

## Bestrijding van legionella op rwzi's

Wim Wiegant & Martijn van Leusden (Royal HaskoningDHV)

**De door *Legionella pneumophila* veroorzaakte 'veteranenziekte' is gerelateerd aan de aantallen legionella en de blootstellingsduur. Het RIVM heeft afgelopen jaar geconcludeerd dat gevallen van de ziekte verband houden met rwzi's. Dit artikel beschrijft een systeem voor de bestrijding van legionella. Maatregelen ter bestrijding dienen niet alleen emissies naar de lucht te betreffen, maar ook de emissie via het effluent van de deelstroombehandeling naar de hoofdlijn van de rwzi. Bij het ontwerpen van sliblijnen met (gecentraliseerde) slibgisting moet het risico van legionella meegenomen worden in de afweging of een biologische deelstroombehandeling de meest gewenste oplossing is.**

Sinds enige jaren wordt de aanwezigheid van hoge aantallen legionellabacteriën op waterzuiveringsinstallaties als een gezondheidsrisico gezien. In 2018 is min of meer aangetoond dat een aantal dodelijke besmettingsgevallen in Noord-Brabant in 2016 en 2017 konden worden herleid naar een (industriële) afvalwaterzuiveringsinstallatie [1]. Recent is statistisch aangetoond dat de incidentie van ziektegevallen in de omgeving van zuiveringsinstallaties door legionella groter is dan daarbuiten [2]. Het verband was weliswaar niet zeer sterk, maar het geeft wel ernstig te denken. Een en ander heeft tot bezorgdheid geleid bij waterschappen.

Bij het omvormen van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) tot een 'energiefabriek', dat wil zeggen, een zuiveringsinstallatie die meer energie produceert dan zij nodig heeft, is deelstroombehandeling van het rejectiewater van de slibontwatering een belangrijke processtap om de effluentkwaliteit te beheersen. Het idee is dat op de rwzi, op basis van efficiëntie-overwegingen, het slib van een aantal rwzi's in de omgeving wordt vergist. Tijdens de afbraak van slib in de vergisting komt stikstof vrij uit de biomassa en in de waterfase terecht. Na afscheiding van de vaste stoffen in de slibontwatering, kan dit stikstof heel goed apart worden behandeld in een biologische deelstroombehandeling. Hiermee wordt de 'retourbelasting' (het stikstof dat van de slibvergisting, na ontwatering, teruggevoerd wordt naar de waterlijn van de rwzi) sterk beperkt. Dergelijke systemen zijn tegenwoordig erg populair vanwege de kostenefficiëntie [3]. Het probleem is dat de systemen worden bedreven bij een temperatuur van 30 tot 35 °C en daarmee een kweekplaats zijn voor legionellabacteriën [4]. Zonder maatregelen te nemen verspreiden de bacteriën zich vervolgens naar andere procesonderdelen.

Dit artikel gaat in op het de aanwezigheid van legionella in rwzi's met biologische deelstroombehandeling en de maatregelen die kunnen worden genomen voor de verlaging van de risico's die met deze aanwezigheid gepaard gaan.

