Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Effectiviteit en aandachtspunten van **legionellabeheerstechnieken** toegepast in leidingwaterinstallaties

RIVM-briefrapport 2024-0021
A. Bartels | M. de Winter | H. van den Berg

Effectiviteit en aandachtspunten van legionellabeheerstechnieken toegepast in leidingwaterinstallaties

RIVM-briefrapport 2024-0021

Colofon

© RIVM 2024
Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0021

A. Bartels (auteur), RIVM
M. de Winter (auteur), RIVM
H. van den Berg (auteur), RIVM

Contact:
Alvin Bartels
Centrum Infectieziektebestrijding
Landelijke Coördinatie Infectieziektebestrijding
alvin.bartels@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat binnen het Programma 27 van directie Waterkwaliteit Ondergrond Marien (WOM) in het kader van project M/270126 Legionellabeheerstechnieken.

Dit is een uitgave van:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Effectiviteit en aandachtspunten van legionellabeheerstechnieken toegepast in leidingwaterinstallaties

In leidingwaterinstallaties kunnen legionellabacteriën zitten. Mensen kunnen een longontsteking krijgen als ze deze bacteriën inademen, vooral boven de 60 jaar en rokers. In Nederland worden daarom verschillende technieken gebruikt om mensen zo min mogelijk aan deze bacteriën bloot te stellen. Het RIVM heeft op een rij gezet welke technieken dat zijn, hoe effectief ze zijn in de praktijk en welke aandachtspunten ze hebben. Dit is een vervolg op onderzoek uit 2012.

Het onderzoek bevestigt de conclusies uit 2012 dat de effectiviteit van de techniek per locatie kan verschillen. Alle technieken werken in principe, maar of dat in de praktijk zo is hangt van verschillende omstandigheden af. Bijvoorbeeld van de manier waarop de leidingwaterinstallatie is aangelegd en wordt onderhouden. Ook moet de techniek zelf goed worden gebruikt en onderhouden.

Voorbeelden van technieken in Nederland zijn: automatische spoelsystemen (thermisch beheer), membraanfilters en UV-lampen (fysisch beheer) en koper/zilver-ionisatie (elektrochemisch beheer). Nieuw ten opzichte van 2012 is dat in Nederland chloor aan het leidingwater mag worden toegevoegd (chemisch beheer). Het voordeel van chloor is dat het *Legionella* in de hele leidingwaterinstallatie kan doden. Regelmatig spoelen is belangrijk om voldoende chloor in alle leidingen te hebben. Nadeel is dat legionellabacteriën er resistent tegen kunnen worden als het lang wordt gebruikt. De techniek werkt dan minder goed. Ook kunnen bij het gebruik van chloor schadelijke stoffen in het water ontstaan.

Vanwege de nadelen van het gebruik van biociden adviseert het RIVM om in de regelgeving duidelijker aan te geven onder welke voorwaarden chemisch en elektrochemisch beheer mag worden gebruikt. Het RIVM adviseert om deze technieken alleen in prioritaire locaties toe te staan, zoals sauna’s en ziekenhuizen. Ook zouden adviseurs die de beheersplannen maken duidelijker moeten aangeven waarom het aantal legionellabacteriën niet op een andere manier kan worden beperkt. De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) kan dan beter toetsen of de (elektro)chemische techniek terecht mag worden gebruikt.

Kernwoorden: beheersmaatregelen, legionella, veteranenziekte, beheerstechnieken, legionellapreventie, leidingwaterinstallaties, (elektro)chemisch beheer

Synopsis

Effectiveness and considerations of legionella control methods applied in premise plumbing systems

Premise plumbing systems may contain *Legionella* bacteria. People can get pneumonia if they inhale these bacteria, especially people aged 60 years or older and smokers. In order to prevent exposure to these bacteria several control methods are used in the Netherlands. RIVM (National Institute for Public Health and the Environment) listed which methods are used, how effective they are in practice and which points should be taken into account when applying them. This is a follow-up to research from 2012.

This study confirms the conclusions from the 2012 report that the effectiveness of the method can differ per location. All methods work in principle, but this does depend on various circumstances. For example, the way in which the premise plumbing system is constructed and maintained can be crucial. The technique itself must also be applied and maintained properly.

Examples of methods applied in the Netherlands are: automatic flushing systems (thermal control), membrane filters and UV lamps (physical control) and copper/silver ionization (electrochemical control). New compared to 2012 is that chlorine is now allowed to be added to the premise plumbing system in the Netherlands (chemical control). The advantage of chlorine is that it can kill *Legionella* throughout the entire plumbing system. It is important to flush regularly to ensure there is sufficient chlorine in every part of the plumbing system. *However, the Legionella* bacteria may become resistant to chlorine over time, resulting in loss of effectiveness. The use of chlorine can also produce harmful substances in the water.

RIVM recommends that regulations indicate more clearly under which conditions chemical and electrochemical control techniques may be used. RIVM advises to only allow these techniques to be used in priority locations, such as saunas and hospitals. Certified advisors who draw up management plans should also substantiate more clearly why the number of *Legionella* bacteria can only be limited if a (electro)chemical technique is used. This allows the Human Environment and Transport Inspectorate (ILT; competent authority) to better assess whether these control technologies can be installed.

Keywords: control measures, Legionella, Legionnaires' disease, control techniques, Legionella prevention, premise plumbing systems, (electro)chemical control management

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Aanleiding en doel van het onderzoek — 13
1.1 Aanleiding — 13
1.2 Doel van het onderzoek — 13
1.3 Afbakening onderzoek — 14
1.4 Leeswijzer — 15

2 Achtergrond — 17
2.1 *Legionella* en leidingwater — 17
2.2 Legionellapreventie — 17
2.3 Deel van de leidingwaterinstallatie waar de beheerstechniek werkzaam is — 18
2.4 NEN 1006 en legionellabeheer — 19

3 Methoden — 21
3.1 Literatuuronderzoek effectiviteit en aandachtspunten — 21
3.2 Enquêtes over praktijkervaringen — 23
3.3 Gesprekken met medewerkers van drie drinkwaterbedrijven en het bevoegd gezag — 24

4 Resultaten — 25
4.1 Literatuurstudie: effectiviteit en aandachtspunten beheerstechnieken — 25
4.1.1 Thermische beheerstechnieken — 25
4.1.2 Fysisch beheer — 29
4.1.3 Fotochemisch beheer — 33
4.1.4 Elektrochemisch beheer — 34
4.1.5 Chemisch beheer — 38
4.1.6 Overige beheerstechnieken — 46
4.1.7 Kosten beheerstechnieken — 46
4.1.8 Overzicht kenmerken beheerstechnieken — 47
4.2 Enquête — 50
4.2.1 Aantal respondenten en locaties — 50
4.2.2 Legionellabeheerstechnieken in gebruik op locaties — 51
4.2.3 Aantal positieve watermonsters voor en na plaatsen beheerstechniek — 51
4.2.4 Reden voor toepassen (nieuwe) beheerstechniek — 52
4.2.5 Effect op leidingnetwerk en water — 52
4.2.6 Risicofactoren en aanpassingen leidingnetwerk — 54
4.2.7 Beheer en controle van de beheerstechniek — 55
4.2.8 Kosten — 55
4.3 Interviews met drinkwaterbedrijven en ILT — 56

5 Discussie — 59
5.1 Vergelijking met rapport uit 2012 — 59
5.2 Inventarisatie beheerstechnieken — 59
5.3 Effectiviteit beheerstechnieken — 59
5.4 Factoren die van invloed zijn op de effectiviteit in de praktijk — 61
5.5 Aandachtspunten bij gebruik van beheerstechnieken — 63

5.6 Aandachtspunten bij gebruik van beheerstechnieken in Nederlandse leidingwaterinstallaties — 64
5.6.1 Chemisch beheer in Nederland — 65
5.6.2 Voorwaarden aan toepassen van (elektro)chemisch beheer — 66
5.6.3 Extern beheer — 67
5.7 Toepassen beheerstechnieken bij lagere warmwatertemperatuur — 68

6 Conclusies en aanbevelingen — 71

Dankwoord 75

Literatuur — 77

Bijlage 1 Verstuurde vragenlijst over de ervaringen van locatiebeheerders met legionella-beheerstechnieken in leidingwaterinstallaties (enquête) — 85

Samenvatting

Het inademen van legionellabacteriën in verneveld water uit leidingwaterinstallaties door douchen of sproeien kan leiden tot een longontsteking, ook wel veteranenziekte genoemd. In het Drinkwaterbesluit staan eisen voor het uitvoeren van legionellapreventie bij leidingwaterinstallaties van locaties waar het risico op veteranenziekte hoger is, zoals ziekenhuizen en verpleeghuizen (de prioritaire locaties). Blootstelling aan *Legionella* moet zo veel mogelijk worden voorkomen door het uitvoeren van beheersmaatregelen zodat de concentratie legionellabacteriën in het leidingwater van de prioritaire locaties onder de norm van 100 kolonievormende eenheden per liter (kve/l) blijft. In Nederland worden verschillende technieken toegepast om de groei van *Legionella* in leidingwaterinstallaties te beheersen of om blootstelling aan *Legionella* te voorkomen. Deze technieken worden in dit rapport onderverdeeld in thermische, fysische, fotochemische, elektrochemische en chemische beheerstechnieken. In Artikel 44 van het Drinkwaterbesluit wordt beschreven onder welke voorwaarden een bepaalde techniek mag worden toegepast.

Dit rapport is een vervolg op het RIVM-briefrapport *Effectiviteit van beheerstechnieken voor Legionella in drinkwaterinstallaties* uit 2012. Middels een literatuurstudie, een enquête onder gebruikers van beheerstechnieken en gesprekken met medewerkers van drinkwaterbedrijven en de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) wordt in dit rapport beschreven welke technieken in Nederland worden toegepast, wat de effectiviteit is van de verschillende beheerstechnieken in de praktijk en wat de aandachtspunten per techniek zijn. Op basis van deze resultaten en gesprekken wordt bediscussieerd wat dit betekent voor de regelgeving en of structurele verlaging van de warmwatertemperatuur mogelijk is als dit wordt gecombineerd met een beheerstechniek.

In dit rapport wordt een onderscheid gemaakt in beheerstechnieken die alleen werken op de plek waar de techniek wordt toegepast (lokaal beheer) en technieken die werkzaam zijn in de hele leidingwaterinstallatie (systemisch beheer). Voor lokaal beheer kan weer onderscheid gemaakt worden in beheer vlak na de watermeter of op een hoofdleiding (*point-of-entry* techniek, POE) en beheer op het tappunt (*point-of-use*, POU). Voorbeelden van lokale beheerstechnieken zijn microfilters en UV-systemen. Voorbeelden van systemische beheerstechnieken zijn thermisch beheer, koper/zilver-ionisatie en continue chloordoseringen. Op basis van de genoemde beheerstechnieken uit de enquête worden in Nederland enkele technieken toegepast waarvoor geen literatuur met praktijkervaringen is gevonden. Het betreft: warmtelint, ultrasone cavitatie, anodische oxidatie en POE-membraanfilters. Voor de andere genoemde beheerstechnieken zijn wel praktijkstudies gevonden: thermisch beheer (handmatig en automatisch), POU-filters, POE UV-systemen, koper/zilver-ionisatie en verschillende toegelaten chloorproducten.

De conclusies uit het RIVM-rapport van 2012 zijn nog steeds geldend. Zowel uit de studie van 2012 als uit deze studie blijkt dat thermisch beheer voornamelijk bij complexere leidingwaterinstallatie niet altijd toereikend is om overschrijdingen van de legionella-norm (< 100 kve/L) te voorkomen en daarom worden andere beheerstechnieken toegepast. Elektrochemische en chemische beheerstechnieken maken gebruik van biociden en zijn werkzaam in de hele leidingwaterinstallatie. Uit zowel de studie van 2012 als uit deze studie blijkt dat deze technieken bij een goede werking groei van legionellabacteriën in leidingwaterinstallaties kunnen beheersen. Er wordt veelal een reductie van de concentratie legionellabacteriën en/of positieve tappunten gerapporteerd. Echter, een continue beheersing onder de Nederlandse legionella-norm kan niet bij elke leidingwaterinstallatie worden gegarandeerd of het duurt enige tijd voordat er geen *Legionella* meer wordt aangetoond.

De effectiviteit van (elektro)chemische beheerstechnieken hangt af van: de aanwezige biofilm en protozoa (eencellige micro-organismen zoals amoeben) in de leidingwaterinstallatie, de staat van de leidingwaterinstallatie (bijvoorbeeld leeftijd van de installatie en gebruikt leidingmateriaal) en hoe goed de leidingwaterinstallatie en beheerstechniek is onderhouden en wordt gebruikt. Het is bijvoorbeeld belangrijk dat bij (elektro)chemische beheerstechnieken een strikt spoelprotocol wordt gevolgd voor weinig gebruikte tappunten. De biociden zijn anders niet in voldoende concentratie aanwezig in de leidingwaterinstallatie. Een ander aandachtspunt is dat door gebruik van biociden resistentie kan ontstaan bij zowel *Legionella* als protozoa. Hierdoor kan de effectiviteit van de beheerstechniek afnemen. Daarnaast kunnen door gebruik van (elektro)chemische beheerstechnieken in meer of mindere mate schadelijke bijproducten worden gevormd, kan er corrosie van de leidingen optreden en kan er schade voor de gezondheid zijn in geval van overdosering. Goed onderhoud en monitoring is daarom essentieel. Ook is het mogelijk dat door aanpassingen aan de leidingwaterinstallatie en/of de instelling van de beheerstechniek verhoogde concentraties *Legionella* weer aanwezig zijn. Dit heeft bij twee Amerikaanse ziekenhuizen tot uitbraken van veteranenziekte geleid.

Van de beheerstechnieken met een lokale preventieve werking wordt in meerdere studies een goede effectiviteit beschreven door het gebruik van POU-membraanfilters in douchekoppen. Echter, een belangrijk aandachtspunt bij gebruik van POU-filters is dat er alleen beheer plaatsvindt op tappunten waar het filter is geplaatst. Als bijvoorbeeld een bubbelbad wordt gevuld met een tappunt zonder filter kan blootstelling aan een hoge concentratie *Legionella* mogelijk zijn. Ook kan er iets mis zijn met de integriteit van het douchefilter waardoor alsnog blootstelling kan plaatsvinden. Een ander aandachtspunt is dat het filter na enkele maanden en soms enkele weken vervangen moet worden omdat het filter dichtslibt. Er zijn daardoor regelmatig terugkomende kosten en onderhoudswerkzaamheden. Tijdige vervanging is ook noodzakelijk om groei van *Legionella* door het filter heen of onzorgvuldig gebruik te voorkomen. Elke geplaatste filterdouchekop dient daarom regelmatig gecontroleerd te worden op goede werking.

Bij collectieve leidingwaterinstallaties dient bij elk tappunt het warme water minimaal 60 °C te zijn. Dit is een eis uit regelgeving voor de aanleg en gebruik van leidingwaterinstallaties (Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)/NEN 1006). Een belangrijke reden voor deze temperatuur is om legionellagroei te beperken. Vanuit duurzaamheidsoogpunt is onder meer vanuit de Tweede Kamer de vraag gesteld of deze temperatuureis niet verlaagd kan worden. Op basis van de huidige inzichten kan echter worden beredeneerd dat het op grote schaal verlagen van de warmwatertemperatuur leidt tot een toename van het aantal meldingen van veteranenziekte. Partijen werkzaam op het gebied van legionellapreventie hebben daarom gevraagd of de warmwatertemperatuur bij leidingwaterinstallaties veilig kan worden verlaagd als beheerstechnieken worden toegepast. In de literatuurstudie is één studie gevonden waar op een locatie onder gecontroleerde omstandigheden geen *Legionella* is aangetoond en de temperatuur verlaagd kon worden door gebruik van een beheerstechniek. Er zijn echter meerdere studies gevonden waar ondanks gebruik van een (elektro)chemische beheerstechniek de concentratie *Legionella* en het aantal positieve tappunten duidelijk toenemen als de warmwatertemperatuur wordt verlaagd. Deze resultaten duiden erop dat ook met gebruik van een (elektro)chemische beheerstechniek een toename van veteranenziekte aannemelijk is, maar dat de toename waarschijnlijk minder groot zal zijn dan de warmwatertemperatuur verlagen zonder gebruik van een beheerstechniek. Nader onderzoek is nodig om de gezondheidsrisico’s van het verlagen van de warmwatertemperatuur met of zonder beheerstechniek te bepalen. Het is aan te bevelen om ook een levenscyclusanalyse (LCA) uit te voeren waarmee kan worden vastgesteld wat de milieuvoetafdruk is van het toepassen van een beheerstechniek en wat de daadwerkelijke duurzaamheidswinst is.

Na publicatie van het RIVM-rapport uit 2012 zijn meerdere biociden (voor chemische beheerstechnieken) toegelaten in Nederland die continu mogen worden toegepast in collectieve leidingwaterinstallaties. Medewerkers van drie drinkwaterbedrijven en de ILT die in hun dagelijks werk te maken hebben met legionellapreventie en geïnterviewd zijn voor dit rapport, hebben hun zorgen geuit over het kunnen toevoegen van deze biociden aan drinkwater. Ook constateerden de geïnterviewde medewerkers dat bij vrij nieuwe gebouwen (elektro)chemische beheerstechnieken in gebruik zijn terwijl deze technieken pas mogen worden toegepast als thermische, fysische of fotochemische beheerstechnieken niet werken om te voldoen aan de legionellanorm. Dit roept de vraag op of de leidingwaterinstallaties wel zijn aangelegd volgens de eisen uit het Bbl/NEN 1006. De geïnterviewde medewerkers verwachten dat bij een betere uitvoering en naleving van de NEN 1006 minder beheerstechnieken nodig zijn. Daarnaast stelt de ILT dat er onvoldoende handvatten zijn om te toetsen of het plaatsen van (elektro)chemische technieken daadwerkelijk nodig is.

Op basis van de resultaten uit de literatuurstudie en de enquête kon niet worden geconcludeerd dat het continu toepassen van biociden is te prefereren boven andere oplossingen om de concentratie *Legionella* onder de norm te houden en direct bij elke collectieve leidingwaterinstallatie kan worden toegepast. Meerdere

aandachtspunten moeten worden meegewogen bij de keuze voor een bepaalde beheerstechniek of een combinatie daarvan. De Gezondheidsraad heeft in 2016 geadviseerd terughoudend te zijn met het gebruik van biociden om (antibiotica)resistentie te voorkomen. Dit advies geldt ook voor gebruik van biociden in water. *Legionella* en protozoa kunnen op de langere termijn resistentie ontwikkelen voor verschillende biociden en/of er kunnen schadelijke bijproducten worden gevormd. Het heeft daarom de voorkeur (elektro)chemische beheerstechnieken alleen toe te staan bij prioritaire locaties en alleen als uit een degelijke onderbouwing blijkt dat een andere beheerstechniek of oplossing niet mogelijk is én er sprake is van een verhoogd gezondheidsrisico. Om dit te kunnen toetsen is het aan te bevelen in artikel 44 van het Drinkwaterbesluit en artikel 20 van de Drinkwaterregeling duidelijke voorwaarden op te nemen wanneer een (elektro)chemische techniek mag worden toegepast in kader van legionellapreventie.

1 Aanleiding en doel van het onderzoek

1.1 Aanleiding

In 2021 verscheen het rapport *Vragen en knelpunten rond legionellawetgeving in leidingwater op basis van 20 jaar praktijk in Nederland.* Dit rapport is onder redactie van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) opgesteld door (ervarings)deskundigen op gebied van legionellapreventie (Anoniem, 2021). In het rapport worden praktijkervaringen met het Drinkwaterbesluit, hoofdstuk 4 besproken en tot welke inzichten deze ervaringen hebben geleid. In het rapport staat onder meer over beheerstechnieken: *"Unaniem zijn de werkgroepleden van mening dat het wenselijk is dat er in opdracht van het ministerie van IenW een onderzoek wordt uitgevoerd naar de effectiviteit van toepassing ervan in de praktijk, neveneffecten en duurzaamheidsaspecten van legionellabeheerstechnieken, aangezien het vorige onderzoek (van het RIVM) dateert uit 2012 en er inmiddels de nodige ontwikkelingen zijn geweest."* Het ministerie van IenW heeft daarop besloten het RIVM deze vervolgstudie naar de effectiviteit en aandachtspunten van beheerstechnieken te laten uitvoeren.

In 2021 verscheen ook het rapport *Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie* (Van der Wielen *et al.,* 2021) waarin aanbevelingen worden gedaan voor de aanpassing van het Drinkwaterbesluit, hoofdstuk 4 en onderliggende regelingen. Dit rapport is door Berenschot en KWR Water Research Institute (verder KWR genoemd) opgesteld in opdracht van het ministerie van IenW. Het rapport gaat uitgebreid in op de wetenschappelijke literatuur met betrekking tot de relatie tussen warmwatertemperatuur, thermisch beheer (spoelen met heet water, frequentie) en legionellarisico. Er werd onder meer geconcludeerd dat de warmwatertemperatuur in leidingwaterinstallaties minimaal 60 °C zou moeten zijn. In het rapport werden geen uitspraken gedaan over niet-thermische beheerstechnieken voor legionellapreventie.

1.2 Doel van het onderzoek

Dit briefrapport is een aanvullend onderzoek op eerder RIVM-literatuuronderzoek naar de effectiviteit van beheerstechnieken (Schalk *et al.,* 2012). Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van IenW. Het doel van het onderzoek was om inzicht te krijgen in de effectiviteit en neveneffecten van beheerstechnieken voor legionellapreventie en de praktische toepassingen ervan in leidingwaterinstallaties. Het onderzoek beantwoordt de volgende drie vragen:

1. Welke beheerstechnieken voor legionellapreventie zijn (of komen binnen afzienbare tijd) in Nederland op de markt?
2. Wat is de effectiviteit van verschillende beheerstechnieken wat betreft de afdoding/verwijdering van legionellabacteriën in de praktijk (vastgesteld door onafhankelijke partijen)?
3. Wat zijn de aandachtspunten van het gebruik van deze beheerstechnieken in de praktijk, waaronder op gebied van beheer, vorming van bijproducten en duurzaamheid?

In 2018 is in de Tweede Kamer een motie ingediend om te onderzoeken of de temperatuur van warm tapwater kan worden verlaagd in verband met de duurzame warmteplannen voor wijken en steden (*i.e.* stadsverwarming) (Van der Lee, 2018). Dit heeft geleid tot een rapport waarin staat dat op basis van het huidige Drinkwaterbesluit het mogelijk zou moeten zijn de temperatuur van warm tapwater te verlagen naar 50 °C of lager zonder een verhoogd legionellarisico. Er moet dan wel aan een aantal voorwaarden worden voldaan (Van Wolferen, 2019). Het RIVM en KWR hebben het ministerie van IenW er echter op gewezen dat de onderbouwing voor het Drinkwaterbesluit dateert uit 2000 en dat er nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn waardoor er twijfels zijn over de conclusie van dat rapport (Kamerstuk 26442, nr. 60). De (ervarings)deskundigen die hebben meegewerkt aan het rapport *Vragen en knelpunten rond legionellawetgeving in leidingwater op basis van 20 jaar praktijk in Nederland* hebben gevraagd of in het onderzoek ook kan worden meegenomen of het op grote schaal verlagen van de warmwatertemperatuur mogelijk is door gebruik van beheerstechnieken. In de literatuurstudie is de invloed van de warmwatertemperatuur op de effectiviteit van de beheerstechnieken meegenomen en in de discussie geduid.

1.3 Afbakening onderzoek

In dit rapport staat de verwijderende of inactiverende werking van een bepaalde techniek die correct werkt niet ter discussie. Filters die correct werken houden micro-organismen tegen, UV-straling kan bij voldoende blootstelling en juiste dosis micro-organismen inactiveren en (in situ gegeneerde) biociden kunnen bij voldoende inwerktijd micro-organismen inactiveren. In een bestaande leidingwaterinstallatie kunnen echter factoren zijn die de effectiviteit van de techniek (op de lange termijn) negatief beïnvloeden of leiden tot neveneffecten. Ook kan de wijze waarop de leidingwaterinstallatie wordt gebruikt en onderhouden invloed hebben op de effectiviteit van de gebruikte techniek. In dit rapport ligt de focus daarom op peer-reviewed artikelen waarin praktijkstudies worden beschreven. Daarnaast zijn via een enquête ervaringen met beheerstechnieken verzameld en gesprekken gevoerd met medewerkers van drinkwaterbedrijven en het bevoegd gezag.

Dit rapport beschrijft alleen praktijkstudies en ervaringen met beheerstechnieken in leidingenwaterinstallaties. Er wordt geen uitspraak gedaan over de ‘beste beheerstechniek’. Per techniek worden de effectiviteit in de praktijk en de aandachtspunten beschreven, gebaseerd op wetenschappelijke literatuur en gebruikerservaringen. Ook worden alleen technieken besproken met als primair doel het beheersen van de groei van legionellabacteriën, en eventueel ook andere micro-organismen, of het voorkomen van blootstelling aan legionellabacteriën (preventief). Technieken die (in Nederland) alleen eenmalig gebruikt worden om een verhoogde concentratie te verwijderen (curatief) vallen buiten de reikwijdte van dit rapport. Sommige biociden kunnen echter voor beide toepassingen worden gebruikt, bijvoorbeeld door de biocideconcentratie en inwerktijd te verhogen.

Beheerstechnieken kunnen in praktijkstudies ook zijn gecombineerd. Bijvoorbeeld filters met UV-lampen of koperzilverionisatie met continue

chloordosering. In dit rapport worden vooral studies besproken waarin één beheerstechniek wordt toegepast zodat duidelijk is welk effect een bepaalde beheerstechniek heeft. Als een studie wordt besproken waarbij technieken zijn gecombineerd dan wordt dat aangegeven. Uitzondering zijn (elektro)chemische technieken waarbij ook beschreven is dat periodiek (automatisch) gespoeld wordt. Periodiek spoelen kan worden gezien als onderdeel van thermisch beheer, maar kan ook een essentieel onderdeel zijn van (elektro)chemisch beheer met als doel een goede verspreiding van de biocide door het hele leidingnetwerk.
Tot slot is het rapport, conform de opdracht van ministerie van IenW, vooral gericht op collectieve leidingwaterinstallaties van prioritaire locaties. In de literatuurstudie is echter geen onderscheid gemaakt in prioritaire of niet-prioritaire leidingwaterinstallaties.

1.4 Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk wordt de aanleiding voor het onderzoek beschreven en de doelstelling geformuleerd. Achtergrondinformatie over *Legionella* en beheerstechnieken wordt beschreven in hoofdstuk 2. In het derde hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek beschreven. De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in hoofdstuk 4. De duiding van de resultaten, beperkingen van het onderzoek en kennishiaten komen aan bod in de discussie in hoofdstuk 5. Tot slot staan in hoofdstuk 6 de conclusie en aanbevelingen.

Het rapport gaat over het toepassen van legionellabeheerstechnieken bij collectieve leidingwaterinstallaties van prioritaire locaties. In dit rapport wordt hiermee bedoeld:

- legionellabeheerstechniek: *een methode, apparaat of appendage met als primair doel om preventief de groei van legionellabacteriën te beheersen of om blootstelling aan legionellabacteriën te voorkomen* (Anoniem, 2021).
- collectieve leidingwaterinstallaties of collectief leidingnet: *samenstel van leidingen, fittingen en toestellen dat tijdelijk dan wel permanent is, dat is aangesloten op het distributienet van een drinkwaterbedrijf of collectieve watervoorziening en door middel van drinkwater of warm tapwater ter beschikking wordt gesteld aan consumenten of andere afnemers* (Waterwerkblad 1.3).
- Prioritaire locaties zijn locaties die vallen onder artikel 35 van het Drinkwaterbesluit. Dit betreft onder meer ziekenhuizen, verpleeghuizen, saunacomplexen, hotels en zwembaden (zie website Rijksoverheid voor de complete lijst).

2 Achtergrond

2.1 *Legionella* en leidingwater

Legionellabacteriën komen van nature voor in de bodem en in water, veelal in lage concentraties (Steinert *et al.*, 2002; NAS, 2020). In waterinstallaties waar gebruik wordt gemaakt van drink- of proceswater, zoals leidingwaterinstallaties en natte koeltorens, komen soms hogere concentraties voor. Dit komt doordat de temperatuur en de samenstelling van het water gunstiger is voor groei, waaronder verminderde concurrentie van andere micro-organismen (Steinert *et al.*, 2002; NAS, 2020). Legionellabacteriën bevinden zich vooral in een biofilm; een slijmachtig laagje dat wordt gevormd door bacteriën op oppervlakken, zoals op de wand van waterleidingen. De biofilm bestaat verder ook uit anorganische deeltjes zoals kalk (Abu Khweek and Amer, 2018). Voor groei (vermeerdering) gebruiken legionellabacteriën protozoa zoals amoeben die ook leven in of op de biofilm (NAS, 2020). De biofilm en amoeben zorgen ook voor enige mate van bescherming tegen stressfactoren zoals hitte of chemicaliën (Abu Khweek and Amer, 2018; NAS, 2020; Ashbolt, 2023). Hierdoor kunnen *Legionella* die zich bevinden in biofilm of amoeben overleven. Legionellabacteriën kunnen ook in een 'levensvatbare maar niet kweekbare' (viable but non-culturable; VBNC)fase zijn waardoor ze beter bestand zijn tegen stressfactoren (Schrammel *et al.*, 2018; NAS, 2020).

