

Auteurs

Nikolaj Walraven [1], Laura Schroor [2], Bob van Bijnen [3], Leo Ummels [4] en Karola Waar [5]

1. Onderzoeker bij GeoConnect
2. Student-stagiaire bij Centre of Expertise Water Technology
3. Projectmanager bij Centre of Expertise Water Technology
4. Deskundige infectiepreventie bij UCIP&P
5. Arts-microbioloog bij Izore, Centrum Infectieziekten Friesland

Bestrijding van *Legionella pneumophila* in leidingwater van ziekenhuis Tjongerschans

In de periode 2017 tot medio 2020 kampte ziekenhuis Tjongerschans in Heerenveen met een Legionella-besmetting in het waterleidingstelsel. Thermisch/fysisch beheer van het leidingwater en installatieaanpassingen resulteerden niet in een blijvende afname van de Legionella concentraties. De inzet van koper-zilver-ionisatie zorgde wel voor een effectieve bestrijding van de te hoge Legionella pneumophila-concentraties in het drinkwater. Binnen 6 maanden was het leidingwater Legionella-vrij. Als neveneffect werden de pathogenen Pseudomonas aeruginosa en Aeromonas spp. ook effectief aangepakt.

Leidingwater in complexe drinkwater-installaties - zoals in ziekenhuizen - is kwetsbaar voor de uitbraak van *Legionella pneumophila* (*L. pneumophila*) en andere pathogenen, waaronder *Escherichia coli* (*E. coli*), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) en *Aeromonas* spp. Complexe drinkwaterinstallaties bevatten namelijk vaak dode leidingdelen, of leidingdelen met stagnerend water. Hier zijn de omstandigheden - stilstaand water, hogere temperaturen en biofilmvorming - ideaal voor de groei van deze bacteriën. Dit was ook het geval bij ziekenhuis Tjongerschans. Van 2019 tot medio 2020 waren de *L. pneumophila* concentraties geregeld > 15.000 kve/l, waaronder die van de zeer gevaarlijke *Legionella* variant serotype 1.

Foto 1: In de periode 2017 tot medio 2020 kampte ziekenhuis Tjongerschans in Heerenveen met een Legionella-besmetting in het waterleidingstelsel.
Foto: Tjongerschans/Wikipedia.



Foto 2: Het koper-zilver-ionisatiesysteem Bifipro van Holland Water. Foto: Holland Water.



Koper-zilver-ionisatie

De eerste stap in de aanpak van Legionella in Nederland is thermisch/fysisch beheer. Als dat niet werkt, mogen alternatieve beheerstechnieken, zoals koper-zilver-ionisatie, worden ingezet. Dat thermisch/fysisch beheer niet altijd werkt, blijkt wel uit het feit dat er circa 1.000 koper-zilver-ionisatie systemen in Nederland operationeel zijn. Niet alleen wordt Legionella effectief bestreden, maar kan ook het gebruik van chemicaliën worden geëlimineerd met alle (milieutechnische) voordelen van dien. Als het gebouw 1 jaar legionellavrij is, mag bovendien de warmwatertemperatuur met 10°C worden verlaagd (retour in boiler 50°C). Dit resulteert in significante energiebesparing en verlaging van de CO₂-uitstoot.

De werking van koper-zilver-ionisatie is onderbouwd in tientallen wetenschappelijke artikelen (o.a., Liu *et al.*, 1994, 1998; Lin *et al.*, 1996; Kiwa, 2006; Rohr *et al.*, 1999; Lin *et al.*, 2011; RIVM, 2012; Walraven *et al.*, 2016; Cloutman-Green *et al.*, 2019). Volgens de literatuur is koper-zilver-ionisatie de enige desinfectie techniek voor Legionella, die gevalideerd is volgens de 4-staps evaluatie-criteria: aangetoonde, gerapporteerde, gereviewde en bevestigde *in vitro* en *in vivo* effectiviteit (Lin *et al.*, 2011). Daarnaast zijn er volgens het College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (CTGB) geen humane risico's voor het gebruik van koper-zilver-ionisatie (CTGB, 2007).