## Legionella

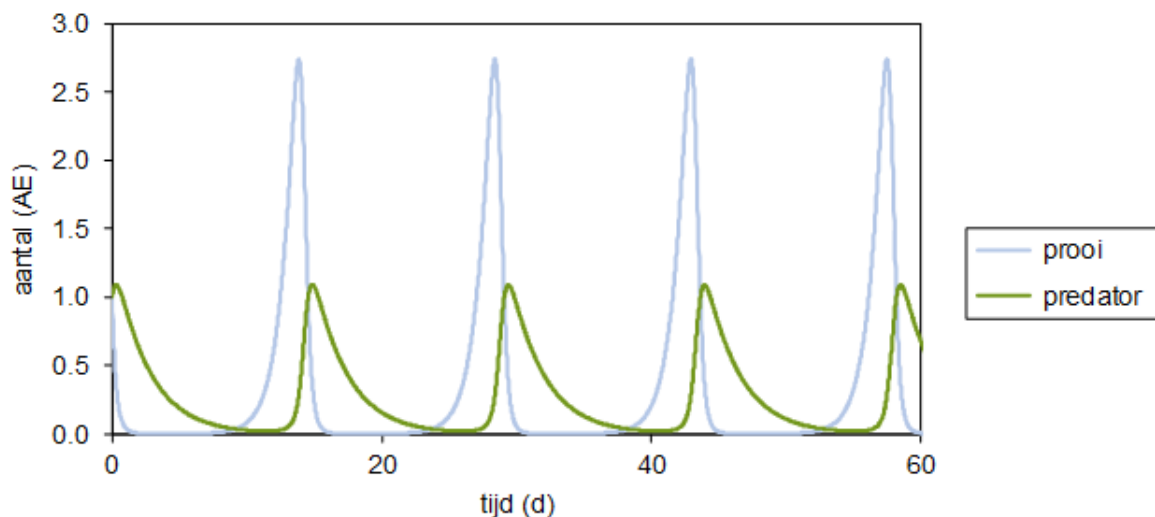
### ***Wat is legionella?***

*Legionella pneumophila*, de bacterie die de ‘veteranenziekte’ (een zeer zware, mogelijk dodelijke longontsteking) of ‘pontiac-koorts’ (een minder zware longaandoening) veroorzaakt, plant zich met name voort in amoeben [5]. Deze eencelligen bevinden zich vaak in het slib en de biofilms op rwzi’s [6]. De bacteriën komen vooral voor bij hogere temperaturen, van circa 28 tot 40 °C, in aanwezigheid van aminozuren (met name cysteïne) en zuurstof. De ziekteverwekkende stammen van de bacterie zouden zich pas zeer recent hebben ontwikkeld, minder dan 100 jaar geleden [7]. Infectie vindt plaats via aerosolen die legionellabacteriën bevatten. Een (warme) beluchtingsreactor is een goede plaats voor de vorming van aerosolen die legionella (kunnen) bevatten. De kans op besmetting is groter bij hoge dichtheden en langdurige blootstelling [8]. Uit een model voor de blootstelling tijdens vijftien minuten douchen werd geschat dat legionellaconcentraties van  $3,5 \times 10^6$  tot  $3,5 \times 10^8$  kolonievormende eenheden (kve) per liter in het water, en  $3,5 \times 10^1$  tot  $3,5 \times 10^3$  kve/m<sup>3</sup> in de lucht nodig zouden zijn om te resulteren in besmetting met legionella [9]. Bij deelstroombehandeling zijn aantallen legionella binnen de genoemde intervallen in zowel water als lucht aangetoond, maar hier is de blootstelling natuurlijk veel minder intensief.

Bij aanwezigheid van hoge aantallen legionella in de deelstroombehandeling, zullen er ook significante aantallen aangetroffen worden in de waterlijn en, in mindere mate, ook in het effluent van de rwzi. Hoewel de watertemperatuur daar vrijwel nooit hoger is dan 25 °C, komt legionella in de waterlijn voor door ‘besmetting’ vanuit de biologische deelstroombehandeling. Dit zorgt ervoor dat ook de beluchting van de waterlijn en het gebruik van effluent beschouwd kunnen worden als bron van legionella.

### ***Ecologie***

Legionella plant zich met name voort in amoeben. Deze zijn de prooi voor de bacteriën. Dat betekent dat als de aantallen amoeben hoog zijn, de legionellabacteriën zich snel kunnen vermenigvuldigen ten koste van de amoeben. Daardoor nemen de aantallen amoeben af, en vervolgens ook de aantallen legionellabacteriën. Na het bijna-uitsterven van de bacteriën kunnen de aantallen amoeben weer toenemen en daarna nemen ook de aantallen Legionella weer toe. Dit kan met de tijd wisselende, oscillerende aantallen legionella opleveren. Een eenvoudig voorbeeld wordt gegeven in afbeelding 1. In werkelijkheid is het natuurlijk allemaal veel ingewikkelder [10], maar deze simpele beschrijving verklaart wel dat het mogelijk is dat de gemeten aantallen soms heel laag en korte tijd later weer heel hoog zijn [11].