Er zijn meer dan 60 verschillende legionellasoorten bekend (NAS, 2020). Niet alle legionellasoorten veroorzaken ziekte of veroorzaken zelden ziekte. De soort *Legionella pneumophila* is verantwoordelijk voor meer dan 90% van de gemelde patiënten met legionellapneumonie (legionella-longontsteking, ook wel veteranenziekte genoemd) (Reukers et al., 2022). Alle andere soorten worden daarom ook wel *Legionella* non-*pneumophila* genoemd. Blootstelling aan legionellabacteriën vindt plaats doordat water wordt verneveld of door het werken met (tuin)aarde. Om blootstelling aan legionellabacteriën via leidingwaterinstallaties te voorkomen, is in Nederland vastgelegd dat bij bepaalde collectieve leidingwaterinstallatie legionellapreventie toegepast moet worden (Drinkwaterbesluit hoofdstuk 4, artikel 35). Het betreft locaties waar voor het merendeel personen verblijven die een groter risico lopen op veteranenziekte, zoals ziekenhuizen en verpleeghuizen. Het betreft ook locaties die eerder meerdere keren als bron van veteranenziekte zijn aangemerkt, zoals hotels en zwembaden. Ook gaat het om locaties waar personen onder verantwoordelijkheid van de overheid verblijven, zoals gevangenissen. Deze locaties vallen onder artikel 35 van het Drinkwaterbesluit en worden prioritaire locaties genoemd (I&W, 2011).

2.2 Legionellapreventie

Legionellapreventie bij prioritaire locaties begint met het uitvoeren van een risicoanalyse van de leidingwaterinstallatie (I&W, 2011). Deze risicoanalyse moet worden uitgevoerd door een BRL6010-gecertificeerd adviseur. Als uit de risicoanalyse blijkt dat de leidingwaterinstallatie niet voldoet aan het bouwbesluit (NEN 1006; zie paragraaf 2.4), zoals de

aanwezigheid van niet gebruikte of verkeerd geïnstalleerde leidingen of appendages, dan moeten deze leidingen of appendages zo veel als mogelijk worden verwijderd of aangepast (corrigerende maatregel). De risico's die niet kunnen worden weggenomen moeten worden beheerst. Hiervoor dient een beheersplan te worden opgesteld door een BRL6010-gecertificeerd adviseur en te worden uitgevoerd door de eigenaar. Voor de te nemen beheersmaatregelen kan worden gekozen voor thermisch, fysisch of fotochemische beheer. Voorwaarde voor het gebruik van een fysische of fotochemische installatie is dat deze installatie een KIWA BRL K14010-1-certificaat heeft (artikel 44, Drinkwaterbesluit). Indien een BRL6010-gecertificeerd adviseur heeft gemotiveerd dat deze technieken niet kunnen leiden tot voldoende beheersing, kan er een elektrochemische beheerstechniek worden toegepast, mits deze installatie een BRL K14010-2-certificaat heeft. Als ook deze techniek niet leidt tot voldoende beheersing kan gekozen worden voor chemisch beheer (artikel 44, Drinkwaterbesluit). Omdat er steeds een volgende trede kan worden genomen in het beheer wordt dit ook wel het ladder- of trapmodel genoemd. Indien er gebruik wordt gemaakt van biociden moet hiervoor een toelating zijn door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) of door de European Chemicals Agency (ECHA).

2.3 Deel van de leidingwaterinstallatie waar de beheerstechniek werkzaam is

De beheerstechnieken kunnen op verschillende manieren worden toegepast in een leidingwaterinstallatie. Hiervoor kunnen drie categorieën worden onderscheiden (Schalk *et al.*, 2012):

- Beheer in de gehele installatie (in dit rapport ook wel systemisch beheer genoemd). De techniek is erop gericht om groei (vermeerdering) van de legionellabacteriën in de hele leidingwaterinstallatie te beheersen of te bestrijden. De techniek is meestal geplaatst vlak na de watermeter of op een hoofdleiding (van een deel van het gebouw). Via deze techniek worden biociden in de nageschakelde[1] leidingwaterinstallatie gebracht en wordt de groei van legionellabacteriën beheerst. Er kan ook sprake zijn van restwerking: na het tijdelijk uitschakelen van de beheerstechniek is er nog enige tijd sprake van beheersing of bestrijding door de aanwezige biociden.
- Poortwachterbeheer, ook wel point-of-entry (POE). De techniek wordt geplaatst vlak na de watermeter of op een hoofdleiding en houdt de legionellabacteriën tegen of inactiveert legionellabacteriën in het water dat langs de techniek stroomt. Echter, in tegenstelling tot systemisch beheer is er geen sprake van beheer in de nageschakelde leidingwaterinstallatie. Al aanwezige *Legionella* in de leidingwaterinstallatie wordt daardoor niet beheerst (alleen lokaal beheer).
- Tappuntbeheer; ook wel point-of-use (POU). De techniek is geplaatst in of vlak voor het tappunt en houdt bacteriën tegen en/of bacteriën worden geïnactiveerd voordat er sprake is van verneveling. Er is geen sprake van beheersing of inactivering van bacteriën in de rest van de leidingwaterinstallatie (lokaal beheer).

[1] het deel van de leidingwaterinstallatie dat komt na de plek in de leidingwaterinstallatie waar de beheerstechniek is geplaatst.

In paragraaf 2.1 is beschreven dat protozoa, voornamelijk amoeben, door *Legionella* gebruikt worden om zich te vermeerderen. Ook is in deze paragraaf beschreven dat *Legionella* kunnen overleven in amoeben omdat deze protozoa beter bestand zijn tegen hitte en biociden. Ook een goed gevormde laag biofilm zorgt voor bescherming. Voor beheerstechnieken die werkzaam zijn in de hele leidingwaterinstallatie geldt daarom dat deze technieken naast *Legionella* ook werkzaam moeten zijn tegen amoeben en biofilm. Als alleen gebruik wordt gemaakt van een poortwachter-techniek, is het van belang dat vooraf is vastgesteld dat er geen *Legionella* in de nageschakelde leidingwaterinstallatie aanwezig is. Het kan daarom nodig zijn om voor het plaatsen van deze techniek een eenmalige grondige chemische desinfectie uit te voeren.

2.4 NEN 1006 en legionellabeheer

Elke leidingwaterinstallatie in Nederland moet voldoen aan de regelgeving die op het moment van bouwen geldt. In het Bouwbesluit 2012 was in artikel 6.12 en 6.13 opgenomen dat een voorziening voor drinkwater en warmwater moet zijn aangelegd volgens de normen in NEN 1006 (Bouwbesluit 2012). Vanaf januari 2024 is het Bouwbesluit overgegaan in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) en is in artikelen 3.109 en 3.110 (bestaande bouw) en 4.202 en 4.203 (nieuwbouw) opgenomen dat de drink- en warmwatervoorziening moet voldoen aan NEN 1006. Indien de drink- of warmwatervoorziening in een ouder gebouw (deels) opnieuw wordt aangelegd, moet de aanleg van de voorziening voldoen aan de huidige eisen. In NEN 1006 zijn ook normen opgenomen over beheer en onderhoud van bestaande drink- of warmwatervoorzieningen. Voorbeelden van normen die ook invloed kunnen hebben op het beheersen van legionellagroei zijn:

- het wekelijks verversen van niet gebruikte tappunten (in verband met de algehele waterkwaliteit);
- geen dode leiding/dood eind in de leidingwaterinstallatie;
- een temperatuur van ten hoogste 25 °C voor drinkwater;
- een minimale temperatuur van 60 °C op de tappunten van de warmwaterinstallatie van collectieve leidingwaterinstallaties;
- wekelijkse thermische desinfectie voor warmwatervoorraadtoestellen van collectieve leidingwaterinstallaties indien niet op alle plaatsen tenminste 60 °C heerst.

Een nadere uitwerking van de normen is te lezen in de Waterwerkbladen.

In dit rapport wordt NEN 1006 als de basis beschouwd. Het kan echter zijn dat een leidingwaterinstallatie is aangelegd onder oudere regelgeving en daardoor afwijkt van de huidige eisen. Hierdoor kunnen groeibevorderende factoren aanwezig zijn. Dit kan mogelijk ook gevolgen hebben voor het beheer en onderhoud. Het kan ook voorkomen dat de leidingwaterinstallatie niet volgens de geldende eisen is aangelegd of tussentijds verkeerd is aangepast. Uitgangspunt is dan dat de leidingwaterinstallatie zo veel als mogelijk wordt aangepast naar de geldende eisen. Mocht dit technisch niet mogelijk of zeer ingrijpend zijn, kan het toepassen van een beheerstechniek noodzakelijk zijn.

3 Methoden

3.1 Literatuuronderzoek effectiviteit en aandachtspunten

Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van de verschillende beschikbare technieken voor het beheersen van de blootstelling aan *Legionella* en naar aandachtspunten die van invloed kunnen zijn op de keuze voor een bepaalde techniek.

De zoekstrategie was gericht op studies over de effectiviteit van een bepaalde beheerstechniek om legionellagroei en/of -blootstelling te voorkomen. In aanvulling op het rapport van Schalk *et al.* (2012) werd gezocht naar artikelen verschenen na 2012 in de volgende wetenschappelijk databases:

- Scopus (Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands)
- PubMed (National Library of Medicine, Bethesda, MD, US)

Door te werken met twee verschillende databases werd de kans dat alle relevante artikelen waren geïncludeerd groter. Een breed scala aan relevante zoektermen werd gebruikt. De zoekopdracht bestond per database uit een vaste combinatie van type water en varianten op legionella, in combinatie met een lijst technieken. De zoekopdrachten werden getoetst op de inclusie van zeven relevante artikelen aangeleverd door experts. De uiteindelijke zoekopdrachten, uitgevoerd op 11 juli 2023, leverde 3.012 artikelen op. Na de zoekopdracht werden eerst de dubbele artikelen (n=1.006) uitgesloten en bleven er 2.006 artikelen over. Hierbij moet worden opgemerkt dat artikelen zowel met PubMed als met Scopus meer dan eens gevonden werden. Dit komt doordat de 21 zoektermen allemaal parallel zijn gezocht in beide zoekmachines en vervolgens zijn samengevoegd.

De zoektermen voor de literatuurstudie.
TITLE-ABS-KEY(Water OR Tap OR Potable OR Shower AND Legionella OR Legionellosis OR pneumophila OR Legionnaires AND ***) AND PUBYEAR AFT 2012. De Zoektermen voor *** zijn: “thermal mixing valve”, “thermostatic mixing”, Valve, Pipe, Recirculation, Ring, Prevention and Control, Flush, Flushing, Tracing, Filtration, Microfiltration, Ultrafiltration, “Ultrasonic cavitation”, Ultrasonic, Cavitation, UV, Pasteurization, Oxidation, AOT or Ionization.

Via de klankbordgroep (i.e. deelnemende partijen van het rapport *Vragen en knelpunten rond legionellawetgeving in leidingwater op basis van 20 jaar praktijk in Nederland* (Anoniem, 2021); zie ook paragraaf 3.2.) zijn wateradviesbureaus, leveranciers van beheerstechnieken en kennisinstituten gevraagd naar relevante, onafhankelijke rapporten en literatuur. Dit betrof de volgende partijen:

- Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT)
- Drinkwaterbedrijven
- Techniek Nederland
- ISSO
- KWR

- Water Alliance (brancheorganisatie van wateradviesbureaus en leveranciers/producenten van beheerstechnieken)

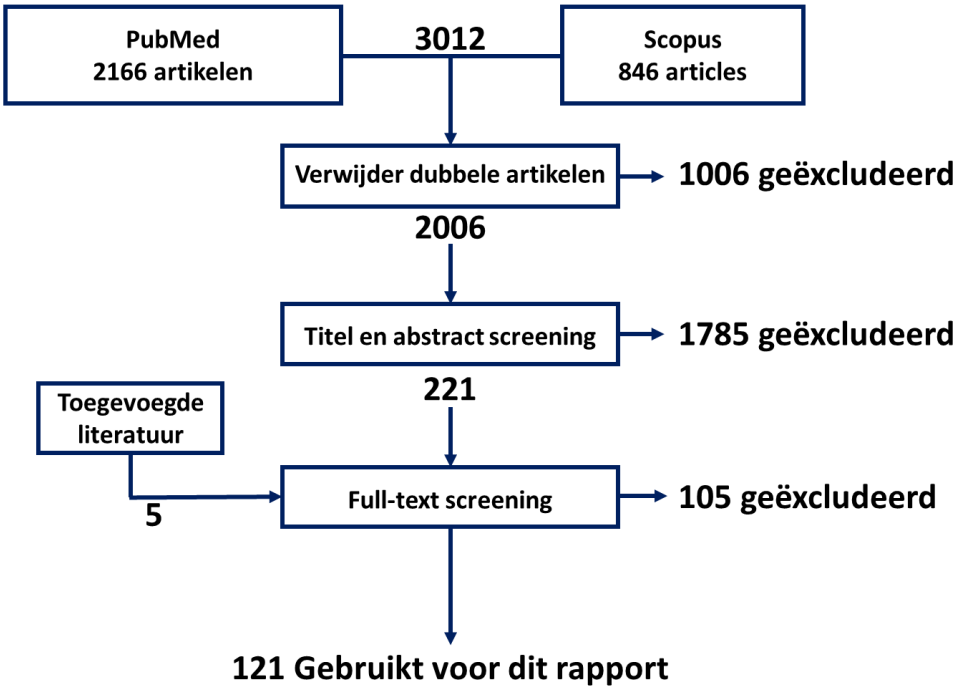
Van de overgebleven 2.006 artikelen werden titel en abstract gescreend door twee personen (zie figuur 1). Hierbij werden de volgende inclusiecriteria gehanteerd voor de selectie van relevante studies:

- Gepubliceerd (of geaccepteerd) in peer-reviewed wetenschappelijke tijdschriften;
- Beheerstechniek voor *Legionella* spp. of *Legionella pneumophila* in drink- of leidingwater;
- Periode 2013 – juni 2023;
- Engelstalig of Nederlandstalig.

Na de screening van titel en abstract bleven 221 artikelen over, waarvan de volledige tekst werd gescreend voor inclusie. Relevante peer-reviewed artikelen die benoemd werden in de documenten afkomstig van de leveranciers en KWR zijn opgenomen voor de screening van de volledige tekst (n = 4). Niet peer-reviewed artikelen of onafhankelijke (test)rapporten zijn, waar nodig, gebruikt voor aanvullende informatie over de techniek. De auteurs van dit rapport hebben zelf ook nog één document handmatig toegevoegd.

De beoordeling van de artikelen op basis van full-text screening is onafhankelijk uitgevoerd door twee personen, waarbij een derde persoon is geconsulteerd voor artikelen die niet unaniem waren geïncludeerd dan wel geëxcludeerd.

Uiteindelijk zijn 121 studies geïncludeerd in dit onderzoek. Artikelen die niet bij deze 121 artikelen zijn opgenomen in dit rapport betreffen studies naar andere typen (water)installaties, zoals koeltorens of apparatuur van tandartsen.



Figuur 1 Het stroomdiagram van de literatuurstudie.

In de 121 overgebleven artikelen is vervolgens naar informatie gezocht over:

- Effectiviteit van de beschreven beheerstechniek in de preventie van legionellagroei en/of -blootstelling bij prioritaire locaties. De nadruk lag op praktijkstudies, zoals meerjarige volgstudies in ziekenhuizen. Laboratoriumstudies zijn bekeken en bij vernieuwende inzichten zijn de studies die ook voor de praktijk kunnen gelden meegenomen.
- Aspecten die van invloed kunnen zijn op de effectiviteit en veiligheid (o.a. systemisch beheer of poortwachter, temperatuur water, type leidingmateriaal, samenstelling drinkwater, mogelijke resistentie tegen biocide, mogelijke vorming bijproducten, concentraties in drinkwater, gevolgen bij gebreken in onderhoud).
- Aspecten die gevolgen kunnen hebben voor de implementatie op de locatie (o.a. periodieke kosten, beheerafspraken, intensiteit en/of complexiteit van het onderhoud, uitvoeren monitoring).
- Aspecten die wijzen op mogelijke afhankelijkheid van de studie ('conflict of interest').

3.2 Enquêtes over praktijkervaringen

Met behulp van een enquête werden ervaringen uit de praktijk verzameld (zie bijlage 1). De enquête was specifiek gericht op diegenen die in de dagelijkse praktijk op locatie het legionellabeheer uitvoeren of daarvoor verantwoordelijk zijn, zoals gebouwbeheerders, facility managers en technische dienst. Hierna worden in dit rapport deze personen locatiebeheerders genoemd.

De vragen in de enquête waren gericht op de ervaringen met de beheerstechniek op de locatie. De vragen zijn vooraf voorgelegd aan de partijen die hebben bijgedragen aan het rapport *Vragen en knelpunten rond legionellawetgeving in leidingwater op basis van 20 jaar praktijk in Nederland* (Anoniem, 2021). Deze groep wordt in dit rapport verder de klankbordgroep genoemd. In de klankbordgroep waren onder meer de patiëntenvereniging (Stichting Veteranenziekte), het Rijksvastgoedbedrijf en de branchevereniging van legionella-adviesbedrijven en leveranciers van beheerstechnieken vertegenwoordigd. Voor het verspreiden van de enquêtes waren brancheverenigingen van prioritaire locaties en leden van de klankbordgroep benaderd, waaronder van ziekenhuizen en andere zorginstellingen (zie tabel 1).
De enquête is alleen naar de brancheverenigingen gestuurd maar was wel openbaar en via een link anoniem in te vullen tussen 21 juni en 31 augustus 2023. Hiervoor is gekozen om in korte tijd veel locatiebeheerders te bereiken en geen beperkingen te hebben vanwege AVG-regelgeving. Nadeel van deze opzet is dat niet is te controleren of de enquête ook daadwerkelijk door een locatiebeheerder is ingevuld. Hierdoor is het niet mogelijk statistische uitspraken te doen of te extrapoleren. De resultaten uit de enquête worden daarom alleen globaal beschreven. De enquête was alleen bedoeld om een indruk te krijgen van de verschillende beheerstechnieken die in Nederland worden gebruikt en wat de ervaringen zijn met deze technieken in vergelijking met de beschreven ervaringen uit de literatuur.

Tabel 1 De brancheverenigingen die zijn benaderd om de enquête te verspreiden onder hun leden.

Brancheverenigingen	**Type relevante instellingen**
Koninklijke Horeca Nederland (KHN)	Hotels en sauna's
HISWA-RECRON	Campings en vakantieparken
Dienst Justitiële Inrichtingen (DJI)	Gebouwen met celfunctie
Centraal Orgaan opvang asielzoekers (COA)	Asielzoekerscentra
Zwembadbranche (ZBB)	Zwembaden
Rijksvastgoedbedrijf	Gebouwen van de Rijksoverheid en Defensie
Hygiëne & Infectiepreventie in de Gezondheidszorg (VHIG)	Ziekenhuizen, verpleeg- en verzorgingstehuizen, privéklinieken en de publieke gezondheidszorg
Vereniging Gehandicaptenzorg Nederland (VGN)	Zorginstellingen voor gehandicapten
ActiZ	(Zorg)instellingen voor ouderen
Nederlandse Federatie voor Universitair Medische Centra (NFU)	Universitair Medische Centra
Vereniging voor Beheer & Onderhoud in Instellingen (Vboi)	Zorginstellingen

3.3 Gesprekken met medewerkers van drie drinkwaterbedrijven en het bevoegd gezag

In september en begin oktober 2023 is gesproken met vier medewerkers van drie verschillende drinkwaterbedrijven, allen betrokken bij het onderwerp legionellapreventie, en met twee inspecteurs van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT, het bevoegd gezag voor prioritaire locaties ten aanzien van legionellapreventie). Het doel van deze gesprekken was om vragen te stellen over de bestaande regelgeving en over de knelpunten die ze ervaren met de huidige regelgeving. De gesprekken waren ook bedoeld om een indruk te krijgen van de verdeling en het toepassen van de verschillende beheerstechnieken in Nederland. De verkregen informatie is gebruikt voor het duiden van discussiepunten ten aanzien van de regelgeving.

Eén teamleider bedrijfsinspecties van een drinkwaterbedrijf had zich zelf aangemeld voor het interview. Dit gesprek vond plaats op 13 september 2023. De andere drie medewerkers van de drinkwaterbedrijven zijn gevraagd via de vertegenwoordiger van de drinkwaterbedrijven in de klankbordgroep. Bij het gesprek waren naast de vertegenwoordiger uit de klankbordgroep nog een technisch specialist en een inspecteur van een ander drinkwaterbedrijf aanwezig. Dit gesprek vond plaats op 3 oktober 2023. Het gesprek met ILT vond plaats op 19 september 2023.

4 Resultaten

In de eerste paragraaf worden de resultaten van de literatuurstudie besproken. Hierin wordt per beheerstechniek beschreven wat het werkingsprincipe is, wat de effectiviteit in de praktijk is en welke aandachtspunten er zijn. In de tweede paragraaf worden de resultaten besproken van de enquête onder locatiebeheerders waar beheerstechnieken worden gebruikt. In de laatste paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de gesprekken met de medewerkers van drie drinkwaterbedrijven en het bevoegd gezag.

4.1 Literatuurstudie: effectiviteit en aandachtspunten beheerstechnieken

Uit de literatuurstudie werden 121 artikelen geïncludeerd. Dit betrof 17 reviews, 67 praktijkvoorbeelden en 37 overige studies. De praktijkvoorbeelden hadden voornamelijk betrekking op beheerstechnieken toegepast in het buitenland. In deze landen kunnen afwijkende regels gelden ten aanzien van de aanleg, het beheer en onderhoud van de leidingwaterinstallatie. Uit de literatuur is echter niet te achterhalen hoe een installatie is aangelegd en wordt onderhouden. Ook wordt in veel landen aan het water chloor toegevoegd door drinkwaterbedrijven waardoor een chloorresidu aanwezig kan zijn in het leidingwater. Vanwege deze verschillen is voorzichtigheid geboden bij het vertalen naar andere (Nederlandse) leidingwaterinstallaties.

In de volgende paragrafen worden de effectiviteit en de aandachtspunten van de verschillende beheerstechnieken besproken. Een overzicht van de kenmerken van de verschillende beheerstechnieken staat in tabel 3 (zie eind van paragraaf 4.1).

4.1.1 Thermische beheerstechnieken

Thermisch beheer is gericht op het beheersen van legionellagroei in de hele leidingwaterinstallatie door zo veel mogelijk gunstige temperaturen voor legionellagroei en stilstand van het leidingwater te voorkomen. De basis hiervoor is NEN 1006 zoals beschreven in paragraaf 2.4. Aanvullende eisen zijn onder meer dat tappunten die niet wekelijks worden gebruikt 10 seconden gespoeld moeten worden nadat een stabiele watertemperatuur is bereikt. Een andere eis is dat in leidingen waar langer dan een week de watertemperatuur tussen de 25 en 50 °C is een wekelijkse thermische desinfectie of naverwarming noodzakelijk is. In bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater is een risicokwalificatie opgenomen op basis van periode van stilstand en watertemperatuur. Deze geldt alleen voor leidingvolumes groter dan 1 liter.

Thermisch beheer kan handmatig worden uitgevoerd uitgaande van de bestaande voorzieningen in een leidingwaterinstallatie. Voor deze methode is dus geen apparaat/techniek nodig. Er zijn echter verschillende technieken ontwikkeld om het thermisch beheer te automatiseren en te optimaliseren. Voorbeelden zijn automatische

spoelsystemen, warmtelint en pasteurisatiesystemen. De verschillende technieken worden hieronder kort toegelicht.

Automatische spoelsystemen
Deze systemen registreren de watertemperatuur en kunnen tappunten automatisch spoelen, bijvoorbeeld als een tappunt niet wekelijks wordt gebruikt. Het automatische spoelsysteem kan ook worden gekoppeld aan een gebouwbeheersysteem of app. Door gebruik van automatische spoelsystemen wordt de kans op menselijke fouten bij het uitvoeren van het spoelprotocol verkleind.

Warmtelint
Het warmtelint is een lange stroomdraad (RVS) waar spanning op wordt gezet (40-50 volt), waardoor de draad warm wordt. Hiermee is het mogelijk om het koude water thermisch te desinfecteren (minimaal 60 °C).

Pasteurisatie
Pasteurisatie vindt veelal plaats door gedurende 5 minuten de watertemperatuur op 70 °C te brengen met behulp van een warmtewisselaar tussen het reactievat en het buffervat, waarna het wordt afgekoeld naar 40-50 °C voor gebruik. Pasteurisatie is een POE-beheerstechniek (Schalk *et al.*, 2012). Pasteurisatie wordt in de BRL K14010-1 geschaard onder een fysische beheerstechniek en niet onder thermisch beheer (zie ook paragraaf 4.1.2.). Echter, aangezien pasteurisatie alleen gebruikmaakt van het verhogen van de temperatuur is ervoor gekozen om deze techniek in dit rapport onder de paragraaf Thermische beheerstechnieken te laten vallen. Een pasteurisatie-installatie dient wel gecertificeerd te zijn volgens BRL K14010 deel 1a.

Actieve koeling
Actief koelen met behulp van een platenwarmtewisselaar of drinkwaterkoeler van het leidingnetwerk voor koud water voorkomt dat de temperatuur kan oplopen tot boven de norm van 25 °C (TVVL – Magazine, 2022).

Effectiviteit thermische beheerstechnieken
In vooral complexe of verouderde leidingwaterinstallaties is thermisch beheer vaak onvoldoende effectief en kunnen er na weken of maanden weer verhoogde concentraties *Legionella* worden aangetoond (Springston and Yocavitch, 2017; Stavrou *et al.*, 2020). In grotere gebouwen kan het lastig zijn om de gewenste watertemperaturen in het gehele warmwatersysteem te borgen, waardoor thermisch beheer onvoldoende kan zijn (Borella *et al.*, 2016). Een aantal studies, vooral uit landen met een biocideresidu in het leidingwater, melden wel een reductie van het aantal *Legionella*-positieve monsters na verhoging van de temperatuur en/of intensiever spoelen (Lecointe *et al*., 2019; Rasheduzzaman *et al*., 2020; Quero *et al*., 2021; Lombardi *et al*., 2023). De concentratie *Legionella* wordt gereduceerd. Bij het uitvoeren van alleen thermisch beheer kan *Legionella* nog worden aangetoond, zelfs als er een desinfectieresidu aanwezig is (Bedard *et al*., 2016; Rasheduzzaman *et al*., 2020; Lombardi *et al.*, 2023).

In de literatuur zijn geen nieuwe inzichten gevonden over de effectiviteit van automatische spoelsystemen, warmtelint of pasteurisatie. Er zijn geen peer-reviewed artikelen gevonden over de effectiviteit van het warmtelint en gebruik van actieve koeling ten aanzien van legionellabeheersing in de praktijk. Met automatisch spoelen van nieuw geïnstalleerde tappunten nabij dode leidingen werd verbetering gezien in het aantal *Legionella*-positieve monsters, maar dat betrof situaties waarbij er sprake was van leidingwater met een biocideresidu en een spoelprotocol van één minuut, elke twee uur, voor de betreffende tappunten (Totaro *et al.*, 2018).

Toelichting literatuur effectiviteit thermisch beheer:
In het rapport van Van der Wielen *et al.* (2021) zijn een aantal aanvullende bevindingen over de effectiviteit van thermisch beheer opgenomen ten opzichte van het rapport van Schalk *et al.* (2012). In het rapport van Schalk *et al.* (2012) werd op basis van de literatuur geconstateerd dat thermisch beheer vaak niet effectief is om verhoogde concentraties *Legionella* op de lange termijn te voorkomen. Ook is beschreven dat legionellabacteriën minder gevoelig kunnen worden voor hitte (thermofieler) of in VBNC-staat kunnen gaan (NAS, 2020). In het rapport van Van der Wielen *et al.* (2021) werd het volgende geconcludeerd:

- Er kon geen uitspraak worden gedaan of wekelijks spoelen van Nederlandse leidingwaterinstallaties een succesvolle strategie is om verhoogde concentraties *Legionella* te voorkomen. De internationale praktijkstudies waar een effect werd gezien hebben betrekking op locaties waar het leidingwater een biocideresidu bevat. Door het spoelen wordt het biocide beter verspreid naar alle delen van de leidingwaterinstallatie en dit kan de positieve effecten verklaren.
- Het toepassen van continu 60 °C bij het uitgaande water van het warmwatertoestel en 55 °C op alle tappunten is een betrouwbare preventieve beheersmaatregel.
- Het periodiek (wekelijks) toepassen van hitteschokken bij warmwaterbereiders die lager zijn afgesteld dan 60 °C is niet effectief, omdat *L. pneumophila* niet goed wordt afgedood en dit zelfs kan leiden tot een hogere concentratie. Bij warmwaterinstallaties waar de temperatuur is afgesteld op 60 °C of hoger is het effect van thermische desinfectie wisselend.
- Het thermisch beheer moet zich ook richten op volumes kleiner dan 1 liter. In bijvoorbeeld thermostaatkranen, doucheslangen en -koppen kan *Legionella* aanwezig zijn en dit kan tot ziekte leiden.

Sinds de literatuurstudie van Van der Wielen *et al.* (2012) zijn er nog enkele studies verschenen. In de landen waar de studies plaatsvonden kan er sprake zijn van een biocideresidu in het aangeleverde water. Dit werd echter zelden in artikelen benoemd. Het betreft de volgende artikelen:

- Een overzichtsstudie met 13 studies waar thermisch beheer in hotels wereldwijd werd toegepast, laat een duidelijk verband zien tussen de temperatuur en de kans op een legionella-besmetting in het leidingnetwerk: een temperatuur van 50 °C, 55 °C, 60 °C en 65 °C geeft een respectievelijke kans op een positieve test

van 72,7%, 28,9%, 5,8% en 0,9% (Rasheduzzaman *et al.*, 2020).