Onderzochte pathogenen

Legionella pneumophila

Deze bacterie kan de ziekte Legionellose veroorzaken, ook wel bekend als de Veteranenziekte. Dit is een ernstige vorm van longontsteking. De ziekte kan ontstaan wanneer waterdamp met deze bacteriën wordt ingeademd, bijvoorbeeld tijdens het douchen of via nevel van whirlpools, sproeiinstallaties en natte koeltorens.

Escherichia coli

Dit is een darmbacterie die bij mensen en warmbloedige dieren voorkomt. Deze bacterie helpt bij de vertering van voedsel. Hoewel deze bacteriën een positieve functie hebben bij de vertering van voedsel, kan het op verkeerde plaatsen in het lichaam gevaar opleveren. Indien bepaalde soorten E.coli-bacteriën in het drinkwater aanwezig zijn, kan dit bij inname, onder andere, resulteren in misselijkheid, buikkrampen, braken en diarree. Daarnaast is E. coli de meest voorkomende verwekker van urineweginfecties.

Aeromonas spp.

Dit is een groep bacteriën die veel voorkomt in zoete en brakke oppervlaktewateren. Maar ook in drinkwater komt deze voor. Mogelijk doordat drinkwater wordt bereid uit oppervlaktewater dat besmet is met deze bacterie. Belangrijke pathogenen in de Aeromonas groep zijn A. hydrophila, A. caviae en A. veronii biovar sobria. Ziektes die gerelateerd worden aan deze bacteriën zijn gastroenteritis (ontsteking van de maag en darmen) en wondinfecties.

Pseudomonas aeruginosa

Deze bacterie wordt gezien als een van de ziekenhuisbacteriën, welke verantwoordelijk zijn voor vele menselijke infecties, waaronder wond-, urineweg- en oorinfecties. Meningitis is ook incidenteel waargenomen. Doordat deze bacterie resistent is geworden tegen de veel gebruikte soorten antibiotica, is bestrijding van een besmetting met P. aeruginosa moeizaam.

Ook effectief tegen andere potentiële ziekteverwekkers

Koper-zilver-ionisatie is niet alleen effectief tegen Legionella, maar ook tegen diverse andere bacteriën, virussen, amoeben en protozoa met trilharen (Walraven and Chapman, 2016). Dit is aangetoond door diverse wetenschappelijk *in vitro* studies en een enkele *in vivo* studie (in een model waterleidingsysteem). Het aantal praktijkstudies is echter beperkt. Omdat in ziekenhuis Tjongerschans ook sprake is geweest van kolonisatie met een *Aeromonas spp.* (100 – 1.100 kve/100 ml), was dit een mooie

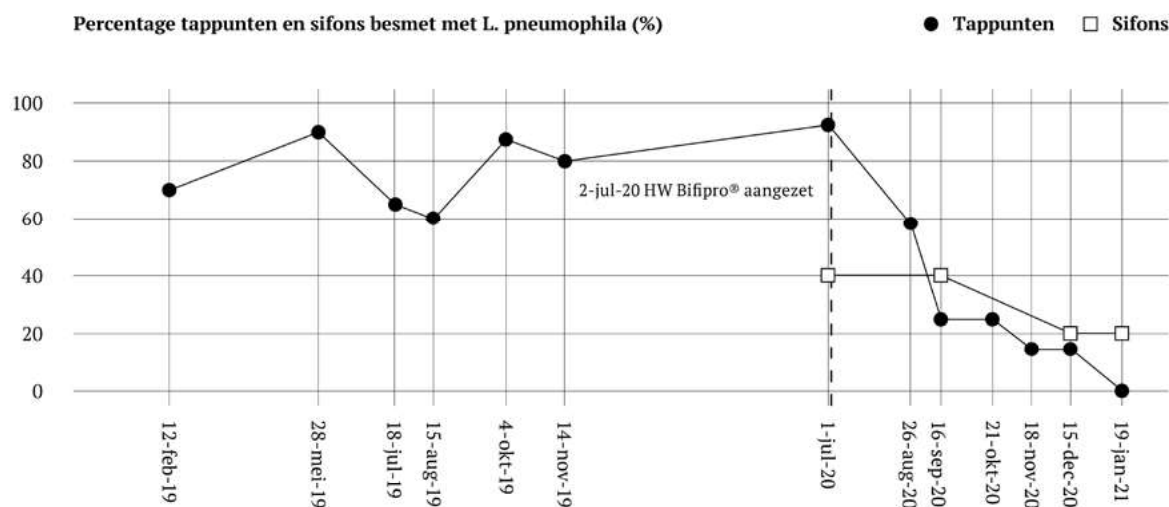
kans om te onderzoeken of het Bifipro-systeem van Holland Water ook effectief is in het bestrijden van *Aeromonas spp.* Daarnaast zijn *E. coli* en *P. aeruginosa* ook meegenomen in het onderzoek. *E. coli* is een microbiologische parameter volgens het Drinkwaterbesluit met een grenswaarde van 0 kve/100 ml. *P. aeruginosa* wordt beschouwd als een opportunistische pathogeen in het Nederlandse drinkwater waar meer onderzoek naar gedaan zou moeten worden (o.a., KWR, 2018). Ziektes veroorzaakt door deze andere (potentiële) ziekteverwekkers zijn niet meldingsplichtig, maar naar schatting veroorzaken ze zelfs meer ziektegevallen dan ziekteverwekkende Legionella non-pneumophila soorten (Scheffer, 2021). In het kader 'Onderzochte pathogenen' zijn de humane risico's van de onderzochte pathogenen kort beschreven.