Afbeelding 1. Relatieve aantallen bij een prooi-predatorrelatie, zoals van een amoebe en legionella. Aantallen zijn weergegeven in arbitraire eenheden. De figuur is alleen gemaakt om een indruk te geven van oscillerende aantallen

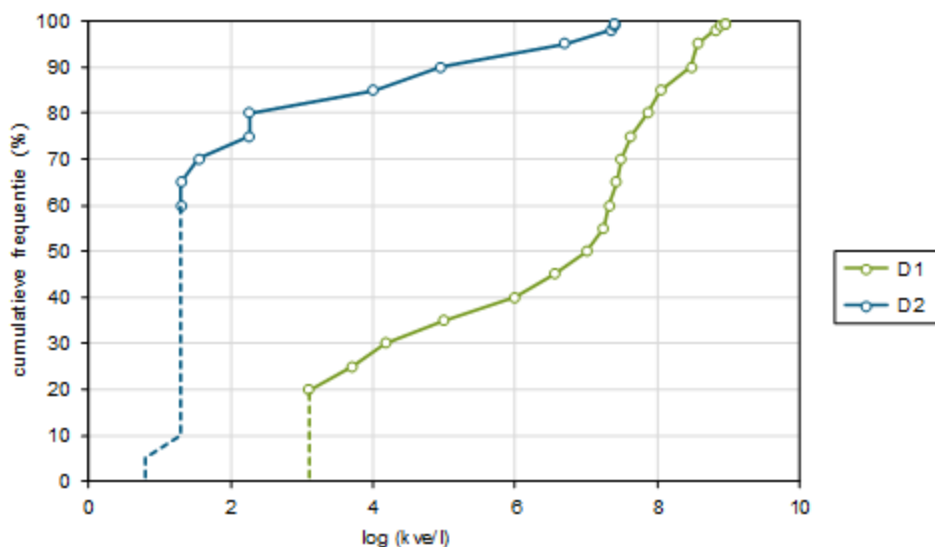
In afbeelding 1 zijn betrekkelijk willekeurige parameterwaarden gebruikt. Afhankelijk van de gebruikte parameterwaarden kan de variatie tussen de laagste en hoogste getallen voor de predator uiteenlopen tussen een factor 50 en 100.000.

### **Interpretatie van meetgetallen**

Zoals boven uiteengezet, zijn wisselende meetwaarden van aantallen legionella op grond van hun ecologie dus niet verbazend. Het betekent zelfs dat, als de aantallen legionella heel laag zijn, dit nog niet wil zeggen dat een reeds uitgevoerde maatregel succes heeft gehad. Dit kan alleen worden vastgesteld na langdurige meting en een representatief interval.

### **Meetwaarden**

In afbeelding 2 is de verdeling van meetwaarden van twee biologische deelstroombehandelingen gegeven ter indicatie. De waarden tussen de twee verschillen enorm en de variatie in één reactor is eveneens heel groot.



Afbeelding 2. Frequentieverdeling van de logaritme van de gemeten aantallen legionella in twee deelstroombehandelingen. (Geschatte) meetwaarden onder de detectiegrens zijn met een stippellijn aangegeven. Ter uitleg: de 90-percentiel van D2 (blauwe curve) ligt bij  $\log(kve/l) = 5$ . Dit betekent dus dat 90% van de metingen onder  $10^5 = 100.000$  kve/l lag en dus 10% erboven

### Eisen

Formeel zijn er nog geen wettelijke eisen aan de maximale aantallen legionella die zich in rwzi's, delen daarvan of het effluent mogen bevinden. Dergelijke eisen zijn er wel voor koeltorens, maar daarvan mag worden verwacht dat de emissie andersoortig is vanwege de hoogte van het emissiepunt en een grotere uitwisselingsverhouding tussen lucht en water. Momenteel is er noch een wettelijke grenswaarde, noch een richtlijn voor het nemen van maatregelen.