- Jeanvoine *et al*. (2023) meldden een aanhoudende verhoogde concentratie met *L. pneumophila* in de warmwaterleidingen van een ziekenhuis in Frankrijk. De concentratie *L. pneumophila* in het leidingsysteem nam af als de temperatuur van het warme water hoger dan 55 °C was op de bemonsterde tappunten. De concentraties *L. pneumophila* vertoonden een stijging in het voorjaar en zomer en op tappunten met die het meest ver weg lagen van de warmwaterbereider. Het artikel beschrijft niet waarom er een stijging plaatsvond in het voorjaar en de zomer.
- In Italië werd aangetoond dat bij 26 ziekenhuizen het percentage *Legionella*-positieve monsters daalde met toenemende temperaturen van het gechloreerde water (van 48,8% voor het temperatuurbereik van 36,0–40,9 °C tot 19,4% voor temperaturen hoger dan 56,0 °C; gemeten bij de bemonsterde tappunten), terwijl de concentratie van *Legionella* in de positieve monsters nagenoeg gelijk bleef (geometrische gemiddelde van 3 $\log_{10}$ CFU/L bij 36,0–40,9 °C en 2,7 $\log_{10}$ bij 56,0 °C of hoger) (Lombardi *et al.*, 2023). Bij temperaturen hoger dan 62 °C werd geen *Legionella* meer aangetoond.
- In een studie op de (Spaanse) Balearen werden bij 77 hotels die maandelijks of vaker een thermische shock uitvoerden van de warmwaterinstallatie (twee uur bij 70°C) niet significant minder positieve watermonsters gevonden ten opzichte van 44 hotels waar geen thermische shock werd toegepast (Molina *et al.*, 2022). De thermische shock werd alleen toegepast voor de warmwaterbereider en de recirculatieleiding. Leidingen naar tappunten werden dus niet thermisch gedesinfecteerd. De standaard warmwatertemperatuur van beide groepen hotels was gemiddeld ongeveer 55 °C. Een deel van de hotels had een warmwatertemperatuur onder de 55 °C. In het artikel werd echter verder geen onderscheid gemaakt binnen de twee groepen. Wel bleek dat de meeste positieve monsters werden gemeten bij het eind van de recirculatieleiding. De auteurs concludeerden dat een constante hoge temperatuur waarschijnlijk effectiever is dan thermische shock.
- In 2004 waren in een Spaans ziekenhuis pasteurisatievaten geïnstalleerd waar het water voor minimaal 3 minuten werd verwarmd tot 70 °C. Op alle tappunten werd oorspronkelijk minimaal 50 °C aangehouden. Vanaf 2007 werd de temperatuur van de warmwaterinstallatie ingesteld op minimaal 55 °C en dat bleek significant effectiever voor legionellabeheersing (Gavalda *et al.*, 2019). Het percentage positieve monsters nam toe wanneer de temperatuur in de warmwaterinstallatie lager werd. Gedurende 8 jaar ging het percentage *Legionella*-positieve monsters van 16,8% bij een temperatuur boven 55 °C, naar 35,1% bij een temperatuur tussen 50,1 °C en 54,0 °C, en naar 48,4 % bij temperaturen lager dan 50 °C. Bij een temperatuur van 55 °C werd soms nog een *Legionella*-concentratie van meer dan 1.000 kve/L gevonden.
- Bij een nieuw Frans ziekenhuis werden voor de opening zowel *L. pneumophila* als andere *Legionella spp.* gedetecteerd in het leidingwater. Na een grondige thermische en chemische

desinfectie en dankzij het strikt handhaven van watertemperaturen boven de 50 °C werd gedurende vier jaar na de opening alleen in enkele monsters *Legionella anisa* gevonden (Lecointe *et al.*, 2019).

Aandachtspunten thermisch beheer

- *L. pneumophila* kan meer hittebestendig (thermofieler) worden door het toepassen van periodieke hitteschokken (NAS, 2020).
- Het is onduidelijk of wekelijks spoelen effectief is in het beheersen van legionellagroei in leidingwater dat geen desinfectieresidu bevat (Van der Wielen *et al.*, 2021).
- Amoeben en biofilm worden niet geheel verwijderd door thermisch beheer, waardoor teruggroei van *Legionella* mogelijk is (NAS, 2020; Quero *et al.*, 2021).
- Thermisch beheer is moeilijker toepasbaar voor grote gebouwen waarbij temperaturen van > 60 °C zouden moeten worden geborgd in het gehele warmwatersysteem (Borella *et al.*, 2016).
- Er is kans op verbranding van o.a. de handen door water > 60 °C (Borella *et al.*, 2016; Springston and Yocavitch, 2017; NAS, 2020).
- Beschadiging van leidingen (en appendages) is mogelijk als veelvuldig en langdurig met heet water wordt gedesinfecteerd (NAS, 2020).
- Voor thermisch beheer zijn geen chemicaliën nodig (Baron *et al.*, 2020).

4.1.2 Fysisch beheer

In dit rapport wordt onder fysisch beheer een beheerstechniek verstaan waarbij geen gebruik wordt gemaakt van desinfectiemiddelen (biociden) of geen (na)verwarming is van het leidingwater. Onder deze technieken vallen membraanfiltratie, UVC-straling en ultrasone cavitatie. Fysisch beheer vindt alleen lokaal plaats en wordt toegepast als point-of-entry (POE)-techniek of als point-of-use (POU)-techniek (zie ook paragraaf 2.3 en tabel 3). In de BRL K14010 deel 1 worden ook pasteurisatie en fotochemisch beheer tot de fysische technieken gerekend. In dit rapport is ervoor gekozen alle technieken die gericht zijn op thermisch beheer/desinfectie in de paragraaf over thermisch beheer te bespreken. Fotochemisch beheer is een techniek waarvoor een Ctgb-toelating nodig is en deze techniek wordt in het Drinkwaterbesluit apart genoemd van fysisch beheer. Daarom is besloten ook deze techniek niet te plaatsen onder fysisch beheer.

Microfiltratie en Ultrafiltratie

Membraanfilters kunnen micro-organismen, zoals *Legionella*, tegenhouden die zich bevinden in het leidingwater. Filtratie is een fysische beheerstechniek die als poortwachter (POE) wordt toegepast vlak na de watermeter of in een hoofdleiding. Het wordt ook toegepast als POU in of nabij het vernevelende tappunt. Er worden veelal twee categorieën filters gebruikt: microfiltratie (MF) en ultrafiltratie (UF). De poriegrootte van het membraan is ongeveer 0,1 – 1 µm bij MF en 0,01 – 0,1 µm bij UF (Schalk *et al.,* 2012). Ter vergelijking: de grootte van de legionellabacterie is ongeveer 0,5 µm in breedte en 2 µm in lengte (Steinert *et al.*, 2002). Beschikbare membraanfilters hebben

verschillende kenmerken, zoals verschillen in poriegrootte (0,005 µm tot 0,45 µm), gebruiksduur (31 – 180 dagen), filtermembraanmateriaal (polyethersulfon, polysulfon of polyethyleen), filters geschikt voor alleen koud water en filters voor zowel warm als koud water (Parkinson *et al.*, 2020). In het filtratieproces is het belangrijk dat de filters intact zijn en blijven om verwijdering van *Legionella* te garanderen. Als membraanfilters niet intact zijn of de behuizing niet goed is afgedicht, is het mogelijk dat *Legionella* door het filter komt. Dit zorgt ervoor dat bij een POE-filter *Legionella* zich in de leidingwaterinstallatie kan vestigen en er (op termijn) voor blootstelling kan zijn. Bij een POU-filter is er dan mogelijk sprake van blootstelling aan *Legionella*.

Effectiviteit membraanfiltratie
In deze literatuurstudie werden alleen studies gevonden met POU-filters. Voor POE-membraanfilters zijn er dus geen nieuwe inzichten. De meeste studies detecteren geen *Legionella* na het plaatsen van POU-filters (Barna *et al*., 2014; Orsi *et al.*, 2014; Baron *et al.*, 2020; Parkinson *et al.*, 2020). Eén studie beschrijft dat na 13 weken een lage concentratie *Legionella* werd gedetecteerd (Barna *et al.*, 2014).

Toelichting literatuur effectiviteit membraanfiltratie
Het gebruik van filters wordt in diverse literatuur omschreven als effectieve methode om blootstelling aan *Legionella* te voorkomen (Barna *et al.*, 2014; Orsi *et al.*, 2014; Baron *et al.*, 2020; Parkinson *et al.*, 2020). Na het plaatsen van POU-filters in een zorginstelling in Canada kon geen *Legionella* meer aangetoond worden bij de tappunten waar het filter was geplaatst voor minimaal 62 dagen (Parkinson *et al*., 2020). *Legionella* werd niet gedetecteerd wanneer MF-filters met poriegrootte < 0,9 µm werden gebruikt. Toepassing van MF-filters (poriegrootte 0,2 µm) op zeven kranen in een Hongaars ziekenhuis liet zien dat er in de twee weken na plaatsing geen *Legionella* werd gedetecteerd (Barna *et al.*, 2014). In een vergelijkbare studie werd geen *Legionella* gevonden tot dertien weken na installatie van een POU-filter bij een Amerikaanse zorginstelling (Baron *et al.*, 2014). In de dertiende week werd echter op één tappunt met filter een lage concentratie *Legionella* aangetoond, wat kan duiden op groei door het filter heen.
Toepassing van MF-filters (0,2 µm) in drie faciliteiten van een Italiaans ziekenhuis detecteerden gedurende 30 dagen geen *Legionella* (De Lorenzi *et al.*, 2016).

Aandachtspunten membraanfiltratie
- Alleen werking bij het filter zelf. Er is geen sprake van afdoding van legionellabacteriën in de rest van de leidingwaterinstallatie (Baron *et al.*, 2020). Tappunten zonder POU-filter kunnen worden gebruikt om (indirect) het water te gaan vernevelen, bijvoorbeeld via bubbelbaden of sproeislangen, waardoor blootstelling aan *Legionella* kan plaatsvinden.
- POU-filters zijn toe te passen als *Legionella* is aangetoond in het water. Hierdoor kan na het plaatsen van een douchefilter nog steeds worden gedoucht (Borella *et al.*, 2016; Baron *et al.*, 2020).
- Een POU-filter is hooguit enkele maanden bruikbaar (Baron *et al.*, 2014; Baron *et al.*, 2020), afhankelijk van de poriegrootte en de samenstelling van het leidingwater (Parkinson *et al*., 2020). Bij

een kleinere poriegrootte kan het filter eerder verstopt raken (Parkinson *et al.*, 2020). Na verloop van tijd kan de waterdruk door dichtslibben van het filter verminderen (Baron *et al.*, 2020).
- *Legionella* en andere pathogenen kunnen gaan groeien op het filter (Carlson *et al*., 2020). Bij verwisselen van het filter kan contaminatie plaatsvinden, bijvoorbeeld in de douchekop.
- Mogelijk kan er sprake zijn van groei door het filter heen (Baron *et al.*, 2014; Parkinson *et al*., 2020). Vooral op locaties waar een risicopopulatie verblijft kan het nodig zijn om de integriteit van het filter te controleren (Parkinson *et al.*, 2020)
- Bij een grote leidingwaterinstallatie met veel POU-douchefilters kan het een uitdaging zijn om tijdig de filters te vervangen (Carlson *et al*., 2020).
- Er is geen toevoeging van chemicaliën aan het leidingwater nodig, waarmee de nadelen van chemische toevoegingen worden voorkomen (zie paragraaf 4.1.5. chemisch beheer).

Ultraviolet (UV)-straling
UV-systemen die gebruikt worden voor legionellapreventie zijn een fysische techniek en worden meestal gebruikt als poortwachter (POE). Er zijn echter ook POU-systemen verkrijgbaar. Blootstelling van *Legionella* aan UV-straling met een golflengte van 254 nm (straling met deze golflengte wordt ook wel met UVC aangeduid) leidt tot DNA-schade, waardoor de celdeling van *Legionella* wordt verstoord (Buse *et al.*, 2022a). Er zijn ook andere golflengtes, zoals 268 en 286 nm, die kunnen leiden tot inactivatie (NAS, 2020). Het is een desinfectietechniek met een lokale werking (zie tabel 3). UV-straling heeft maar een beperkte doordringbaarheid in water waardoor het van belang is om voldoende blootstellingstijd te genereren. De effectiviteit in het inactiveren van *Legionella* neemt af door de aanwezigheid van organisch materiaal, amoeben(cysten) of andere deeltjes of stoffen in oplossing.

Effectiviteit UV-straling
Er zijn alleen artikelen gevonden waarbij UV-straling als POE-beheerstechniek in de praktijk wordt besproken. Er zijn dus geen praktijkstudies naar UV-systemen als POU-beheerstechniek. Overzichtsartikelen concluderen dat er wisselende ervaringen zijn met deze techniek en dat er positievere ervaringen waren als de techniek werd gecombineerd met andere technieken of in de nageschakelde installatie geen *Legionella* aanwezig was.

Toelichting literatuur effectiviteit UV-straling
- Schalk *et al.*(2012) concludeerden dat UV effectief kan zijn, mits de nageschakelde installatie geen *Legionella* heeft en de UV-techniek in combinatie met een filter wordt gebruikt.
- Borella *et al.* (2016) stellen dat UV-straling als POE-techniek het beste werkt in combinatie met andere beheerstechnieken en in nieuw opgeleverde gebouwen. Beide argumenten hebben betrekking op het feit dat POE de besmetting moet voorkomen, maar een reeds bestaande besmetting niet kan bestrijden.
- Er bestaan ook POU UV-systemen in douchekoppen (Cates and Torkzadeh, 2020). In dat geval wordt elke douchekop van een eigen UV-desinfectiesysteem voorzien, al zitten daar nog wel technische uitdagingen aan om tot voldoende blootstelling te

komen zodat de *Legionella* wordt geïnactiveerd. Door een POU-systeem kan desinfectie plaatsvinden direct voordat het door de consument wordt gebruikt (Carlson *et al*., 2020).
- Carlson en collega's (2020) beschrijven dat UV-straling als POE-beheerstechniek effectief is om te voorkomen dat *Legionella* in het leidingsysteem van een gebouw komt. Uit een van de beschreven studies blijkt dat er geen *Legionella* kon worden aangetoond bij een ziekenhuis dat UV-desinfectie als POE toepaste, terwijl bij gebouwen in dezelfde straat wel *Legionella* kon worden aangetoond.
- Baron en collega's (2020) beschrijven in een review twee studies die uitgevoerd zijn in twee verschillende ziekenhuizen. Uit beide studies blijkt dat UV-straling niet effectief was in het volledig verwijderen van *Legionella* in de gehele leidingwaterinstallatie. Betere resultaten werden verkregen als UV werd gecombineerd met andere beheerstechnieken zoals filters en chloor. Het artikel beschrijft echter niet welk aandeel UV heeft in de effectiviteit als deze techniek werd gecombineerd met andere beheerstechnieken.

Aandachtspunten UV-straling
- Protozoa zoals amoeben zijn beter bestand tegen (hogere dosis) UV-straling dan *L. pneumophilla*, waardoor een hogere blootstellingstijd nodig is (Nisar *et al*., 2020; Cervero-Arago *et al.*, 2014).
- UV-straling beschadigt niet (op lange termijn) het leidingwerk (Borella *et al.*, 2016).
- Het gebruik van UV-straling heeft geen effect op smaak of reuk van drinkwater (Borella *et al.*, 2016; Springston and Yocavitch, 2017; Baron *et al.*, 2020).
- UV-kwiklampen hebben een hoge energiebehoefte, zijn milieuvervuilend en hebben relatief weinig branduren. Een beter alternatief zijn UV-LED lampen (Carlson *et al.*, 2020; Buse, 2022a).
- UV-lampen die als POU-techniek worden gebruikt, bijvoorbeeld in douchekoppen, dienen te worden gecontroleerd op voldoende werking en tijdig te worden vervangen.
- Er is geen toevoeging van chemicaliën aan het leidingwater nodig, waarmee de nadelen van chemische toevoegingen worden voorkomen (zie paragraaf 2.3.5. chemisch beheer).

POE-aandachtspunten bij UV-straling:
- Een UV-installatie die als POE wordt toegepast kan effectief zijn om te voorkomen dat *Legionella* een leidingsysteem binnendringt, mits er voldoende blootstellingstijd is (Carlson *et al*., 2020; Buse, 2022a).
- De effectiviteit van UV-straling wordt negatief beïnvloed door (an)organische deeltjes en protozoa (vesicles) in het drinkwater (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020). Hierdoor worden mogelijk niet alle legionellabacteriën (voldoende) bestraald waardoor ze de POE UV-installatie passeren en zich kunnen vermeerderen.
- De techniek heeft geen invloed op al bestaande biofilm in de nageschakelde leidingwaterinstallatie en eventueel aanwezige

legionellabacteriën (Springston and Yocavitch, 2017; NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).

POU-aandachtspunten bij UV-straling:

- Er zijn geen praktijkstudies gevonden van UV-beheerstechnieken als POU. Effectiviteit van UV-douchekoppen staat nog ter discussie en er zijn nog kennishiaten (Cates and Torkzadeh, 2020).
- Een POU-techniek beheerst niet de legionellabacteriën in de rest van de leidingwaterinstallatie (Baron *et al.,* 2020). Tappunten zonder UV/filter kunnen nog wel legionellabacteriën bevatten.

Ultrasone cavitatie (geluidsgolven)
Ultrasone golven kunnen afwisselend hoge en lage druk in het water genereren. Bij lage druk ontstaan vacuümbelletjes of holtes die bij hoge druk imploderen, dit wordt cavitatie genoemd. Door de implosie ontstaat een hoge temperatuur en druk waardoor celwanden van amoeben kapot gaan (Schalk *et al.*, 2012).

Er is geen nieuwe literatuur gevonden met toepassingen in leidingwaterinstallaties. Er zijn geen ultrasone technieken met een BRL K14010-1-certificaat waardoor toepassing in prioritaire locaties niet mogelijk is (artikel 44, lid 1, Drinkwaterbesluit).

4.1.3 Fotochemisch beheer

Fotochemisch beheer is gebaseerd op het gebruik van UV-straling in combinatie met titaniumoxide om daardoor biociden in het drinkwater te vormen dan wel biociden aan drinkwater toe te voegen.

Advanced oxidation technology
Bij een advanced oxidation technology (AOT)-installatie is de binnenkant van een leiding in het AOT-systeem bekleed met een laagje titaniumoxide (TiO_2). Deze coating wordt met UV bestraald. Hierdoor gaat het TiO_2 werken als fotochemische katalysator waardoor via water hydroxyl (OH)-radicalen worden gevormd. De UV-straling in combinatie met deze radicalen doden de *Legionella* die het systeem passeren. De radicalen hebben (door hun hoge reactiviteit) een zeer korte levensduur en komen niet in de rest van de installatie terecht. Het is daarmee een lokaal werkende beheerstechniek. De in situ vorming van OH-radicalen door bestralen van de TiO_2-coating wordt gezien als biocide (zie tabel 3). In Nederland is een toelating nodig van het College voor gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) of de European Chemicals Agengy (ECHA) om het in situ genereren van biociden te mogen toepassen. In het gebruiksvoorschrift wordt als voorwaarde gesteld dat er voor het AOT-systeem een 50 µm-filter wordt geïnstalleerd indien er te veel deeltjes aanwezig zijn (aantal deeltjes is niet gespecificeerd). In leidingwaterinstallaties wordt dit systeem alleen als POE gebruikt.

Effectiviteit advanced oxidation technology
Net als in het rapport van Schalk *et al.* (2012) werden er geen artikelen gevonden over de effectiviteit van AOT.

Aandachtspunten advanced oxidation technology
Er is geen peer-reviewed literatuur gevonden, maar op basis van de werking van het systeem en het gebruiksvoorschrift zijn er wel enkele aandachtspunten te formuleren. Gezien de werking van het systeem zijn de aandachtspunten vergelijkbaar met de UV-systemen. Het betreft een POE-beheerstechniek waardoor er alleen sprake is van lokaal beheer. Uitgroei van legionellabacteriën is mogelijk als na plaatsing van het AOT-systeem legionellabacteriën passeren of nog aanwezig zijn in de nageschakelde leidingwaterinstallatie.

In het gebruiksvoorschrift is met betrekking tot het onderhoud opgenomen: "De UVC-lamp moet regelmatig gereinigd worden. De frequentie van reinigen hangt af van de kwaliteit van het behandelde water, maar moet ten minste eenmaal per week. Indien er dan nog steeds aanslag op de lamp ophoopt, moet de frequentie verhoogd worden, totdat er geen ophoping meer wordt gevonden. De UVC-lamp moet na 9.000 uur werkingstijd vervangen worden."

4.1.4 Elektrochemisch beheer

Elektrochemisch beheer is het vormen van biociden in water via elektrolyse. De biociden zijn in de hele nageschakelde leidingwaterinstallatie werkzaam (zie tabel 3). Voor het toepassen van elektrochemische biociden is een toelating nodig van het Ctgb of de ECHA. Voor het toepassen van een elektrochemische installatie in een leidingwaterinstallatie is een BRL14010-2-certificaat noodzakelijk. In de huidige gebruiksvoorschriften van de toegelaten elektrochemische biociden staat dat deze biociden alleen mogen worden toegepast in prioritaire leidingwaterinstallaties.

Anodische oxidatie / Elektrodiafragmalyse
Door middel van elektrolyse worden via een zoutoplossing (NaCl) in situ biociden gevormd. De oxidatie van chloride vindt plaats bij de anode, vandaar de naam anodische oxidatie. Hierdoor ontstaat vrij chloor. Het vrije chloor dat gevormd is bij de anode wordt ook wel anoliet of anoxyl genoemd. Dit biocide wordt geïnjecteerd in het drinkwater in een concentratie vrij chloor rond 0,3 mg/L (minimaal 0,2 mg/L en maximaal 0,5 mg/L). Zie paragraaf 3.2.5 voor verdere toelichting over de werking van vrij chloor ten aanzien van bestrijding van *Legionella*.

Effectiviteit anodische oxidatie
De effectiviteit van anodische oxidatie is niet opgenomen in het vorige RIVM-rapport (Schalk *et al.*, 2012) omdat literatuur niet beschikbaar was. In deze literatuurstudie werden ook geen artikelen gevonden waar anodische oxidatie in de praktijk is beschreven. Aangezien vrij chloor als voornaamste werkende stof aan het drinkwater wordt toegevoegd is een vergelijkbare effectiviteit als beschreven in de paragraaf 4.1.5. te verwachten.

Aandachtspunten anodische oxidatie
Op basis van het gebruiksvoorschrift van de in Nederland toegelaten biocide zijn enkele aandachtspunten te formuleren.

- Monitoring van de concentratie vrij chloor is noodzakelijk. De ondergrens is 0,2 mg/L en de bovengrens is 0,5 mg/L voor effectief en veilig gebruik.

- Onder meer het gehalte vrij chloor, trihalomethanen en gehalogeneerde azijnzuren dient gecontroleerd te worden zoals voorgeschreven in BRL K14010-2/01.
- Tappunten die niet vaak worden gebruikt moeten worden gespoeld om voldoende hoge concentratie anoxyl te waarborgen.
- In tegenstelling tot natrium hypochloriet of calcium hypochloriet is er geen sprake van aanvoer en opslag van biociden. Het biocide wordt op locatie (in situ) gemaakt.
- Zie verder paragraaf 3.2.5. over vorming van bijproducten door vrij chloor.

Koper/zilver-ionisatie
Bij koper/zilver-ionisatie wordt het drinkwater voorzien van koper (Cu+) - en zilver (Ag+)-ionen door middel van elektrolyse met een koper- en zilverelektrode of een koper/zilverlegering. De koperionen maken de celwand van *Legionella* permeabel (doorlatend), de zilverionen kunnen de bacteriën binnendringen en de celprocessen (de synthese van eiwitten en enzymen) verstoren (June and Dziewulski, 2018; Carlson *et al.*, 2020). De aanbevolen concentraties voor de reductie van legionellabacteriën met koper- en zilverionisatie zijn 200-400 µg/l voor koper en 20-40 µg/l voor zilver (Walraven *et al.*, 2015; Springston and Yocavitch, 2017).

Effectiviteit koper/zilver-ionisatie
Door het gebruik van koper/zilver-ionisatie kan het aantal *Legionella*-positieve tappunten worden gereduceerd (Dziewulski *et al*., 2015; LeChevallier, 2023) en de legionellaconcentratie verlaagd (Dziewulski *et al.*, 2015; June and Dziewulski, 2018; LeChevallier, 2023). Ondanks vermindering van het aantal *Legionella*-positieve tappunten en de concentratie van *Legionella* is het nog steeds mogelijk dat er *Legionella* aanwezig is bij toepassing van koper/zilver-ionisatie (Demirjian *et al.*, 2015; Dziewulski *et al.*, 2015; June and Dziewulski, 2018; Muzzi *et al.*, 2020; Kessler *et al*., 2021). Deze resultaten zijn vergelijkbaar met het rapport van Schalk *et al.* (2012).

Toelichting literatuur koper/zilver-ionisatie:
In een systematische review werd door een meta-analyse op basis van drie artikelen een 95% reductie van positieve legionellamonsters door het gebruik van koper/zilver-ionisatie gemeld. Wel met als kanttekening de lage kwaliteit van bewijs (Almeida *et al.*, 2016).

Overzicht van de gevonden praktijkstudies:
- Cloutman *et al*. (2019) toonden in een Londens ziekenhuis aan dat het mogelijk is om *L. pneumophila* bij een gemiddelde temperatuur van ongeveer 43 °C volledig te bestrijden met behulp van koper/ zilver-ionisatie. Hier is mogelijk wel sprake van gechloord water (niet gerapporteerd). Tevens is er een niet nader gespecificeerd spoel-protocol geïntroduceerd.
- Barbosa en Thompson (2016) toonden aan dat *Legionella* effectief bestreden kan worden met koper/zilver-ionisatie. Echter, na installatie van de koper/zilver-ionisatie werd *Legionella* nog tot vier maanden aangetoond in enkele tappunten. Dit werd mogelijk veroorzaakt door dode leidingen of tappunten die weinig werden gebruikt, zodat de koper- en zilverionen niet overal

konden komen. Zodra deze problemen waren opgelost werd *Legionella* consequent onder controle gehouden en niet meer aangetoond.

- Bij vier complexe waterleidingsystemen in Nederland werd na enkele maanden na de introductie van de koper/zilver-ionisatie geen *Legionella* meer aangetroffen (Walraven *et al.*, 2016). Sporadisch werd nog *Legionella* aangetroffen wat mogelijk veroorzaakt werd door te lage concentraties koper- en zilverionen of onvoldoende spoelen.
- In een studie bij tien ziekenhuizen in Engeland werd aangetoond dat het aantal legionellapositieve tappunten en de concentratie *Legionella* afnamen na de introductie van koper/zilver-ionisatie (Bedford, 2012).
- Alleen koper/zilver-ionisatie bleek niet afdoende in een Amerikaans ziekenhuis met meerdere legionellapneumonie-patiënten tot gevolg (Demirjian *et al.*, 2015). Eerdere acties werden niet genomen omdat in het calamiteitenplan van het ziekenhuis stond dat actie pas nodig was bij 30% of meer positieve monsters en als ≥ 10 kve/ml werd aangetoond. Ondanks meerdere patiënten werd deze grens nauwelijks overschreden. De auteurs noemden als mogelijke reden voor de besmettingen het niet aanwezig zijn van een chloorresidu. Ze stelden dat het vrije chloor was gebonden aan toegenomen organisch materiaal door werkzaamheden aan de leidingwaterinstallatie. De warmwatertemperatuur was tussen de 37,6 °C en 55,3 °C.
- Dziewulski *et al.* (2015) bespreken het gebruik van koper/zilver-ionisatie in twee zorginstellingen. In beide zorginstellingen waren eerder legionellapneumonie-patiënten. Bij een van de locaties werd ongeveer drie jaar voor het plaatsen van koper/zilver-ionisatie chloordioxide toegepast, maar dit leidde niet tot minder dan 30% positieve legionellamonsters. De andere zorginstelling gebruikte voor plaatsing van de koper/zilver-ionisatie geen beheerstechniek, maar er was wel enkele maanden daarvoor een eenmalige chloordesinfectie uitgevoerd omdat twee patiënten konden worden gerelateerd aan deze zorginstelling. Opvallend bij beide locaties was de hoge pH van het water: net boven pH 9. De warmwatertemperatuur was na doorstroming rond de 42 °C. Na toepassing van koper/zilver-ionisatie daalde het aantal positieve monsters onder de 30%, maar meerdere keren waren ongeveer 25% van de tappunten nog positief. Patiënten zijn in het jaar dat koper/zilver-ionisatie werd toegepast niet gemeld. Op basis van de gemonitorde concentraties koper en zilver werd geconcludeerd dat vooral zilver voor de desinfecterende werking zorgde.
- Kessler *et al.* (2021) bespraken een uitbraak van legionellapneumonie in een Amerikaans ziekenhuis met 13 patiënten waarvan er zes met zekerheid besmet zijn door het leidingwater van het ziekenhuis, ondanks de toepassing van koper/zilver-ionisatie. Bijzonder was dat de koper/zilver-ionisatie al tientallen jaren aanwezig was in het ziekenhuis en er eerder geen problemen werden gerapporteerd. De auteurs stelden als hypothese dat door veranderingen in de leidingwaterinstallatie en instellingen van de koper/zilver-installatie de uitbraak mogelijk was. De leidingwaterinstallatie van het ziekenhuis was verdeeld

in twee delen: een deel waar vooral immuungecompromitteerde patiënten aanwezig waren en een ander deel met overige patiënten en medewerkers. De leidingwaterinstallatie in het tweede deel werd minder gespoeld en er was een lage stroomsnelheid van het leidingwater. Voordat de uitbraak plaatsvond werden de volgende aanpassingen uitgevoerd:
  - twee nieuwe warmwaterbereiders werden geïnstalleerd, waardoor een hogere stroomsnelheid in de leidingen aanwezig was en water van het tweede deel van het ziekenhuis in het andere deel kwam;
  - de toevoeging van de ionconcentratie werd veranderd: van een vaste instelling voor hoge stroomsnelheid naar een lagere flexibele, op stroomsnelheid-gebaseerde, dosering. Deze flexibele dosering leidde echter niet tot te lage concentraties;
  - bypass-keerkleppen werden geopend voor de flexibele dosering, waardoor sediment/biofilm in het andere deel kon komen waar de immuungecompromitteerde patiënten lagen.
- Muzzi en collega's (2020) publiceerden een overzicht van drie beheerstechnieken die in een periode van 19 jaar zijn toegepast in een Italiaans ziekenhuis. Tussen 2000 en 2005 werd het water periodiek thermisch en chemisch gedesinfecteerd. Het artikel vermeldt niet wat de warmwatertemperatuur was bij normaal gebruik en of er tappunten waren die niet geregeld werden gebruikt. Tijdens deze periode waren meerdere tappunten positief (25%) en kregen zes mensen legionellapneumonie. Daarna werd van 2006 tot augustus 2010 koper/zilver-ionisatie toegepast. In deze periode werd op meer tappunten ≥ 1.000 kve/L gedetecteerd dan in de periode daarvoor (25% vs. 32%). Tijdens deze periode werden eveneens zes patiënten met legionellapneumonie geregistreerd. Vanaf september 2010 werd gekozen voor een combinatie van voorfilters, filters, producten om corrosie van leidingen te voorkomen en een continue dosering van chloordioxide van gemiddeld 0,21 ppm. Deze combinatie zorgde voor de minste monsters van ≥ 1.000 kve/L, namelijk 10%. Kort na het plaatsen werden nog twee patiënten geregistreerd en ook een jaar later. Echter, de zeven jaar daarna werden geen patiënten meer geregistreerd. De auteurs concludeerden dat de laatste combinatie voor hun ziekenhuis daarom het beste werkt.

