



Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie

Een toekomstgerichte evaluatie
van de regelgeving over legionella-
preventie in leidingwaterinstallaties
op basis van een wetenschappelijke
en juridische analyse

2 juni 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

Paul W. J. J. van der Wielen
Wubbo Wierenga
Frank Oesterholt
André Oostdijk
Aletta van der Werff

2 juni 2021

Inhoudsopgave

1. De evaluatie van de legionellaregelgeving	4
1.1 Context en aanleiding.....	4
1.2 Doel- en vraagstelling.....	4
1.3 Onderzoeksverantwoording	5
1.4 Leeswijzer.....	6
2. Wetenschappelijke en juridische introductie	7
2.1 Wetenschappelijke inleiding Legionella en drinkwater	8
2.2 Inleiding regelgevend kader	9
3. Invloed van warmwatertemperatuur op Legionella in drinkwatersystemen van gebouwen	13
3.1 Huidige wetgeving.....	13
3.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	14
3.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	14
3.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001.....	15
3.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken thermisch beheer..	21
3.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	22
3.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	22
4. Koudwatersystemen versus warmwatersystemen	26
4.1 Huidige wetgeving.....	26
4.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	26
4.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	26
4.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001.....	26
4.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken spoelen leidingwaterinstallatie.....	28
4.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	28
4.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	28
5. Invloed van spoelen leidingwaterinstallatie op Legionella in gebouwen	29
5.1 Huidige wetgeving.....	29
5.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	29
5.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	30
5.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001.....	30
5.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken spoelen leidingwaterinstallatie	31
5.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	32
5.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	32
6. Invloed van materiaalgebruik leidingwaterinstallatie. 33	
6.1 Huidige wetgeving.....	33
6.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	34
6.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	34
6.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001.....	34
6.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken materiaalgebruik leidingwaterinstallatie.....	38
6.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	38
6.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	39
7. Regelgeving richten op kweekbare Legionella spp of L. pneumophila	40
7.1 Huidige wetgeving.....	40
7.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	41
7.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001/2011.....	41
7.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001/2011	41
7.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken Legionella species.....	54
7.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	55
7.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	56
8. Risico volume minder dan één liter	57
8.1 Huidige wetgeving.....	57
8.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	57
8.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	58
8.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001	58
8.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken 1-literregel	61
8.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk	61
8.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	62
9. Risicokwalificatie collectieve watervoorziening of leidingnet	63
9.1 Huidige wetgeving.....	63
9.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie	63
9.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001.....	63
9.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001.....	63
9.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken invloed van temperatuur.....	65
9.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk.....	66
9.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten	66
10. Beantwoording vragen evaluatiekader en conclusies.67	
10.1 Samenvattende probleemanalyse en doelstelling (IAK-vragen 1-4)68	
10.2 Samenvattende analyse van de overheidsinterventie en de gevolgen daarvan (IAK-vragen 5-7)	70
10.3 Beantwoording centrale vraagstelling en deelvragen	77

HOOFDSTUK 1

De evaluatie van de legionellaregelgeving

1.1 Context en aanleiding

Legionella is een bacterie, waarvan de [ISSO Publicatie 55.1](#) stelt dat deze kan groeien in water met een temperatuur tussen de 25 en 50°C. *Legionella* is in staat zich te vermeerderen in een breed scala aan watersystemen, zoals koelwatersystemen, afvalwaterzuiveringssystemen, fontein, proceswatersystemen, zwembaden en leidingwatersystemen.

De groei van *Legionella* in watersystemen vormt in potentie een bedreiging voor de volksgezondheid. Wanneer mensen een ziekteverwekkende stam van de legionellabacterie inademen, bestaat de kans op een legionellabesmetting (legionellose), die kan variëren van griepachtige klachten tot een ernstige longontsteking (veteranenziekte). Doordat de groei van ziekteverwekkende legionellasoorten kan optreden in leidingwater en daarmee een bedreiging vormt voor de volksgezondheid, geldt in Nederland wetgeving die erop gericht is dat de groei van ziekteverwekkende legionellasoorten in leidingwaterinstallaties wordt beheerst.

De directe aanleiding voor het opstellen van regels over preventie van *Legionella* in leidingwaterinstallaties ligt in de legionella-uitbraak in Bovenkarspel in 1999. Hoofddoelstelling van het wetgevend kader is om legionellose te voorkómen en niet om volledige afwezigheid van *Legionella* in leidingwaterinstallaties te bewerkstelligen. In verband met een verhoogd risico voor kwetsbare mensen om met ziekteverwekkende legionellasoorten geïnfecteerd te raken, krijgen bepaalde categorieën leidingwaterinstallaties speciale aandacht in de regelgeving. Het gaat hierbij om zogeheten prioritaire instellingen, zoals ziekenhuizen, zorginstellingen, logiesverblijven, zwembaden, kampeerterreinen, jachthaven, truckstops, asielzoekerscentra en gevangenissen.

De beheerder van zo'n locatie¹ is verplicht om te voldoen aan een kwaliteitseis voor *Legionella* en tevens om te toetsen via een risicoanalyse of daaraan kan worden voldaan. Als een risico wordt aangetoond is er de verplichting voor het opstellen van een legionellabeheersplan en het uitvoeren van maatregelen en controles conform dat beheersplan.

Het huidige wetgevend kader borduurt nog altijd voort op inzichten uit 2000. Sinds die tijd is er veel onderzoek gedaan naar *Legionella*. Inmiddels is de wetenschappelijke visie op de groei van *Legionella* in leidingwaterinstallaties en de effectiviteit van beheersmaatregelen (zoals spoelen met heet water) veranderd. Ook zijn er signalen dat de uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van de regels onder druk staan. Daarmee plaatsen stakeholders kanttekeningen bij de effectiviteit van het huidige wetgevende kader. Om tot regelgeving te komen die eisen stelt die daadwerkelijk leiden tot het voorkomen van legionellose, is het belangrijk om regelmatig na te gaan of er nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn die aanpassing van de regelgeving vragen. Dit rapport gaat hierop in.

1.2 Doel- en vraagstelling

In het licht van het hiervoor vermelde bestaat de behoefte aan een evaluatie van de huidige regelgeving voor legionellapreventie in leidingwatersystemen. Het doel van de evaluatie is om in kaart te brengen of de huidige wetenschappelijke inzichten over legionellapreventie aanleiding geven tot het wijzigen van de regelgeving en, zo ja, op welke wijze de geldende voorschriften inhoudelijk moeten worden aangepast.

¹ Conform het Drinkwaterbesluit geldt dit ook voor een eigenaar van een collectieve watervoorziening waarop direct of indirect tappunten zijn aangesloten.

De centrale onderzoeksvraag van deze evaluatie luidt daarmee als volgt:

Centrale onderzoeksvraag

Welke voorschriften zouden op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten moeten worden aangepast, en op welke wijze?

Het beantwoorden van de centrale onderzoeksvraag leidt tot de volgende drie deelvragen:

1. Welke huidige inzichten over legionellapreventie geven aanleiding tot aanpassing van de bestaande regelgeving en waarom?
2. Wat zijn sterke en zwakke punten in theorie en praktijk in de huidige regelgeving en waarom?
3. Hoe kan de bestaande regelgeving omtrent legionellapreventie inhoudelijk worden aangepast?

Scope

Dit onderzoek richt zich uitsluitend op legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen. De verzamelde wetenschappelijke kennis en het uiteengezette regelgevend kader hebben dan ook uitsluitend betrekking op deze systemen. Binnen deze systemen zijn zeven te bestuderen thema's voor dit onderzoek benoemd. De thema's zijn in afstemming met de begeleidingscommissie voor de evaluatie vastgesteld². Het gaat om de volgende zeven thema's:

- De effectiviteit van thermisch beheer (en daaraan gekoppeld de risicokwalificatie).
- Het vóórkomen van *Legionella* in koudwater- versus warmwatersystemen.
- De invloed van (wekelijks) spoelen van leidingwaterinstallaties op *Legionella* in gebouwen.
- De invloed van het materiaalgebruik in leidingwaterinstallaties.
- Monitoring van *Legionella* spp, kweekbare *Legionella* spp en/of *Legionella pneumophila*.
- Het risico van een volume kleiner dan één liter.
- De risicokwalificatie voor collectieve watervoorziening of leidingnet.

Voor deze thema's zijn de wetenschappelijke inzichten onderzocht en is aangegeven in welke mate deze inzichten aanleiding geven tot aanpassing van de huidige regelgeving.

Op grond van de opdrachtstelling richt dit onderzoek zich niet op de effectiviteit van andere beheersmaatregelen dan hiervoor in het rapport benoemd. Dat betekent dat in dit rapport ook geen uitspraak wordt gedaan over de effectiviteit van ander legionellabeheer ten opzichte van thermisch legionellabeheer.

De onderzoeksvragen ter beantwoording van de centrale vraag en de drie deelvragen hebben wij geoperationaliseerd in het evaluatiekader. In het kader is aangegeven op welke wijze wij de centrale vraagstelling en onderliggende deelvragen hebben beantwoord. Het evaluatiekader is bijgevoegd in bijlage 2.

1.3 Onderzoeksverantwoording

Dit onderzoek kende een wetenschappelijke fase en een bestuurskundig-juridische fase. In de wetenschappelijke fase hebben wij recent wetenschappelijk onderzoek betreffende de zeven centrale thema's bestudeerd en beschreven. Op basis van de wetenschappelijke analyse zijn aanpassingen in de regelgeving geïdentificeerd. De bestuurskundig-juridische fase bestond uit het toetsen van de geïdentificeerde aanpassingen en het verdiepen van de betekenis van de wijzigingen in de praktijk. Op basis van de inzichten uit beide fasen zijn wij gekomen tot een beantwoording van de centrale onderzoeksvraag en daaruit voortvloeiende conclusies en aanbevelingen.