Onderzoek ziekenhuis Tjongerschans

Op 1 juli 2020 is het 0-onderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn 12 tappunten bemonsterd en geanalyseerd op *L. pneumophila*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Aeromonas spp.*, koloniegetal en koper- en zilverconcentraties. Daarnaast zijn 5 sifons van wastafels ook bemonsterd en geanalyseerd op dezelfde parameters.

Parameter	Monitoringsfrequentie		Analyse
	Tappunten	Sifons	
<i>L. pneumophila</i>	maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 11731
<i>E. coli</i>	2-maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 93081
<i>P. Aeruginosa</i>	2-maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 16266
<i>Aeromonas</i>	2-maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 6223
Koloniegetal	maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 6222
Koper	maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 17294-2
Zilver	maandelijks	2-maandelijks	NEN-EN-ISO 17294

Tabel 1: De monitoringsfrequentie per installatieonderdeel en parameter, en de gehanteerde analysemethodes.



Figuur 1: Percentage tappunten en sifons besmet met *L. pneumophila* versus de monitoringsrondes.

Na installatie, is op 2 juli 2020 het koper-zilver-ionisatiesysteem ingeschakeld. Dezelfde tappunten en sifons zijn vervolgens respectievelijk maandelijks en 2-maandelijks gemonitord. De *L. pneumophila*-concentraties, koloniegetallen en koper- en zilverconcentraties in de tappunten zijn maandelijks bemonsterd en geanalyseerd en de *E. coli*, *P. aeruginosa* en *Aeromonas spp.* concentraties tweemaandelijks.

De totale monitoringsduur was 6 maanden. De sifons zijn meegenomen in dit onderzoek, omdat deze worden beschouwd als mogelijke besmettingshaarden. De monsternamen zijn verricht door C-mark conform NEN-EN-ISO 19458. De analyses zijn verricht door Eurofins.

In Tabel 1 zijn de analysemethoden, en is de monitoringsfrequentie per installatieonderdeel en parameters, weergegeven.

In figuur 1 is het percentage tappunten en sifons dat besmet is met *L. pneumophila* (> 100 kve/l) uitgezet tegen de tijd (van begin februari 2019 t/m januari 2021). De meetresultaten voor 1 juli 2020 zijn door Tjongerschans verkregen tijdens reguliere Legionella-onderzoek. In tabel 2 en 3 zijn de analyseresultaten van leidingwater uit de tappunten en sifons samengevat.