Aandachtspunten koper/zilver-ionisatie

- Residu van koper en zilver voorkomt beginnende biofilm-formaties in de nageschakelde leidingwaterinstallatie (langdurige restwerking) (Borella *et al.*, 2016; Baron *et al.*, 2020).
- Monitoring van de concentraties (max 400 µg/L koper en 1 µg/L zilver bij 100% dosering) is een eis volgens de Kiwa-richtlijn BRL K14010-2 en het Ctgb gebruiksvoorschrift.
- Er kan mogelijk resistentie tegen koper/zilver ontstaan (Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020; Sciuto *et al.*, 2021). Ook zijn er aanwijzingen dat antibioticaresistentie kan optreden; hoewel hiernaar nog meer onderzoek noodzakelijk is (NAS, 2020). Aanwijzingen voor resistentie werd door een ander artikel niet gevonden of onderbouwd (LeChevallier, 2023).

- De effectiviteit van de biociden kan worden beïnvloed door het aanwezige chloorresidu, pH van het leidingwater, hoeveelheid opgelost zuurstof, aanpassingen in de leidingwaterinstallatie of voor verkeerd onderhoud of gebruik (LeChevallier, 2023; Carlson *et al.*, 2020; Kessler *et al.*, 2021; June and Dziewulski, 2018). Hierdoor kunnen (tijdelijk) verhoogde concentraties *Legionella* aanwezig zijn (Kessler *et al.*, 2021).
- Er is geen effect op smaak, geur of kleur van het water (Triantafyllidou *et al.*, 2016).
- Er vindt geen vorming plaats van (schadelijke) desinfectie bijproducten (Baron *et al.*, 2020).
- Verkleuring van het sanitair (porselein) kan optreden door de vorming van chloragyriet (AgCl(s)) (Triantafyllidou *et al.*, 2016; Carlson *et al.*, 2020).
- Doseren van koper- en zilverionen is effectiever met koper- en zilverelektroden dan koper/zilverlegeringen (Walraven *et al.*, 2015).
- Regelmatig gebruik of spoelen van alle tappunten is nodig om koper- en zilverionen in voldoende hoge concentratie in de hele leidingwaterinstallatie te garanderen (Carlson *et al.*, 2020; Triantafyllidou *et al.*, 2016; Walraven *et al.*, 2016; Cloutman-Green *et al.*, 2019).
- Dode leidingdelen moeten worden verwijderd omdat de koper- en zilverionen hier niet in voldoende concentratie kunnen komen (Walraven *et al.*, 2016; June and Dziewulski, 2018).
- Er kan mogelijk corrosie van de waterleidingen plaatsvinden (June and Dziewulski, 2018).
- Koper/zilver-ionen kunnen worden verwijderd gedurende ontharding van het water waardoor de effectiviteit kan afnemen (Triantafyllidou *et al*., 2016).
- Het kan enige tijd duren voordat koper/-zilver-ionisatie het gewenste resultaat in vermindering van *Legionella* positieve tappunten oplevert (Walraven *et al.*, 2016; LeChevallier, 2023).
- Koper/zilver-ionisatie mag volgens het huidige gebruiksvoorschrift (ingezien december 2023) alleen worden toegepast in prioritaire instellingen (Ctgb gebruiksvoorschrift).

4.1.5 Chemisch beheer

Met chemisch beheer wordt bedoeld het continu doseren van biociden[2] aan het drinkwater om legionellagroei te beheersen en niet zijn gegeneerd via elektrolyse.

Chloorproducten

Chemisch beheer door biociden op basis van chloor kan worden uitgevoerd door onder meer natriumhypochloriet en calciumhypochloriet, chloordioxide en monochlooramine. Deze biociden kunnen ziekteverwekkers inactiveren door de nadelige invloed op het celmembraan, nucleïnezuren, en de enzymatische activiteit van ziekteverwekkers (NAS, 2020).

[2] stoffen of mengsels op basis van chemicaliën die bestemd zijn om schadelijke ongewenste micro-organismen te doden of inactiveren (Ctgb).

Voor het toepassen van biociden op basis van chloor in Nederlandse leidingwaterinstallaties is een toelating nodig van het Ctgb of een unietoelating van de ECHA. In dit rapport bespreken we alleen biociden die continu toegepast worden in collectieve leidingwaterinstallaties (producttype 5; PT05). Er zijn meer producten toegelaten voor het eenmalig chemisch *desinfecteren* van leidingwaterinstallaties om verhoogde concentraties *Legionella* te bestrijden als curatieve maatregel (shock dosering). Dit zijn echter geen beheersmaatregelen.
Op dit moment (januari 2024) zijn er vijf producten toegelaten voor continu chemisch beheer in Nederlandse collectieve leidingwaterinstallaties: twee via Ctgb-toelatingen en drie via ECHA-unietoelatingen. Hierbij wordt in de toelatingen geen onderscheid gemaakt in prioritaire of niet-prioritaire collectieve leidingwaterinstallaties. Er zijn onder meer producten op basis van chloordioxide en op basis van calciumhypochloriet (vrij chloor) toegelaten. De biociden worden bij leidingwaterinstallaties meestal geïnjecteerd via een doseersysteem. Een Kiwa BRL14010-3-certificering is in ontwikkeling voor het gebruik van systemen voor chemisch beheer (zie: BRL-K14010-3 ter kritiek gepubliceerd | Kiwa; (dec. 2023)).

Natriumhypochloriet en calciumhypochloriet
Als natriumhypochloriet (NaOCl) of calciumhypochloriet ($Ca(ClO)_2$) aan water wordt toegevoegd, ontstaat vrij chloor dat een oxiderende werking heeft waardoor ziekteverwekkers worden geïnactiveerd (Carlson *et al*., 2020).

Chloordioxide (ClO_2)
ClO_2 inactiveert ziekteverwekkers door interactie met het celmembraan, waardoor macromoleculen uit de cel lekken. De nadelige invloed op het celmembraan, nucleïnezuren en de enzymatische activiteit van ziekteverwekkers leidt tot inactivatie (NAS, 2020; Carlson *et al*., 2020). Chloordioxide is een gas in oplossing en wordt ter plaatse (lokaal) gegenereerd, bijvoorbeeld door het mengen van chemische precursoren (Baron *et al.*, 2020). Omdat chloordioxide bijproducten vormt, zoals chloriet en chloraat, mag er niet meer dan 0,2 mg/L ClO_2 worden toegevoegd aan het Nederlandse drinkwater mits voldaan wordt aan artikel 20 van de Drinkwaterregeling (gebruiksvoorschrift).

Monochlooramine
Monochlooramine wordt gemaakt door vrij chloor te mengen met een ammoniumchloride oplossing. Voor een goede werking is het van belang een goede verhouding aan te houden (NAS, 2020). Ten opzichte van vrij chloor is monochlooramine stabieler in de leidingwaterinstallaties, vormt het minder bijproducten, wordt de biofilm beter bestreden en is de kans op chloor-geur kleiner (NAS, 2020, Carlson *et al.*, 2020). Nadeel is dat dit biocide minder effectief werkt, want er is een hogere concentratie biocide en langere contacttijd nodig (NAS, 2020, Carlson *et al.*, 2020). Bij gebruik van monochlooramine lijken er meer amoeben-cysten te worden gedetecteerd ten opzichte van vrij chloor. Het werkingsmechanisme in de leidingwaterinstallatie is nog onduidelijk (NAS, 2020). Marchesi et al. (2020) concludeerden dat monochlooramine het beste direct geïnjecteerd kan worden in de warmwaterleiding omdat injectie in de koudwater suppletieleiding naar de warmwaterbereider tot meer positieve legionellamonsters leidde. Er

zijn geen maximaal benodigde concentraties bekend voor desinfectie omdat er op dit moment geen toelatingen zijn in Nederland voor het toepassen van monochlooramine. In de Verenigde Staten wordt een concentratie tussen 1,0 en 4,0 mg/L in het drinkwater aangehouden met een verhouding chlorine ten opzichte van ammonia van 3:1 tot 5:1 (Carlson *et al*., 2020).

Effectiviteit chloorproducten
Door het gebruik van vrij chloor, chloordioxide en monochlooramine werd veelal het aantal *Legionella*positieve tappunten gereduceerd (Orsi *et al.*, 2014) en de legionellaconcentratie verlaagd (Marchesi *et al.,* 2013; June and Dziewulski, 2018; Vincenti *et al*., 2019; Muzzi *et al*., 2020; Nisar *et al*., 2020). Er was dus geen volledige verwijdering van *Legionella*. Voor gebruik van vrij chloor is maar één praktijkstudie gevonden.

Toelichting literatuur chloorproducten
In deze literatuurstudie werden ruim 30 artikelen gevonden waar chloor in de praktijk werd toegepast (in de verschillende verschijningsvormen van chloor). De verkregen informatie over effectiviteit van natriumhypochloriet, chloordioxide en monochlooramine wordt hieronder toegelicht.

Natrium- en calciumhypochloriet
De effectiviteit wordt beïnvloed door de chloorconcentratie, pH, temperatuur en de concentratie organisch materiaal in het water. Een hogere temperatuur verhoogt de inactiverende werking, maar zorgt er ook voor dat de concentratie vrij chloor in het water sneller daalt waardoor het lastiger is om voldoende vrij chloor-residu te behouden (Carlson *et al*., 2020). Vrij chloor lijkt vooral tegen planktonische *Legionella* te werken en minder op de bestaande biofilm. Doordat amoeben beter bestand zijn tegen chloor kunnen *Legionella* in amoeben ook beter overleven (Carlson *et al*., 2020).

Vrij chloor wordt internationaal veel toegepast in het drinkwater (o.a. Water Disinfection with Chlorine and Chloramine, CDC). In het hoofdstuk over thermisch beheer zijn meerdere studies besproken waar sprake is van een chloor-residu. Er is echter maar één studie gevonden na 2012 waar de effectiviteit van vrij chloor in de praktijk expliciet wordt beschreven:

- Een Italiaans ziekenhuis in een historisch pand bleek niet in staat om *Legionella* volledig te verwijderen door toepassing van een combinatie van shock dosering chloor (20-50 ppm) en continu chloren met een concentratie van 0,5 – 1 mg/L gedurende vijf jaar (Orsi *et al.*, 2014). Wel was er een reductie in het aantal positieve monsters. Op tappunten die voorzien waren van POU-filters werd geen *Legionella* meer gevonden.

Chloordioxide
Voor chloordioxide zijn meerdere praktijkstudies gevonden:

- In een Italiaans ziekenhuis werd gedurende vier jaar in circa 81% van de bemonsterde punten geen *Legionella* aangetroffen (Vincenti *et al.*, 2019). Binnen deze studie werd een zogenaamde *life table analysis* uitgevoerd. Hiermee wordt bedoeld dat van elk

tappunt afzonderlijk was bijgehouden of er *Legionella* was gevonden. Dat een groot deel van de tappunten altijd legionellavrij was, duidt erop dat een besmetting in een groot ziekenhuis lokaal kan zijn.

- Baron en collega's (2020) beschreven meerdere studies waarin chloordioxide is toegepast en waaruit bleek dat wisselende resultaten werden verkregen. Er werden studies beschreven waarin door ClO_2 alle legionellabacteriën verwijderd zijn, of grotendeels. Daarentegen werden ook studies genoemd waaruit bleek dat *Legionella* snel weer terug was nadat de ClO_2-installatie in storing was gegaan (binnen vier dagen, na drie jaar afwezigheid). Zowel Borella *et al.* (2016) als Carlson *et al.* (2020) rapporteerden dat de *Legionella* sterk was gereduceerd, maar niet geheel was verdwenen.
- In een Italiaans ziekenhuis waren concentraties chloordioxide van 0,5-0,7 mg/L nodig om de legionellaconcentraties voldoende laag te houden (Marchesi *et al.*, 2013). De grootste uitdaging bij gebruik van chloordioxide is het behoud van een effectief residu (0,3-0,5 mg/L ClO_2) in het hele drinkwatersysteem (Baron *et al.*, 2020). Echter, bij concentraties > 0,3 mg/L ontstond er al een te hoge concentratie chloriet (Europese limiet is 700 µg/L).
- Doses van 0,7 mg/L chloordioxide bleken nodig in twee Poolse ziekenhuizen (Pancer *et al.*, 2013). Daar is van april 2007 tot februari 2011 *Legionella* gemonitord en tevergeefs met thermische shocks geprobeerd de legionellaconcentraties te reduceren. Van februari 2011 tot februari 2012 bleek 0,2-0,3 mg/L niet afdoende. Na het ophogen van de concentratie naar 0,7 mg/L werden er gedurende de daarop volgende maanden nog maar weinig *Legionella* geregistreerd. Een bijkomende uitdaging in het Poolse ziekenhuis was de hoge temperatuur van het koude water leidingnetwerk, dat varieerde van 21 tot 31 °C.
- Muzzi *et al.* (2020) beschreven hoe een Italiaans ziekenhuis 19 jaar lang heeft geprobeerd de legionellabacteriën in de leidingen te beheersen en meer patiënten te voorkomen door meerdere beheerstechnieken toe te passen (zie ook paragraaf 4.1 Koper/zilver-ionisatie). Pas bij gebruik van filters en ClO_2 werden na een jaar geen patiënten meer geregistreerd, al werd er nog steeds *Legionella* aangetroffen.
- In een andere studie werd juist aangetoond dat na implementeren van koper/zilver-ionisatie in plaats van ClO_2 als beheerstechniek dat het aantal positieve tappunten en legionellaconcentraties werden verlaagd van 30-70% (gemiddeld 282,5 kve/100 ml) naar < 30% (gemiddeld 3,8 kve/100 ml) (Dziewulski *et al.*, 2015).

Monochlooramine

De volgende praktijkstudies met monochlooramine zijn gevonden:

- Een vergelijking tussen een jaar lang toepassen van monochlooramine en chloordioxide in het warme water van drie Italiaanse ziekenhuizen gaf het volgende resultaat (Marchesi *et al.*, 2012): voor de toepassing van monochlooramine was 97% (31 van de 32 metingen) van de tappunten positief en na toepassen nog slechts 13,3% (8/60). Voor chloordioxide ging het

in twee gevallen van beide 100% positief naar 56,7% en 60,8% positief.
- Lyte en collega's (2021) zagen dat in een Amerikaans ziekenhuis de *Legionella*-positieve monsters door toepassen van monochlooramine afnam van 68% naar 6%. De auteurs zagen geen bijproducten ontstaan en geen effect van monochlooramine op metalen.
- In een Amerikaans ziekenhuis daalde het aantal *Legionella*-positieve monsters van 53% tot 9% na toepassing van monochlooramine (Duda *et al.*, 2014). Gedurende ruim twee jaar is er twee keer een toename van *Legionella* waargenomen. Dit werd mogelijk veroorzaakt door een onjuiste dosis van ammonia waardoor er een te hoge ammoniaconcentratie ontstond en die een negatief effect op monochlooramine had. De onjuiste dosis werd waarschijnlijk veroorzaakt door een relatief hoge temperatuur in de opslagruimte. Ook de verhoging van de pH zorgde voor meer positieve tappunten. Een optimale pH is ongeveer 7,5.
- Baron *et al.* (2015) beschreven een Amerikaans ziekenhuis waarin op één positief monster na geen *Legionella* werd gezien door toepassen van monochlooramine. Zonder toepassen van monochlooramine was tussen de 50 tot 100% van de monsters positief. De onderzoekers zagen wel dat bij een kortdurende stop in de toediening van dit biocide de legionellabacteriën snel weer detecteerbaar waren. De auteurs concludeerden dat dit laat zien dat beheer, onderhoud en monitoring van belang zijn. De temperatuur van het warme water in het ziekenhuis was na doorstroming tussen de 43,5 °C en 48,7 °C.
- Een Italiaanse studie liet een geleidelijke reductie richting afwezigheid (niet detecteerbaar) van *Legionella* zien over een periode van een jaar, met uitzondering van twee ver weg gelegen tappunten (Mancini *et al.*, 2015). De oorzaak van de persistentie leek de lage temperatuur te zijn van het warme water (37,9 °C tot 49,7 °C), niet werkende thermostatische mengkranen en zeer sporadisch gebruik van beide tappunten.

Aandachtspunten chloorproducten

Algemene aandachtspunten

- Chloordesinfectie werkt beperkt op protozoa waardoor *Legionella* kan overleven (NAS, 2020; Nisar *et al.*, 2020).
- *Legionella* en protozoa kunnen minder gevoelig worden voor vrij chloor of chloordioxide (Assaidi *et al.*, 2020; Baron *et al.*, 2020; Nisar *et al.*, 2020).
- Om een voldoende effectief biocideresidu door het gehele drinkwatersysteem te handhaven is goede monitoring en een spoelprotocol noodzakelijk (Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).
- Ook is monitoring noodzakelijk om te voorkomen dat voor de gezondheid schadelijke concentraties in het systeem komen. (Langdurige) blootstelling aan verhoogde concentratie chloor is schadelijke voor de gezondheid (Winder, 2001).
- Chloor(verbindingen) komen via het afvalwater in het oppervlaktewater en kunnen mogelijk leiden tot (antibiotica)resistentie (Gezondheidsraad, 2016; Jin *et al.*, 2020).

- Chloordesinfectiemiddelen kunnen reageren met organisch materiaal in het water. Hierbij ontstaan enkele bijproducten die ongewenst zijn in het drinkwater (WHO 2017). De bekendste stoffen zijn chloriet (ClO2-), chloraat (ClO3-), trihalomethanen (THM's), halo-acetonitrilen (HAN's), halo-azijnzuren (HAA's) en er zijn nog veel meer (Richardson *et al*., 2000; Hrudey, 2009; Carlson *et al.*, 2020). De hoeveelheid bijproducten die ontstaan verschilt per toegepaste vorm van chloordesinfectie (Hua and Reckhow, 2007). Zo ontstaan bijvoorbeeld minder THM's bij gebruik van chloordioxide in plaats van chloor. Er zijn mogelijke gezondheidsrisico's wegens vorming van chloriet en chloraat door onder meer gebruik van chloordioxide (Marchesi *et al.*, 2013; WHO 2017; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020). Er lijken minimale concentraties bijproducten te zijn bij het gebruik van monochlooramine in vergelijking tot chloordioxide en vrij chloor (Rhoads *et al.*, 2014; NAS, 2020; Marchesi *et al.,* 2020).

Aanvullende aandachtspunten natrium- en calciumhypochloriet (vrij chloor)

- Vrij chloor kan nadelige gevolgen hebben voor geur en smaak van het water (Sciuto *et al.*, 2021).
- Natriumhypochloriet zorgt voor corrosie van polyethyleen met een hoge dichtheid (high-density polyethylene, HDPE) en koperen leidingwerk (Rhoads *et al.*, 2014; Borella *et al.*, 2016; Girolamini *et al.*, 2019; NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020; Sciuto *et al*., 2021).
- De effectiviteit van vrij chloor is minder optimaal bij pH >7 (Carlson et al., 2020).

Aanvullende aandachtspunten chloordioxide

- Chloordioxide lijkt beter te werken tegen biofilm dan monochlooramine en natriumhypochloriet (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Sciuto *et al.,* 2021).
- Chloordioxide is minder corrosief dan natriumhypochloriet (Rhoads *et al.*, 2014; June and Dziewulski, 2018; NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020), maar tast mogelijk wel polyethyleen leidingen aan (Sciuto *et al.*, 2021).
- Chloordioxide is een stabieler biocide dan natriumhypochloriet (Muzzi *et al*., 2020) en werkt over een breder pH-spectrum (NAS, 2020; Carlson *et al.* 2020).

Aanvullende aandachtspunten monochlooramine

- Monochlooramine heeft op dit moment geen Ctgb- of ECHA-toelating in Nederland voor continue toepassing in leidingwaterinstallaties.
- Monochlooramine is effectiever tegen biofilmvorming in vergelijking tot vrij chloor (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).
- Er is echter een langere inwerktijd en een hogere concentratie nodig dan voor vrij chloor (NAS, 2020).
- Het is van belang om de juiste verhouding chloride en ammonium toe te passen en regelmatig te controleren om een constante goede werking van monochlooramine te garanderen (Duda *et al*., 2014; Carlson *et al*., 2020).

- Monochlooramine lijkt van alle chloorproducten het minst corrosief (NAS, 2020; Lytle *et al.*, 2021).
- Toepassing van monochlooramine in koudwaterinstallaties kan van invloed zijn op de waterkwaliteit (nitrificatie) (Baron *et al.*, 2020).
- *Legionella* kan mogelijk op termijn resistent worden tegen continue dosering van monochlooramine (Chiao *et al.*, 2014).

Ozon
De desinfecterende werking van het biocide ozon berust op twee mechanismen:
1) Het oxideren van thiol-groepen (c.q. mercaptaan of sulfhydryl) en aminozuren in cellen
2) Het oxideren van meervoudig verzadigde zuren. Deze mechanismen veroorzaken lekkages in de cel (Carlson *et al*., 2020).

Effectiviteit ozon
De effectiviteit van ozon is niet opgenomen in het rapport van Schalk en collega's (2012). In deze literatuurstudie werden enkele artikelen gevonden waarin ozon in de praktijk werd toegepast. De toepassing van ozon bij een hogere pH geeft een snellere reactie en is minder specifiek (Rhoads *et al.,* 2014). De desinfectie-efficiëntie neemt toe met de temperatuur, maar ozon wordt tevens sneller afgebroken bij een toenemende temperatuur (Carlson *et al*., 2020). Een labstudie liet een reductie van minimaal 2 $\log_{10}$ zien, maar een driejarige studie in een gebouw liet nauwelijks een reductie in positieve tests zien (Carlson *et al*., 2020). Hoewel labstudies veelbelovende resultaten lieten zien, bleek ozon in de praktijk niet goed te werken als legionellabeheerstechniek (Carlson *et al*., 2020; Sciuto *et al.*, 2021).

Aandachtspunten ozon
Hieronder volgt een samenvatting van de gevonden aandachtspunten van ozon als beheerstechniek.
- Ozon moet ter plekke worden gemaakt vanwege de halfwaardetijd, de toxiciteit en reactiviteit (Martinelli *et al.*, 2017).
- Ozon kan leiden tot schadelijke bijproducten (Carlson *et al*., 2020), zeker als het wordt gecombineerd met chloor (Sciuto *et al.,* 2021).
- De effectieve werking van ozon als desinfectiemiddel neemt relatief snel af onder standaardcondities van kraanwater (Carlson *et al.*, 2020; Nisar *et al.*, 2020).
- Inhalatie van ozon kan schadelijk zijn voor de gezondheid (WHO, 2021).
- Voor het in situ gegeneerde ozon is op dit moment geen Ctgb/ECHA-toelating nodig. Deze uitzondering vervalt zodra de Europese regelgeving hierover de Nederlandse regelgeving vervangt. Bedrijven die producten aanbieden waarvoor dit geldt, moeten tijdig een aanvraag indienen voor toelating onder de Biocidenverordening (College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden).

Waterstofperoxide
Waterstofperoxide is een sterke oxidator die het enzymatische systeem van micro-organismen verstoort. Waterstofperoxide wordt soms gecombineerd met zilverionen of polyfosfaten om *Legionella* gevoeliger te maken voor waterstofperoxide (Casini *et al.*, 2017; Girolamini *et al.*, 2022). Op dit moment zijn er geen Ctgb- of ECHA-toelatingen voor het continu gebruik van waterstofperoxide in Nederlandse collectieve leidingwaterinstallaties. Waterstofperoxide wordt wel toegepast als curatieve maatregel (chemische desinfectie) bij verhoogde concentraties *Legionella* in leidingwaterinstallaties.

De beheerstechniek met behulp van waterstofperoxide is niet opgenomen in het rapport van Schalk en collega's (2012). In deze literatuurstudie werden vier artikelen gevonden, waarvan in drie artikelen waterstofperoxide in de praktijk werd toegepast.

Effectiviteit waterstofperoxide
Door het gebruik van waterstofperoxide wordt het aantal *Legionella*-positieve tappunten gereduceerd en de legionellaconcentratie verlaagd (Casini *et al*., 2017; Girolamini *et al.,* 2019; Sciuto *et al.*, 2021). Ondanks dat het aantal *Legionella*-positieve tappunten wordt gereduceerd en de concentratie *Legionella* wordt verlaagd is er geen volledige verwijdering van *Legionella* (Girolamini *et al*., 2022).

Toelichting literatuur waterstofperoxide:
- Gedurende zeven jaar werd voor een Italiaans ziekenhuis informatie verzameld over de verwijdering van *Legionella*-species door middel van waterstofperoxide en zilver. Toepassing van waterstofperoxide met zilver leidde tot een beperkte vermindering van *Legionella*-positieve locaties (van 60% naar 36%) en concentraties *Legionella* (van 2,12 naar 1,7 $\log_{10}$) (Girolamini *et al.*, 2019). Opvallend was dat 62% monsters positief waren voor *Legionella*-species bij een watertemperatuur van ongeveer 48 °C (42 tot 54 °C), ondanks waterstofperoxide en zilver.
- Girolamini *et al.* (2022) toonden aan dat waterstofperoxide (met zilverionen), met een concentratie van 11,58 ± 4,99 mg/L, een effect heeft op de aanwezigheid van *Legionella*.
- Een andere studie in Italië toonde aan dat na de invoering van waterstofperoxide (25 mg/L) geen legionellabacteriën meer aangetoond konden worden welke eerder wel voorkwamen (Casini *et al.*, 2017).

Aandachtspunten waterstofperoxide
Hieronder volgt een samenvatting van de gevonden aandachtspunten van waterstofperoxide als beheerstechniek.
- Waterstofperoxide is niet corrosief, maar de toegevoegde zilver of polyfosfaten mogelijk wel (Casini *et al.*, 2017; Girolamini *et al.*, 2019).
- Bij lage doseringen is het niet gevaarlijk voor de gezondheid (Casini *et al.*, 2017; Girolamini *et al.*, 2019).
- De werking wordt beïnvloed door verschillende factoren, zoals pH, temperatuur en de aanwezigheid van stoffen die de reactiviteit ervan belemmeren (Casini *et al.*, 2017).

- Het is van belang om continu de juiste concentratie te doseren, om te voorkomen dat *Legionella*-aantallen toenemen (Casini *et al.*, 2017).
- Waterstofperoxide vormt geen schadelijke bijproducten (Sciuto *et al.*, 2021).
- Na het toepassen van waterstofperoxide werden *L. pneumophila*-stammen die eerder niet werden aangetoond nu wel aangetoond (Casini *et al.*, 2017).
- Mogelijke kunnen bepaalde soorten *Legionella* resistent worden voor waterstofperoxide (Girolamini *et al*., 2022).
- In een studie was het toevoegen van polyfosfaten nodig om effectieve verwijdering van alle *Legionella*-species te verkrijgen (Casini *et al.*, 2017).
- Waterstofperoxide heeft op dit moment geen Ctgb- of ECHA-toelating in Nederland voor continue toepassing in leidingwaterinstallaties.