De voortgang van het onderzoek hebben wij tussentijds besproken met de begeleidingscommissie (voor een overzicht van deelnemers aan begeleidingscommissie zie bijlage 3). Met de begeleidingscommissie zijn de onderwerpen van het onderzoek afgestemd, is een tussenrapportage besproken na afronding van de wetenschappelijke fase en is een concepteindrapportage besproken na afronding van de bestuurskundig-juridische fase.

Wetenschappelijk fase

De wetenschappelijke fase van het onderzoek bestond uit een literatuurstudie naar recente wetenschappelijke inzichten betreffende de in paragraaf 1.2 benoemde zeven centrale thema's. Het rapport *Management of Legionella in Water Systems* van de US National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine en de daarin opgenomen referenties vormden bij de literatuurstudie het uitgangspunt.

² Er zijn door de begeleidingscommissie meer onderwerpen genoemd, maar met de opdrachtgever is afgesproken dat die in een separaat traject aan de orde komen.

In aanvulling op de literatuurstudie hebben wij interviews met experts en professionals gehouden, met als doel om de wetenschappelijke inzichten te toetsen en verder te verrijken (voor een overzicht van respondenten zie bijlage 3). De wetenschappelijke fase heeft hiermee geresulteerd in een overzicht van de stand van de wetenschap betreffende de zeven centrale thema's alsmede in een eerste set aan mogelijke aanpassingen betreffende de wet- en regelgeving rond legionellapreventie.

Bestuurskundig-juridische fase

De bestuurskundig-juridische fase was gericht op het verkrijgen van inzicht in bestuurskundige en juridische aandachtspunten die een rol spelen bij het ontwerp van wet- en regelgeving. Hiervoor hebben wij in de eerste plaats interviews gehouden met verschillende professionals om na te gaan welke aandachtspunten omtrent uitvoerbaarheid, doeltreffendheid en doelmatigheid er bestaan bij de geïdentificeerde aanpassingen voor de regelgeving op basis van de wetenschappelijke inzichten. Tevens is in de bestuurskundig-juridische fase een botsproef met leden van het Landelijk Overleg *Legionella* Platform (LOPL) georganiseerd, met als doel om van gedachte te wisselen over de betekenis in de praktijk van de geïdentificeerde aanpassingen in wet- en regelgeving. De uitkomsten uit de interviews en de botsproef hebben wij vervolgens geanalyseerd en benut om te komen tot beantwoording van de zeven vragen van het Integraal afwegingskader voor beleid en regelgeving (IAK) te komen. Het IAK bevat normen waaraan goed beleid of goede regelgeving dient te voldoen. De beantwoording van de zeven IAK vragen heeft tot doel gehad om een bijdrage te leveren aan het ontwerp van effectieve regelgeving. De beantwoording van deze zeven vragen heeft tevens geleid tot de beantwoording van de centrale hoofdvraag van dit onderzoek, die wij in een conceptrapportage hebben verwerkt. De conceptrapportage is in een laatste botsproef met de begeleidingscommissie besproken, waarna wij tot een definitief eindrapport zijn gekomen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 geven we een wetenschappelijke introductie op *Legionella* alsmede een beschrijving van het regelgevend kader voor de regels over legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen. We beschrijven in welke wetten, Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's), regelingen en standaarden de regels over legionellapreventie zijn opgenomen en hoe deze zich tot elkaar verhouden. Tevens gaan wij daarbij in op het onderscheid tussen leidingnetten en installaties in prioritaire instellingen en leidingnetten en installaties buiten de prioritaire instelling, en benoemen wij aanpalende regelgeving.

In de hoofdstukken 3 tot en met 9 gaan wij per hoofdstuk dieper in op de in paragraaf 1.2 genoemde centrale onderwerpen voor dit onderzoek. Elk hoofdstuk start met een kort overzicht van de huidige wetgeving en een toelichting op de reden waarom het specifieke onderwerp in deze evaluatie is meegenomen. Vervolgens geven we een kort overzicht van de stand van de wetenschap voor het betreffende onderwerp tot 2001, waarna een overzicht volgt van de wetenschappelijke inzichten sinds 2001, die vervolgens zijn samengevat in een paragraaf met de belangrijkste conclusies. Om feiten en meningen gescheiden te houden, hebben wij hierna een aparte paragraaf opgenomen met een weergave van kennis en ervaring uit de praktijk vanuit de interviews. Ieder hoofdstuk sluiten wij af met een voorlopig advies over aanpassing van de regelgeving voor het betreffende onderwerp, op basis van de wetenschappelijke inzichten.

In hoofdstuk 10 geven wij antwoord op de centrale hoofdvraag, de deelvragen en de vragen uit het evaluatiekader. In lijn met het evaluatiekader wordt in het hoofdstuk gestart met de beantwoording van de IAK vragen. De rederneerlijn die hieruit volgt, gebruiken wij vervolgens om de centrale vraag en de deelvragen te beantwoorden.

In bijlage 1 hebben wij een overzicht van de referenties opgenomen naar wetenschappelijke studies die wij hebben gebruikt tijdens dit onderzoek. Bijlage 2 bevat het evaluatiekader. In bijlage 3 hebben wij een overzicht opgenomen van respondenten, leden van de begeleidingscommissie en deelnemers aan de botsproef LOPL. Tot slot bevat bijlage 4 een overzicht van door het veld ervaren overige knelpunten.



HOOFDSTUK 2

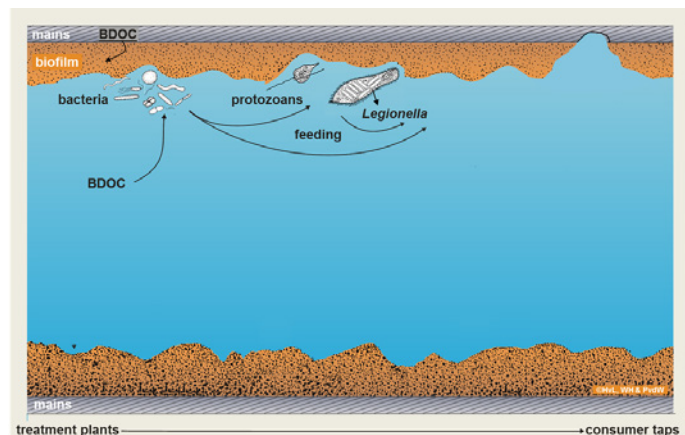
Wetenschappelijke en juridische introductie

In deze paragraaf introduceren wij in algemene zin Legionella en de groei van Legionella in drinkwater. Dit onderdeel is nog niet de inventarisatie van de huidige wetenschappelijke kennis in relatie tot de regelgeving. Die volgt in de volgende hoofdstukken en is gebaseerd op de analyse van ongeveer 190 verschillende wetenschappelijke publicaties. De meeste informatie die wij in deze korte paragraaf beschrijven, was ook al bekend voor 2001 en hebben wij met name gehaald uit twee literatuuroverzichten (van der Kooij, 2014, National Academy of Sciences, 2019).

2.1 Wetenschappelijke inleiding Legionella en drinkwater

In de afgelopen jaren is het aantal gerapporteerde gevallen van de legionellapneumonie (ook veteranenziekte genoemd) in Nederland toegenomen tot 550 á 600 per jaar. Het aantal mensen dat ziek wordt van *Legionella* is echter waarschijnlijk hoger, door onderdiagnostiek. Voor Nederland zijn de schattingen dat het daadwerkelijke aantallen patiënten met een legionellapneumonie in het ziekenhuis 1000 tot 14.000 is. Wereldwijd wordt 90 tot 98% van de gerapporteerde gevallen van legionellapneumonie veroorzaakt door de bacterie *Legionella pneumophila*, die behoort tot het genus *Legionella*. Het genus *Legionella* bevat meer dan zestig verschillende beschreven soorten en een groot aantal (nog) niet geïsoleerde en beschreven soorten. Naast *L. pneumophila* zijn nog twintig andere legionellasoorten beschreven die ziekte kunnen veroorzaken. De meeste beschreven legionellasoorten zijn aquatisch en vermeerderen zich in zoetwatersystemen, waaronder verschillende door de mens gemaakte zoetwatersystemen (bijvoorbeeld leidingwaterinstallaties, koeltorens en afvalwaterzuiveringen).

Vermeerdering van ziekteverwekkende legionellasoorten in het drinkwaterecosysteem treedt voornamelijk op in leidingwaterinstallaties in gebouwen, doordat de temperatuur daar in de gunstige range voor groei van ziekteverwekkende *Legionella* kan komen (meestal tussen 25 tot 42°C). De vermeerdering van *L. pneumophila* in de leidingwaterinstallaties van gebouwen is het beste onderzocht en heeft laten zien dat deze vermeerdering een relatief complex ecologisch fenomeen is (Figuur 1). Uit Figuur 1 volgt dat vermeerdering van *L. pneumophila* vrijwel altijd optreedt in protozoa, ééncellige dierlijke organismen. Deze protozoa grazen in leidingwaterinstallaties met name op biofilm die zich op materialen in contact met drinkwater heeft ontwikkeld. Normaliter worden de bacteriën, die op deze manier door protozoa worden opgenomen, door het protozoa afgebroken, waarbij energie vrijkomt die door het protozoa wordt gebruikt voor groei. *L. pneumophila* wordt in bepaalde protozoa (zogenoemde gastheerprotozoa) echter niet afgebroken, maar kan zich juist in deze protozoa vermeerderen. Door deze vermeerdering van *L. pneumophila* in het protozoa, kan deze protozoëncel zo vol komen met cellen van *L. pneumophila* dat deze open knapt, waarna de vrijgekomen *L. pneumophila*-cellen weer door andere gastheerprotozoa kunnen worden opgenomen en de cyclus zich herhaalt. Door deze groeiwijze van *L. pneumophila* is vermeerdering van *L. pneumophila* dus direct afhankelijk van de aanwezigheid van gastheerprotozoa en indirect afhankelijk van de biofilmconcentratie waar de protozoa op grazen. Hoewel de groei van andere legionellasoorten minder goed is onderzocht dan die voor *L. pneumophila*, is ook voor veel andere beschreven legionellasoorten gevonden dat deze zich in protozoa kunnen vermeerderen.