Legionella in de tappunten

Voor inschakeling van het systeem, was circa 60 tot 90 % van de onderzochte tappunten besmet met *L. pneumophila* (Figuur 1). De *L. pneumophila*-concentraties varieerden tussen < 100 en > 15.000 kve/l (Tabel 2). Binnen

Parameter	Voor start koper-zilverionisatie		Na start koper-zilver-ionisatie					
	Meetwaarden	Opmerking	Ronde 1 26/8/20	Ronde 2 16/9/20	Ronde 3 21/10/20	Ronde 4 18/11/20	Ronde 5 15/12/20	Ronde 6 19/1/21
<i>Legionella pneumophila</i> (kve/l)	< 100 tot > 15.000	0-situatie en hist.gegevens	< 100 tot 1.400	< 100 tot 1.800	< 100 tot 300	< 100 tot 200	< 100 tot 15.000 ^{#1}	< 100
<i>E. coli</i> (kve/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. Aeruginosa</i> (kve/100 ml)	0	0-situatie	0	0	0	0	0	0
<i>Aeromonas</i> (kve/100 ml)	< 100 tot 100	0-situatie en hist.gegevens	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Koloniegetal (kve/ml)	< 1 tot 80	0-situatie	30 tot 170	< 1 tot 260	30 tot 100	3 tot 120	6 tot 170	3 tot 80
Koper (µg/l)	< 2 tot 1.000	0-situatie	300 tot 1.000	< 2 tot 1.200	320 tot 1.300	110 tot 1.300	300 tot 1.300	310 tot 1.500
Zilver (µg/l)	< 3	0-situatie	19 tot 52	< 3 tot 58	14 tot 47	6,7 tot 45	17 tot 66	11 tot 66

^{#1} Dit tappunt is niet doorgepoeld, omdat in deze ruimte sprake was van een COVID-19 besmetting.

Tabel 2: De concentraties van de onderzochte parameters in de tappunten: voor en na start van koper-zilver-ionisatie met het Bifipro®-systeem.

Parameter	Voor start koper-zilverionisatie		Na start koper-zilver-ionisatie		
	Meetwaarden	Opmerking	Ronde 2 16/9/20	Ronde 5 15/12/20	Ronde 6 19/1/21
<i>Legionella pneumophila</i> (kve/l)	< 100 tot > 1.700	0-situatie	< 100 tot 4.500	< 100 tot 600 ^{#1}	< 100 tot 500 ^{#1}
<i>E. coli</i> (kve/100 ml)	0	0-situatie	0	0	0
<i>P. Aeruginosa</i> (kve/100 ml)	0 tot 4	0-situatie	0	0	0
<i>Aeromonas</i> (kve/100 ml)	< 100 tot 500	0-situatie	< 100	< 100	<100
Koloniegetal (kve/ml)	870 tot > 3.000	0-situatie	390 tot > 3.000	110 tot > 3.000	180 tot > 3.000
Koper (µg/l)	420 tot 900	0-situatie	590 tot 2.000	510 tot 930	430 tot 920
Zilver (µg/l)	< 3	0-situatie	17 tot 49	41 tot 61	53 tot 62

^{#1} Dit tappunt is niet doorgespoeld, omdat in deze ruimte sprake was van een COVID-19 besmetting.

Tabel 3: De concentraties van de onderzochte parameters in de sifons: voor en na start van koper-zilver-ionisatie met het Bifipro®-systeem.



6 maanden na inschakeling van het koper-zilver-ionisatiesysteem daalde het besmettingspercentage in de tappunten geleidelijk tot 0 % besmettingen (Figuur 1). Na 3 maanden was er sprake van een afvlakking van de daling. Deze ontstond doordat 1 tappunt niet doorgespoeld kon worden, omdat dit tappunt zich bevond op een afdeling met COVID-19-patiënten, die hierdoor ontoegankelijk was. De koper- en zilverconcentraties in de leidingen varieerden tijdens de koper-zilver-ionisatie tussen < 2 en 1.500 µg Cu/l en tussen < 3 en 66 µg Ag/l met een gemiddelde van 730 µg Cu/l en 38 µg Ag/l (Tabel 2). Een deel van het koper is afkomstig van de koperen leidingen, namelijk < 2 tot 1.000 µg Cu/l met een gemiddelde van 472 mg/l (Tabel 2: 0-situatie). De gedoseerde koper- en zilverconcentraties voldoen aan de eisen van het CTGB en het Drinkwaterbesluit.

