan medische instrumenten zoals endoscopen, is evenmin gerapporteerd^{xiii}.

Zelfs schade aan gevoelige elektronica is niet te verwachten – dat is de reden dat de NASA UV-C toepast in hun clean rooms, en het ook is opgenomen in de strikte protocollen voor desinfectie bij interplanetaire ruimtevaart^{xiv}.

4. Effectiviteit en praktische toepassing

Normen voor medische desinfectie zijn met UV-C prima haalbaar

De effectiviteit van desinfectie wordt uitgedrukt als het percentage micro-organismen dat erdoor teniet wordt gedaan^{xv}. Als dat 99,999% is, dan spreekt men van een Log5 reductie; 99,9999% is Log6. In de gezondheidszorg is minder dan Log5 reductie in de regel niet acceptabel^{xvi}. Met UV-C is deze norm goed te behalen.

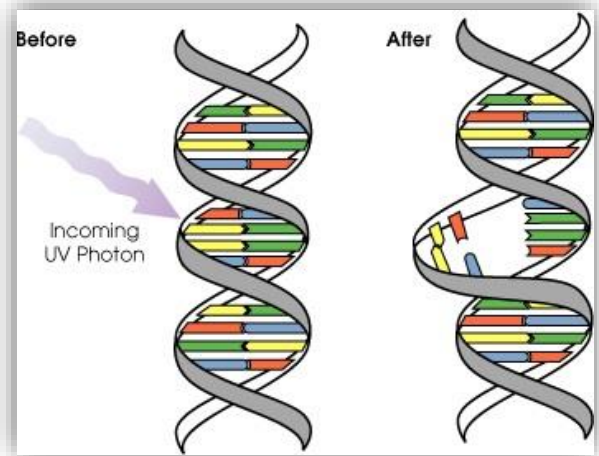
Recent heeft het Centers of Disease Control in de VS (te vergelijken met het RIVM in ons land) een veelomvattende review gepubliceerd naar desinfectiemogelijkheden van persoonlijke beschermingsmiddelen (zie onderstaande tabel). UV-C kwam daaruit naar voren als een van de drie aanbevolen methoden^{xvii}.

Tabel: vergelijking effectiviteit desinfectie-methoden van PBM's, Bron: [CDC](https://www.cdc.gov/eid/content/article_2013_01).

Summary of decontamination method antimicrobial efficacy			
Method	Treatment level	Microbe tested	Antimicrobial efficacy
Vaporous hydrogen peroxide (VHP)	10 min conditioning phase, 20 min gassing phase at 2 g/min, 150 min dwell phase at 0.5 g/min, and 300 min of aeration. OR Room concentration = 8 g/m ³ , 15 min dwell, 125-min total cycle time. OR 10 minute conditioning phase, 30–40 min gassing phase at 16 g/min, 25 min dwell phase, and a 150 min aeration phase.	<i>Geobacillus stearothermophilus</i> spores T1, T7, and phi-6 bacteriophages	>99.999%
Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)	0.5–950 J/cm ²	Influenza A (H1N1) Avian influenza A virus (H5N1), low pathogenic Influenza A (H7N9), A/Anhui/1/2013 Influenza A (H7N9), A/Shanghai/1/2013 MERS-CoV SARS-CoV H1N1 Influenza A/PR/8/34 MS2 bacteriophage	99.9% for all tested viruses
Microwave generated steam	1100–1250 W microwave models (range: 40 sec to 2 min)	H1N1 influenza A/PR/8/34	99.9%
Microwave steam bags	1100 W, 90 sec (bags filled with 60 mL tap water)	MS2 bacteriophage	99.9%
Moist heat incubation	15–30 min (60°C, 80% RH)	H1N1 influenza A/PR/8/34	99.99%
Liquid hydrogen peroxide	1 sec to 30 min (range: 3–6%)	Not evaluated	Not evaluated
Ethylene oxide	1 hour at 55°C; conc. range: 725–833 mg/L	Not evaluated	Not evaluated

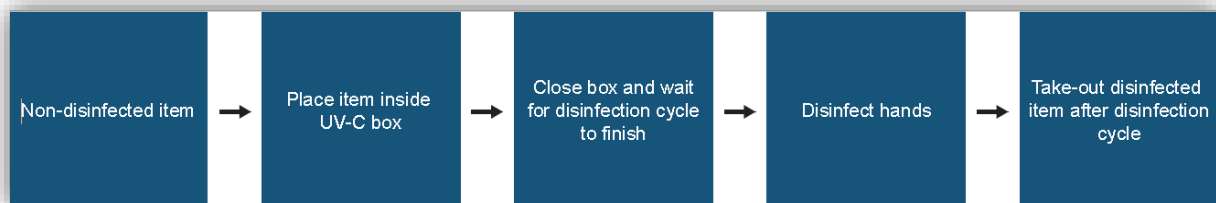
Ook bij onderzoek in ons land is bij mondmaskers is aangetoond dat het licht binnen een cyclus van 2 minuten overal in het materiaal doordringt, met voldoende intensiteit om virussen onschadelijk te maken^{xviii xix}.