Figuur 1. Vermeerdering van *Legionella* in protozoa, die op de biofilm graast in drinkwatersystemen. BDOC = biodegradable organic carbon.

Het drinkwater dat wordt geproduceerd en gedistribueerd door de Nederlandse drinkwaterbedrijven bevat van nature altijd bacteriën die behoren tot het genus *Legionella*, maar deze legionellapopulaties in het reinwater en drinkwaterdistributiesysteem worden gedomineerd door soorten die (nog) niet zijn geïsoleerd en beschreven. Deze soorten vormen naar alle waarschijnlijkheid geen risico voor de volksgezondheid.

De groei van *Legionella* is (in)direct afhankelijk van een aantal factoren. Zo zijn de concentratie voedingsstoffen (ook wel nutriënten genoemd), zuurgraad (pH) en temperatuur belangrijke factoren die bepalen of vermeerdering optreedt. Daarbij is waargenomen dat wanneer de concentratie door bacteriën afbreekbare organische stoffen in drinkwater toeneemt, de aantallen *Legionella* ook toenemen. Deze afbreekbare stoffen kunnen aanwezig zijn in het drinkwater of kunnen komen uit kunststof en/of rubberen leidingmateriaal. Tevens is gezien dat verhoogde concentraties van ijzer de groei van in ieder geval *L. pneumophila* stimuleert. Verder ligt de zuurgraad van drinkwater altijd in het bereik voor groei van de ziekteverwekkende legionellasoorten.

Doordat de groei van deze ziekteverwekkende legionellasoorten kan optreden in drinkwater en daarmee een bedreiging vormt voor de volksgezondheid geldt in Nederland wetgeving die erop gericht is dat de groei van ziekteverwekkende legionellasoorten in leidingwaterinstallaties wordt beheerst. De beheersing van legionellavermeerdering in leidingwaterinstallaties wordt in Nederland voornamelijk bewerkstelligd door de temperatuur van het drinkwater op de meeste locaties in de leidingwaterinstallatie buiten de range voor groei van *L. pneumophila* te houden. Dat houdt concreet in dat wordt getracht de koudtapwatertemperatuur beneden de 25°C te houden en de warmtapwatertemperatuur boven de 55°C. Daarnaast is het opstellen en uitvoeren van een legionellabeheersplan voor leidingwaterinstallaties van prioritaire instellingen een belangrijke hoeksteen van de legionellaregelgeving in Nederland.

Een onderdeel van dit legionellabeheersplan is het periodiek controleren van drinkwatermonsters op de aanwezigheid van *Legionella*. Deze controle richt zich op legionellasoorten die zich kunnen vermeerderen op een selectief agarmedium zoals beschreven in ISO 11731. In deze ISO 11731 worden drie agarmedia beschreven, buffered charcoal yeast extraction (BCYE), BCYE met antibiotica (GVPC medium) en Modified Wadsworth Yee (MWY) agar, waarbij de BCYE- en GVPC-agarmedia veelal worden gebruikt voor monsters met lage concentratie aan stoorflora (bijvoorbeeld drinkwater) en het MWY agar veelal wordt toegepast voor monsters met hoge concentratie aan stoorflora (bijvoorbeeld koeltorenwater of afvalwater). Doordat deze rapportage zich richt op de evaluatie van de legionellawetgeving van drinkwater en warmtapwater wordt in de rest van het rapport het BCYE medium als term gebruikt voor BCYE- en GVPC-medium, omdat beide kweekmedia BCYE als basis gebruiken.

Het is overigens bekend dat een groot deel van de (nog niet beschreven) legionellasoorten en sommige vormen van de beschreven legionellasoorten (de zogenoemde 'viable but non-culturable'-vormen) zich niet vermeerderen op het BCYE- of MWY-agarmedium. In deze rapportage worden de legionellabacteriën die met de ISO 11731-methode op een selectief agarmedium worden gekweekt, aangeduid als kweekbare *Legionella* spp of kweekbare *L. pneumophila*. Met *Legionella* spp of *L. pneumophila* worden alle legionellabacteriën bedoeld, dus ook de legionellabacteriën die niet in staat zijn zich te vermeerderen op het selectieve agarmedium, bedoeld. Hierbij is *Legionella* spp een notatie die in de biologie wordt gebruikt om alle legionellasoorten aan te duiden.

Tot slot wordt ook met enige regelmaat de notatie *Legionella* (*pneumophila*) in het rapport gebruikt en daarmee wordt bedoeld dat het is aangetoond voor *Legionella* spp, maar ook specifiek voor *L. pneumophila*.

2.2 Inleiding regelgevend kader

2.2.1 Het regelgevend kader bestaat uit wetten, AMvB's, regelingen en NEN-normen

De regels over legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen staan in de Drinkwaterwet, de Woningwet, het Drinkwaterbesluit, het Bouwbesluit 2012, de Drinkwaterregeling, de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater en de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening. Verder is NEN1006 (en de uitwerkingen in de Waterwerkbladen) zeer relevant omdat deze verplichtend is voorgeschreven in zowel het Drinkwaterbesluit als het Bouwbesluit 2012. Voor het Bouwbesluit 2012 geldt daarbij de nuancering dat de gelijkwaardigheidsbepaling in artikel 1.3, eerste lid, van het Bouwbesluit 2012 van toepassing is. Dit betekent dat afwijken van NEN 1006 in theorie mogelijk is wanneer een andere oplossing 'ten minste dezelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en bescherming van het milieu biedt als is beoogd met' de voorschriften uit NEN 1006. Verder wordt in het regelgevend kader ook verwezen naar enkele andere standaarden.

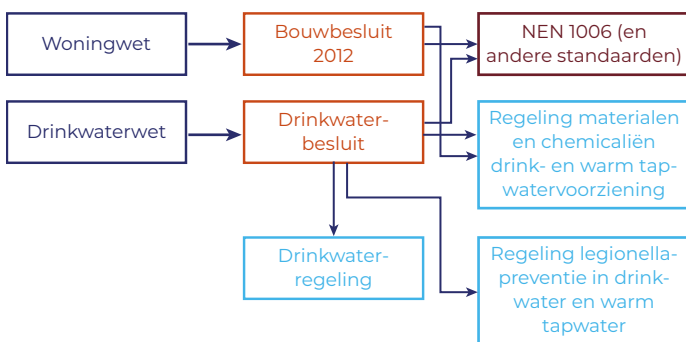
In dit onderzoek beschrijven we niet alleen de inhoud van de regels en of die aangepast moeten worden aan wetenschappelijke inzichten, maar ook waar, dus in welk onderdeel van de regelgeving, de betreffende regel is opgenomen. Dit is om twee redenen van belang. In de eerste plaats maakt dit het mogelijk om in de vervolgfase van dit onderzoek, gericht aanpassingen van de regelgeving voor te stellen.

In de tweede plaats is dit inzicht belangrijk omdat *waar* een regel is opgenomen, bepalend is voor de procedure die gevolgd moet worden om een regel aan te passen. Zo zijn regels in een wet (denk aan de Drinkwaterwet) alleen aan te passen na een relatief lange procedure waarin de regering, de Raad van State en de Tweede en Eerste Kamer een rol hebben. In vergelijking met een wet is het eenvoudiger om Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's), zoals het Drinkwaterbesluit en Bouwbesluit 2012, aan te passen. Deze AMvB's worden door de regering vastgesteld en aan de Raad van State voorgelegd voor advies.

De ministeriële regelingen (de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater en de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening) zijn het meest eenvoudig aan te passen. Deze worden vastgesteld door de minister, die deze niet aan andere leden van de regering of de Raad van State voorlegt. Verder worden de standaarden, zoals NEN-normen, niet door de overheid vastgesteld, maar door onafhankelijke instituten. Het aanpassen van deze regels is daarmee niet een bevoegdheid van de overheid.

2.2.2 De verdeling van de regels over wetten, AMvB's, regelingen en NEN-normen

Zoals uit de vorige paragraaf volgt, zijn de regels over legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen verdeeld over wetten, AMvB's, regelingen en standaarden. Achter deze verdeling zit een aantal inrichtingsprincipes, die we in deze paragraaf kort bespreken.



Figuur 2.

In de eerste plaats moeten bevoegdheden die direct ingrijpen op de vrijheid van burgers en bedrijven op wetsniveau (dus in de Drinkwaterwet) worden geregeld. Een voorbeeld is de toekenning van bevoegdheden aan ambtenaren om bestuursdwang toe te passen (artikel 50, eerste lid, Drinkwaterwet). Met deze bevoegdheid kan de overheid burgers en bedrijven dwangsommen opleggen of zelfs op kosten van een burger of een bedrijf direct ingrijpen in drinkwater- en warmtapwatersystemen. Dit zijn ingrijpende maatregelen waarvoor de overheid een stevige democratische legitimatie moet kunnen overleggen. Daarom worden dit soort regels alleen in een wet gesteld, zodat de Raad van de State hierover kan adviseren en de regering en het parlement ermee akkoord zijn gegaan.