4.1.6 *Overige beheerstechnieken*

Uit de literatuurstudie kwamen nog enkele beheerstechnieken die alleen getest zijn in laboratoriumstudies en zo ver bekend niet in Nederland worden toegepast. Voor deze technieken zijn geen studies in de praktijk gevonden. Informatie over de effectiviteit van deze beheerstechnieken is ook niet opgenomen in het rapport van Schalk en collega's (2012). Veel van de bestudeerde technieken zijn één keer beschreven en daarna is er geen vervolgonderzoek geweest. Het is dan ook mogelijk dat deze technieken de experimentele fase niet zijn gepasseerd. Het betreft veelal technieken waar biociden voor worden gebruikt of in situ worden gegeneerd. Hiervoor is een toelating nodig van het Ctgb of de ECHA. In Nederland is nog geen toelating voor dergelijke technieken. Het betreft de volgende technieken:

- PHotosensitizers (Gobin *et al.*, 2019; Muskovic *et al.*, 2021)
- Pulsed electric fields (Banaschik *et al*., 2016)
- Pulsed corona plasma (Banaschik *et al*., 2016)
- Dendrimeren (Andreozzi *et al.*, 2016)
- Liganten (Andreozzi *et al.*, 2016).

4.1.7 *Kosten beheerstechnieken*

Enkele praktijkstudies bespreken de kosten voor het plaatsen en onderhouden van de beheerstechniek op een bepaalde locatie.

Voor thermisch beheer hadden Quero en collega's (2021) voor een ziekenhuis met 600 bedden de kosten van het verhogen van de temperatuur van 100 tappunten van 50 °C naar 55 °C geschat op €32.000 per jaar. Deze kosten zijn vergeleken met het installeren van POU-filters op diezelfde 100 tappunten. Deze kosten werden geschat op €30.000 per jaar. De auteurs merkten daarbij op dat een verhoging van de temperatuur *Legionella* voorkomt in het gehele leidingnetwerk en niet enkel bij de tappunten waar een filter is geplaatst. Kosten zouden kunnen worden bespaard door warmwaterbereiders meer verspreid te plaatsen in kritische delen van het de leidingwaterinstallatie.

Borella en collega's (2016) hebben voor hun ziekenhuis de jaarlijkse kosten geïnventariseerd van vier verschillende beheerstechnieken. Zie tabel 2 voor een overzicht van de genoemde kosten.

Tabel 2 Overzicht van de genoemde jaarlijkse kosten per beheerstechniek op basis van 100 tappunten (Borella et al., 2016).

Beheerstechniek	**Wijze van gebruik**	**Euro/jaar/100 tappunten**
POU-filter	Maandelijks vervangen	16.000
In elke kamer een elektrische boiler	Vervanging elke 2-5 jaar. Temperatuur > 58 °C	8.000
Monochlooramine	2-3 mg/L bij tappunt	3.650
Chloordioxide	> 0,3 mg/L bij tappunt	3.063

Cloutman *et al.* (2019) konden in een ziekenhuis de temperatuur verlagen naar gemiddeld 43 °C door het toepassen van koper/zilver-ionisatie. In dit ziekenhuis resulteerde dit in een energiebesparing van 33% ten opzichte van enkel thermisch beheer.

Een Italiaans ziekenhuis heeft een shock chloordosering (1 mg/L op meest ver gelegen tappunt) uitgevoerd, daarna 5 minuten spoelen en een vrij chloorresidu aangehouden van 0,1-0,2 mg/L. Vervolgens is een hoge dosering monochlooramine (5 mg/L) toegevoegd voor 1 uur, gespoeld, en daarna een continue dosering (2 mg/L) aangehouden. Hierdoor kon de temperatuur van de warmwaterboiler verlaagd worden van 70 °C naar 60 °C en daarmee 2.219 euro/jaar worden bespaard (Coniglio *et al.*, 2018). Er wordt echter niet genoemd hoeveel de (continue) dosering van vrij chloor en monochlooramine kost. In de drie jaar die zijn geëvalueerd, is nooit meer *Legionella* aangetroffen in de monsters.

4.1.8 Overzicht kenmerken beheerstechnieken

In tabel 3 staan de kenmerken van de verschillende beheerstechnieken. Zoals besproken in paragraaf 2.2 worden de voorwaarden wanneer een bepaalde beheerstechniek mag worden gebruikt ook wel het ladder- of trapmodel genoemd en kan onder voorwaarden een volgende 'trede' worden genomen. De beheerstechnieken van de eerste trede mogen altijd worden toegepast in prioritaire leidingwaterinstallaties (lid 1 uit artikel 44 van het Drinkwaterbesluit), mits voldaan wordt aan de gestelde eisen zoals (indien nodig) een BRL K14010- certificering. De technieken van de tweede trede mogen worden toegepast indien er is gemotiveerd dat beheersing van *Legionella* in leidingwaterinstallaties niet goed mogelijk is met de technieken van de eerste trede (Artikel 44, lid 2). Tot slot mogen de technieken van de derde trede worden toegepast als is gemotiveerd dat beheersing van *Legionella* met beheerstechnieken van de tweede trede niet goed mogelijk is (Artikel 44, lid 3). Technieken die gebruikmaken van biociden mogen alleen worden toegepast in Nederlandse leidingwaterinstallaties als hiervoor een toelating is verkregen door het Ctgb of de ECHA (unietoelating). In de enquête werd ook het gebruik van warmtelint genoemd. De kenmerken voor deze techniek, evenals actieve koeling, komen overeen met automatische spoel- en temperatuurregistratiesystemen.

Tabel 3 Kenmerken van de verschillende beheerstechnieken toegepast in Nederlandse leidingwaterinstallaties

Beheerstechnieken eerste trede

	Type beheers-techniek	**Werking (POU, POE of systemisch)?**	**Gebruik van biocide?**	**BRL K14010-certificering?**	**Zo nodig spoelen?**	**Onderhoud en controle beheerstechniek**
Handmatig thermisch beheer	Thermisch	Systemisch	Nee	Nee	Ja	Geen onderhoud (geen apparaat). Wel regelmatig controle van temperatuur en gebruiksfrequentie.
Automatische spoel- en temperatuur-registratiesystemen	Thermisch	Systemisch	Nee	Nee	Ja	Periodiek onderhoud. Controle goede werking beheerstechniek.
Pasteurisatie	Thermisch	POE	Nee	Ja, Deel 1	Nee	
Ultrasoon	Fysisch	POE	Nee	Nee	Nee	
Membraanfilters	Fysisch	POE[3] of POU	Nee	Ja, Deel 1	Nee	Regelmatig vervangen filters. Regelmatig controle correcte werking filters.
UV-lampen	Fysisch	POE[4]	Nee	Ja, Deel 1	Nee	Periodiek vervangen of reinigen UV-lamp. Regelmatig controle correcte werking UV-lamp.
Advanced oxidation technology (AOT)	Fotochemisch	POE	Ja[5]	Ja, Deel 1	Nee	Periodiek vervangen of reinigen UV-lamp. Regelmatig controle correcte werking AOT-systeem.

[3] Praktijkstudies over gebruik van POE-filters zijn niet gevonden in literatuur na 2012, maar wel beschreven in Schalk et al. (2012).
[4] POU met UV-lampen wordt beschreven in laboratoriumexperimenten en er zijn douchekoppen met UV-lampen beschikbaar. Er zijn echter geen praktijkstudies gevonden (ook niet in studie uit 2012).
[5] De biocide wordt in het apparaat gevormd (in situ) en heeft geen restwerking in de nageschakelde leidingwaterinstallatie.

Beheerstechnieken tweede trede

	Type beheers-techniek	Werking (POU, POE of systemisch)?	Gebruik van biocide?	BRL K14010-certificering?	Zo nodig spoelen?	Onderhoud en controle beheerstechniek
Anodische oxidatie	Elektrochemisch	Systemisch	Ja	Ja, Deel 2	Ja	Periodiek onderhoud. Controleren van correcte biocideconcentraties en vorming bijproducten.
Koper/zilver-ionisatie	Elektrochemisch	Systemisch	Ja	Ja, Deel 2	Ja	Periodiek onderhoud. Controleren van correcte biocideconcentraties.

Beheerstechnieken derde trede

	Type beheers-techniek	Werking (POU, POE of systemisch)?	Gebruik van biocide?	BRL K14010-certificering?	Zo nodig spoelen?	Onderhoud en controle beheerstechniek
Vrij chloor (Natriumhypochloriet, calciumhypochloriet)	Chemisch	Systemisch	Ja	Nee[6]	Ja	Periodiek onderhoud. Controleren van correcte biocideconcentraties en vorming bijproducten.
Chloordioxide	Chemisch	Systemisch	Ja	Nee	Ja	
Monochlooramine	Chemisch	Systemisch	Ja[7]	Nee[8]	Ja	

[6] In december 2023 was BRL K14010 deel 3 nog niet gepubliceerd.
[7] Monochlooramine heeft op dit moment geen Ctgb- of unietoelating en mag dus niet continu worden gebruikt in Nederlandse (collectieve) leidingwaterinstallaties.
[8] Doordat er nog geen toelating is voor monochlooramine is certificering ook (nog) niet mogelijk.

4.2 Enquête

Met behulp van een enquête onder locatiebeheerders werden ervaringen met de beheerstechniek op de locatie verzameld. In deze paragraaf worden de meest relevante resultaten van de enquête besproken.

Let wel, de enquête geeft alleen een indruk van de ervaringen door locatiebeheerders met de beheerstechnieken op de locatie. Er kunnen geen statistische analyses uitgevoerd worden over de resultaten of worden geëxtrapoleerd naar alle prioritaire locaties (zie ook paragraaf 3.2).

4.2.1 Aantal respondenten en locaties

De enquête is 183 keer ingevuld. In vier gevallen was verzuimd om de locatie te vermelden, bij één enquête was enkel de locatie ingevuld, van één locatie was niet ingevuld welke techniek op dit moment wordt toegepast. Tot slot had één respondent 'binnenvaartschepen' ingevuld. Binnenvaartschepen zijn echter geen 'collectieve leidingwaterinstallaties'. Deze zeven enquête-uitslagen zijn daarom verwijderd uit de resultaten. In totaal zijn er dus antwoorden van 176 respondenten meegenomen (zie tabel 4).

NB: Niet elke respondent heeft alle vragen ingevuld, waardoor in sommige opsommingen het totaal van de respondenten mogelijk niet tot 176 optelt.

Elke respondent kon aangeven of ze antwoorden gaven over een of meerdere gebouwen/locaties waar ze verantwoordelijk zijn voor het legionellabeheer en of de antwoorden representatief zijn voor de verschillende locaties. Deze respondenten vertegenwoordigen tenminste 1500 gebouwen, voornamelijk zorginstellingen. Het totaal aantal locaties is vooral hoog doordat een respondent heeft aangegeven verantwoordelijk te zijn voor de legionellapreventie van een zwembadorganisatie met 150 eigen locaties én 150 gehuurde locaties. Meerdere respondenten uit de gezondheidszorg hebben aangegeven verantwoordelijk te zijn voor het legionellabeheer bij 50 tot 100 locaties. Omdat de enquête anoniem is, kan niet worden gecontroleerd of deze aantallen kloppen. In de verdere enquête wordt daarom alleen gekeken naar antwoorden per respondent over de gebruikte techniek en niet bij welke locaties een bepaalde techniek is geplaatst.

Tabel 4 De verdeling van aantallen respondenten over de verschillende type instellingen.

Type instelling	**Aantal respondenten**
Verpleeghuis/verzorgingshuis	42
Ziekenhuis	41
Andere zorginstelling	46
Hotel	16
Camping of bungalowpark	11
Zwembad/sauna	11
Asielzoekerscentrum	3
Jachthaven	2
Cellencomplex	1
Overig	3
Totaal	**176**

4.2.2 *Legionellabeheerstechnieken in gebruik op locaties*

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de door de respondenten genoemde beheerstechnieken. Dit betreft soms combinaties van verschillende beheerstechnieken. Sommige genoemde combinaties roept de vraag op of deze technieken wel tegelijk op dezelfde locatie worden toegepast of dat het twee of meer verschillende locaties betreft maar tegelijk is ingevuld (ondanks verzoek dit niet te doen). Ook kan gebruik van chloor ingevuld zijn in verband met een uitgevoerde desinfectie na een verhoogde concentratie *Legionella*.

Uit de enquête blijkt dat thermisch beheer (n = 60) en koper/zilver-ionisatie (n = 86) de meest gebruikte beheerstechnieken zijn (zie tabel 5). Onder de categorie 'thermisch beheer' vallen ook apparaten die gezien kunnen worden als een vorm van thermisch beheer of dit beheer ondersteunen zoals automatische spoelsystemen en warmtelint. Deze apparaten/methoden zijn niet apart weergegeven in de tabel. Overige technieken die door de respondenten werden aangegeven zijn membraanfiltratie, anodische oxidatie, ultrasoon, chloordesinfectie en UV. Respondenten die aangeven koper/zilver-ionisatie te gebruiken gaven ook regelmatig aan een automatisch spoelsysteem te hebben. Dat is niet verwerkt in tabel 5 omdat we het spoelen, waarmee het biocide in de gehele leidingwaterinstallatie wordt verspreid, als onderdeel van de techniek zien. Dertien respondenten gaven aan dat er meerdere technieken (anders dan thermisch beheer) in gebruik zijn op de locatie. Van deze respondenten gaven er tien aan dat in ieder geval koper/zilver-ionisatie een van de gebruikte technieken is (zie tabel 5).

4.2.3 *Aantal positieve watermonsters voor en na plaatsen beheerstechniek*

Van de 176 respondenten gaven 85 respondenten aan dat er sprake was van herhaaldelijke positieve monsters voordat de huidige beheerstechniek werd geplaatst. Vijftien van de 85 respondenten rapporteerden dat er na het plaatsen van de beheerstechniek geen *Legionella* meer werd aangetoond (norm < 100 kve/L). Zeven respondenten meldden dat er ná het plaatsen van de beheerstechniek altijd meer dan 30% van de monsters *Legionella*-positief zijn. Het percentage van 30% is gekozen omdat sommige locaties die besproken zijn in de literatuurstudie deze 'norm' gebruiken (Dziewulski *et al.,* 2015; Demirjian *et al.*, 2015). Deze 'norm' is gebaseerd op eerdere studies waaruit een correlatie zou blijken tussen verhoogd risico en het aantal van 30% positieve monsters (Stout et al., 2007). Vijftien respondenten vonden bij elke reguliere bemonstering *Legionella*, maar minder dan 30% van de monsters waren positief. Tot slot gaven 42 respondenten aan dat af en toe een *Legionella*-positief monster werd gevonden na de aanpassing van de installatie. Vier respondenten weten van positieve legionellamonsters, maar weten niet hoe vaak. Twee respondenten vulden in 'onbekend'.

Uit de enquête blijkt dat bij bijna elke beheerstechniek minimaal één keer *Legionella* werd aangetoond, ondanks gebruik van de beheerstechniek. Bij ultrasone cavitatie werd geen *Legionella* aangetoond maar deze techniek werd maar één keer genoemd. Aangezien er geen literatuur was over gebruik van deze techniek in de praktijk is er geen goede uitspraak te doen over de effectiviteit van deze techniek op basis van één respondent. Thermisch beheer en

koper/zilver-ionisatie werden het meest genoemd door de respondenten. Voor deze technieken antwoordden enkele respondenten dat *Legionella* regelmatig is aangetoond op meerdere tappunten. Voor locaties met POU-filtratie werd door respondenten aangegeven dat meerdere tappunten *Legionella*-positief waren, waarvan 1 respondent > 30% positieve tappunten had ingevuld. Vergeleken met de literatuur is dit een erg hoog percentage. Mogelijk zijn op deze locaties ook tappunten bemonsterd waar geen POU-filters zijn geplaatst. Dit kon echter met deze enquête niet worden vastgesteld.

4.2.4 *Reden voor toepassen (nieuwe) beheerstechniek*

Uit de enquêteresultaten blijkt dat er sinds 2010 een duidelijke toename is van aanpassingen aan bestaande beheersmaatregelen of nieuw in gebruik genomen beheerstechnieken.

Op de vraag waarom er is gekozen voor een verandering in beheersmaatregel(en) was de meest genoemde reden dat er sprake was van herhaaldelijke positieve watermonsters (n = 85). Andere aanleidingen waren onder meer herziening van de risicoanalyse en/of het beheersplan (n = 42). Het legionella-wateradviesbedrijf (n = 81) of leverancier van de techniek (n = 13) kan de plaatsing van de techniek ook hebben aangeraden

4.2.5 *Effect op leidingnetwerk en water*

De respondenten hebben ook aangegeven of de installatie van de beheerstechniek heeft geleid tot een verandering van het water met gevolgen voor de smaak, kleur of effecten op het leidingwerk (corrosie, aanslag). Van de 60 respondenten met een vorm van thermisch beheer (handmatig of automatisch spoelen), gaven 58 respondenten aan geen verandering aan het drinkwater of effecten op het leidingnetwerk te constateren. Eén respondent meldde ‘minder aanslag op het sanitair’. Deze respondent kwam uit een situatie zonder beheerstechniek. Eén andere respondent meldde dat de waterdruk op de tappunten/douches (soms) lager is.

Van de 96 respondenten die een koper/zilver-installatie hebben (ook in combinatie met andere beheerstechnieken, zie tabel 5), zegt ongeveer de helft (n = 44) geen veranderingen aan het drinkwater of effecten op het leidingnetwerk te hebben geconstateerd. De andere helft heeft wel een verandering geconstateerd, waarvan hoofdzakelijk aanslag op het sanitair (n = 41). Ook werd er kleurverschil van het water (n = 1), verkleuring op het tegelwerk (n = 2) en corrosie van leidingen of kranen en lekkage (n = 1) geconstateerd. Eén respondent meldde dat de chloorsmaak was verdwenen na plaatsing van deze beheerstechniek. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat een aanzienlijk deel van de respondenten koper/zilver-ionisatie gebruikt en de aantallen dus niet goed zijn te vergelijken met andere beheerstechnieken.

Tabel 5 Overzicht van de beheerstechnieken die respondenten gebruiken op hun locaties op het moment van invullen enquête en het aantal overschrijdingen van de legionellanorm (< 100 kve/L) sinds het gebruik van deze beheerstechnieken.

Beheerstechnieken	***Legionella* aangetoond**						
	Nee	**Ja, onbekend hoe vaak**	**Ja, één keer of af en toe**	**Ja, tappunten < 30%**	**Ja, tappunten > 30%**	**Onbekend**	**Totaal**
Thermisch	12	1	28	16	2	1	**60**
Filtratie (POE)	1	-	2	1	-	-	**4**
Filtratie (POU)	-	-	1	-	-	-	**1**
Filtratie (POE) en filtratie (POU)	1	-	1	-	-	-	**2**
Filtratie (POE), filtratie (POU), UV (POE) en UV (POU)	-	-	-	1	-	-	**1**
UV (POE)	2	-	2	-	-	-	**4**
UV (POE) en chloor (continue dosering)	-	-	1	-	-	-	**1**
Anodische oxidatie	-	-	3	1	-	-	**4**
Ultrasoon	1	-	-	-	-	-	**1**
Koper/zilver-ionisatie	21	4	42	12	6	1	**86**
Koper/zilver-ionisatie en filtratie (POE)	-	1	-	-	-	-	**1**
Koper/zilver-ionisatie en filtratie (POU)	1	-	1	-	1	-	**3**
Koper/zilver-ionisatie en UV (POE)	-	-	1	-	-	-	**1**
Koper/zilver-ionisatie en filtratie (POE) en UV (POE)	-	-	1	-	-	-	**1**
Koper/zilver-ionisatie en warmtelint	1	-	2	-	-	-	**3**
Koper/zilver-ionisatie en chloor (continue dosering)	-	-	-	1	-	-	**1**
Chloor (continue dosering)	1	1	-	-	-	-	**2**
Totaal aantal respondenten	**41**	**7**	**85**	**32**	**9**	**2**	**176**

Bij toepassing van filtratie als enige beheerstechniek gaven vier van de zeven respondenten aan geen veranderingen te constateren, de overige gaven aan dit niet te weten. Voor locaties waar alleen UV-systemen werden toegepast gaven alle respondenten (n = 4) aan dat er geen verandering was opgetreden. De respondenten met continue dosering van chloor (n = 2) meldden geen veranderingen, dus ook niet van de smaak van het water. Door twee respondenten met anodische oxidatie (n = 4) werd gemeld dat er smaakverschil is opgetreden. Eén respondent gaf aan dat er geen veranderingen waren en één andere respondent was hiermee niet bekend.

4.2.6 *Risicofactoren en aanpassingen leidingnetwerk*

In de enquête werd naar risicofactoren voor legionellagroei gevraagd die uit de risicoanalyse of na onderzoek in verband met normoverschrijdingen kwamen. Het meest genoemd (n = 96) waren koudwatertappunten waar de temperatuur de 25 °C overschrijdt. Andere factoren die vaak genoemd werden zijn: stilstand van water (niet wekelijks gebruikte tappunten/leidingen) (n = 86), een hoge omgevingstemperatuur (n = 79), hotspots (opwarming van koud leidingwater door nabijgelegen warmwaterleidingen) (n = 70) en afgedopte/dode leidingdelen (n = 68). Ook andere risicofactoren komen terug uit de enquête, waaronder biofilmbevorderend leidingmateriaal (n = 25) en warmwatertoestellen zoals een boiler waarvan de temperatuur (regelmatig) onder de 60 °C uitkomt (n = 12). Vier respondenten waren onbekend met risicofactoren in hun leidingnetwerk.

In totaal hebben 69 respondenten ingevuld dat alle bekende risicofactoren zijn weggenomen vóór dat de huidige beheerstechniek werd geplaatst. Er zijn 49 respondenten die een deel van de risicofactoren hebben verwijderd.

De voornaamste risicofactoren die zijn verwijderd, zijn de koudwatertappunten die (regelmatig) warmer worden dan 25 °C (n = 45), stilstand van water (n = 49), een hoge omgevingstemperatuur (n = 37) en afgedopte leidingen (n = 42). Daarnaast zijn de warmwatertappunten aangepakt die (regelmatig) onder de 60 °C komen (n = 25), hotspots (n = 33), warmwatertoestellen die onder de 60 °C komen (n = 8) en de biofilmbevorderend leidingmateriaal (n = 12). Zes respondenten geven aan onbekend te zijn met mogelijk verwijderde risicofactoren. Er waren 57 respondenten die meldden dat er geen risicofactoren zijn verwijderd, waarvan 40 respondenten meldden dat alle risicofactoren worden beheerst met de huidige beheerstechniek.

Als alle risicofactoren zijn weggenomen (n = 69) blijkt dat leidingwaterinstallaties nog steeds positief zijn voor *Legionella* (n = 48). Bij zeven respondenten zijn er positieve watermonsters bij elke bemonstering, maar (meestal) minder dan 30% van de tappunten en bij één respondent worden altijd meer dan 30% van de tappunten positief bevonden nádat de risicofactoren van het leidingnetwerk zijn weggenomen. Bij 39 respondenten werd eens of af en toe een positief watermonster gevonden. In twintig gevallen werden geen positieve watermonsters gevonden.

4.2.7 *Beheer en controle van de beheerstechniek*

De meeste respondenten meldden dat storingen nooit voorkomen (n = 68), gevolgd door minder dan eens per jaar (n = 48). Slechts een enkele respondent rapporteerde een wekelijkse (n=2) of maandelijkse storing (n = 2). Daarnaast wordt enkele keren per jaar (n=21) en eenmalig (n = 13) genoemd. Er zijn 22 respondenten die niet weten hoe vaak er een storing is.

Uit de enquête volgt dat storingen het meest worden opgemerkt via externe partijen (n = 96) of via het gebouwbeheersysteem (n = 55). Er werd ook vaak aangegeven dat er per locatie meerdere manieren zijn om storingen op te merken (zowel op locatie als via externe partij). Van de 68 respondenten die aangaven dat er nooit storingen zijn (geconstateerd), gaven er 19 aan nooit *Legionella* te hebben aangetroffen, maar de overige 48 wel of in meerdere mate. Bij één respondent was het niet bekend of er nog *Legionella* is aangetoond.

Periodieke controle, onderhoud en reparaties worden bij 145 van de 176 respondenten uitgevoerd door een extern beheerbedrijf of de leverancier van de beheerstechniek. 28 respondenten gaven aan dat dit in eigen beheer is en 17 respondenten rapporteren dat dit een combinatie is van zelf uitvoeren en gebruikmaken van externe partijen.

4.2.8 *Kosten*

De totale aanschafkosten, inclusief installatie op de locatie, van de huidige beheerstechniek verschilden aanzienlijk. Dit kan te maken hebben met de verschillende omstandigheden zoals leeftijd en grootte van de leidingwaterinstallatie, voorbereidende werkzaamheden en of een leidingwaterinstallatie moet worden aangepast. Daarbij valt onder meer te denken aan verwijderen van dode leidingen of voorkomen van hotspots. Deze aanpassingen dienen eigenlijk niet gerekend te worden tot de aanschafkosten omdat het verwijderen van dode leidingen onderdeel is van goed onderhoud van de leidingwaterinstallatie volgens NEN1006. Het is echter ook mogelijk dat respondenten niet goed weten wat verstaan wordt onder aanschaf- en onderhoudskosten. Dit lijkt te worden geïllustreerd door respondenten die hebben aangegeven handmatig te spoelen. In principe zijn er geen aanschafkosten voor handmatig spoelen maar toch blijkt uit de antwoorden van drie respondenten dat er sprake kan zijn van aanschafkosten tot € 10.000,- Dergelijke inschattingen kunnen ook gemaakt zijn bij andere beheerstechnieken. Het is daarom niet goed mogelijk conclusies te trekken uit de gegeven antwoorden. Hieronder volgt daarom alleen een globaal overzicht van de genoemde bedragen.

De respondenten noemden aanschafprijzen tussen minder dan € 5.000,- en meer dan € 40.000,-. Ongeveer een derde van de respondenten was niet bekend met de totale aanschafprijs. Ook de jaarlijkse kosten varieerden sterk, tussen minder dan € 1.000,- en meer dan € 15.000,-. Ruim de helft van de respondenten gaf aan dat de huidige situatie geld bespaart ten opzichte van een eerdere situatie. De grootste besparing zit in de personeelskosten. Dit kan met uitbesteding te maken hebben. Ook minder normafwijkingen en minder waterverbruik worden genoemd.

Kostenbesparing als reden voor een andere beheerstechniek werd genoemd door 62 van de 176 respondenten. Echter, elf respondenten antwoordden dat er geen kostenbesparingen waren en 33 respondenten gaven aan dat de kosten toenamen. Als reden werd onder meer genoemd dat er meer kosten waren door watergebruik, energiegebruik, personeelskosten, onderhouds- en reparatiekosten en monstername. Tot slot gaven 36 respondenten aan niet op de hoogte te zijn van het gevolg voor de kosten van de vernieuwde installatie en is het door 34 respondenten niet ingevuld.

4.3 Interviews met drinkwaterbedrijven en ILT

Alle geïnterviewde personen van de drie drinkwaterbedrijven benadrukten dat het uitgangspunt van elke leidingwaterinstallatie zou moeten zijn dat de aanleg, het onderhoud en het beheer plaatsvindt volgens de in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) aangewezen NEN 1006. Als deze regelgeving beter wordt nageleefd, verwachten de geïnterviewden dat er minder beheerstechnieken nodig zijn omdat legionellagroei dan beter beheerst is.

Zowel de medewerkers van de drinkwaterbedrijven als ILT benoemden dat artikel 44 uit het Drinkwaterbesluit in de praktijk moeilijk te handhaven is. In artikel 44 is de “volgorde beheersmaatregelen” opgenomen. In het artikel staat dat het beheer dient plaats te vinden volgens thermisch, fysisch of fotochemisch beheer. Hier kan van worden afgeweken indien een BRL6010-gecertificeerd adviseur schriftelijk motiveert dat dit redelijkerwijs niet mogelijk is en dat een elektrochemisch techniek zou moeten worden toegepast. Als een elektrochemische techniek niet redelijkerwijs mogelijk is, kan na schriftelijke motivatie worden gekozen voor chemisch beheer, mits voldaan wordt aan de geldende regelgeving. Dit wordt ook wel het ladder- of trapmodel genoemd.

In de praktijk lijkt artikel 44 meer gezien te worden als ‘overwegingstrap’. Als in een schriftelijke motivatie staat dat beheersing alleen mogelijk is met een (elektro)chemische techniek, het biocide is toegelaten door het Ctgb en dat wordt voldaan aan artikel 20 van de Drinkwaterregeling, dan zijn er op dit moment onvoldoende mogelijkheden om de plaatsing van de techniek te weigeren. Een (elektro)chemische techniek kan ook geplaatst zijn in een (redelijk) nieuw gebouw. De geïnterviewden constateren dat BRL6010-gecertificeerde adviseurs ook producenten of leveranciers kunnen zijn van beheerstechnieken en dat het inzetten van (elektro)chemisch beheer een verdienmodel lijkt te zijn. De ILT gaf echter ook aan dat het nooit de bedoeling is geweest dat eerst elke fysische en fotochemische techniek moet zijn uitgeprobeerd voordat een elektrochemisch beheerstechniek mag worden toegepast.

Door zowel geïnterviewden van de drinkwaterbedrijven als ILT werden enkele zorgen geuit over het toepassen van biociden in het drinkwater. Voor koper/zilver-ionisatie werd vooral het zilver dat in het afvalwater terechtkomt genoemd en dat nog onbekend is wat de gezondheidsrisico’s zijn van zilver op de lange termijn. Aangegeven werd dat in het verleden daarom een maximum aantal systemen per

rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) mochten lozen. Eén van de geïnterviewden merkte op dat dit in de praktijk lijkt te worden losgelaten.