Het RIVM publiceerde zeer recent een literatuurreview over desinfectie van mondmaskers. UV-C wordt genoemd als een van de geschikte opties, naast ondermeer stoomsterilisatie en waterstofperoxide. Het zou goed zijn als er meer onderzoek zou plaatsvinden naar deze methoden in Nederlandse zorginstellingen, stelt RIVM.^{xx}



Verder is bij medische instrumenten, apparatuur en bijvoorbeeld handheld devices zoals tablets (die medici dagelijks in het zorgproces gebruiken) de effectiviteit van desinfectie met UV-C aangetoond, ondermeer in onderzoek door UMCG^{xxi} en Radboudumc^{xxii}.

In de praktijk is deze methode van desinfectie eenvoudig in het zorgproces in te passen. De UV-C box staat altijd stand-by, binnen handbereik op de afdeling ('point-of-care' device). In ons land hebben ondermeer LUMC, Alrijne, Ikazia, ADRZ, Martini en Spaarne Ziekenhuis een protocol opgesteld voor toepassing op IC's^{xxiii}.



5. Ervaringen in Nederland

UV-C technologie in de praktijk

In ons land hebben ondermeer Radboudumc, Martini Ziekenhuis, LUMC, Spaarne Ziekenhuis, Zorgcentrum StJacob en Alrijne Ziekenhuis recent UV-C technologie van UV Smart in gebruik genomen voor desinfectie van kleine medische instrumenten en apparatuur.

Hier een greep uit hun ervaringen.

Jip Pluim, Klinische Fysica, Reinier de Graaf Ziekenhuis / TU-Delft:

“We zien geen invloed van UV-belichting op de filtercapaciteit van de verschillende maskers. Ook met 800 sec UV-belichting (8x desinfectie cyclus) neemt de filtercapaciteit niet af.”

Arts-microbioloog Jan Sinnige, Streeklab Haarlem:

“Hoewel mondneusmaskers in principe niet bedoeld zijn voor hergebruik, is dat in deze noodsituatie nu toch mogelijk bij persoonsgebonden maskers die op dezelfde dag worden gebruikt. En naast desinfectie van maskers kan het apparaat ook worden ingezet voor desinfectie van kleine medische hulpmiddelen zoals stethoscopen etc.”

Prof H van Goor, RadboudUMC Nijmegen:

“De UV-boxen zijn aangeschaft voor de desinfectie van medische hulpmiddelen, zoals polskastjes en kabels om de patiënten continu te monitoren op vitale functies. Ook patiëntgebonden tablets, smartphones, en VR-brillen, smartphones en stethoscopen van medewerkers kunnen zo worden gedesinfecteerd. Dit is een enorme aanwinst in het verlagen van de virusload en kans op overdracht van het coronavirus.”

Wilt u weten hoe UV Smart deze UV-C desinfectie methode toepast in onder andere de gezondheidszorg? Vraag nu de brochure voor de D25 aan [via deze link](#).

6. Literatuur

Hieronder een overzicht van relevante literatuur.

Meer bronnen, en overdrukken van relevante publicaties, zijn op aanvraag beschikbaar bij UV Smart. Voor technische specificaties en nadere informatie / demo's van de apparatuur van UV Smart kunt u ook op de website kijken www.uvsmart.nl.

ⁱ RIVM. (z.d.). Geraadpleegd van: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/reiniging-desinfectie-en-sterilisatie-de-openbare-gezondheidszorg#4-1-methoden-van-sterilisatie>

ⁱⁱ CDC, (2016, September 18). Table 6.

Geraadpleegd van: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/tables/table6.html>

ⁱⁱⁱ Willigen, G. van, (z.d.). Uitdagingen bij desinfectie in ziekenhuizen. Leiden UMC

Geraadpleegd van: <https://docplayer.nl/50995925-Uitdagingen-bij-desinfectie-in-ziekenhuizen.html>

^{iv} RIVM, (z.d.). WIP-Richtlijn Reiniging, Desinfectie & Sterilisatie van medische hulpmiddelen hergebruik [ZKH].