Tegelijkertijd, omdat de regels in wetten een tijdrovende procedure vergen, kiest de wetgever ervoor om in de wet geen gedetailleerde en/of technische eisen te stellen. Technische eisen vereisen ook niet de democratische legitimatie van een wetgevingsprocedure. Vaak volstaat in deze gevallen het opnemen van deze regels in een ministeriële regeling.

Dit is ook goed zichtbaar in de regels voor legionellapreventie. Zo bestaat de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater voor het grootste deel uit bijlagen waarin 'Meetfrequenties in verband met de uitvoering van metingen op aanwezigheid van legionellabacteriën in het drinkwater in het distributiegebied door een drinkwaterbedrijf' staan uitgewerkt, of de 'Voorschriften ten behoeve van het uitvoeren van een legionellarisicoanalyse' staan opgesomd. Iets vergelijkbaars is zichtbaar in de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening.

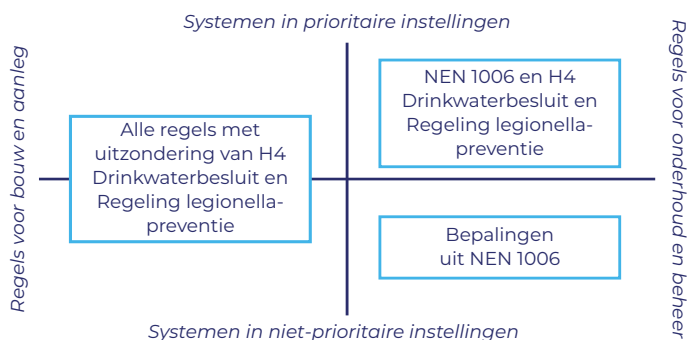
Tussen de wetten en de regelingen in staan de Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's). Deze zijn minder gedetailleerd dan regelingen, maar gedetailleerder dan wetten. Het zijn regels waarvoor de lichte procedure van de ministeriële regeling te weinig waarborgen biedt, maar waarvoor de wet een te zwaar instrument is. Een voorbeeld is het doelvoorschrift in artikel 37, eerste lid, van het Drinkwaterbesluit. Daarin staat voorgeschreven dat een eigenaar van een collectieve watervoorziening er zorg voor draagt dat een legionellarisicoanalyse wordt uitgevoerd. Wat deze risicoanalyse precies moet inhouden, zijn details die in een ministeriële regeling staan uitgewerkt (in dit geval bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater), terwijl de bevoegdheid om deze plicht te handhaven in de Drinkwaterwet (artikel 50, eerste lid) staat.

In het regelgevend kader neemt NEN 1006³ een opvallende positie in. Deze norm is verplicht gesteld⁴ voor gebouwen (in de zin van artikel 1, eerste lid, van de Woningwet) in de artikelen 6.12 en 6.13, van het Bouwbesluit 2012, en voor collectieve leidingnetten (voor zover die geen deel uitmaken van een gebouw) in artikel 34, eerste lid, van het Drinkwaterbesluit. NEN 1006 bestaat vooral uit technische voorschriften. De positie van deze norm is opvallend omdat NEN-normen worden vastgesteld door een instituut zonder wetgevende bevoegdheid en dus niet door een overheidsinstantie. Bovendien zijn deze normen alleen beschikbaar na betaling aan een instituut. Dit riep een aantal jaar geleden de vraag op of deze manier van verwijzen rechtmatig is. De afdeling bestuursrechtsspraak van de Raad van State oordeelde in 2011 dat deze manier van verwijzen inderdaad op een rechtmatige manier mogelijk is. Daarmee heeft NEN 1006 een rechtskracht die vergelijkbaar is met een regel die door een wetgever is opgesteld. Wel geldt dat het wijzigen van een NEN-norm doorgaans verre van eenvoudig is: dit vereist vaak instemming van partijen met verschillende belangen.

3 Welke versie van NEN1006 van toepassing is, wordt geregeld in een ministeriële regeling (zie artikel 1, onderdeel b, van het Drinkwaterbesluit en de artikelen 6.12, tweede lid, en 6.13, tweede lid, van het Bouwbesluit 2012).

4 Met daarbij de eerdergenoemde nuancering vanwege de toepassing van de gelijkwaardigheidsbepaling in artikel 1.3, eerste lid, van het Bouwbesluit 2012.

2.2.3 Het onderscheid tussen installaties in prioritaire instellingen en installaties buiten de prioritaire instellingen



Figuur 3.

Binnen de regels over legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen is het onderscheid tussen leidingnetten en installaties in prioritaire instellingen en leidingnetten en installaties buiten de prioritaire instelling relevant. Voor alle leidingnetten en installaties is, op basis van het Bouwbesluit 2012 en het Drinkwaterbesluit, NEN 1006 van toepassing. Hetzelfde geldt voor eisen aan de materialen waarvan leidingen gemaakt moeten zijn, via de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening. NEN 1006 en de genoemde regeling stellen overwegend eisen aan de *bouw of de aanleg* van leidingnetten en installaties. Verder staan in NEN 1006 minimumeisen over het beheer en onderhoud van systemen.

Voor prioritaire instellingen gelden bovenop de minimumeisen extra regels over het beheer en onderhoud van leidingnetten en installaties. Deze regels staan in hoofdstuk 4 van het Drinkwaterbesluit en de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater. In artikel 35 van het Drinkwaterbesluit staat een opsomming van alle instellingen die prioritair zijn. De reden om voor de prioritaire instellingen extra regels te stellen, is omdat in deze prioritaire instellingen het risico groter is dat kwetsbare mensen met *Legionella* besmet raken en daarom extra waarborgen noodzakelijk zijn bovenop een deugdelijk bouw of aanleg van een leidingnet of installatie.

Wanneer een instelling prioritair is, is de eigenaar van een collectieve watervoorziening of collectief leidingnet verplicht tot het doen van een legionellarisicoanalyse door een gecertificeerd bedrijf (artikel 37, van het Drinkwaterbesluit). Als deze analyse daartoe aanleiding geeft, leidt dit ook tot een verplichting om een legionellabeheersplan te laten opstellen door een gecertificeerd bedrijf (artikel 38, van het Drinkwaterbesluit).

Dit beheersplan moet een eigenaar kunnen overleggen aan een inspecteur (artikel 39, van het Drinkwaterbesluit) en aantoonbaar uitvoeren (artikel 40, van het Drinkwaterbesluit). Verder heeft de eigenaar een meldplicht (artikel 41, van het Drinkwaterbesluit), zijn er eisen aan de manier en frequentie van monsternamen en analyse (artikelen 42 en 43, van het Drinkwaterbesluit) en is de volgorde van beheersmaatregelen voorgeschreven (artikelen 44, van het Drinkwaterbesluit). Deze bepalingen staan verder uitgewerkt in de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater.

2.2.4 Aanpalende regelgeving

Zoals hiervoor beschreven, beperken we ons in deze analyse tot regels over legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen. Echter, *Legionella* beperkt zich niet tot deze systemen. Ook in andere systemen, waar het water tussen de 20 en 55°C is, kan *Legionella* in soms zeer hoge concentraties aanwezig zijn. Gedacht kan worden aan natte koeltorens, zwembaden, schepen en vliegtuigen. Regels ter preventie van *Legionella* in deze systemen staan in – of kunnen gesteld worden op basis van – de Arbeidsomstandighedenwet, de Wet milieubeheer, de Wet publieke gezondheid en de Wet hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden en de Gemeentewet. Deze regels nemen we niet mee in onze analyse. Het is uiteraard wel mogelijk dat de wetenschappelijke inzichten die in dit rapport naar voren komen, ook relevant zijn voor deze regels. Verder is relevant dat een deel van de regels rondom legionellapreventie in de Omgevingswet en onderliggende regelgeving landen. Dit geldt onder meer voor de bouwregelgeving en de regels voor zwemmen in waterbassins, natte koeltorens en afvalwaterzuiveringsinstallaties.

De huidige legionellaregelgeving heeft geen Europese oorsprong. Pas in de nieuwe Drinkwaterrichtlijn zijn voorschriften opgenomen voor legionellapreventie in drinkwater. Het is dus van belang dat eventuele aanpassingen aan de nationale regelgeving passen binnen de Europeesrechtelijke kaders. Een voorbeeld is de verplichte analysemethode (kweekmethode) in de nieuwe drinkwaterrichtlijn. Verder vereist het Europese loyaliteitsbeginsel dat Nederlandse overheden rekening houden met niet-juridisch bindende afspraken die bijvoorbeeld binnen het *European Center for Disease and Control* worden gemaakt.

2.2.5 Definities

In de regelgeving staan enkele een aantal definities, die we in deze rapportage hanteren.

Definities van water

- *Drinkwater*: water bestemd of mede bestemd om te drinken, te koken of voedsel te bereiden dan wel voor andere huishoudelijke doeleinden, met uitzondering van warm tapwater, dat door middel van leidingen ter beschikking wordt gesteld aan consumenten of andere afnemers;
- *Warm tapwater*: water bestemd of mede bestemd om te drinken, te koken of voedsel te bereiden dan wel voor andere huishoudelijke doeleinden, dat wordt verwarmd voordat het voor die toepassingen ter beschikking wordt gesteld.
- *Huishoudwater*: water dat uitsluitend bestemd is voor toiletspoeling.