Inmiddels zijn er ook meerdere leidingwaterinstallaties waar chloordioxide als beheerstechniek wordt toegepast. Deze biocide is door het Ctgb toegelaten en, in tegenstelling tot koper/zilver-ionisatie, mag chloordioxide ook worden toegepast bij niet-prioritaire locaties. Voorwaarde is wel dat voldaan wordt aan artikel 20 van de Drinkwaterregeling. Zowel ILT als de controleurs hebben aangegeven hier geen voorstander van te zijn en ILT vindt ook dat het niet nodig zou moeten zijn. Een aantal van de gesproken personen is ook van mening dat het bijzonder is dat bij elke collectieve leidingwaterinstallatie het water nu gechloreerd kan worden. Hierbij noemde één van de geïnterviewden dat de drinkwaterbedrijven ook trots zijn op het ongechloreerde Nederlandse drinkwater, als een van de weinige landen in de wereld. Inmiddels wordt voor certificering van een chemische beheerstechniek in een leidingwaterinstallatie gewerkt aan een Kiwa BRL K14010-deel 3 (in december 2023 nog niet gepubliceerd). Eén van de geïnterviewde personen noemde als voorstel om de (elektro)chemische techniek niet continu aan te zetten, maar alleen periodiek of als het nodig is bij een overschrijding. Het betreft immers een desinfecterende techniek die preventief wordt toegepast en hiermee worden de biociden in het leidingwater gereduceerd.

Tot slot werd opgemerkt dat de betrokkenheid en kennis over het legionellabeheer, en de beheerstechniek in het bijzonder, afneemt bij prioritaire locaties. Het legionellabeheer is veelal uitbesteed en de beheersplannen worden zelden nog geraadpleegd. Als voorbeeld werd genoemd dat een UV-lamp niet aan stond en er ook geen storingsmelding was waardoor het niet werd opgemerkt.

5 Discussie

5.1 Vergelijking met rapport uit 2012

Het uitgevoerde onderzoek heeft ten opzichte van het briefrapport van Schalk *et al.* (2012) enkele aanvullende inzichten opgeleverd over met name chemische beheerstechnieken. Ook is meer inzicht verkregen in de factoren die de effectiviteit van de beheerstechnieken beïnvloeden. Niet veranderd ten opzichte van Schalk *et al.* (2012) is dat de studies vooral een beheerstechniek evalueren die is geplaatst vanwege een (chronische) verhoogde concentratie *Legionella*. Uit deze studies kunnen daardoor enkel conclusies worden getrokken over het effect van een specifieke beheerstechniek die wordt toegepast in een leidingwaterinstallatie van een gebouw met specifieke omstandigheden.

Uit enkele studies blijkt dat het toepassen van verschillende beheerstechnieken op hetzelfde leidingnetwerk verschillende resultaten kan boeken (Muzzi *et al.*, 2020). Hieruit blijkt dat factoren in de aanleg en het gebruik van de leidingwaterinstallatie, zoals de warmwatertemperatuur, invloed kunnen hebben op de effectiviteit van de beheerstechniek (Kyritsi *et al.*, 2018; Rasheduzzaman *et al.*, 2020; Quero *et al.*, 2021; Jeanvoine *et al.*, 2023; Lombardi *et al.*, 2023). Deze resultaten bevestigen dat de conclusie uit het rapport van 2012 over de invloed van de aanleg en gebruik van de leidingwaterinstallatie op de effectiviteit nog steeds geldend is. Ook wordt in deze studie nogmaals bevestigd dat thermisch beheer bij vooral complexere installaties niet altijd effectief is om *Legionella* te beheersen, waardoor andere beheerstechnieken toegepast moeten worden om tot betere beheersing te komen.

5.2 Inventarisatie beheerstechnieken

Uit de resultaten van de enquête blijkt dat in Nederland in ieder geval gebruik wordt gemaakt van thermisch beheer, membraanfilters, UV-systemen, ultrasone cavitatie, anodische oxidatie, koper/zilver-ionisatie en biociden op basis van chloor. De respondenten noemden niet het AOT-systeem, maar het is aannemelijk dat deze techniek ook wordt toegepast in Nederland. Het is niet uit te sluiten dat er nog andere beheerstechnieken worden gebruikt die zijn gemist met de uitgevoerde enquête. De technieken die in de literatuurstudie zijn geïdentificeerd zijn de meest genoemde toegepaste technieken in de enquête. Van 2012 tot heden zijn er (nog steeds) geen wetenschappelijke artikelen gepubliceerd over effectiviteit in de praktijk bij leidingwaterinstallaties van warmtelint en actieve koeling (beide onderdeel van thermisch beheer), POE-filters, fotochemische beheerstechnieken (AOT) en anodische beheerstechnieken. Het is hierdoor onduidelijk wat het effect is van deze technieken ten opzichte van beheerstechnieken waarover wel wetenschappelijke praktijkstudies zijn gepubliceerd, zoals handmatig thermisch beheer, POU-filtratie en koper/zilver-ionisatie.

5.3 Effectiviteit beheerstechnieken

Het doel van legionellapreventie is het voorkómen van infecties met legionellabacteriën (legionellose). Uit de literatuurstudie kwam één

studie naar voren waarin werd gesuggereerd dat door het toepassen van filters in combinatie met chloordioxide legionellosepatiënten zijn voorkomen in een Italiaans ziekenhuis (Muzzi *et al.*, 2020). In het eerste jaar van het gebruik van deze technieken waren er drie patiënten. In de zeven jaar erna (tot einde studie) werden er echter geen patiënten meer gemeld. In de tien jaar daarvoor werd eerst enkele jaren thermische en chemische desinfectie toegepast en daarna een aantal jaren koper/zilver-ionisatie. Deze technieken waren volgens het artikel niet in staat een totaal van twaalf patiënten te voorkomen in dit ziekenhuis.

Bij twee andere ziekenhuizen waren ondanks het toepassen van koper/zilver-ionisatie meerdere meldingen van legionellose beschreven (Demirjian *et al.*, 2015; Kessler *et al.*, 2021). Kessler en collega's beschrijven dat door een chemische desinfectie, het terugzetten van de oude setting van de koper/zilver-ionisatie en gebruik van POU-filters geen nieuwe patiënten zijn gemeld. Demirjian en collega's hadden geen meldingen meer van patiënten door direct na vaststelling van de bron het drinkwater niet meer te gebruiken en in plaats daarvan flessen water. Ook werden POU-filters toegepast. Daarna is een thermische en chemische desinfectie uitgevoerd en vervolgens ter preventie een continue dosering chloor in het leidingwater.

Meerdere studies beschrijven dat beheerstechnieken effectief waren in de praktijk. Bijvoorbeeld in ziekenhuizen waar koper/zilver-ionisatie, chloorbehandeling in combinatie met filtratie (POU) of membraanfiltratie (POU) is toegepast werd geen *Legionella* meer gedetecteerd in het leidingwater (Orsi *et al.*, 2014; Cloutman-Green *et al.*, 2019; Parkinson *et al.*, 2020). Het kan soms enige tijd duren, soms wel maanden, voordat een (elektro)chemische beheerstechniek ervoor zorgt dat de aantallen *Legionella* onder het detectieniveau komen (Barbosa & Thompson, 2016; Walraven *et al.*, 2016). Echter, uit de resultaten van de literatuurstudie en de enquête blijkt dat met geen enkele beheerstechniek die werkzaam is in de gehele installatie, of een combinatie van beheerstechnieken, kan worden gegarandeerd dat de concentratie *Legionella* in elke leidingwaterinstallatie altijd onder de legionellanorm van < 100 kve/L is en blijft. In studies naar de effectiviteit van technieken die gericht zijn op beheersing van legionellagroei in de hele leidingwaterinstallatie (systemisch beheer) wordt veelal alleen een reductie van het aantal positieve tappunten of van de concentratie legionellabacteriën gerapporteerd (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020). Het is echter niet bekend of hiermee ook infecties worden voorkomen. Voor *Legionella* is een relatie tussen een aangetoonde concentratie *Legionella* in het water en kans op legionellose niet bekend. Dit is onder meer afhankelijk van het aanwezige type *Legionella*, de populatie die wordt blootgesteld en de wijze waarop verneveling plaatsvindt. Een legionellapneumonie is ook mogelijk door blootstelling aan leidingwater waar alleen lage concentraties *Legionella* (< 1.000 kve/L) zijn aangetoond (Euser *et al.*, 2013).

POU-technieken zoals douchefilters (lokaal beheer) lijken effectief in het tegenhouden van *Legionella*: zelden of nooit zijn *Legionella* gedetecteerd bij tappunten waar deze techniek werd toegepast (Barna *et al.*, 2014; Baron *et al.*, 2014; Orsi *et al.*, 2014; Baron *et al.*, 2020; Parkinson *et*

al., 2020). Wel lijkt groei door het filter heen mogelijk waardoor soms een lage concentratie *Legionella* of andere bacteriën konden worden aangetoond (Baron *et al.*, 2014; Parkinson *et al.*, 2020). De literatuurstudie leverde geen artikelen op waarin de effectiviteit van POE-filters werd besproken. Er zijn voor deze beheerstechniek dan ook geen nieuwe inzichten. Voor POE UV-systemen werden wel enkele studies gevonden. De effectiviteit was wisselend en deze techniek werd veelal in combinatie gebruikt met filters of chloor waardoor niet duidelijk was wat voor aandeel het UV-systeem heeft in het voorkomen van de blootstelling aan *Legionella*. Ook werd in de artikelen gemeld dat groei in de nageschakelde installatie nog steeds mogelijk is. Deeltjes of protozoa in het water kunnen tot onvoldoende blootstelling leiden waardoor *Legionella* niet wordt geïnactiveerd (Springston and Yocavitch, 2017; NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).

De enquête onderschrijft de resultaten uit de literatuur. Ondanks het plaatsen van een of meerdere beheerstechnieken rapporteerden ongeveer driekwart van de 176 respondenten dat *Legionella* alsnog werd aangetoond. Bij ongeveer een kwart van de respondenten was dat bij elke monstername-ronde en negen respondenten antwoordden dat meer dan 30% van de tappunten positief is, ondanks gebruik van een beheerstechniek. Voor elke beheerstechniek die door meerdere respondenten werden genoemd zijn positieve monsters gerapporteerd.

5.4 Factoren die van invloed zijn op de effectiviteit in de praktijk

In de literatuur worden verschillende redenen gegeven voor het niet geheel verwijderen van *Legionella* in de leidingwaterinstallatie ondanks gebruik van beheerstechnieken:

- *Microbioom van bestaande leidingwaterinstallaties*
  De samenstelling van het aangevoerde leidingwater en het microbioom in de leidingwaterinstallatie is van invloed op de effectiviteit van een beheerstechniek (NAS, 2020; Van der Wielen *et al*., 2021). Met het microbioom wordt hier bedoeld de samenstelling van de aanwezige micro-organismen in de biofilm en het leidingwater. Protozoa in de leidingen, zoals amoeben, zijn beter bestand tegen hitte en biociden dan *Legionella,* waardoor legionellabacteriën die aanwezig zijn in deze protozoa ook kunnen overleven en vervolgens kunnen vermeerderen (NAS, 2020; Nisar *et al.*, 2020; Sciuto *et al.*, 2021). Dit komt onder meer doordat protozoa cysten kunnen vormen die beter bestand zijn tegen hitte en biociden (Abu Khweek and Amer, 2018; NAS, 2020; Sciuto *et al.*, 2021; Ashbolt, 2023). Ook blijkt het lastig een reeds lang bestaande biofilm geheel uit de leidingen te verwijderen waardoor de biofilm weer terug kan groeien en de concentratie *Legionella* weer toe kan nemen (Cervero-Arago *et al*., 2019). Het is daarom van belang dat beheerstechnieken die gericht zijn op het beheersen van legionellagroei in de hele leidingwaterinstallatie ook effectief zijn in het bestrijden van protozoa-cysten en biofilm(vorming).
  Resistentie van *Legionella* voor koper/zilver-ionisatie en chloor is beschreven (Rhoads *et al.*, 2014; Assaidi *et al*., 2020; Carlson *et al*., 2020; Sciuto *et al.*, 2021; NAS, 2020). Er zijn echter ook artikelen waarin wordt beschreven dat resistentie door

koper/zilver-ionisatie niet duidelijk is (Baron *et al.*, 2020; LeChevallier, 2023). Tot slot kunnen legionellabacteriën door toepassen van beheerstechnieken *viable but noncultureable* (VBNC) worden, waardoor ze beter bestand zijn tegen stressfactoren en enige tijd niet detecteerbaar kunnen zijn (NAS, 2020). Legionellabacteriën in VBNC-fase kunnen na verloop van tijd weer in staat zijn zich te vermeerderen (Dietersdorfer *et al*., 2018; Schrammel *et al*., 2018).

- *Locatie-specifieke eigenschappen van de leidingwaterinstallatie*
  In het rapport van Schalk *et al.* uit 2012 was al beschreven dat de manier waarop een installatie is aangelegd van invloed kan zijn op de effectiviteit van beheerstechnieken. Een leidingwaterinstallatie kan verouderd zijn, veel dode leidingdelen bevatten, verkeerde dimensies van leidingen hebben of leidingmateriaal bevatten dat biofilmbevorderend is (NAS, 2020; Van der Wielen *et al*., 2021). Deze factoren kunnen leiden tot voor *Legionella* gunstige omstandigheden doordat meer biofilmvorming kan plaatsvinden en/of meer protozoa aanwezig zijn (Van der Wielen *et al.*, 2021). Beheerstechnieken kunnen daardoor onvoldoende in staat zijn de concentratie *Legionella* in leidingwater te beheersen. De effectiviteit van beheerstechnieken op biofilm kan worden beïnvloed door het gekozen materiaal van het leidingnetwerk. Zo is vrij chloor effectiever tegen biofilm in een koperen leiding, terwijl monochlooramine effectiever lijkt tegen een biofilm op een PVC-ondergrond (Buse *et al.*, 2022b). In *Management of Legionella in water Systems* wordt gesteld dat het uitgangspunt moet zijn dat een leidingwaterinstallatie correct wordt aangelegd (NAS, 2020). Hierdoor wordt legionellagroei voorkomen of beter te beheersen. Onder meer overdimensionering van leidingen moet worden voorkomen, water moet voldoende stromen en het temperatuurverval van warm water zou niet meer dan 5 °C moeten zijn bij een tappunt ten opzichte van de warmwaterbereider (NAS, 2020). Dit is in lijn met de opmerkingen van de geïnterviewde medewerkers van de drinkwaterbedrijven en ILT. De geïnterviewde medewerkers stellen dat de normen voor aanleg en onderhoud van leidingwaterinstallaties (NEN1006) beter gevolgd zouden moeten worden. Dit zou de noodzaak voor toepassen van beheerstechnieken kunnen verminderen. Echter, door het gebruik van biofilmbevorderende leidingmaterialen blijven verhoogde legionellaconcentraties in correct aangelegde en onderhouden leidingwaterinstallaties mogelijk (Van der Wielen *et al.*, 2021).
- *Implementatie en beheersing van de beheerstechniek op de locatie*
  Uit de literatuurstudie blijkt dat het onderhoud en het beheer van de beheerstechniek op de locatie van invloed is op de effectiviteit. Als de beheerstechniek niet goed wordt gemonitord en onderhouden, kan de effectiviteit afnemen omdat de techniek niet meer goed werkt, bijvoorbeeld omdat de UV-lamp stuk is of het filter verstopt zit. Vooral voor biociden die worden toegepast in (elektro)chemische beheerstechnieken is het van belang dat er regelmatig wordt gespoeld om een voldoende hoge concentratie biociden in alle delen van de leidingwaterinstallatie te behouden (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).

Veranderingen in de leidingwaterinstallatie en de beheerstrategie kunnen tot een afname leiden van de effectiviteit van de technieken in het reduceren van *Legionella*. Voorbeelden hiervan zijn de eerder beschreven studies waaruit bleek dat ondanks gebruik van een beheerstechniek toch meerdere patiënten werden gemeld. De oorzaak van de patiënten werd onder meer toegeschreven aan de aanpassingen van de leidingwaterinstallatie en verandering in het beheer (Demirjian *et al.*, 2015; Kessler *et al.*, 2021). Het is dan ook belangrijk om na aanpassingen aan de leidingwaterinstallatie en/of instellingen van de beheerstechniek extra te monitoren of er geen overschrijdingen van de norm van 100 kve/L zijn.
Uit de enquête bleek dat er zowel gebreken in de leidingwaterinstallatie als in het beheer mogelijk zijn. Gerapporteerd werd dat er risicofactoren aanwezig zijn in de installatie zoals dode leidingen en biofilmbevorderend materiaal. Ook is het niet altijd mogelijk het koud water koud te houden en warm water warm. Hiervoor worden de beheerstechnieken toegepast, maar dit leidt in veel situaties niet tot beheersing van *Legionella* onder de Nederlandse norm van 100 kve/L. Dit geldt echter ook voor een deel van de 69 respondenten die aangaven alle risicofactoren te hebben weggenomen. Bij 48 van deze 67 respondenten werd nog altijd in meer of mindere mate *Legionella* aangetroffen in de leidingwaterinstallatie, maar bij de overige respondenten werden geen positieve watermonsters meer gevonden.

5.5 Aandachtspunten bij gebruik van beheerstechnieken

Voor het maken van een (beleids)keuze om een bepaalde beheerstechniek toe te passen, is het van belang een goed overzicht te hebben van de aandachtspunten. Met aandachtspunten word in dit rapport bedoeld: punten die, naast informatie over de effectiviteit, meewegen in het maken van een besluit over het toepassen van een beheerstechniek. Denk hierbij aan mogelijke vorming van (schadelijke) bijproducten, de vraag of het arbeidsintensief is, wat voor gevolgen het product heeft op het milieu en of er mogelijke schade kan optreden aan de leidingwaterinstallatie bij langdurig gebruik.

Het toepassen van beheerstechnieken bij een leidingwaterinstallatie zorgt voor aanvullende werkzaamheden en kosten. De techniek moet worden onderhouden, er moet worden gecontroleerd of de techniek nog optimaal werkt en of onderdelen (periodiek) moeten worden vervangen, gereinigd of aangevuld. Hoeveel tijd en geld dit kost is afhankelijk van de techniek en de complexiteit van de leidingwaterinstallatie. Hierover zijn dan ook geen eenduidige uitspraken te doen. In overzichtsartikelen werd vermeld dat thermisch beheer relatief veel arbeidsuren en energie kost (Baron *et al.*, 2020; Carlson *et al.*, 2020).

Voor POU-filters en UV-installaties is periodieke vervanging van filters en lampen nodig en zijn er vaak terugkomende kosten (Borella *et al.,* 2016). Ook bestaat de kans dat gebruikers het POU-filter (niet correct) verwijderen als de waterdruk afneemt en er alsnog besmetting of contaminatie kan optreden (Barna *et al*., 2014; Borella *et al.*, 2016).

Deze POU-technieken zijn daarom vooral geschikt op locaties waar gebouwbeheerders en/of deskundigen infectiepreventie het uitvoeren van legionellapreventie als dagelijkse taak hebben zoals ziekenhuizen. Voor (elektro)chemisch beheer wordt het regulier meten van de juiste concentratie genoemd (monitoring) (Baron *et al.,* 2014; NAS, 2020; Carlson *et al*., 2020). Ook op basis van de enquête konden geen conclusies getrokken worden over de kosten van elke beheerstechniek. De schattingen liepen sterk uiteen en er zijn aanwijzingen dat respondenten verkeerde schattingen hebben gemaakt van de kosten.

Een ander aandachtspunt is of er bijproducten worden gevormd en de leidingwaterinstallatie op termijn kan worden beschadigd. Fysische technieken zoals filters en UV-installaties vormen geen bijproducten, beschadigen de leidingwaterinstallatie niet, veranderen de smaak of geur niet en er komt geen aanslag op het sanitair (Borella *et al.*, 2016; Baron *et al.*, 2020). Voor thermisch beheer geldt dit ook maar als er (veelvuldig) thermische desinfectie (hitteschok) plaatsvindt in warm- of koudwaterinstallaties, kan beschadiging mogelijk optreden en er is kans op verbranding van de huid (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020). Voor (elektro)chemische beheerstechnieken zijn deze aandachtspunten wel van toepassing (NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020). Vorming van schadelijke bijproducten zoals chloriet en chloraat wordt vooral genoemd voor chloorproducten (Marchesi *et al.*, 2013; WHO 2017; Baron *et al.*, 2020). Ook kunnen schadelijke stoffen worden gevormd zoals trihalomethanen, haloacetonitrilen en haloazijnzuren (Richardson *et al*., 2000; Hrudey, 2009).

Corrosie van leidingen wordt voor alle besproken biociden gerapporteerd, met name bij vrij chloor en chloordioxide (Rhoads *et al.*, 2014; Borella *et al.*, 2016; Girolamini et al., 2019; NAS, 2020; Baron *et al.*, 2020;). Ook wordt een geur- en smaakverandering gerapporteerd door gebruik van biociden op basis van chloorverbindingen (Borella *et al.*, 2016; NAS, 2020). Voor koper/zilver-ionisatie wordt verkleuring van het sanitair gemeld door aanslag van zilver (Triantafyllidou *et al.*, 2016; Carlson *et al.*, 2020). Dit laatste aandachtspunt is ook vaak gemeld in de enquête. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat van de genoemde (elektro)chemische technieken er een oververtegenwoordiging is van respondenten die koper/zilver-ionisatie toepassen. Voor anodische oxidatie wordt door twee respondenten smaakverschil genoemd. Waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van in situ gevormd vrij chloor.

5.6 Aandachtspunten bij gebruik van beheerstechnieken in Nederlandse leidingwaterinstallaties

Door de vele factoren die van invloed zijn op de effectiviteit van een beheerstechniek is het niet goed mogelijk verschillende studies onderling te vergelijken. Vaak is onbekend hoe een leidingwaterinstallatie is aangelegd en onderhouden. In andere landen gelden andere regels voor het aanleggen, onderhouden en beheren van leidingwaterinstallaties. Ook zijn veel van de beschreven praktijkstudies uitgevoerd in landen waar het drinkwater een chloorresidu kan bevatten. Niet elk artikel vermeldt of er sprake is van een chloorresidu en zelden wordt vermeld hoe hoog de concentratie vrij chloor is in de

leidingwaterinstallatie. Deze biocide kan invloed hebben op de gekozen beheerstechniek en daardoor is een vertaling naar de Nederlandse praktijk lastig. Als bijvoorbeeld geconcludeerd wordt dat door het spoelen (thermisch beheer) er geen of minder *Legionella* wordt gedetecteerd, is het mogelijk dat dit komt doordat het spoelen heeft gezorgd voor een chloorresidu in de leidingwaterinstallatie. In Nederland bevat het leidingwater echter geen chloorresidu waardoor met spoelen niet hetzelfde effect verwacht kan worden.

5.6.1 Chemisch beheer in Nederland

Nieuw ten opzichte van Schalk *et al.* (2012) is dat er biociden zijn toegelaten voor chemisch beheer die continu mogen worden toegepast in Nederlandse collectieve leidingwaterinstallaties. In de gebruiksvoorschriften van de biociden voor chemisch beheer is niet expliciet opgenomen dat het alleen mag worden toegepast in prioritaire locaties. Het is daardoor mogelijk om onder meer chloordioxide en calciumhypochloriet toe te passen bij niet-prioritaire locaties, zoals scholen en kantoren, mits voldaan wordt aan het gebruiksvoorschrift en geldende regelgeving. De voorwaarde voor alleen gebruik in prioritaire locaties is op dit moment nog wel opgenomen in gebruiksvoorschriften voor koper/zilver-ionisatie (gebruiksvoorschrift) en anodische oxidatie (gebruiksvoorschrift). Echter, bij toekomstige toelatingen of verlengingen van elektrochemische biociden zal deze voorwaarde komen te vervallen.

KIWA is op dit moment bezig met de ontwikkeling van certificering voor chemische beheerstechnieken: Kiwa BRL-K14010-deel 3 (stand van zaken december 2023). Deze BRL stelt voorwaarden waaraan de installaties waarmee de biociden in de leidingwaterinstallatie worden toegediend moeten voldoen om te worden gecertificeerd, zoals de concentratie van het middel dat maximaal mag worden toegevoegd. In de BRL zal echter niet worden opgenomen waar de biociden mogen worden toegepast. Hiermee blijven er mogelijkheden om de biociden in niet-prioritaire locaties toe te passen als gemotiveerd wordt dat aan artikel 20 van de Drinkwaterregeling wordt voldaan.

Doordat het continu toevoegen van biociden in het kader van legionella-beheer nog maar sinds kort in Nederland is toegestaan en er weinig respondenten deze techniek toepassen, kan nog weinig gezegd worden over de ervaringen met deze techniek in Nederland. In het buitenland is echter al vele jaren ervaring met deze biociden en zoals vermeld in de vorige paragraaf kan er op termijn sprake zijn van onder meer resistentie van *Legionella* voor het biocide, kunnen voor de gezondheid schadelijke bijproducten worden gevormd en kan er schade ontstaan aan de leidingwaterinstallatie (Borella *et al.*, 2016; Carlson *et al*., 2020; Nisar *et al*., 2020; Khan *et al.*, 2022). Vanwege mogelijke resistentie voor biociden en antibiotica en de impact op het milieu pleit de Gezondheidsraad voor terughoudendheid met het gebruik van desinfectantia (Gezondheidsraad, 2016). Gezien de uitspraak van de Gezondheidsraad en de ervaringen in andere landen is terughoudendheid in gebruik te prefereren en dient een afweging te worden gemaakt of het continu toepassen van de biociden bij prioritaire locaties echt nodig is voor het voorkomen van legionellose. Bij niet-prioritaire collectieve leidingwaterinstallaties is de kans op legionellose

dermate laag dat het continu toepassen van (elektro)chemisch beheer geen meerwaarde heeft.

5.6.2 *Voorwaarden aan toepassen van (elektro)chemisch beheer*

Voorwaarde om chemisch beheer toe te passen is dat wordt voldaan aan artikel 20 van de Drinkwaterregeling. Voor prioritaire leidingwaterinstallaties geldt ook dat gemotiveerd moet worden waarom elektrochemisch beheer (en daarmee ook thermisch/ fysisch/ fotochemisch beheer) niet volstaat (Drinkwaterbesluit, artikel 44). De ILT heeft aangegeven dat zowel artikel 20 uit de Drinkwaterregeling als artikel 44 uit het Drinkwaterbesluit niet concreet genoeg is geformuleerd om goed op te kunnen handhaven. In beide artikelen wordt onder meer gesteld dat het mogelijk is de biocide of beheerstechniek toe te passen als er "redelijkerwijs geen andere mogelijkheden zijn" of een elektrochemische beheerstechniek "redelijkerwijs niet mogelijk is". Wat onder "redelijkerwijs" wordt verstaan is niet goed toegelicht waardoor het bevoegd gezag motivaties van BRL6010-gecertificeerde adviseurs onvoldoende kan toetsen.

Het *hebben* van een motivatie van een BRL6010-gecertificeerd adviseur waarin is beschreven dat een bepaalde (elektro)chemische beheerstechniek zou moeten worden toegepast kan al voldoende zijn. In gebouwen die gebouwd zijn volgens de eisen van de NEN1006:2018 kan daardoor een (elektro)chemische techniek worden toegepast. Volgens medewerkers van de ILT is het niet noodzakelijk om eerst *alle* fysische of fotochemische technieken toe te passen voordat (elektro)chemisch beheer mag worden toegepast. Daarentegen lijkt er nu al snel gekozen te worden voor een (elektro)chemische techniek. De geïnterviewden merkten daarbij op dat BRL-gecertificeerde legionella-adviesbureaus die de motivatie schrijven ook de (indirecte) verkoper kunnen zijn van een bepaalde beheerstechniek. Uit de enquête blijkt dat 94 van de 176 respondenten hebben aangegeven de techniek op aanraden van de leverancier van de beheerstechniek of het legionella-adviesbureau dat de techniek verkoopt te hebben geplaatst. Er kon niet goed worden vastgesteld of er bij deze respondenten sprake was van een regelmatig terugkerende verhoogde concentratie *Legionella* voordat besloten werd de (elektro)chemische beheerstechniek te plaatsen.

Gezien het toepassen van (elektro)chemische beheerstechnieken in ook nieuwere gebouwen roept dit twee vragen op:

- Is de leidingwaterinstallatie op de juiste wijze aangelegd en wordt de leidingwaterinstallatie op de juiste manier gebruikt?
- Was er sprake van een regelmatig terugkerende verhoogde concentratie *Legionella* die niet via andere maatregelen kon worden beheerst?

De geïnterviewde medewerkers van de ILT en de drie drinkwaterbedrijven zijn van mening dat meer aandacht zou moeten gaan naar een correcte aanleg van de leidingwaterinstallatie en vervolgens correct onderhoud en gebruik. Dit zou volgens de geïnterviewde personen tot minder overschrijdingen van de legionellanorm (< 100 kve/L) leiden. Ofwel: tijdens de bouw van de leidingwaterinstallatie en het gebruik van het gebouw dient de NEN 1006 te worden gevolgd. De antwoorden uit de enquête lijken te

ondersteunen dat er leidingwaterinstallaties zijn die niet volgens de NEN 1006 zijn aangelegd en/of worden onderhouden. Het is echter niet bekend hoe oud de gebouwen zijn van de respondenten en welke regelgeving tijdens de aanleg van de leidingwaterinstallatie gold.
Een aantal respondenten heeft geantwoord dat er geen risicofactoren zijn en dat er toch *Legionella* aanwezig is, ondanks toepassen van een beheerstechniek. Dit onderschrijft dat ook bij een correcte aanleg volgens de NEN 1006 een verhoogde concentratie *Legionella* mogelijk is. Van der Wielen *et al.* (2021) onderbouwen in hun rapport dat er een risico is op legionellagroei in de thermostatische mengkraan, doucheslang en douchekop. In deze installatieonderdelen kan groei optreden ondanks een correcte aanleg van de installatie en temperaturen die voldoen aan de eisen zoals genoemd in regels van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater. Het mogen toepassen van leidingen die gemaakt zijn biofilmbevorderend materiaal wordt ook als risico benoemd (Van der Wielen *et al.*, 2021). Hierdoor kan het lastiger zijn de biofilm te bestrijden in leidingwaterinstallaties die zijn aangelegd conform de eisen zoals opgenomen in NEN 1006.