Geraadpleegd van: <https://www.rivm.nl/documenten/wip-richtlijn-reiniging-desinfectie-sterilisatie-van-medische-hulpmiddelen-hergebruik>

^v Kennis netwerk biociden, (z.d.). Oprichting Samenwerkingsverband Richtlijnen

Infectiepreventie (SRI). eraadpleegd van: <https://kennisnetwerkbiodiden.nl/nieuws/oprichting-samenwerkingsverband-richtlijnen-infectiepreventie-sri>

^{vi} Bruyn, de, A.C.P. Bilthoven; Klinger, van, B. en Severin W.P.J. (28 maart 2017) Beleid reiniging desinfectie en sterilisatie.

Geraadpleegd van: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/170329%20Beleid%20Reiniging%20desinfectie%20en%20sterilisatie-disclaimer%20def.pdf>

^{vii} APHC, US Army Public Health Center (2020, mei) Effectiveness and safety of ultraviolet germicidal irradiation lamps used for air and surface disinfection.

Geraadpleegd van:

<https://phc.amedd.army.mil/PHC%20Resource%20Library/TIP241030320EffectivenessSafetyUVLight.pdf>

^{viii} Ledsmagazine, (z.d.). Iuva releases a fact sheet on covid19 and uvcband disinfection

Geraadpleegd van: <https://www.ledsmagazine.com/company-newsfeed/article/14172974/iuva-releases-a-fact-sheet-on-covid19-and-uvcband-disinfection>

^{ix} CDC, (2016, September 18). Performance Indicators.

Geraadpleegd van: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/performance-indicators.html>

^x Lindsley, W. G., Martin, S. B., Thewlis, R. E., Sarkisian, K., Nwoko, J. O., Mead, K. R., & Noti, J. D. (2015). Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity. Geraadpleegd van:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4699414/>

-
- ^{xi} Kalpoe, J. TU-Delft, (2020). Substantiation advice for reuse of facemasks after steam sterilization and UVC disinfection. Data on file, UV Smart
- ^{xii} Honeywell, (2000) TechLit documents
Geraadpleegd van: <https://customer.honeywell.com/resources/techlit/TechLitDocuments/50-0000s/50-8788.pdf>
- ^{xiii} CDC, (2019, May 24). Disinfection & Sterilization Guidelines.
Geraadpleegd van: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection>
- ^{xiv} Cobb, T. C. (z.d.). UV-C Decontamination: NASA, Prions, and Future Perspectives - Travis C. Cobb, 2016.
Geraadpleegd van: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1535676016646217>
- ^{xv} Aami-bit, (z.d.).
Geraadpleegd van: <https://www.aami-bit.org/doi/pdf/10.2345/0899-8205-12.1.33>
- ^{xvi} Wladyslaw, J. Kowalski (2009, juli)
Geraadpleegd van: https://www.researchgate.net/publication/285797673_Ultraviolet_Germicidal_Irradiation_Handbook
- ^{xvii} CDC, (2020, April 30). COVID-19 Decontamination and Reuse of Filtering Facepiece Respirators.
Geraadpleegd van: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>
- ^{xviii} Lede, I., Nolte, K., & Kroes, R. (z.d.). A Scalable Method for Ultraviolet C Disinfection of Surgical Facemasks Type IIR and Filtering Facepiece Particle Respirators 1 and 2.
Geraadpleegd van: <https://www.preprints.org/manuscript/202004.0413/v1>
- ^{xix} Kalpoe J. (z.d.) Methoden voor desinfectie van mond-neusmaskers bij dreigende tekorten tijdens een pandemie.
Geraadpleegd van: https://669cd219-baf0-4087-96d7-ef4e353df3a5.filesusr.com/ugd/d021ef_9729c61a973f4366bb2595852a2d7281.pdf
- ^{xx} RIVM. (z.d). Samenvatting literatuuronderzoek hergebruik mondmaskers.
Geraadpleegd van: <https://www.rivm.nl/documenten/samenvatting-literatuurstudie-hergebruik-mondmaskers>
- ^{xxi} Brühwasser, C. Lokate, M. (z.d.) 'Report UVc Smart machine Efficacy testing'.
Data on file, UV Smart
- ^{xxii} Cremers-Pijpers, S., Rossum, C. van, Wertheim, H., Tostmann, A., & Hopman, J. (2020, Januari 1). Disinfecting handheld electronic devices with UV-C in a healthcare setting.
Geraadpleegd van: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.01.20048496v1>

===