Definities van soort watervoorziening

- *Openbare drinkwatervoorziening*: productie en distributie van drinkwater door drinkwaterbedrijven.
- *Collectieve watervoorziening*:
 - landgebonden voorziening, niet zijnde een drinkwaterbedrijf, voor de productie of distributie van water dat met behulp van een leiding of distributienet aan consumenten of andere afnemers als drinkwater of warm tapwater ter beschikking wordt gesteld
 - voorziening voor de productie of distributie van water op een binnen het Nederlandse territoir gelegen mijnbouwinstallatie (is een mijnbouwwerk dat vastzit aan de bodem van een oppervlaktewater) welk water als drinkwater of warm tapwater aan consumenten binnen die mijnbouwinstallatie ter beschikking wordt gesteld.

Definities van leidingnetten en installaties

- *Collectief leidingnet*: samenstel van leidingen, fittingen en toestellen dat tijdelijk, doch niet ten behoeve van bevoorrading, dan wel permanent, is aangesloten op het distributienet van een drinkwaterbedrijf of collectieve watervoorziening, en door middel waarvan drinkwater of warm tapwater ter beschikking wordt gesteld aan consumenten of andere afnemers.
- *Woninginstallatie*: van een woning deel uitmakend samenstel van leidingen, fittingen en toestellen, aangesloten op het leidingnet van een drinkwaterbedrijf of een collectieve watervoorziening dan wel op een collectief leidingnet.
- *Tappunt*: plaats waar het drinkwater, huishoudwater of warm tapwater beschikbaar komt voor gebruik.

- *Aerosolvormend tappunt*: als aerosolvormende tappunten worden aangemerkt:
 - tappunten met een douche of andere appendage waarmee water kan worden gespreoid of verneveld
 - tappunten die al dan niet tijdelijk gebruikt worden voor het aansluiten van een douche, andere appendage of toestel waarmee water kan worden gespreoid of verneveld
 - tappunten waarvan de eigenaar redelijkerwijze kan weten of vermoeden dat deze al dan niet tijdelijk gebruikt worden voor het aansluiten van een douche, andere appendage of toestel waarmee water kan worden gespreoid of verneveld
 - alle tappunten in een instelling als bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, voor zover het een afdeling hematologie of oncologie is, dan wel daar transplantaties worden uitgevoerd of daar patiënten met chronische longaandoeningen of stoornissen van het immuunsysteem verblijven.

HOOFDSTUK 3

Invloed van warmwater-temperatuur op Legionella in drinkwatersystemen van gebouwen

3.1 Huidige wetgeving

3.1.1 Woninginstallaties

Voor woninginstallaties, die veelal klein van omvang zijn, is geen specifiek beleid ontwikkeld op het gebied van legionellapreventie. Op grond van het Bouwbesluit 2012 (dat verwijst naar NEN 1006) geldt een eis aan het mengtoestel of tappunt van 55°C voor woninginstallaties voor warm tapwater zonder circulatiesysteem. Echter, die eis is destijds vooral vanwege een functionele reden (specifiek huishoudelijk gebruik voor schoonmaak en afwas) opgenomen en niet als legionellabeheersmaatregel. Uiteraard heeft deze eis in de praktijk ook een preventief effect op de groei van Legionella.

3.1.2 Collectief leidingnet

Alle collectieve leidingnetten

In het eerste lid van artikel 34 van het Drinkwaterbesluit is voor collectieve leidingnetten (zowel van prioritaire als niet-prioritaire instellingen) vastgelegd dat het leidingnet moet voldoen aan NEN 1006, voor zover ze geen onderdeel uitmaken van een gebouw. Voor zover ze daar wél onderdeel van uitmaken, geldt NEN 1006 op basis van het Bouwbesluit 2012 (artikelen 6.12 en 6.13). Voor collectieve leidingwaterinstallaties bepaalt NEN 1006 dat bij warmtapwatervoorzieningen en warmtapwaterinstallaties met circulatie de temperatuur in de retourleiding(en) bij gebruik conform de ontwerpcondities ten minste 60°C moet zijn.

Dat geldt ook voor de temperatuur aan het mengtoestel of aan het tappunt. Verder gelden op basis van NEN 1006 eisen voor de temperatuur in relatie tot standtijd. Als in een warmwatervoorraadtoestel niet continu op alle plaatsen een temperatuur van ten minste 60°C heerst, dan moet deze ter voorkoming van bacteriologische nagroei minimaal wekelijks thermisch worden gedesinfecteerd conform tabel 4 in de norm: minimaal 20 minuten bij 60, 10 minuten bij 65 en 5 minuten bij 70°C.

Collectieve watervoorziening en collectieve leidingnetten van prioritaire instellingen

Voor prioritaire instellingen geldt in aanvulling op artikelen 6.12 en 6.13 van het Bouwbesluit en artikel 34, van het Drinkwaterbesluit ook hoofdstuk 4 van het Drinkwaterbesluit en de uitwerking van hoofdstuk 4 in de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater. Daarin staan in bijlage 2 voorschriften voor het uitvoeren van een risicoanalyse en eisen aan de bij de risicoanalyse te hanteren risicofactoren en kwalificatie van risico. Een watertemperatuur tussen 25 en 50°C wordt gezien als een risicofactor. Risicobeperkende factoren zijn watertemperaturen onder 20°C, tussen 20 en 25°C voor zover er maximaal een week stilstand is en een goede doorstroming, watertemperaturen boven 50°C, watertemperaturen boven 60°C (in verband met afdoding van de legionellabacterie), doorstroming en korte verblijftijd.

Indien zich gunstige groeiomstandigheden voordoen en de eigenaar kiest voor het beheersen door naverwarming van het water of door wekelijks verhogen van de temperatuur van het leidingnet (thermische desinfectie), dan houdt de eigenaar een van de volgende verhoudingen van temperatuur en tijd aan: voor naverwarmingstijd 10 minuten op 60°C, 1 minuut op 65°C of 10 seconden op 70°C en voor de standtijd bij wekelijkse preventieve thermische desinfectie: 20 minuten op 60°C, 10 minuten op 65°C of 5 minuten op 70°C.

Verder bevat bijlage 2 van de Regeling een tabel (5.2) voor risicokwalificatie op basis van temperatuur en duur van de temperatuur in een component van de leidingwaterinstallatie. Deze zou op basis van de nieuwste wetenschappelijke inzichten opnieuw moeten worden getoetst. De '1 liter regel' (zie Hoofdstuk 8) valt hier ook onder.

3.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

In 2019 is het rapport 'Mogelijkheden voor het verlagen van de vereiste temperatuur van warm tapwater - onderzoek t.b.v. motie Van der Lee (34 902)' verschenen (Van Wolferen, 2019). Dat rapport beschrijft een studie of het in woningen mogelijk is om de warmtapwatertemperatuur van 55°C te verlagen. In het rapport is de volgende conclusie getrokken over het verlagen van de warmtapwatertemperatuur in relatie tot het legionellarisico:

'Een verlaging van de vereiste temperatuur is mogelijk zonder legionellarisico, volgens de Regeling legionellapreventie, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Voorraadtoestellen en doorstroomtoestellen die continu op temperatuur worden gehouden, dienen minimaal wekelijks thermisch te worden gedesinfecteerd door verhoging van de temperatuur in het gehele vat of de gehele warmtewisselaar gedurende een voorgeschreven standtijd.
- Doorstroomtoestellen met afkoeling met een waterinhoud van de warmtewisselaar (drinkwaterzijdig) kleiner dan één liter zijn toegestaan, zonder verdere beheersmaatregelen.
- De leidinginhoud tussen toestel en ieder afzonderlijk tappunt dient maximaal 1 liter te zijn.

Een verlaging van de vereiste temperatuur vereist dat in NEN 1006 de hierboven genoemde voorwaarden betreffende legionellaveiligheid worden vastgelegd.'

Het RIVM en KWR Water Research Institute hebben een reactie op het rapport naar de opdrachtgevers gestuurd waarin ze stellen dat wetenschappelijke studies hebben laten zien dat het verlagen van de warmtapwatertemperatuur in combinatie met wekelijks thermisch beheer een verhoogd risico geeft op groei van Legionella. Op basis van deze reactie lijkt de huidige Regeling legionellapreventie en het eerdergenoemde rapport (van Wolferen, 2019) dus niet in lijn met de huidige wetenschappelijke inzichten.

3.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

Thermische beheerstrategieën kunnen in twee categorieën worden verdeeld: preventief en curatief (National Academies of Sciences, 2019). Met preventief wordt bedoeld dat wordt verhinderd dat kweekbare *Legionella* spp zich in de leidingwaterinstallatie kan vermeerderen tot een niveau boven de wettelijke norm (100 kve/l) en met curatief wordt bedoeld dat indien kweekbare *Legionella* spp zich in de leidingwaterinstallatie heeft vermeerderd, een maatregel wordt genomen die de kweekbare legionellabacteriën afdoodt tot niveaus onder de wettelijke norm.

3.3.1 Handhaving hoge watertemperatuur

Voor 2001 was uit laboratoriumstudies bekend dat bij temperaturen boven de 50°C afsterving plaatsvindt van *L. pneumophila*. De decimale reductietijd (dit is de tijd nodig om 90% van de micro-organismen af te doden) neemt daarbij af met toenemende temperatuur. Bij 50°C is deze decimale reductietijd 100 minuten voor kweekbare *L. pneumophila* die waren opgekweekt onder natuurlijke condities (Van der Kooij, 2014), terwijl bij 60°C de decimale reductietijd is afgenomen tot ongeveer 2 minuten (Dennis *et al.*, 1984, Schulze-Robbecke *et al.*, 1987, Van der Kooij, 2014). Een decimale reductietijd rond de 2 minuten werd ook bij 70°C waargenomen voor kweekbare *L. pneumophila* die als reincultuur was opgekweekt (Stout *et al.*, 1986).