Uit de literatuurstudie en de resultaten van de enquête kont niet worden geconcludeerd dat (elektro)chemische beheerstechnieken dermate effectiever zijn in het voorkomen van legionellose ten opzichte van andere beheerstechnieken. Het is dus niet gerechtvaardigd om deze technieken op brede schaal en zonder voorwaarden toe te passen. Vanwege de aandachtspunten uit de literatuur en de gewenste terughoudendheid in het gebruik van desinfectantia is het aan te bevelen om in de regelgeving duidelijke voorwaarden op te nemen wanneer een (elektro)chemische beheerstechniek een meerwaarde heeft en toegepast mag worden.

5.6.3 Extern beheer

Het uitbesteden van het beheer kan invloed hebben op de effectiviteit. Leveranciers van beheerstechnieken bieden totaalpakketten aan waarbij het onderhoud van de beheerstechniek en de periodieke bemonstering door de leverancier of een door de leverancier aangewezen partij wordt uitgevoerd. In het rapport van Schalk *et al.* (2012) werd al opgemerkt dat hierdoor kennis bij de juridisch eigenaar van de locatie kan ontbreken waardoor deze eindverantwoordelijke zich onvoldoende er van kan vergewissen of het legionellabeheer naar behoren werkt. De geïnterviewde medewerkers van drinkwaterbedrijven en ILT benoemen ook dat de kennis afneemt waardoor defecten niet worden herkend. Uit de enquête blijkt dat het merendeel van de respondenten het beheer hebben uitbesteed en dat ook de storingen door externe partijen worden ontvangen. Een aspect van minder kennis en verantwoordelijkheden op locatie is dat weinig gebruikte tappunten niet worden gespoeld omdat gedacht wordt dat de beheerstechniek voor voldoende beheer zorgt. Bij (elektro)chemische technieken is het echter noodzakelijk regelmatig te spoelen om een werkzame concentratie biociden in alle delen van de leidingwaterinstallatie te krijgen (Carlson *et al*., 2020). Meerdere respondenten hebben aangegeven een automatisch spoelsysteem te hebben indien een (elektro)chemische techniek wordt gebruikt. Hiermee wordt in theorie ondervangen dat het biocide niet in voldoende hoge

concentratie in de leidingen en tappunten aanwezig is, mits dit spoelsysteem correct werkt.

5.7 Toepassen beheerstechnieken bij lagere warmwatertemperatuur

Berenschot/KWR beschrijven in het rapport *Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie* dat de warmwatertemperatuur van collectieve leidingwaterinstallaties minimaal 60 °C zou moeten zijn om *Legionella* goed te beheersen (Van der Wielen *et al.*, 2021). In het kader van energiebesparing is eerder vanuit de Tweede Kamer de vraag gesteld of de warmwatertemperatuur bij woningen structureel verlaagd kan worden (Van Wolferen, 2019). Ook zijn er warmwaterbereiders op de markt die geen of minder gebruikmaken van fossiele brandstoffen, zoals warmtepompen, en efficiënter zijn als de warmwatertemperatuur (veel) lager is dan 60 °C (Van Wolferen, 2019). Deze warmwaterbereiders worden al toegepast en kunnen een bijdrage leveren aan de energietransitie. Zowel RIVM als KWR hebben het ministerie van IenW er destijds op gewezen dat door het loslaten van de temperatuureisen voor warmwater het aantal meldingen van mensen met een legionellapneumonie zal toenemen (Kamerstuk 26442, nr. 60). Ter preventie is voorgesteld om periodiek hitteschokken toe te passen bij warmwaterinstallaties die op lagere temperatuur zijn afgesteld (Van Wolferen, 2019). Uit de literatuurstudie van Berenschot/KWR blijkt echter dat dit onvoldoende helpt om legionellagroei te voorkomen en soms zelfs een averechts effect kan hebben (Van der Wielen *et al.*, 2021).

Het is niet bekend hoe groot de toename van legionellapneumonie zal zijn als op grote schaal bij zowel woningen als collectieve leidingwaterinstallaties de warmwatertemperatuur wordt verlaagd naar minder dan 55 °C op de tappunten. Wel kan worden beredeneerd dat zowel het aantal *Legionella*-positieve leidingwaterinstallaties als de concentratie *Legionella* significant zal toenemen omdat de temperatuur constant gunstig is voor groei (NAS, 2020). Boppe en collega's (2016) constateerden op basis van de berekende mediaan 2,1 $\log_{10}$ minder positieve watermonsters bij tappunten in een ziekenhuis als de temperatuur hoger was dan 55 °C. Dit blijkt ook uit de studies die in dit rapport worden besproken: een temperatuur van 55-60 °C of meer bij tappunten leidt tot duidelijk minder positieve monsters dan lagere warmwatertemperaturen, ook als er een beheerstechniek wordt toegepast of biocideresidu is (Bedard *et al.*, 2016; Gavalda *et al*., 2019; Lecointe *et al*., 2019; Rasheduzzaman *et al*., 2020; Jeanvoine *et al*., 2023; Lombardi *et al*., 2023). Wellicht dat ~50 °C zelfs gunstiger is dan ~40 °C voor legionellagroei omdat op basis van een gecontroleerde studie is geconcludeerd dat rond 51 °C er minder concurrerende micro-organismen zijn (Ji *et al.*, 2017; 2018). Echter, bij een lagere temperatuur nemen naar verwachting ook andere, mogelijk pathogene, micro-organismen toe, bijvoorbeeld *Mycobacterium avium* en *Pseudomonas aeruginosa* (Falkinham *et al.*, 2015). De verwachte significante toename van *L. pneumophila* in leidingwaterinstallaties bij een lagere temperatuur zal ook leiden tot meer kans op blootstelling aan potentieel ziekmakende stammen, waardoor de kans op legionellapneumonie (veteranenziekte) zal toenemen.

De klankbordgroep heeft de vraag gesteld in hoeverre beheerstechnieken, anders dan thermisch beheer, kunnen worden ingezet om blootstelling aan *Legionella* te voorkomen bij een lagere warmwatertemperatuur. Op basis van de literatuurstudie kan deze vraag niet goed onderbouwd worden beantwoord. Er zijn geen studies gevonden waarin is bepaald of beheerstechnieken die toegepast worden bij leidingwaterinstallaties met een lagere warmwatertemperatuur én zonder chloorresidu zorgen voor geen of minder blootstelling aan *Legionella*. Op basis van de literatuurstudie is de verwachting dat ook met toepassing van beheerstechnieken er een toename zal zijn van blootstelling aan *Legionella* als de temperatuur op grote schaal verlaagd wordt onder de 55–60 °C. Systemische beheerstechnieken kunnen positieve tappunten niet voorkomen en een temperatuur lager dan 60 °C leidt tot meer positieve tappunten. Ook beschrijven artikelen dat ondanks gebruik van een systemische beheerstechniek bij een lagere temperatuur dan 60 °C meerdere mensen een legionellapneunomie hebben gekregen (Demirjian *et al*., 2015; Kessler *et al*., 2021).

De kans op blootstelling aan verhoogde concentraties *L. pneumophila* zal naar verwachting wel lager zijn dan wanneer de temperatuur zonder beheerstechniek wordt verlaagd. Een studie toonde bijvoorbeeld aan dat het mogelijk was de warmwatertemperatuur van een Engels ziekenhuis te verlagen naar gemiddeld 43 °C en *Legionella* te beheersen door het gebruik van koper/zilver-ionisatie (Cloutman-Green *et al*., 2019). De auteurs benadrukten wel dat de leidingwaterinstallatie hiervoor moest worden aangepast en spoelprotocollen moesten worden geïmplementeerd om overal voldoende ionconcentratie te garanderen. Een kortdurende verlaging van de ionen leidde weer tot detecteerbare *Legionella*. Ook bevat het water waarschijnlijk een chloorresidu waardoor een vertaling naar de Nederlandse situatie lastig is. Dit duidt erop dat bij het verlagen van de warmwatertemperatuur een combinatie van beheerstechnieken noodzakelijk kan zijn om te voorkomen dat bij defecten of onvoldoende concentratie biociden er blootstelling aan *Legionella* plaatsvindt. Bij het niet verlagen van de warmwatertemperatuur is de temperatuur ≥ 60 °C een (extra) barrière waarmee de groei van Legionella kan worden beperkt.

Op basis van de resultaten uit de literatuur zou kunnen worden geconcludeerd dat door gebruik van POU-filters, al dan niet met een aanvullende beheerstechniek, temperatuurverlaging wel mogelijk is omdat *Legionella* zelden bij deze tappunten wordt gedetecteerd. Echter, beheer vindt alleen plaats op het tappunt waar het filter is geplaatst (lokaal beheer). Er is dus nog steeds *Legionella* in de leidingwaterinstallatie aanwezig. Hierdoor is een zeer strikte monitoring nodig als er andere vernevelende apparaten worden gebruikt, zeker op locaties waar mensen uit de risicogroep verblijven. Vernevelende apparaten of installaties zoals luchtbevochtigers en bubbelbaden mogen dan alleen gevuld en schoongemaakt worden met tappunten die voorzien zijn van een filter. Ook zijn er aandachtspunten (zie paragraaf 5.5) die ervoor zorgen dat deze beheerstechniek vooral geschikt is voor locaties waar meerdere personen continu bezig zijn met legionellabeheer, zoals bij ziekenhuizen. Het is een techniek die tijdelijk ingezet kan worden als er sprake is van een patiënt en het gebruik goed wordt gemonitord. Bij hoogrisico-afdelingen van ziekenhuizen, zoals de

hematologie-afdeling, zou kunnen worden overwogen om naast een andere (systemische) beheerstechniek continu gebruik te maken van deze POU-filters (Baron *et al.*, 2020).
Tot slot dient bij het maken van een beleidskeuze om op grote schaal beheerstechnieken toe te passen bij lagere warmwatertemperaturen niet alleen een afweging gemaakt te worden tussen energiebesparing, kosten en infectierisico's, maar ook een levenscyclusanalyse (LCA) te worden betrokken. Via een LCA kan worden berekend wat de daadwerkelijke duurzaamheidswinst is als een lagere warmwatertemperatuur gecombineerd wordt met één of meerdere beheerstechnieken. Door het uitvoeren van een LCA worden alle aspecten meegenomen die een milieuvoetafdruk hebben zoals het fabriceren van de beheerstechniek, vervoer en (frequentie van) vervangen en produceren van (reserve)onderdelen of stoffen (Huijbregts *et al.*, 2016). Gezondheidswinst wordt echter niet berekend in een LCA. Het maken van een LCA valt verder buiten de reikwijdte van dit onderzoek.

6 Conclusies en aanbevelingen

Conclusie

Uit de literatuurstudie, enquête met locatiebeheerders en gesprekken met medewerkers van drinkwaterbedrijven en de ILT blijkt dat de conclusies van het RIVM-briefrapport uit 2012 nog geldend zijn. Zowel uit het rapport van 2012 als uit de huidige studie blijkt dat de effectiviteit van de beheerstechniek afhankelijk is van onder meer de aanleg en onderhoud van de leidingwaterinstallatie, alsook van het onderhoud en gebruik van de beheerstechniek op de locatie. In het huidige rapport wordt per beheerstechniek uitgebreider beschreven welke factoren van invloed zijn op de effectiviteit, wat de aandachtspunten zijn en wat de ervaringen zijn in de praktijk. Nieuw ten opzichte van het rapport uit 2012 is dat verschillende chloorproducten zijn toegelaten die continu mogen worden gebruikt in collectieve leidingwaterinstallaties.

Legionella-groei kan worden beheerst door beheerstechnieken die werkzaam zijn in de hele leidingwaterinstallatie. Geen enkele techniek kan echter garanderen dat in elke leidingwaterinstallatie geen *Legionella* meer wordt gedetecteerd. Dit blijkt uit zowel de literatuurstudie als enquêteresultaten en is beschreven voor thermisch beheer, koper/zilver-ionisatie en verschillende chemische beheerstechnieken zoals chloordioxide. Veelal wordt een reductie gezien van het aantal positieve tappunten en een verlaging van de concentratie, maar wordt *Legionella* nog steeds gedetecteerd. De effectiviteit van deze beheerstechnieken hangt samen met de mate waarin biofilm en protozoa aanwezig zijn en kunnen worden bestreden, de staat waarin de leidingwaterinstallatie verkeert en of het beheer en onderhoud op tijd en goed wordt uitgevoerd. Door een of meerdere van deze factoren kunnen, ondanks een in werking zijnde beheerstechniek, overschrijdingen van de legionellanorm blijven bestaan. Ook kunnen aanpassingen aan de leidingwaterinstallatie en de aanwezige beheerstechniek leiden tot overschrijdingen en zelfs tot uitbraken van legionellose. Tot slot dient bij beheerstechnieken waar gebruikgemaakt wordt van biociden rekening gehouden te worden met aandachtspunten zoals de vorming van schadelijke bijproducten, (antibiotica)resistentie, corrosie van leidingen en overschrijdingen van de biocidedosering.

Van de lokaalwerkende beheerstechnieken zijn praktijkstudies gevonden over point of entry (POE) UV-systemen en point of use (POU)-membraanfilters in douchekoppen. De effectiviteit van POE UV-systemen is zeer afhankelijk van het aantal deeltjes in het water en onderhoud van de lamp om voldoende blootstellingstijd te garanderen voor inactivatie van *Legionella* en protozoa. Met name protozoa zijn lastig met UV te bestrijden. Daarnaast is een belangrijk aandachtspunt voor een POE-systeem dat er geen beheer plaatsvindt in de nageschakelde installatie. Meerdere studies beschrijven dat *Legionella* werd gedetecteerd als alleen een POE-systeem werd toegepast. Dit duidt erop dat deze techniek het beste alleen in combinatie met een andere techniek kan worden toegepast.

De meeste studies waar de effectiviteit van POU-membraanfilters zijn onderzocht, detecteerden geen *Legionella* in het leidingwater na het filter. Enkele studies concludeerden echter dat na verloop van tijd groei door het filter heen mogelijk is. Ook rapporteerden de meeste studies na enkele maanden, maar soms al na enkele weken, dichtslibben van het filter. Regelmatige en tijdige vervanging van het douchefilter is daarom noodzakelijk. Een belangrijk aandachtspunt van deze techniek is dat er alleen beheer plaatsvindt op het tappunt met het filter. Als een ander tappunt wordt verneveld of gebruikt om een vernevelend apparaat te vullen, kan blootstelling aan *Legionella* plaatsvinden.

Het is onduidelijk of elke leidingwaterinstallatie in Nederland waar een (elektro)chemische beheerstechniek wordt toegepast ook te maken heeft gehad met een terugkerende verhoogde legionellaconcentratie die niet op andere wijze kon worden opgelost. Geïnterviewde medewerkers van het bevoegd gezag en drie drinkwaterbedrijven signaleren dat deze beheerstechnieken ook in relatief nieuwe gebouwen worden toegepast. Als er wel sprake is van een terugkerende verhoging roept dit de vraag op of de leidingwaterinstallaties wel volgens de geldende eisen zijn aangelegd.

Uit deze uitgevoerde studie blijkt niet dat (elektro)chemische beheerstechnieken dermate effectief zijn en de aandachtspunten van deze technieken beperkt genoeg zijn om direct toepassing bij prioritaire locaties te adviseren, zonder eerst gedegen te onderzoeken of andere oplossingen mogelijk zijn. Terughoudendheid in het gebruik van biociden is te prefereren, gezien de uitspraak van de Gezondheidsraad hierover en de ervaringen in andere landen waar de effectiviteit niet eenduidig is en er mogelijk sprake is van resistentie. Het is daarom aan te bevelen om te bepalen of de biociden echt nodig zijn voor het voorkomen van legionellose. Bij niet-prioritaire locaties heeft het toepassen van (elektro)chemische beheerstechnieken om legionellose te voorkomen geen meerwaarde.

Voor goed legionellabeheer dient de warmwatertemperatuur minimaal 60 °C te zijn. Dit staat haaks op de wens energie te besparen en minder afhankelijk te worden van fossiele brandstoffen. Als op grote schaal de warmwatertemperatuur wordt verlaagd naar bijvoorbeeld 40-50 °C, is het aannemelijk dat ondanks het toepassen van een beheerstechniek het aantal meldingen van legionellapneumonie toeneemt. Naar verwachting is de toename groter als er geen beheerstechniek wordt toegepast, maar het is onduidelijk hoeveel groter deze toename is. Het bepalen van de gezondheidsrisico’s valt echter buiten de reikwijdte van dit rapport.

Aanbevelingen

Hieronder volgen enkele aanbevelingen naar aanleiding van de discussie en conclusie. Er zijn aanbevelingen opgenomen voor vervolgonderzoek en voor beleidsmakers.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoeken

- Onderzoek in hoeverre de eisen voor de aanleg van collectieve leidingwaterinstallaties (NEN 1006) worden nageleefd en

voldoende effectief zijn om legionellagroei te beperken. Het toepassen van (elektro)chemische beheerstechnieken bij redelijk nieuwe gebouwen lijkt te suggereren dat tijdens de aanleg de eisen niet (voldoende) worden nageleefd. Daarnaast concluderen Berenschot/KWR in hun rapport dat materialen in de leidingwaterinstallatie zijn toegestaan die biofilmvorming kunnen bevorderen.

- Stimuleer het publiceren van onderzoek naar effectiviteit en neveneffecten van legionellabeheerstechnieken in peer-reviewed tijdschriften, met name onderzoek naar beheerstechnieken waarvoor nog geen peer-reviewedartikelen zijn zoals anodische oxidatie, actieve koeling en AOT-systemen.
- Bereken, zo ver hiervoor voldoende gegevens zijn, wat de gezondheidsrisico's zijn als op grote schaal de warmwatertemperatuur lager is dan 55 °C en een of meerdere beheerstechnieken worden toegepast ten opzichte van het verlagen van de temperatuur zonder toepassing van beheerstechnieken. In dit rapport kon op basis van literatuur worden beredeneerd dat door het op grote schaal verlagen van de temperatuur het aantal patiënten ondanks toepassen van beheerstechnieken naar verwachting zal toenemen. Er zijn aanvullende gegevens nodig voor het berekenen in welke mate het aantal patiënten zal toenemen. Ook moet dan worden bekeken in welke mate beheerstechnieken mogelijke toename kunnen beperken ten opzichte van het níet toepassen van beheerstechnieken.
- Onderzoek via een levenscyclusanalyse (LCA) wat de duurzaamheidswinst is als vanwege het verlagen van de warmwatertemperatuur een of meerdere beheerstechnieken moeten worden ingezet om het aantal meldingen van legionellapneumonie-patiënten te beperken. Via een LCA kan de milieuvoetafdruk worden bepaald van de beheerstechnieken. Deze gegevens kunnen worden meegewogen bij het bepalen van de meerwaarde van het verlagen van de warmwatertemperatuur.

Aanbevelingen voor beleid

- Geef meer aandacht aan de naleving en handhaving van de eisen voor de aanleg en het onderhoud van leidingwaterinstallaties zoals verwoord in NEN 1006. Benadruk het belang van goed aangelegde en onderhouden leidingwaterinstallaties om legionellagroei te beperken. Benadruk ook dat beheerstechnieken voor legionellapreventie zijn bedoeld voor leidingwaterinstallaties van prioritaire locaties.
- Overweeg om binnen enkele weken na een relevante aanpassing van de leidingwaterinstallatie *of* na nieuwe instelling van de beheerstechniek (bijvoorbeeld aanpassing biocidedosering) watermonsters te nemen om een indicatie te krijgen of nog wordt voldaan aan de geldende norm van < 100 kve/L.
- Evalueer artikel 44 van het Drinkwaterbesluit. De huidige bewoording leidt tot verschillende interpretaties en het bevoegd gezag geeft aan dat het artikel lastig is te handhaven. Het is bijvoorbeeld onduidelijk wat wordt bedoeld als een beheerstechniek "redelijkerwijs niet mogelijk is". Overwogen kan

worden om in artikel 44 of in een ministeriële regeling, zoals genoemd in artikel 44, lid 6, op te nemen wanneer en onder welke voorwaarden een bepaalde beheerstechniek mag worden toegepast. Een voorwaarde kan zijn om aan te geven dat toepassing alleen nodig is als er sprake is van herhaaldelijke overschrijdingen van de norm in een bepaalde periode (bijvoorbeeld een jaar). Ook kan via een schriftelijke motivatie worden onderbouwd wat voor maatregelen er genomen zijn om de verhoogde concentratie te verwijderen en waarom andere oplossingen niet mogelijk of realistisch zijn. Een andere voorwaarde kan zijn dat het advies over de meest geschikte beheerstechniek moet zijn opgesteld door een adviseur die niet (indirect) een bepaalde beheerstechniek verkoopt.

- Voeg aan artikel 20, lid 3, van de Drinkwaterregeling toe dat biociden die continu in het leidingwater aanwezig zijn om legionellagroei te beheersen alleen mogen worden toegepast in prioritaire leidingwaterinstallaties, zoals genoemd in artikel 35 van het Drinkwaterbesluit.

Dankwoord

Wij willen graag de klankbordgroep bedanken voor hun kritische blik op de onderzoeksopzet en de vragenlijst voor de enquête. De geïnterviewde medewerkers van Waternet, Evides, Brabant Water en ILT bedanken wij voor hun inzichten en ervaringen met beheerstechnieken en de regelgeving.

We bedanken Ruben Zijlstra (RIVM) voor zijn bijdrage aan de achtergrondinformatie over chloreren (hoofdstuk 3). Tot slot bedanken we Robin van Leerdam, Ana Maria de Roda Husman, Ciska Schets en Petra Brandsema (RIVM) en Paul van der Wielen en Frank Oesterholt (KWR) voor het reviewen van het rapport.

Literatuur

Abu Khweek, A. and Amer, A.O. 2018. Factors Mediating Environmental Biofilm Formation by Legionella pneumophila. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology 8.

Almeida, D., Cristovam, E., Caldeira, D., Ferreira, J.J. and Marques, T. 2016. Are there effective interventions to prevent hospital-acquired Legionnaires' disease or to reduce environmental reservoirs of Legionella in hospitals? A systematic review. Am J Infect Control 44(11), e183-e188.

Andreozzi, E., Barbieri, F., Ottaviani, M.F., Giorgi, L., Bruscolini, F., Manti, A., Battistelli, M., Sabatini, L. and Pianetti, A. 2016. Dendrimers and Polyamino-Phenolic Ligands: Activity of New Molecules Against Legionella pneumophila Biofilms. Front Microbiol 7, 289.

Anoniem 2021. Vragen en knelpunten rond legionellawetgeving in leidingwater op basis van 20 jaar praktijk in Nederland.

Ashbolt, N.J. 2023. Conceptual model to inform Legionella–amoebae control, including the roles of extracellular vesicles in engineered water system infections. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology 13.

Assaidi, A., Ellouali, M., Latrache, H., Zahir, H., Karoumi, A. and Mliji, E.M. 2020. Chlorine disinfection against Legionella pneumophila biofilms. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 10(4), 885-893.

Banaschik, R., Burchhardt, G., Zocher, K., Hammerschmidt, S., Kolb, J.F. and Weltmann, K.D. 2016. Comparison of pulsed corona plasma and pulsed electric fields for the decontamination of water containing Legionella pneumophila as model organism. Bioelectrochemistry 112, 83-90.

Barbosa, V.L. and Thompson, K.C. 2016. Controlling Legionella in a UK hospital using copper and silver ionisation—A case study. Journal of Environmental Chemical Engineering 4(3), 3330-3337.

Barna, Z., Antmann, K., Paszti, J., Banfi, R., Kadar, M., Szax, A., Nemeth, M., Szego, E. and Vargha, M. 2014. Infection control by point-of-use water filtration in an intensive care unit - a Hungarian case study. J Water Health 12(4), 858-867.

Baron, J.L., Harris, J.K., Holinger, E.P., Duda, S., Stevens, M.J., Robertson, C.E., Ross, K.A., Pace, N.R. and Stout, J.E. 2015. Effect of monochloramine treatment on the microbial ecology of Legionella and associated bacterial populations in a hospital hot water system. Syst Appl Microbiol 38(3), 198-205.

Baron, J.L., Morris, L. and Stout, J.E. 2020. Control of legionella in hospital potable water systems. Decontamination in Hospitals and Healthcare.

Baron, J.L., Peters, T., Shafer, R., MacMurray, B. and Stout, J.E. 2014. Field evaluation of a new point-of-use faucet filter for preventing exposure to Legionella and other waterborne pathogens in health care facilities. Am J Infect Control 42(11), 1193-1196.

Bedard, E., Boppe, I., Kouame, S., Martin, P., Pinsonneault, L., Valiquette, L., Racine, J. and Prevost, M. 2016. Combination of Heat Shock and Enhanced Thermal Regime to Control the Growth of a Persistent Legionella pneumophila Strain. Pathogens 5(2).
Bedford, B. (2012) Legionella control in water systems using copper and silver ion generation systems, Cranfield University.
Boppe, I., Bédard, E., Taillandier, C., Lecellier, D., Nantel-Gauvin, M.-A., Villion, M., Laferrière, C. and Prévost, M. 2016. Investigative approach to improve hot water system hydraulics through temperature monitoring to reduce building environmental quality hazard associated to Legionella. Building and Environment 108, 230-239.
Borella, P., Bargellini, A., Marchegiano, P., Vecchi, E. and Marchesi, I. 2016. Hospital-acquired Legionella infections: an update on the procedures for controlling environmental contamination. Ann Ig 28(2), 98-108.
Brazeau, R.H. and Edwards, M.A. 2013. Role of Hot Water System Design on Factors Influential to Pathogen Regrowth: Temperature, Chlorine Residual, Hydrogen Evolution, and Sediment. Environ Eng Sci 30(10), 617-627.
Buse, H.Y., Hall, J.S., Hunter, G.L. and Goodrich, J.A. 2022a. Differences in UV-C LED Inactivation of Legionellapneumophila Serogroups in Drinking Water. Microorganisms 10(2).
Buse, H.Y. 2022b. Erratum: Chlorine and Monochloramine Disinfection of Legionella pneumophila Colonizing Copper and Polyvinyl Chloride Drinking Water Biofilms (Applied and Environmental Microbiology (2019)85: 7 (e02956-18) DOI: 10.1128/aem.02956-18). Applied and Environmental Microbiology, 88(7).
Carlson, K.M., Boczek, L.A., Chae, S. and Ryu, H. 2020. Legionellosis and Recent Advances in Technologies for Legionella Control in Premise Plumbing Systems: A Review. Water (Basel) 12(3), 1-676.
Casini, B., Aquino, F., Totaro, M., Miccoli, M., Galli, I., Manfredini, L., Giustarini, C., Costa, A.L., Tuvo, B., Valentini, P., Privitera, G. and Baggiani, A. 2017. Application of Hydrogen Peroxide as an Innovative Method of Treatment for Legionella Control in a Hospital Water Network. Pathogens 6(2).
Cates, E.L. and Torkzadeh, H. 2020. Can incorporation of UVC LEDs into showerheads prevent opportunistic respiratory pathogens? - Microbial behavior and device design considerations. Water Res 168, 115163.
Cervero-Arago, S., Schrammel, B., Dietersdorfer, E., Sommer, R., Luck, C., Walochnik, J. and Kirschner, A. 2019. Viability and infectivity of viable but nonculturable Legionella pneumophila strains induced at high temperatures. Water Res 158, 268-279.
Cervero-Arago, S., Sommer, R. and Araujo, R.M. 2014. Effect of UV irradiation (253.7 nm) on free Legionella and Legionella associated with its amoebae hosts. Water Res 67, 299-309.
Chiao, T.H., Clancy, T.M., Pinto, A., Xi, C. and Raskin, L. 2014. Differential resistance of drinking water bacterial populations to monochloramine disinfection. Environ Sci Technol 48(7), 4038-4047.
Cloutman-Green, E., Barbosa, V.L., Jimenez, D., Wong, D., Dunn, H., Needham, B., Ciric, L. and 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(7), 761-766.