### Alternatieven

Een voor de hand liggend alternatief voor de bestrijding van legionella bij de deelstroombehandeling is het zoeken naar een niet-biologisch systeem voor de behandeling van de deelstroom. Bij een nieuw gebouwde rwzi zou bijvoorbeeld het luchtstrippen van ammoniak (het doorblazen van lucht bij hoge pH, zodat ammoniakgas uit de vloeistof ontwijkt, dat later in een zure oplossing weer wordt opgevangen) uit de deelstroom een serieuze overweging verdienen, zeker bij hogere concentraties dan circa 1,5 – 2,0 g/l. Hoewel dit mogelijk achteraf een goed alternatief is, is op veel rwzi's de biologische deelstroombehandeling al geïnstalleerd. Het vervangen van een biologische deelstroombehandeling zou een desinvestering betekenen. Als alternatief kan ervoor worden gekozen om de deelstroombehandeling te handhaven en maatregelen te nemen tegen de verspreiding van legionella.

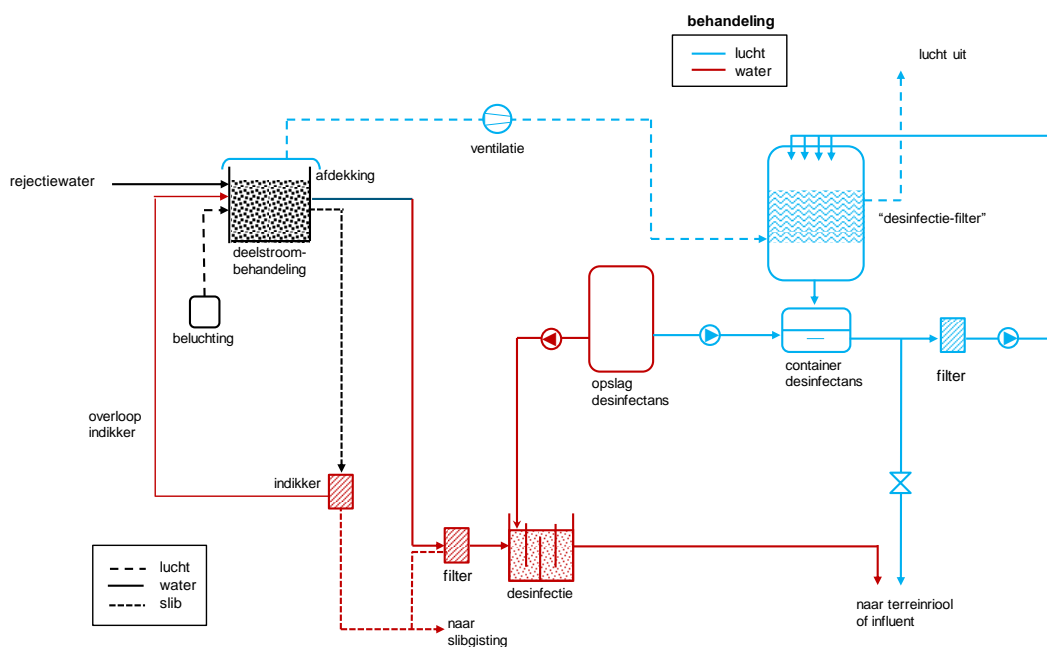
## Maatregelen

Om de emissie van legionella te beperken zijn de volgende maatregelen denkbaar en uitvoerbaar:

- behandelen luchtstroom
  - een drijvende afdekking ter beperking van het contact met de buitenlucht;
  - afzuigen en desinfectie van de lucht die het systeem uitstoot;
- behandeling effluent
  - desinfectie van het effluent van de deelstroombehandeling, zodat er geen overdracht van legionella naar de waterlijn van de rwzi plaatsvindt;
- behandeling surplusslib
  - separate behandeling van het surplusslib uit de deelstroombehandeling.