De studie van Stout *et al.* (1986) liet tevens zien dat de decimale reductietijd voor de verschillende geteste temperaturen varieerden tussen legionellasoorten maar ook tussen stammen van *L. pneumophila*, waarbij de decimale reductietijd van 2,6 minuten werd waargenomen voor de meest hittebestendige stam.

Naast de hiervoor genoemde laboratoriumstudies zijn ook studies uitgevoerd naar de invloed van warmwatertemperatuur op de aanwezigheid van kweekbare *Legionella* spp of *L. pneumophila* in drinkwatersystemen van verschillende gebouwen. De wetenschappelijke studies die hierover voor 2001 zijn gepubliceerd, hebben laten zien dat *L. pneumophila* vaker kan worden gekweekt uit de leidingwaterinstallatie wanneer de temperatuur van het warmwater uit het warmtapwaterbereidingssysteem lager is dan 60°C dan wanneer de temperatuur van het warmwater uit het warmtapwaterbereidingssysteem 60°C of hoger is (bijvoorbeeld Plouffe *et al.*, 1983, Arnow *et al.*, 1985, Groothuis *et al.*, 1985). Die wetenschappelijke inzichten zijn een belangrijke reden geweest om thermisch beheer leidend te laten zijn in de Nederlandse wetgeving om kweekbare *Legionella* spp in drinkwatersystemen te beheersen.

3.3.2 Thermische desinfectie

Voor 2001 waren nauwelijks wetenschappelijke studies beschikbaar over de effecten van het (periodiek) tijdelijk verhogen van de warmwatertemperatuur, genaamd hiteschok, op de aantallen *Legionella* in de leidingwaterinstallatie.

3.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

3.4.1 Handhaving hoge watertemperatuur

Decimale reductietijd

Doordat *L. pneumophila* zich vermeerdt in gastheerprotozoa in leidingwaterinstallaties zijn recent ook studies geweest naar de invloed van thermisch beheer op de decimale reductietijd van gastheerprotozoa *Acanthamoeba* spp en *Vermamoeba vermiformis* (Cervero-Arago *et al.*, 2013). De resultaten van die studie lieten zien dat bij 50 en 60°C de decimale reductietijd van met name de cystevorm van *Acanthamoeba* (76 minuten bij 50°C en 10,7 minuten bij 60°C) en *V. vermiformis* (30 minuten bij 50°C en 4,7 minuten bij 60°C) langer zijn dan die van kweekbare *L. pneumophila*. Dit impliceert dat de decimale reductietijd van kweekbare *L. pneumophila* in een cyste van *Acanthamoeba* en/of *V. vermiformis* langer is bij een bepaalde warmwatertemperatuur dan voor kweekbare planktonische *L. pneumophila* cellen in het water. Een studie uit 2004 bevestigt dit beeld, omdat daarin werd waargenomen dat 60 minuten incubatie bij 60°C resulteerde in ~ 6 log reductie van kweekbare planktonische *L. pneumophila* cellen, maar slechts een ~ 4 log reductie van kweekbare *L. pneumophila* cellen in cysten van *Acanthamoeba* (Storey *et al.*, 2004).

Invloed van hoge watertemperatuur op Legionella in drinkwatersystemen

Een groot aantal studies naar de effecten van hoge drinkwatertemperaturen op *Legionella (pneumophila)* is uitgevoerd onder gecontroleerde condities in het laboratorium. Drinkwatersystemen die in gebouwen worden gebruikt, opereren echter niet onder deze gecontroleerde laboratoriumcondities. De watertemperatuur die door de boiler in een gebouw wordt bereikt, is bijvoorbeeld niet equivalent aan de watertemperatuur die bij de kraan wordt bereikt. Een gecontroleerde studie heeft laten zien dat heet water in de kraan binnen 30 minuten tot kamertemperatuur (24-25°C) kan afkoelen, terwijl het water uit de boiler een temperatuur van 58°C had (Rhoads *et al.*, 2015). Daarbij werd overigens wel waargenomen dat wanneer convectiemenging in de leiding optreedt, de watertemperatuur niet verder afkoelt dan 39°C, dat een ideale temperatuur is voor groei van *L. pneumophila*.

Het punt van convectiemenging wordt verder behandeld in paragraaf 9.4.3. Grote gebouwen, zoals bijvoorbeeld ziekenhuizen, hebben daarom ringleidingen waar warm water in recirculeert naar de boiler. Dit voorkomt extensieve afkoeling van warm water in de warmwaterinstallatie, hoewel in gebouwen met dergelijke ringleidingen ook is waargenomen dat op sommige distale punten van de leidingwaterinstallatie de watertemperatuur sterk kan fluctueren waarbij ook temperaturen (30 – 40°C) worden bereikt die een verhoogd risico geven op groei van *Legionella*, terwijl de gemiddelde watertemperatuur na de boiler boven de 60°C lag (Bedard *et al.*, 2015). Deze studie liet tevens zien dat naast de warmwatertemperatuur de frequentie van watergebruik een belangrijke parameter was in de mate waarin de warmwatertemperatuur in een distaal punt afkoelde tot temperaturen waarin *L. pneumophila* in staat is zich te vermeerderen.

In de wetenschappelijke literatuur zijn verschillende studies gepubliceerd waar de invloed van warmwatertemperatuur is onderzocht op de aanwezigheid van kweekbare *Legionella* spp of *L. pneumophila* in drinkwatersystemen van verschillende gebouwen. Na 2001 zijn verschillende wetenschappelijke studies gepubliceerd die hebben bevestigd dat *L. pneumophila* en of andere kweekbare legionellasoorten goed kunnen worden beheerst bij een warmwatertemperatuur van 60°C of hoger uit het warmtapwaterbereidingssysteem en/of een warmwatertemperatuur van 55°C of hoger aan de tappunten, maar dat bij lagere temperaturen (ook bij temperaturen tussen 50 en 55°C) leidingwaterinstallaties vaker positief worden voor *L. pneumophila* en/of andere kweekbare legionellasoorten (Darelid *et al.*, 2002, Blanc *et al.*, 2005, Borella *et al.*, 2005, Saby

et al., 2005, Mouchtouri *et al.*, 2007, Hrubá, 2009, Arvand *et al.*, 2011, Barna *et al.*, 2016, Bedard *et al.*, 2016, Boppe *et al.*, 2016, Lecoite *et al.*, 2019). Deze studies en die van voor 2001 zijn uitgevoerd in verschillende landen (en dus met verschillende waterkwaliteit), op drinkwater met of zonder desinfectieresidu en in verschillende gebouwtypen (met of zonder ringleiding). De algemene bevinding dat, ongeacht waterkwaliteit, aanwezigheid van desinfectieresidu en gebouwtipe, kweekbare *Legionella* (*pneumophila*) beheersbaar blijft bij een warmwatertemperatuur van 60°C of hoger van het water uit de boiler in combinatie met een warmwatertemperatuur van 55°C of hoger aan de kraan. Dit laat zien dat een dergelijk thermisch beheer succesvol is om het risico op groei van kweekbare *Legionella* (*pneumophila*) in de leidingwaterinstallatie te beletten. Dit beeld is ook bevestigd, waarin middels een modelmatige benadering gegevens van elf onafhankelijke veldstudies zijn gebruikt om de drempelwaarde voor thermisch beheer af te leiden (Rasheduzzaman *et al.*, 2020). De resultaten lieten zien dat naar gelang de statistische methodiek (odds ratio of regressie) 55°C of 59°C een geschikte drempelwaarde is voor de warmwatertemperatuur op tappunten.

De laatste decennia is ook aangetoond dat niet alle *L. pneumophila*-bacteriën kweekbaar zijn met het selectieve agarmedium en dat met het gebruik van bijvoorbeeld gastheerprotozoën monsters positief worden gevonden voor *L. pneumophila* die met kweek op een agarmedium negatief waren (Schalk *et al.*, 2012). In veel gevallen zou de negatieve kweek ook kunnen zijn veroorzaakt door de overgroei van stoorflora op de agarplaten, waardoor *Legionella* mogelijk wel op het medium kon groeien, maar doordat de stoorflora in hogere aantallen aanwezig is, niet is gedetecteerd. Bacteriecellen die niet op een agarplaat groeien, maar wel worden gedetecteerd met andere methoden die de levensvatbaarheid van cellen aantonen, worden ook wel 'viable but non-culturable' (VBNC) cellen genoemd. Er worden daarbij verschillende methoden toegepast en veel gebruikte methoden zijn bijvoorbeeld DNA van membraanintacte *L. pneumophila* (qPCR met *ema* of *pma*) of detectie van membraancompromitteerde cellen versus membraanintacte cellen (Delgado-Viscogliosi *et al.*, 2009, Cervero-Aragó *et al.*, 2019). Er bestaat echter discussie onder wetenschappers of met ieder van deze methoden de VBNC-cellen van *L. pneumophila* betrouwbaar zijn te detecteren (National Academies of Sciences, 2019). Om de invloed van een hoge watertemperatuur (55, 60 en 70°C) op kweekbare en VBNC *L. pneumophila* te bepalen, werden hoge aantallen (1×10^8 kweekbare cellen/ml) van twee *L. pneumophila* stammen gedurende 80 dagen blootgesteld aan één van deze drie verschillende watertemperaturen (Cervero-Aragó *et al.*, 2019).