Legionella in de sifons

Het Legionella-besmettingspercentage van de sifons was 40% bij de 0-situatie (Figuur 2), met concentraties variërend tussen < 100 en 1.700 kve/l (Tabel 3). In de sifons daalde het besmettingspercentage tot 20%: 1 sifon was na 6 maanden nog besmet (Tabel 2: 500 kve/l). Deze sifon bevindt zich in dezelfde ruimte als waar de verhoogde *L. pneumophila*-concentratie in het tappunt is gemeten. Deze ruimte was niet toegankelijk om te spoelen in verband met een COVID-19 besmetting. Het koloniegetal in deze sifon, alsmede in 2 andere sifons, is na 6 maanden nog hoog, namelijk >3000 kve/ml (Tabel 3). Dit bevestigt de hypothese dat sifons broeihaarden van ziekteverwekkers kunnen zijn. De koper- en zilverconcentraties in de sifons varieerden tijdens de koper-zilver-ionisatie tussen 110 en

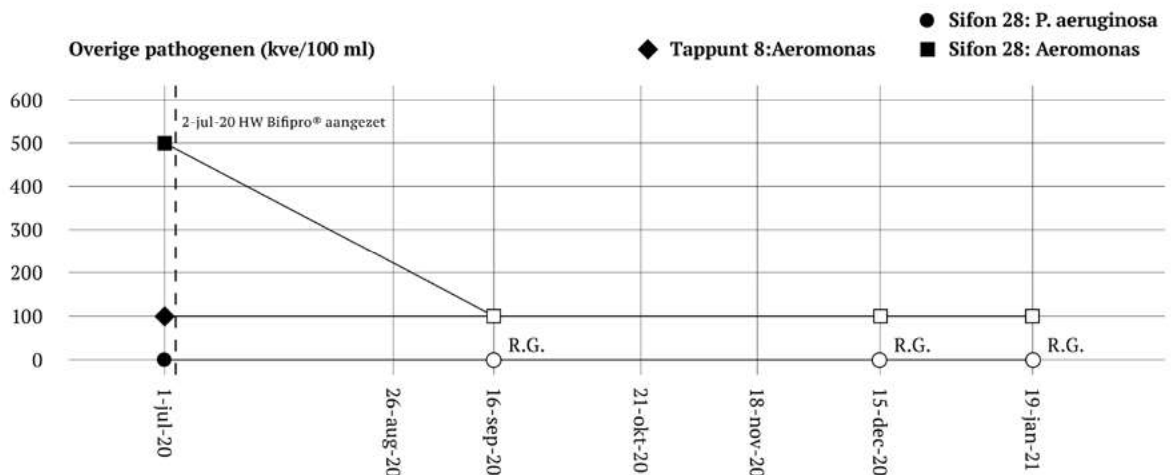
2.000 µg Cu/l en tussen 17 en 62 µg Ag/l met een gemiddelde van 771 µg Cu/l en 48 µg Ag/l (Tabel 3). Een deel van het koper is afkomstig van de koperen leidingen, namelijk 420 tot 900 µg Cu/l met een gemiddelde van 608 µg/l (Tabel 3: 0-situatie). De gedoseerde koper- en zilverconcentraties voldoen aan de eisen van het CTGB en het Drinkwaterbesluit.

Overige pathogenen in de tappunten en sifons

Bij het 0-onderzoek zijn op 3 monsternamenpunten verhoogde *P. aeruginosa*- en *Aeromonas spp.*-concentraties gemeten (Tabel 2 en 3). Deze zijn weergegeven in Figuur 2. Na 2 maanden waren de *P. aeruginosa*-concentraties in deze monsterpunten 0 kve/100 ml en de *Aeromonas spp.*-concentraties < 100 kve/100 ml. In alle overige monsterpunten waren de *E. coli*- en *P. aeruginosa*-concentraties 0 kve/100 ml en de *Aeromonas spp.*-concentraties < 100 kve/100 ml (Tabel 2 en 3). Hoewel het aantal besmettingen met deze bacteriën beperkt was, toont dit onderzoek aan dat koper-zilver-ionisatie effectief is in de bestrijding hiervan. Meer praktijkonderzoek naar de effectiviteit bij deze pathogenen, en mogelijk ook andere relevante bacteriën, is gewenst.