Een groot probleem met de bestrijding van legionella is dat de vrij levende bacteriën relatief makkelijk te doden zijn [12], maar de bacteriën in amoeben juist heel moeilijk [13]. Dat maakt het inschatten van de juiste dosering van een desinfectans heel moeilijk.

Behandeling van geventileerde lucht kan plaatsvinden met druppelvangers, UV-c-licht, filtratie of gaswassing. Het voornaamste doel zou de verwijdering van aerosolen zijn en vervolgens het doden van de bacteriën in de luchtstroom. UV-behandeling is moeilijk te doseren. Dat wil zeggen: het is moeilijk de dosering te verhogen als deze te laag blijkt te zijn. Bovendien is het mogelijk dat de doding veel hoger lijkt dan deze in werkelijkheid is, door het optreden van reactivering door licht [13]. Gaswassing lijkt daarom de meest voor de hand liggende optie, zeker als het gebruikte desinfectiemiddel ook al wordt toegepast voor het effluent van de deelstroombehandeling. Er dient een sterk desinfectiemiddel te worden gebruikt, bijvoorbeeld perazijnzuur [15] of hypochloriet. Het gebruikte principe is ontleend aan onderzoek van de behandeling van de lucht van varkensstallen [16]. Desinfectie dient bijna vanzelfsprekend vooraf te worden gegaan door grondige verwijdering van zwevende stof. Anders heeft de behandeling weinig zin [17]. Een behandelingsstelsel is schematisch weergegeven in afbeelding 3.



Afbeelding 3. Schematische opzet van behandeling ter bestrijding van Legionella bij deelstroombehandeling voor stikstof

Het behandelde effluent kan mogelijk een teveel aan desinfectiemiddel bevatten. Dat zou een gevaar kunnen inhouden voor de nitrificatie in de waterlijn van de rwzi [18]. Daarom wordt het effluent van de deelstroombehandeling teruggevoerd naar het begin van de installatie, vóór de voorbezinking. Hierbij wordt uitgegaan van voldoende tijd voor het reageren van het eventuele teveel aan desinfectiemiddel, voordat dit in aanraking komt met actief slib. Het overtollige slib van lamellenfilters en discfilter kan het beste naar een anaerobe plaats worden gebracht. Zonder zuurstof kan legionella niet groeien en langdurig verblijf in een vergister zal dus zeker tot aanzienlijk lagere aantallen leiden. De log-aantallen in vergist slib, vergist slib dat een warmtebehandeling had ondergaan en gecomposteerd slib waren zeer laag; respectievelijk  $2,6 \pm 1,3$ ;  $1,8 \pm 0,8$  en  $2,5 \pm 1,3$  log kve/l [19], dus gemiddeld 60-400 kve/l. Het is wel een indicatie dat legionella slibgisting kan overleven, en zelfs hogere temperaturen. Temperaturen boven  $50^{\circ}\text{C}$  zouden echter effectieve afdoening tot gevolg hebben [20].

Met een beperkt aantal experimenten kan de werking van het systeem worden beproefd. Met een reeks concentraties van een desinfectans, bij verschillende concentraties zwevende stof, uit een deelstroombehandeling met substantiële aantallen legionella kan de optimale combinatie van de benodigde dosering en de maximaal toelaatbare concentratie zwevende stof worden vastgesteld.

## Discussie

### ***Deelstroombehandeling***

Een boeiende vraag is nu of biologische deelstroombehandeling nog wel zin heeft, nu aannemelijk is dat de aantallen legionella in een dergelijk systeem heel hoog kunnen zijn.