De resultaten lieten zien dat een 8 log verwijdering van kweekbare *L. pneumophila* werd waargenomen na 3 tot 8 uur bij 55°C, 60 minuten bij 60°C en minder dan 2 minuten bij 70°C. De VBNC-cellen van *L. pneumophila*, gebaseerd op een intacte celmembraan en esteraseactiviteit, waren echter persistenter en een 4 log verwijdering van de VBNC-cellen werd waargenomen na 150 dagen bij 55°C, 8 tot 15 dagen bij 60°C en 1 tot 4 dagen bij 70°C. De infectieuze status van deze VBNC-cellen werd echter ook onderzocht met behulp van een gastheerprotozo en longmacrofaagcellijn en liet zien dat infectieuze *L. pneumophila* cellen nog werden waargenomen tot 85 dagen na incubatie bij 55 tot 60°C en tot 8 dagen bij 70°C. Bij deze analyses blijft het echter onduidelijk of vermeerdering van *L. pneumophila* optrad vanuit VBNC-cellen of vanuit overgebleven kweekbare *L. pneumophila* cellen die niet werden gedetecteerd omdat de aantallen onder de detectiegrens van de kweekmethode liggen. Cervero-Aragó *et al.* (2019) concludeerden uit hun resultaten dat een langdurig (> week) thermisch regime van 60°C of hoger in het centrale deel van de warmwaterinstallatie ook effectief zou moeten zijn tegen infectieuze VBNC-cellen van *L. pneumophila*. Zulke langdurige hoge temperaturen worden echter alleen in het warmwatertoe-stel van de warmwaterinstallatie bereikt.

Naast deze studies onder gecontroleerde laboratoriumcondities hebben praktijkstudies laten zien dat wanneer warmwatertemperaturen van het water uit de boiler 60°C of meer is en/of de warmwatertemperatuur aan de tappunten van de leidingwaterinstallatie 55°C of meer is, niet alleen de kweekbare *Legionella*-aantallen beheersbaar blijven, maar ook het aantal VBNC of dode cellen van *L. pneumophila* (bepaald met kwantitatieve PCR (qPCR)) (Bedard *et al.*, 2015, Lecoite *et al.*, 2019).

In een recent rapport van de National Academy of Sciences, Engineering and Medicine werd door een commissie met legionellaexperts op basis van de huidige wetenschappelijk inzichten het volgende geconcludeerd ten aanzien van preventief thermisch beheer: 'Verschillende studies hebben, op het niveau van verschillende schalen, landen en gebouwtypen, het overkoepelende voordeel aangetoond van verhoogde temperaturen om *Legionella* te beheersen. Met name boilerinstellingen van boven de 60°C zijn een sleuteldrempelwaarde om het aantal positieve detectiegevallen van *Legionella* te reduceren alsook om het aantal gevallen van de veteranenziekte en legionella-uitbraken te reduceren. Het afstellen van de temperatuur van het uitgaande water van de boiler tot een waarde die zorgt voor drinkwatertemperaturen hoger dan 55°C aan distale tappunten kunnen zeer effectief zijn om het aantal *Legionella*-positieve swabs of watermonsters te reduceren.' (National Academies of Sciences, 2019).

Tot slot is het nog belangrijk om te melden dat het thermisch beheer met een continue hoge warmwatertemperatuur effectief is in de warmtapwaterleidingen tot de thermostatische mengkraan. Op *Legionella*, die eventueel aanwezig is in de leiding en/of douchekop na de thermostatische mengkraan, heeft het thermisch beheer geen invloed. Het deel na de thermostatische mengkraan van een leidingwaterinstallatie heeft echter een volume lager dan één liter, waarvan in de huidige regelgeving wordt aangegeven dat dergelijke onderdelen een neutraal risico hebben voor *Legionella*. In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op deze zogenaamde 1-literregel.

3.4.2 Thermische desinfectie

Sinds 2001 zijn verschillende wetenschappelijke studies gepubliceerd waarin het effect van een hittestchok op *Legionella* is onderzocht. In de verschillende studies zijn deze hittestchokken toegepast in verschillende vormen, dat wil zeggen verschillende hittestchoktemperaturen, duur van de hittestchok en frequentie van de hittestchokken. Daarnaast is het onderzoek uitgevoerd in verschillende systemen, namelijk onder laboratoriumcondities, in pilotscale drinkwatersystemen met behulp van modellering en in gebouwen onder praktijkcondities. In het vervolg worden eerst de resultaten van wetenschappelijke studies beschreven die zijn verkregen onder laboratoriumcondities of in pilotscale leidingwaterinstallaties, dan de resultaten van een modelleringstudie en tot slot de resultaten van wetenschappelijke studies die zijn verkregen in gebouwen.

Laboratorium- en pilotscaleonderzoek

In de gevonden laboratorium- en pilotscalestudies naar de invloed van een hittestchok op *Legionella* en/of *L. pneumophila* varieerde de hittestchoktemperatuur, de tijd van de hittestchok en de frequentie van het toedienen van de hittestchokken (Tabel 1).

Meestal werd een hittestchokregime toegepast van 30 minuten bij 70°C. De meest intensieve hittestchok die is onderzocht in deze studies is 60 minuten bij 70°C, terwijl de minst intensieve hittestchok 30 minuten bij 60°C of 5 minuten bij 70°C is. De frequentie van het toedienen van een hittestchok varieerde tussen een frequentie van één keer tot een frequentie van twee keer per week gedurende ongeveer 85 weken. Daarnaast werd in alle studies een relatief lage warmwatertemperatuur toegepast na de hittestchok, zodat de studies met name informatie geven over beheersing van *Legionella (pneumophila)* wanneer zou worden toegestaan om de warmwatertemperatuur te verlagen. Het algemene beeld wat uit de laboratorium- en pilotscalestudies naar voren komt, is dat een hittestchok resulteert in een tijdelijke verlaging van het aantal *Legionella (pneumophila)*, maar dat vaak niet alle *Legionella (pneumophila)* kon worden afgedood en dat na verloop van tijd de aantallen weer terug zijn op het oude niveau of zelfs hoger dan voor de hittestchok (Saby *et al.*, 2005, van der Kooij *et al.*, 2005, Allegra *et al.*, 2008, Farhat *et al.*, 2010, Epalle *et al.*, 2015, Kruse *et al.*, 2016, van Kenhove, 2018, Bleys & Dinne, 2020). De studie van der Kooij *et al.* (2005) is daarbij uitgevoerd met Nederlands drinkwater in een pilot leidingwaterinstallatie en gebruikte een frequentie (twee keer per week) die het meest lijkt op de frequentie die in de Nederlandse praktijk wordt toegepast (wekelijkse hittestchok). Tevens werd waargenomen dat de biofilm nauwelijks wordt verwijderd door de hittestchok en dat ook gastheerprotozoa van *Legionella* aanwezig zijn na het toepassen van een hittestchokbehandeling (Farhat *et al.*, 2012) in een pilotinstallatie. Daarnaast volgt uit deze studies dat het toepassen van thermische desinfectie in combinatie met een verlaagde warmwatertemperatuur leidt tot omstandigheden waarin *Legionella (pneumophila)* zich kan handhaven of zelfs kan vermeerderen tot hogere aantallen dan wanneer geen hittestchokken worden toegepast.

Tabel 1. De hittestchokprotocollen toegepast in de laboratorium- en pilotscalestudies.

Hittestchok			Temp		
Temp	Duur	Frequentie per experiment	warmwater	Installatie	Referentie
70°C	30 min	Vaak ^a	37°C	Pilot DW	(van der Kooij <i>et al.</i> , 2005)
70°C	30 min	2	35°C	Pilot DW	(Farhat <i>et al.</i> , 2010)
70°C	30 min	2	35°C	Pilot DW	(Farhat <i>et al.</i> , 2012)
70°C	0 - 60 min	1	N.P. ^b	Laboratorium	(Allegra <i>et al.</i> , 2008)
50 - 70°C	5 - 60 min	1	N.P.	Laboratorium	(Epalle <i>et al.</i> , 2015)
70°C	30 min	1	40°C	Pilot DW	(Saby <i>et al.</i> , 2005)
65°C	30 - 60 min	4	45°C	Pilot DW	(van Kenhove, 2018)
60°C; 65°C	30 min	>10	45°C	Pilot DW	(Bleys & Dinne, 2020)
60°C	30 min	1	40°C	Pilot DW	(Ji <i>et al.</i> , 2018)

a In deze studie werd gedurende een periode van ongeveer 85 weken, twee keer per week gespoeld