Coniglio, M.A., Ferrante, M. and Yassin, M.H. 2018. Preventing Healthcare-Associated Legionellosis: Results after 3 Years of Continuous Disinfection of Hot Water with Monochloramine and an Effective Water Safety Plan. Int J Environ Res Public Health 15(8).
De Lorenzi, S., Salvatorelli, G. and Antonioli, P.M. 2016. Use of terminal filters to prevent Legionnaires' disease. J Hosp Infect 92(3), 301-302.
Demirjian, A., Lucas, C.E., Garrison, L.E., Kozak-Muiznieks, N.A., States, S., Brown, E.W., Wortham, J.M., Beaudoin, A., Casey, M.L., Marriott, C., Ludwig, A.M., Sonel, A.F., Muder, R.R. and Hicks, L.A. 2015. The importance of clinical surveillance in detecting legionnaires' disease outbreaks: a large outbreak in a hospital with a Legionella disinfection system-Pennsylvania, 2011-2012. Clin Infect Dis 60(11), 1596-1602.
Dietersdorfer, E., Kirschner, A., Schrammel, B., Ohradanova-Repic, A., Stockinger, H., Sommer, R., Walochnik, J. and Cervero-Aragó, S. 2018. Starved viable but non-culturable (VBNC) Legionella strains can infect and replicate in amoebae and human macrophages. Water Research 141, 428-438.
Duda, S., Kandiah, S., Stout, J.E., Baron, J.L., Yassin, M., Fabrizio, M., Ferrelli, J., Hariri, R., Wagener, M.M., Goepfert, J., Bond, J., Hannigan, J. and Rogers, D. 2014. Evaluation of a new monochloramine generation system for controlling Legionella in building hot water systems. Infect Control Hosp Epidemiol 35(11), 1356-1363.
Dziewulski, D.M., Ingles, E., Codru, N., Strepelis, J. and Schoonmaker-Bopp, D. 2015. Use of copper-silver ionization for the control of legionellae in alkaline environments at health care facilities. Am J Infect Control 43(9), 971-976.
Euser, S.M., de Jong, S., Bruin, J.P., Klapwijk, H.P., Brandsema, P.S., Reijnen, L. and Den Boer, J.W. 2013. Legionnaires' disease associated with a car wash installation. The Lancet 382(9910), 2114.
Falkinham, J.O., Pruden, A. and Edwards, M. 2015. Opportunistic Premise Plumbing Pathogens: Increasingly Important Pathogens in Drinking Water. Pathogens 4(2), 373-386.
Gavalda, L., Garcia-Nunez, M., Quero, S., Gutierrez-Milla, C. and Sabria, M. 2019. Role of hot water temperature and water system use on Legionella control in a tertiary hospital: An 8-year longitudinal study. Water Res 149, 460-466.
Gezondheidsraad 2016. Zorgvuldig omgaan met desinfectantia, Gezondheidsraad, Den Haag.
Girolamini, L., Dormi, A., Pellati, T., Somaroli, P., Montanari, D., Costa, A., Savelli, F., Martelli, A., Grottola, A., Fregni Serpini, G. and Cristino, S. 2019. Advances in Legionella Control by a New Formulation of Hydrogen Peroxide and Silver Salts in a Hospital Hot Water Network. Pathogens 8(4).
Girolamini, L., Salaris, S., Pascale, M.R., Mazzotta, M. and Cristino, S. 2022. Dynamics of Legionella Community Interactions in Response to Temperature and Disinfection Treatment: 7 Years of Investigation. Microb Ecol 83(2), 353-362.
Gobin, I., Malatesti, N., Begić, G. and Lesar, A. 2019. Innovative approach in Legionella water treatment with photodynamic cationic amphiphilic porphyrin. Water Supply 19(5), 1473-1479.
Hrudey, S.E. 2009. Chlorination disinfection by-products, public health risk tradeoffs and me. Water Research 43(8), 2057-2092.

Hua, G. and Reckhow, D.A. 2007. Comparison of disinfection byproduct formation from chlorine and alternative disinfectants. Water Research 41(8), 1667-1678.
Huijbregts, M., Steinmann, Z., Elshout, P., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Hollander, A., Zijp, M. and van Zelm, R. 2016. ReCiPe 2016 : A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.
I&W 2011. Drinkwaterbesluit. Watermanagement, M.v.I.e. (ed), Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden.
Jeanvoine, A., Richard, M., Meunier, A., Chassagne, S., Cholley, P., Gbaguidi-Haore, H., Sauget, M., Bertrand, X. and Hocquet, D. 2023. Persistent contamination of a hospital hot water network by Legionellapneumophila. Int J Hyg Environ Health 250, 114143.
Ji, P., Rhoads, W.J., Edwards, M.A. and Pruden, A. 2017. Impact of water heater temperature setting and water use frequency on the building plumbing microbiome. Isme j 11(6), 1318-1330.
Ji, P., Rhoads, W.J., Edwards, M.A. and Pruden, A. 2018. Effect of heat shock on hot water plumbing microbiota and Legionella pneumophila control. Microbiome 6(1), 30.
Jin, M., Liu, L., Wang, D.-n., Yang, D., Liu, W.-l., Yin, J., Yang, Z.-w., Wang, H.-r., Qiu, Z.-g., Shen, Z.-q., Shi, D.-y., Li, H.-b., Guo, J.-h. and Li, J.-w. 2020. Chlorine disinfection promotes the exchange of antibiotic resistance genes across bacterial genera by natural transformation. The ISME Journal 14(7), 1847-1856.
June, S.G. and Dziewulski, D.M. 2018. Copper and Silver Biocidal Mechanisms, Resistance Strategies, and Efficacy forLegionellaControl. Journal - American Water Works Association 110(12), E13-E35.
Kessler, M.A., Osman, F., Marx, J., Jr., Pop-Vicas, A. and Safdar, N. 2021. Hospital-acquired Legionella pneumonia outbreak at an academic medical center: Lessons learned. Am J Infect Control 49(8), 1014-1020.
Khan, I.A., Lee, K.H., Lee, Y.-S. and Kim, J.-O. 2022. Degradation analysis of polymeric pipe materials used for water supply systems under various disinfectant conditions. Chemosphere 291, 132669.
Kyritsi, M.A., Mouchtouri, V.A., Katsioulis, A., Kostara, E., Nakoulas, V., Hatzinikou, M. and Hadjichristodoulou, C. 2018. Legionella Colonization of Hotel Water Systems in Touristic Places of Greece: Association with System Characteristics and Physicochemical Parameters. Int J Environ Res Public Health 15(12).
LeChevallier, M. 2023. Examining the efficacy of copper-silver ionization for management of Legionella: Recommendations for optimal use. AWWA Water Science 5(2).
Lecointe, D., Beauvais, R., Breton, N., Cailleret, R. and Pangon, B. 2019. Control of legionellae in a new healthcare facility following implementation of a thermal control strategy. Infect Dis (Lond) 51(2), 102-112.
Lombardi, A., Borriello, T., De Rosa, E., Di Duca, F., Sorrentino, M., Torre, I., Montuori, P., Trama, U. and Pennino, F. 2023. Environmental Monitoring of Legionella in Hospitals in the Campania Region: A 5-Year Study. Int J Environ Res Public Health 20(8).

Lytle, D.A., Pfaller, S., Muhlen, C., Struewing, I., Triantafyllidou, S., White, C., Hayes, S., King, D. and Lu, J. 2021. A comprehensive evaluation of monochloramine disinfection on water quality, Legionella and other important microorganisms in a hospital. Water Res 189, 116656.

Mancini, B., Scurti, M., Dormi, A., Grottola, A., Zanotti, A. and Cristino, S. 2015. Effect of monochloramine treatment on colonization of a hospital water distribution system by Legionella spp.: a 1 year experience study. Environ Sci Technol 49(7), 4551-4558.

Marchesi, I., Cencetti, S., Marchegiano, P., Frezza, G., Borella, P. and Bargellini, A. 2012. Control of Legionella contamination in a hospital water distribution system by monochloramine. Am J Infect Control 40(3), 279-281.

Marchesi, I., Ferranti, G., Bargellini, A., Marchegiano, P., Predieri, G., Stout, J.E. and Borella, P. 2013. Monochloramine and chlorine dioxide for controlling Legionella pneumophila contamination: biocide levels and disinfection by-product formation in hospital water networks. J Water Health 11(4), 738-747.

Marchesi, I., Paduano, S., Frezza, G., Sircana, L., Vecchi, E., Zuccarello, P., Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Borella, P. and Bargellini, A. 2020. Safety and Effectiveness of Monochloramine Treatment for Disinfecting Hospital Water Networks. Int J Environ Res Public Health 17(17).

Martinelli, M., Giovannangeli, F., Rotunno, S., Trombetta, C.M. and Montomoli, E. 2017. Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology. J Prev Med Hyg 58(1), E48-E52.

Molina, J.J., Bennassar, M., Palacio, E. and Crespi, S. 2022. Low Efficacy of Periodical Thermal Shock for Long-Term Control of Legionella spp. in Hot Water System of Hotels. Pathogens 11(2).

Muskovic, M., Cavar, I., Lesar, A., Loncaric, M., Malatesti, N. and Gobin, I. 2021. Photodynamic Inactivation of Legionella pneumophila Biofilm Formation by Cationic Tetra- and Tripyridylporphyrins in Waters of Different Hardness. Int J Mol Sci 22(16).

Muzzi, A., Cutti, S., Bonadeo, E., Lodola, L., Monzillo, V., Corbella, M., Scudeller, L., Novelli, V. and Marena, C. 2020. Prevention of nosocomial legionellosis by best water management: comparison of three decontamination methods. J Hosp Infect 105(4), 766-772.

NAS. 2020. Management of Legionella in Water Systems. National Academies of Sciences and Medicine, The National Academies Press, Washington, DC.

Nisar, M.A., Ross, K.E., Brown, M.H., Bentham, R. and Whiley, H. 2020. Legionella pneumophila and Protozoan Hosts: Implications for the Control of Hospital and Potable Water Systems. Pathogens 9(4).

Orsi, G.B., Vitali, M., Marinelli, L., Ciorba, V., Tufi, D., Del Cimmuto, A., Ursillo, P., Fabiani, M., De Santis, S., Protano, C., Marzuillo, C. and De Giusti, M. 2014. Legionella control in the water system of antiquated hospital buildings by shock and continuous hyperchlorination: 5 years experience. BMC Infect Dis 14, 394.

Pancer, K., Matuszewska, R., Bartosik, M., Kacperski, K. and Krogulska, B. 2013. Persistent colonization of 2 hospital water supplies by L. pneumophila strains through 7 years--sequence-based typing and serotyping as useful tools for a complex risk analysis. Ann Agric Environ Med 20(4), 687-694.

Parkinson, J., Baron, J.L., Hall, B., Bos, H., Racine, P., Wagener, M.M. and Stout, J.E. 2020. Point-of-use filters for prevention of health care-acquired Legionnaires' disease: Field evaluation of a new filter product and literature review. Am J Infect Control 48(2), 132-138.
Quero, S., Parraga-Nino, N., Garcia-Nunez, M., Pedro-Botet, M.L., Gavalda, L., Mateu, L., Sabria, M. and Modol, J.M. 2021. The impact of pipeline changes and temperature increase in a hospital historically colonised with Legionella. Sci Rep 11(1), 1916.
Rasheduzzaman, M., Singh, R., Haas, C.N. and Gurian, P.L. 2020. Required water temperature in hotel plumbing to control Legionella growth. Water Res 182, 115943.
Reukers, D.F.M., Van Asten, L., Brandsema P.S., Dijkstra, F., Hendriksen, J.M.T., Hooiveld, M., Jongenotter, F., de Lange, M.M.A., Teirlinck, A.C., Willekens, G., Meijer, A., and van Gageldonk-Lafeber, A.B. 2022. Annual report Surveillance of COVID-19, influenza and other respiratory infections in the Netherlands: winter 2021/2022. RIVM report number: 2022-0098.
Rhoads, W.J., Pruden, A. and Edwards, M.A. 2014. Anticipating challenges with in-building disinfection for control of opportunistic pathogens. Water Environ Res 86(6), 540-549.
Richardson, S.D., Thruston, A.D., Caughran, T.V., Chen, P.H., Collette, T.W., Schenck, K.M., Lykins, B.W., Rav-Acha, C. and Glezer, V. 2000. Identification of New Drinking Water Disinfection by - Products from Ozone, Chlorine Dioxide, Chloramine, and Chlorine. Water, Air, and Soil Pollution 123(1), 95-102.
Schalk, J., Bartels, A. and De Roda Husman, A.M. 2012. Effectiviteit van beheerstechnieken voor legionella in drinkwaterinstallaties.
Schrammel, B., Cervero-Aragó, S., Dietersdorfer, E., Walochnik, J., Lück, C., Sommer, R. and Kirschner, A. 2018. Differential development of Legionella sub-populations during short- and long-term starvation. Water Research 141, 417-427.
Sciuto, E.L., Lagana, P., Filice, S., Scalese, S., Libertino, S., Corso, D., Faro, G. and Coniglio, M.A. 2021. Environmental Management of Legionella in Domestic Water Systems: Consolidated and Innovative Approaches for Disinfection Methods and Risk Assessment. Microorganisms 9(3).
Springston, J.P. and Yocavitch, L. 2017. Existence and control of Legionella bacteria in building water systems: A review. Journal of occupational and environmental hygiene 14(2), 124-134.
Stavrou, V., Chatziprodromidou, I.P. and Vantarakis, A. 2020 The Battle against Legionella. Disinfection in Manmade Water Systems: A Systematic Review.
Steinert, M., Hentschel, U. and Hacker, J. 2002. Legionella pneumophila: an aquatic microbe goes astray. FEMS microbiology reviews 26(2), 149-162.
Thomas, V., Bouchez, T., Nicolas, V., Robert, S., Loret, J.F. and Lévi, Y. 2004. Amoebae in domestic water systems: resistance to disinfection treatments and implication in Legionella persistence. J Appl Microbiol 97(5), 950-963.
Totaro, M., Valentini, P., Costa, A.L., Giorgi, S., Casini, B. and Baggiani, A. 2018. Rate of Legionella pneumophila colonization in hospital hot water network after time flow taps installation. J Hosp Infect 98(1), 60-63.

Triantafyllidou, S., Lytle, D., Muhlen, C. and Swertfeger, J. 2016. Copper-silver ionization at a US hospital: Interaction of treated drinking water with plumbing materials, aesthetics and other considerations. Water Res 102, 1-10.

Van der Wielen, P.W., Wierenga, W., Oesterholt, F., Oostdijk, A. and van der Werff, A. 2021 Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie. Een toekomstgerichte evaluatie van de regelgeving over legionellapreventie in leidingwaterinstallaties op basis van een wetenschappelijke en juridische analyse, Berenschot Groep B.V. en KWR.

Van Wolferen, H. 2019 Mogelijkheden voor het verlagen van de vereiste temperatuur van warm tapwater - onderzoek t.b.v. motie Van der Lee (34 902), Van Wolferen Research.

Vincenti, S., de Waure, C., Raponi, M., Teleman, A.A., Boninti, F., Bruno, S., Boccia, S., Damiani, G. and Laurenti, P. 2019. Environmental surveillance of Legionella spp. colonization in the water system of a large academic hospital: Analysis of the four-year results on the effectiveness of the chlorine dioxide disinfection method. Sci Total Environ 657, 248-253.

Walraven, N., Pool, W. and Chapman, C. 2015. The dosing accuracy of copper and silver ionisation systems: separate high purity copper and silver electrodes versus copper/silver alloys. Journal of Water Process Engineering 8, 119-125.

Walraven, N., Pool, W. and 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. Journal of Water Process Engineering 13, 196-205.

WHO 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Winder, C. 2001. The Toxicology of Chlorine. Environmental Research 85(2), 105-114.

Bijlage 1 Verstuurde vragenlijst over de ervaringen van locatiebeheerders met legionella-beheerstechnieken in leidingwaterinstallaties (enquête)

Ervaringen met legionellabeheerstechnieken in leidingwaterinstallaties

Beste verantwoordelijke voor het legionellabeheer,
Wij doen onderzoek naar de praktische ervaring met legionellabeheer op uw locatie(s). Hiervoor willen we graag meer weten over de beheerstechnieken die u gebruikt. Hoe goed werken ze en zijn er ook aandachtspunten? We hebben hiervoor een vragenlijst gemaakt. Het invullen duurt ongeveer 10 minuten en is anoniem.

Het gaat om technieken die u voortdurend gebruikt om legionella en blootstelling daaraan tegen te gaan. Dus niet om technieken die u eenmalig inzet bij een verhoogde concentratie van legionella, zoals een eenmalige chemische desinfectie.

Het kan zijn dat het legionellabeheer op uw locatie is uitbesteed aan een extern bedrijf. Wilt u dan toch zelf de vragenlijst invullen en niet doorsturen naar het externe bedrijf? Wij willen vooral graag uw ervaringen horen. U kunt wel informatie opvragen bij het externe beheerbedrijf.

Wij bedanken u hartelijk voor het meedoen aan dit onderzoek. Vragen en/op opmerkingen kunt u sturen naar legionellapreventie@rivm.nl.

Met vriendelijke groet,

Matthijs de Winter en Alvin Bartels
Onderzoekers project Effectiviteit beheerstechnieken legionellapreventie

RIVM Legionella Preventie

Voordat u de vragenlijst invult is het handig om de volgende gegevens bij de hand te hebben:

1. Informatie over de beheerstechniek(en) die u gebruikt
2. wat voor onderhoud nodig is en hoe vaak dat plaatsvindt
3. Uitslagen van monstername; is er legionella in het water aangetoond (vóór en/of ná het installeren van de beheerstechniek)?

Heeft u meer leidingwaterinstallaties met verschillende beheerstechnieken?

Vul voor elke installatie de vragenlijst in. Aan het eind van de vragenlijst staat de optie om de vragenlijst opnieuw in te vullen voor de andere installatie(s).

Heeft u meer leidingwaterinstallaties met dezelfde beheerstechniek?

Is uw ervaring met de beheerstechniek voor elke installatie hetzelfde? Is er geen legionella aangetoond? Dan hoeft u maar **één** vragenlijst in te vullen.

Achtergrond onderzoek

In Nederland worden verschillende technieken gebruikt om legionellagroei in leidingwater te voorkomen, bijvoorbeeld: automatische spoelsystemen, filters en koper-zilver-ionisatie. Ook zijn er technieken die blootstelling aan legionella voorkomen zoals legionella-douchefilters. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) onderzoekt het RIVM:

- welke beheerstechnieken op de Nederlandse markt zijn,
- wat er bekend is over de effectiviteit van deze beheerstechnieken,
- en wat de praktische ervaringen zijn met de verschillende beheerstechnieken.

Dit onderzoek is een vervolg op een eerder RIVM-onderzoek (zie RIVM rapport). Daarin is een inventarisatie gemaakt van de effectiviteit van beheerstechnieken die in Nederland op de markt zijn. Met dit nieuwe onderzoek hopen we meer inzicht te krijgen in de dagelijkse praktijk. En daarnaast bekijken we de effectiviteit van beheerstechnieken die nieuw op de Nederlandse markt zijn. Dit doen we op basis van wetenschappelijke literatuur.

De resultaten van het onderzoek worden eind dit jaar verwacht. Het rapport wordt beschikbaar gesteld aan het ministerie van IenW en zal via de RIVM website publiekelijk toegankelijk worden gemaakt.

Vraag 1: **Wat voor functie heeft het gebouw waarvoor u de vragen beantwoord?**

- Ziekenhuis
- Verpleeghuis/verzorgingshuis
- Andere zorginstelling
- Bed & Breakfast
- Hotel
- Camping of bungalowpark
- Truckstop/tankstation met douchefaciliteiten
- Gebouwen met celfunctie (bijvoorbeeld een penitentiaire inrichting of politiebureau)
- Asielzoekerscentrum
- Zwembad

- Sauna
- Anders (bijvoorbeeld sportlocatie, kantoorgebouw):

Vraag 2: **Welke beheerstechniek(en) worden er op dit moment toegepast? (meerdere antwoorden mogelijk)**

*Let op: Een techniek die **eenmalig** is gebruikt om een verhoogde concentratie te verwijderen telt niet mee.*

- Spoelen met de hand; inclusief situaties waarbij wekelijks thermisch wordt gedesinfecteerd (thermisch beheer)
- Automatische spoelinstallatie; inclusief situaties waarbij wekelijks thermisch wordt gedesinfecteerd (thermisch beheer)
- Warmtelint (thermisch beheer)
- Koeling van het drinkwater (thermisch beheer)
- Microfiltratie (POE*)
- Microfiltratie (POU*)
- Ultrafiltratie (POE*)
- Ultrafiltratie (POU*)
- UV-licht (POE*)
- UV-licht (POU*)
- Ultrasoon / Ultrasone cavitatie / Frequentietechniek
- Pasteurisatie
- Advanced Oxidation Technology (AOT)
- Koper/zilver ionisatie
- Anodische oxidatie (bijvoorbeeld elektrodiafragmalyse)
- Chloor; continue dosering (chemische desinfectie)
- Waterstofperoxide; continue dosering (chemische desinfectie)
- Ozon; continue dosering (chemische desinfectie)
- Anders, namelijk:

*POE = Point-of-entry / poortwachter; locatie beheerstechniek vlak na de watermeter of op de hoofdleiding.
POU = Point-of-use; locatie beheerstechniek bij toppuntHelp tekst

---

Vraag 3: **Wanneer is de huidige beheerstechniek in gebruik genomen? Als er meerdere technieken worden gebruikt, geef aan wanneer de laatste is geplaatst**

- 2020 – nu
- 2015 – 2019
- 2010 – 2014
- 2005 – 2009
- 2000 – 2004
- voor 2000
- Niet bekend

Vraag 4: **Is er na het plaatsen van de huidige beheerstechniek(en) legionella aangetoond?**

- Ja, altijd meer dan 30% van de watermonsters zijn positief
- Ja, er zijn bij elke reguliere bemonstering positieve watermonsters maar (meestal) minder dan 30%
- Ja, er is één keer/af en toe een positief monster
- Ja, maar ik weet niet hoe vaak
- Nee
- Niet bekend

Aanvullende toelichting (indien van toepassing)

- Maar na het plaatsen van de huidige beheerstechniek wordt al minimaal 2 jaar duidelijk minder legionella gevonden.
- Maar na het plaatsen van de huidige beheerstechniek wordt al minimaal 2 jaar duidelijk meer legionella gevonden.
- Geen aanvullende opmerkingen
- Anders, nl.

Vraag 5: **Welke beheerstechniek werd toegepast vóór de huidige beheerstechniek? (meerdere antwoorden mogelijk)**

*Let op: Een techniek die **eenmalig** is gebruikt om een verhoogde concentratie te verwijderen telt niet mee. Als er in het verleden legionella is aangetoond, vul dan de situatie of beheerstechniek in die toen in gebruik was*

- Geen (altijd dezelfde techniek gebruikt of eerder geen techniek in gebruik)
- Spoelen met de hand (thermisch beheer)
- Automatische spoelinstallatie (thermisch beheer)
- Warmtelint (thermisch beheer)
- Koeling van het drinkwater (thermisch beheer)
- Microfiltratie (POE*)
- Microfiltratie (POU*)
- Ultrafiltratie (POE*)
- Ultrafiltratie (POU*)
- UV-licht (POE*)
- UV-licht (POU*)
- Ultrasoon / Ultrasone cavitatie / Frequentietechniek
- Pasteurisatie
- Advanced Oxidation Technology (AOT)
- Koper/zilver ionisatie
- Anodische oxidatie / elektrodiafragmalyse
- Chloor (chemische desinfectie)
- Waterstofperoxide (chemische desinfectie)
- Ozon (chemische desinfectie)
- Niet bekend
- Anders, namelijk:

*POE = Point-of-entry / poortwachter; locatie beheerstechniek vlak na de watermeter of op de hoofdleiding.
POU = Point-of-use; locatie beheerstechniek bij toppuntHelp tekst

---

Vraag 6: **Welke risicofactoren voor legionellagroei kwamen uit de risicoanalyse of na onderzoek in verband met normoverschrijdingen? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Koudwatertappunt, temperatuur (regelmatig) hoger dan 25 °C
- Warmwatertappunt, temperatuur (regelmatig) lager dan 60 °C
- Warmwatertoestel zoals boiler, temperatuur (regelmatig) lager dan 60 °C
- Afgedopte/dode leidingdelen aanwezig
- Hotspots (opwarming koud waterleiding door bijvoorbeeld warmwaterleidingen/CV-leidingen)
- Hoge omgevingstemperatuur
- Stilstand water (niet wekelijks gebruik tappunten/leidingen)
- Leidingmateriaal biofilmbevorderend
- Niet bekend
- Anders, namelijk:

Vraag 7: **Zijn deze risicofactoren weggenomen vóór dat de huidige beheerstechniek werd geplaatst? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Ja, alle risico's zijn weggenomen
- Nee. De risicofactoren werden beheerst via de beheerstechniek (bijvoorbeeld via douchefilters)
- Nee. Maar er is wel een thermische reiniging/desinfectie uitgevoerd voordat de huidige beheerstechniek werd geplaatst.
- Gedeeltelijk. De volgende risico's zijn niet verwijderd of opgelost. (Meerdere antwoorden mogelijk):

  De mogelijke aanvullende antwoorden op de laatste optie:
  - Koudwatertappunt, temperatuur (regelmatig) hoger dan 25 °C
  - Warmwatertappunt, temperatuur (regelmatig) lager dan 60 °C
  - Warmwatertoestel zoals boiler, temperatuur (regelmatig) lager dan 60 °C
  - Dode leidingdelen aanwezig
  - Hotspots (opwarming koud waterleiding door bijvoorbeeld warmwaterleidingen/CV- leidingen)
  - Hoge omgevingstemperatuur
  - Stilstand water (niet wekelijks gebruik tappunten/leidingen)
  - Leidingmateriaal biofilm bevorderend
  - Anders, namelijk:

Vraag 8: **Waarom is voor de huidige beheerstechniek gekozen? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Eerder herhaaldelijk positieve monsters
- Herziening risicoanalyse/beheersplan

- Verlagen van de kosten van het dagelijks/wekelijks (handmatig) beheer
- Temperatuur warmwatertoestel (altijd) op minder dan 60 °C kunnen houden
- Is nu (volledig) geautomatiseerd
- Minder onderhoud nodig
- Hoef zelf geen acties meer uit te voeren (extern beheer)
- Op aanraden van Legionella wateradviesbureau die de beheerstechniek levert
- Op aanraden leverancier techniek
- Op advies van collega
- Mensen werden ziek door legionella
- Niet bekend
- Anders, nl. …

Vraag 9: **Zijn er veranderingen geconstateerd aan het drinkwater of leidingwerk na het plaatsen van de huidige beheerstechniek? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Nee
- Smaakverschil
- Kleurverschil
- Aanslag op sanitair
- Ruikt anders
- Troebelheid is veranderd
- Waterdruk tappunten/douches is (soms) hoger
- Waterdruk tappunten/douches is (soms) lager
- Corrosie van leidingen of kranen
- Lekkages
- Niet bekend
- Anders, namelijk:

Vraag 10: **Hoe worden storingen van de huidige legionellabeheerstechniek opgemerkt? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Nooit een storing gehad
- Wij gebruiken geen apparaat maar spoelen met de hand
- Door (regelmatig) te kijken naar display op apparaat
- Er zijn één of meerdere waarschuwingssignalen (storingslampjes/ geluid)
- Melding in gebouwbeheerssysteem
- Melding door extern beheerbedrijf
- Melding door leverancier/adviseur
- Geconstateerd tijdens regulier onderhoud
- Legionella aangetoond en daarna storing opgemerkt
- Persoon is mogelijk ziek geworden door blootstelling aan legionella op de locatie en daarna gekeken naar de installatie en storing opgemerkt
- Niet bekend
- Anders, namelijk:

Vraag 11: **Hoe vaak zijn er storingen aan de beheerstechniek?**

- Wekelijks
- Maandelijks
- Een of paar keer per jaar
- Minder dan eens per jaar
- Eenmalig
- Geen storingen
- Niet bekend

Vraag 12: **Wie voert de periodiek controle, het onderhoud en reparaties uit?**

- Dit doen we zelf
- Alles wordt gedaan door de fabrikant
- Alles wordt gedaan door een extern beheerbedrijf
- Controle door leverancier/fabrikant, storingen door andere partij
- Niet bekend
- Anders, namelijk:

Vraag 13: **Wat waren de totale aanschafkosten van de huidige beheerstechniek (inclusief installatiekosten)?**

- Minder dan € 5.000
- € 5.000 – 10.000
- € 10.000 – 20.000
- € 20.000 – 40.000
- Meer dan € 40.000
- Niet bekend

Vraag 14: **Wat zijn de gemiddelde jaarlijkse kosten van de huidige beheerstechniek? Dit betekent een schatting van kosten van personeel, energiegebruik, watergebruik, onderhoud, vervanging onderdelen en monstername.**

- Minder dan € 1.000
- € 1.000 – 5.000
- € 5.000 – 10.000
- € 10.000 – 15.000
- Meer dan € 15.000
- Niet bekend

Vraag 15: **Bespaart u kosten met de huidige beheerstechniek ten opzichte van de vorige beheerstechniek? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Ja, minder kosten voor waterverbruik
- Ja, minder kosten voor energieverbruik
- Ja, minder personeelskosten
- Ja, minder onderhouds- en reparatiekosten

- Ja, minder kosten door geen of minder normafwijkingen
- Nee, ongeveer hetzelfde
- Nee, meer kosten voor waterverbruik
- Nee, meer kosten voor energieverbruik
- Nee, meer personeelskosten
- Nee, meer onderhouds- en reparatiekosten en monstername
- Niet bekend

Vraag 16: **Zijn er meer leidingwaterinstallaties (gebouwen) waarvoor u verantwoordelijk bent voor het legionellabeheer en gelden de antwoorden voor al deze locaties? (meerdere antwoorden mogelijk)**

- Nee, er is één leidingwaterinstallatie /gebouw
- Nee, antwoorden zijn verschillend voor alle of deel van de gebouwen -> verzoek nogmaals in te vullen voor die gebouwen
- Ja, voor alle of deel van de leidingwaterinstallaties zijn alle antwoorden hetzelfde. Aantal leidingwaterinstallaties waarvoor dit geldt, is: …

Als u deze enquête nog een keer wilt invullen, klik deze enquête eerst door tot het einde (knop: 'verzenden'). Als de enquête is voltooid, gebruik dan de link in de email om de enquête opnieuw te starten.

Heeft u nog opmerkingen of wilt u iets meegeven dat niet in deze enquête is gevraagd? Dat kunt u hieronder invullen.

Hartelijk dank dat u de moeite heeft genomen om deze enquête in te vullen.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

februari 2024

De zorg voor morgen begint vandaag