### ***Hoe is het in warmere landen?***

Hoe komt het dat er in plaatsen met heel warm afvalwater –vergeleken met dat in Nederland– veel minder aandacht is voor het probleem? In tropische landen moet legionella zich immers gewoon in de waterlijn al tot enorme aantallen vermenigvuldigen. Het lijkt erop dat de aantallen legionella-gerelateerde ziektegevallen in tropische landen tot voor kort sterk werden onderschat, maar dat de ziekte er wel degelijk veel voorkomt [21]. Over het verband met waterzuiveringsinstallaties is echter geen literatuur te vinden. Mogelijk spelen er in de waterlijn van rwzi's in warme landen nog onbekende effecten een rol die niet spelen in de deelstroombehandeling. In ieder geval is bekend dat het positieve effect van hoge temperatuur en luchtvochtigheid op de gemeten aantallen legionella wordt tegengegaan door het negatieve effect van sterke UV-straling, zodat de gecombineerde effecten onduidelijk zijn [22].

### ***Paniek of aanvaardbaar risico***

Eerdere uitbraken hebben bewezen dat de verspreiding van legionella door aerosolen een reëel gezondheidsrisico is. Rwzi's herbergen ook legionella, maar van rwzi's zonder deelstroombehandeling is het risico –met name bij lagere temperaturen– niet geheel duidelijk. Lage aantallen legionella zijn niet te voorkomen en worden in zijn algemeenheid aanvaardbaar geacht. Biologische deelstroombehandeling blijkt een uitstekende plek te zijn voor hoge aantallen legionella. Met geëigende maatregelen kunnen de aantallen naar alle waarschijnlijkheid binnen de perken worden gehouden.

### ***Wat nu?***

De vraag is hoe een biologische deelstroombehandeling zich nu verhoudt tot minder risicovolle alternatieven. De alternatieven in een groene-weidesituatie zouden zijn:

- een groter volume voor nitrificatie en denitrificatie in de waterlijn;
- het strippen van ammoniumstikstof.

Het volume voor nitrificatie en denitrificatie wordt wel flink groter bij het ontbreken van deelstroombehandeling: voor 1 kg extra stikstof is ongeveer 24 m<sup>3</sup> biologische ruimte nodig [3], terwijl de deelstroombehandeling een factor 12 tot 30 minder volume nodig heeft.

Als er al een deelstroombehandeling aanwezig is, dient te worden afgewogen of maatregelen om het risico te beperken kunnen opwegen tegen het installeren van een nieuw alternatief.

## Conclusies

- Sterk wisselende aantallen legionella in of bij deelstroomreactoren voor de verwijdering van stikstof zijn niet het gevolg van wisselende omstandigheden, maar inherent aan de ecologie van legionella.
- Bij het ontwerpen van sliblijnen met (gecentraliseerde) slibgisting moet het risico van legionella meegenomen worden in de afweging of een biologische deelstroombehandeling de meest gewenste oplossing is.
- Er zijn technische maatregelen mogelijk voor het bestrijden van legionella. Maatregelen bestaan uit afdekking, afzuiging en desinfectie van afgezogen lucht.
- Bij reeds bestaande biologische deelstroombehandeling liggen maatregelen ter bestrijding van legionella meer voor de hand dan het zoeken naar alternatieve behandelingswijzen.
- Maatregelen ter bestrijding van legionella dienen niet alleen emissies naar de lucht te betreffen, maar ook de emissie via het effluent naar de hoofdlijn van de rwzi.