Conclusie

Dit onderzoek toont aan dat koper-zilver-ionisatie zeer effectief is in de bestrijding van *L. pneumophila* en overige onderzochte pathogenen. Binnen 2 maanden waren de besmettingen met *P. aeruginosa* en *Aeromonas spp.* onder controle en binnen 6 maanden was de hardnekkige *Legionella* besmetting in het ziekenhuis Tjongerschans effectief bestreden. Hoewel de spoelfrequentie mag worden geëxtensieerd wanneer het koper-zilver-ionisatiesysteem is ingezet en de locatie legionellavrij is, wordt aanbevolen alle tappunten tenminste tweewekelijks even te spoelen. Het is belangrijk dat dit ook gebeurt wanneer kamers (bijv. door Covid-19) buiten gebruik zijn gesteld. Extra aandacht zou besteed moeten worden aan de sifons. De sifons zijn voornamelijk nog geen verplicht onderdeel in het legionellabeheersplan.



Figuur 2: De *P. aeruginosa*- en *Aeromonas*-concentraties in sifon 28 en tappunt 8.

De open symbolen betreffen meetwaarden van 0 of < rapportagegrens (R.G.).

Referenties

- Cloutman-Green, E., Barbosa, V.L., Meng, D.J., Wong, D., Dunn, H., Needham, B., Ciric, L., Hartley, J.C. (2019). Controlling *Legionella pneumophila* in water systems at reduced hot water temperatures with copper and silver ionization. *Am. J. Infect. Control.* 47, 761-766.
- CTGB (2007). Toelatingsnummer 13292 N. Bifipro.
- Kiwa (1996). Evaluatie van praktijktesten met alternatieve technieken voor Legionellapreventie. Koper/zilver-ionisatie, anodische oxidatie (waaronder elektrodiagramalyse), pasteurisatie en ultrafiltratie. KWR 05.066. Nieuwegein, Nederland.
- KWR (2018). Verdieping Warmte en Koude uit Drinkwater. BTO rapport 2017.072.
- Lin, Y.E., Vidic, R.D., Stout, J.E., Yu, V.L. (1996). Individual and combined effects of copper and silver ions on inactivation of *Legionella pneumophila*. *Wat. Res.* 30 (8), 1905-1913.
- Lin, Y.E., Stout, J.E., Yu, V.L. (2011). Controlling *Legionella* in hospital drinking water: An evidence-based review of disinfection methods. *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* 32, 166-173.
- Liu, Z., Stout, J.E., Tedesco, L., Boldin, M., Hwang, C., Diven, W.F., Yu, V.L. (1994). Controlled evaluation of copper-silver ionization in eradicating *Legionella pneumophila* from a hospital warm water distribution system. *J. Infect. Dis.* 169, 919-922.
- Liu, Z., Stout, J.E., Boldin, M., Rugh, J., Diven, W.F., Yu, V.L. (1998). Intermittent use of copper-silver ionization for *Legionella* control in water distribution systems: a potential option in buildings housing individuals at low risk of infection. *Clin. Infect. Dis.* 26, 138-140.
- RIVM (2012). Schalk, J.A.C., Bartels, A.A., De Roda Huisman, A.M. Effectiviteit van beheerstechnieken voor *Legionella* in drinkwaterinstallaties. RIVM rapport 703719078, Bilthoven, Nederland.
- Rohr, U., Senger, M., Selenka, F., Turley, R., Wilhelm, M. (1999). Four years of experience with silvercopper ionization for control of *Legionella* in a German university hospital hot water plumbing system. *Clin. Infect. Dis.* 29, 1507-1511.
- Scheffer (2021). Gaat regelgeving legionellapreventie in Leidingwater op de schop? Gawalo, 17 mei 2021.
- Walraven, N., Pool, W., Chapman, C. (2016). Efficacy of copper-silver ionisation in controlling *Legionella* in complex water distribution systems and a cooling tower: over 5 years of practical experience. *J. Water Process Eng.* 13, 196-205.
- Walraven (2016). The efficacy of copper-silver ionisation for the abatement of waterborne pathogens other than *Legionella pneumophila*: A literature review. Holland Water report.