## Referenties

1. Loenenbach, A. D. et al. (2018). 'Two Community Clusters of Legionnaires' Disease Directly Linked to a Biologic Wastewater Treatment Plant, the Netherlands'. *Emerg. Infect. Dis.* 24, 1914-1918.
2. Vermeulen, L. C. et al. (2019). *Mogelijke luchtverspreiding van Legionella door afvalwaterzuiveringsinstallaties: een patiënt-controle onderzoek*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 2019.
3. Wiegant, W.M., Betuw, W. van, Kruit, J. & Uijterlinde, C. (2009). 'Duurzame deelstroombehandeling voor stikstofverwijdering op rwzi heeft de toekomst'. *H2O* (10): 40-43.
4. Prussin, A.J, Schwake, D.O. & Marr, L.C. (2017). 'Ten questions concerning the aerosolization and transmission of *Legionella* in the built environment'. *Building and Environment* 123: 684-695.
5. Cirillo, J. D., S. Falkow & L.S. Tompkins (1994). Growth of *Legionella pneumophila* in *Acanthamoeba castellanii* enhances invasion. *Infection and Immunity* 62 (8): 3254-3261
6. Rodriguez, S. (1994). 'Ecology of Free-Living Amoebae'. *Critical Reviews in Microbiology* 20 (3):225-41
7. David, S. et al. (2016). 'Multiple major disease-associated clones of *Legionella pneumophila* have emerged recently and independently'. *Genome Research* 26: 1555-1564.
8. Armstrong, T.W. & Haas, C.N. (2007). 'A quantitative microbial risk assessment model for legionnaires' disease: animal model selection and dose-response modeling'. *Risk Analysis* 27 (6): 1581-1596.
9. Schoen, M.E. & N.J. Ashbolt (2011). 'An in-premise model for *Legionella* exposure during showering events'. *Water Research* 45 (18): 5826-5836.
10. Summers, J.K. & Kreft, J.U. (2019). 'Predation strategies of the bacterium *Bdellovibrio bacteriovorus* result in bottlenecks, overexploitation, minimal and optimal prey sizes'. doi: <https://doi.org/10.1101/621490>



11. Ragull, S. et al. (2007). 'Legionella pneumophila in cooling towers: fluctuations in counts, determination of genetic variability by pulsed-field gel electrophoresis (PFGE), and persistence of PFGE pattern'. *Applied and Environmental Microbiology* **73** (16): 5382-5384.
12. Skaliy, P. et al. (1980). 'Laboratory studies of disinfectants against Legionella pneumophila'. *Applied and Environmental Microbiology* **40** (4): 697-700.
13. García, M T, Jones, S., Pelaz, C., Millar, R.D. & Abu Kwaik, Y. (2007). 'Acanthamoeba polyphaga resuscitates viable non-culturable Legionella pneumophila after disinfection'. *Environmental Microbiology* **9** (5):1267-1277.
14. Oguma, K., Katayamab, H. & Ohgaki, S. (2004). 'Photoreactivation of Legionella pneumophila after inactivation by low- or medium-pressure ultraviolet lamp.' *Water Research* **38**: 2757-2763.
15. Lam, N., Graffe, A. Candy, T. (2014). 'Peracetic acid as a method of effluent wastewater disinfection' in Langley, B.C., *Water Environment Federation, WEFTEC 2014*: 3446-3454.
16. Aarnink A.J.A, et al. (2011). 'Scrubber capabilities to remove airborne microorganisms and other aerial pollutants from the exhaust air of animal houses'. *Transactions of the Association American Society of Agricultural and Biological Engineers* **54** (5): 1921-1930.
17. Narkis, N., Armon, R., Offer, R., Orshansky, F. & Friedland, E. (1995). 'Effect of suspended solids on wastewater disinfection efficiency by chlorine dioxide'. *Water Research* **29** (1): 227-236.
18. McGuire, M.J., Pearthree, M.S., Blute, N.K., Arnold, K.F. & Hoogerwerf, T. (2006). 'Nitrification control by chlorite ion at pilot scale'. *Journal AWWA* **98** (1): 95-105.
19. Viau, E., Bibby, K., Paez-Rubio, T., & Peccia, J. (2011). 'Toward a Consensus View on the Infectious Risks Associated with Land Application of Sewage Sludge'. *Environmental Science and Technology* **45** (13): 5459-5469.
20. Borella, P., Guerrieri, e., Marchesi, I., Bondi, M. & Messi, P. (2005). 'Water ecology of Legionella and protozoan: environmental and public health perspectives'. *Biotechnology Annula Review* **11**: 355-379.
21. Patiño-Barbosa A M et al. (2017). 'Is Legionellosis Present and Important in Colombia? An Analyses of Cases from 2009 to 2013'. *Cureus* **9** (3): e1123.