b N.P. is niet gepubliceerd

In één van de studies werd waargenomen dat de aantallen kweekbare *L. pneumophila* bacteriën afnamen na een eerste hittedschok, maar dat een tweede hittedschok, toegepast toen de aantallen *L. pneumophila* weer op het oude niveau van voor de eerste hittedschok lagen, niet resulteerde in een afname maar in een tijdelijke toename van het aantal kweekbare *L. pneumophila* (Farhat *et al.*, 2010). Deze resultaten laten zien dat *L. pneumophila* hitteresistent kan worden wanneer herhaaldelijke hittedschokken worden toegepast. Daarnaast laat de studie ook een tweede risico van het toepassen van een hittedschok zien, namelijk dat de aantallen kweekbare *Legionella* kunnen toenemen na het toepassen van een hittedschok. Een vergelijkbaar resultaat werd verkregen in een pilot distributiesysteem waar na het toepassen van een hittedschok (30 minuten bij 70°C) de aantallen *L. pneumophila* in de biofilm initieel daalden met meer dan 3 logeenheden. Nadat de watertemperatuur in het watersysteem weer terug was gebracht naar 40°C, namen de kweekbare legionella-aantallen in de biofilm echter weer toe en deze aantallen waren na vijf weken 2 logeenheden hoger dan de aantallen die voor de hittedschok werden waargenomen (Saby *et al.*, 2005). Temmerman *et al.* (2006) hebben laten zien dat kweekbare aantallen van *L. pneumophila* toenamen wanneer bacteriën en biofilms die door een hittedschok (30 minuten bij 60°C) waren afgedood en aan *L. pneumophila* werden toegevoegd. De auteurs concludeerden dat *L. pneumophila* in staat is om zich direct te vermeerderen op de nutriënten die vrijkwamen van afgedode micro-organismen (een fenomeen dat necrotrofie wordt genoemd), dus zonder vermeerdering in een gastheerprotozo. Deze resultaten laten dus zien dat wanneer hittedschokken worden toegepast als preventieve maatregel er een risico is dat hitteresistente *L. pneumophila* gaan overheersen in de leidingwaterinstallatie waarop de hittedschok weinig effect heeft en dat deze hitteresistente *L. pneumophila* stammen na een hittedschok kunnen uitgroeien tot hogere aantallen door zich te vermeerderen op de dode biomassa die in het systeem ontstaat door de hittedschok. Daarmee zou het toepassen van een hittedschokstrategie als preventieve maatregel dus een averechts effect kunnen hebben en resulteren in een hoger risico op verspreiding van kweekbare *Legionella* en *L. pneumophila*.

Modelleringsonderzoek

Een recente studie heeft met behulp van modellering onderzocht of een constante hoge warmwatertemperatuur (55°C) of een hittedschokprocedure effectief is om kweekbare *Legionella* onder controle te krijgen in flatgebouwen waar relatief hoge kweekbare legionella-aantallen worden aangetroffen (van Kenhove, 2018). De modelsimulaties lieten zien dat groei van kweekbare *Legionella* geheel afwezig

is met een constante hoge warmtapwatertemperatuur en dat met een hittedschokprotocol wel groei van kweekbare *Legionella* optreedt tussen twee toegediende hittedschokken, maar daarbij blijven de kweekbare legionella-aantallen onder de 1000 kve/l. In het model zijn echter een aantal aannames gedaan die niet overeenkomen met de kennis over groei van *Legionella*. Zo is groei van *Legionella* gemodelleerd als groei buiten gastheerprotozoa, terwijl *Legionella* zich in drinkwaterbiofilms juist vermeerdert in gastheerprotozoa (National Academies of Sciences, 2019). Bij afsterving door temperatuur is ook uitgegaan van vrijlevende legionellacellen, terwijl bekend is dat deze afsterving lager is wanneer *Legionella* zich in gastheerprotozoa bevindt (Storey *et al.*, 2004; Cervero-Arago *et al.*, 2013). Daarnaast is de groei van *Legionella* op dode biomassa, die ontstaat na een thermische schokbehandeling, niet meegenomen, evenals de ontwikkeling naar meer thermotolerante legionellasoorten na een hittedschokbehandeling. Beide fenomenen zijn echter beschreven in de wetenschappelijke literatuur (Temmerman *et al.*, 2006; Allegra *et al.*, 2011). Het gevolg van deze aannames is dat de groei van *Legionella* tussen twee hittedschokbehandeling waarschijnlijk wordt onderschat, terwijl de afsterving van *Legionella* door een hittedschokbehandeling wordt overschat. Daardoor lijkt het effect van een hittedschokbehandeling door deze modelsimulaties mogelijk positiever dan dat ze in werkelijkheid zullen zijn. Een verdere ontwikkeling van het model, inclusief een validatie volgens gestandaardiseerde normen, kan in de toekomst mogelijk leiden tot meer betrouwbare resultaten om het effect van hittedschokbehandelingen op *Legionella (pneumophila)* te voorspellen.

Praktijkcondities

Het toepassen van thermische desinfectie is ook onderzocht onder praktijkcondities van voornamelijk ziekenhuizen (tabel 2). Daarbij is in sommige studies de thermische desinfectie toegepast als preventieve maatregel, waarbij gedurende een lange periode periodiek de watertemperatuur tijdelijk wordt verhoogd, terwijl bij andere studies de thermische desinfectie als curatieve maatregel is toegepast, waarbij de temperatuur één keer tot een paar keer per jaar tijdelijk werd verhoogd. Het algemene beeld wat uit deze studies naar voren komt, is dat in geen van de gepubliceerde studies het toepassen van thermische desinfectie leidden tot het succesvol verlagen van kweekbare *Legionella* spp op alle locaties tot onder < 100 kve/l (Perola *et al.*, 2005; Peiro Callizo *et al.*, 2005; Bedard *et al.*, 2016; Allegra *et al.*, 2011; Kruse *et al.*, 2016; Mouchtouri *et al.*, 2007; Steinert *et al.*, 1998; Borella *et al.*, 2016; Marchesi *et al.*, 2011; Pancer *et al.*, 2013).

In één van de studies waar thermische desinfectie preventief werd toegepast en het water wekelijks werd behandeld met een hiteschok, werd bijvoorbeeld waargenomen dat deze strategie succesvol het aantal kweekbare *L. pneumophila* tot onder 100 kve/l wist te verlagen in de installatie van één van de twee vleugels van het ziekenhuis (Bedard *et al.*, 2016). Toepassing van hetzelfde thermische desinfectieprotocol voor de installatie van de andere vleugel van het ziekenhuis was echter niet succesvol. Op de verschillende tappunten van deze installatie werden wisselende resultaten geboekt. Zo werd op een paar tappunten waargenomen dat gedurende de eerste twaalf maanden van het toepassen van het thermische desinfectieprotocol de kweekbare aantallen *L. pneumophila* onveranderd hoog bleven ($10^4 - 10^5$ kve/l), terwijl op een ander tappunt deze aantallen daalde naar $\sim 10^2$ kve/l. Op een vierde tappunt werd waargenomen dat de aantallen de eerste zes maanden na ingebruikname van thermische desinfectie de aantallen kweekbare *L. pneumophila* daalden tot onder de 100 kve/l, maar dat na twaalf maanden de aantallen flink waren toegenomen (5×10^5 kve/l). De auteurs suggereren dat het verschil in succes van thermische desinfectie tussen de twee installaties wordt veroorzaakt door het verschil in hydraulische condities tussen de installaties. In de installatie waar thermische desinfectie niet succesvol was, kwamen namelijk veel meer dode-eindleidingen voor dan in de installatie waar thermische desinfectie wel succesvol was. In de studie van Peiro Callizo *et al.* (2005) werd ook waargenomen dat thermische desinfectie wel succesvol was om kweekbare *Legionella* te verlagen tot onder de detectielimiet (50 kve/l) in één deel van de installatie, maar niet in het andere deel. In het niet succesvolle deel werden de legionella-aantallen wel verlaagd, maar bleven met 1.950 kve/l relatief hoog. Daarnaast is het lastig om te beoordelen of de afname in kweekbare legionella-aantallen werd veroorzaakt door thermische desinfectie, doordat tegelijkertijd ook dode-eindleidingen werden verwijderd en het thermisch beheer werd verbeterd (temperatuur uit warmwatertoestel werd gebracht op 60°C of hoger en temperatuur retourleiding minimaal 50°C, daarvoor waren deze temperaturen blijkbaar lager). Tot slot werd in deze studie waargenomen dat het saneren van een dode-eindleiding in de installatie waar de thermische desinfectie niet succesvol was, resulteerde in verdere afname van het aantal kweekbare *Legionella* tot onder de detectiegrens (50 kve/l). Dit is een andere aanwijzing dat het succes van thermische desinfectie als preventieve maatregel ook afhangt van de hydraulica van de installatie.

De derde studie waar thermische desinfectie als preventieve maatregel werd toegepast, zag geen positief effect op de aantallen kweekbare *L. pneumophila* en de aantallen bleven dan ook onverminderd hoog in het systeem (tot maximaal 10^5 kve/l). In deze laatste studie werden de aangetroffen *L. pneumophila* ook tot stamniveau (genotype) getypeerd en die resultaten lieten zien dat voor toepassing van het thermisch desinfectieprotocol drie verschillende legionellastammen werden waargenomen, maar dat daarna twee van de drie stammen overbleven. Dit laat mogelijk zien dat thermische desinfectie uiteindelijk selecteert voor *L. pneumophilastammen* die hitteresistent zijn, zoals is aangetoond in de laboratorium- en pilotscalestudies die eerder zijn beschreven.

De studies die hiteschokken als curatieve maatregel onder praktijkcondities hebben toegepast, laten zien dat in vrijwel alle studies een verlaging van kweekbare *Legionella (pneumophila)* werd waargenomen na de hiteschok (Allegra *et al.*, 2011; Kruse *et al.*, 2016; Mouchtouri *et al.*, 2007; Steinert *et al.*, 1998; Borella *et al.*, 2016). In de meeste gevallen was dit effect echter tijdelijk en namen de kweekbare legionella-aantallen na verloop van tijd weer toe, soms zelfs tot aantallen die hoger waren dan voor de hiteschok. De tijd tussen hiteschok en hergroei van kweekbare *Legionella (pneumophila)* verschilde tussen de diverse studies. Bij enkele studies werd hergroei tot vergelijkbare of hogere aantallen binnen 7 tot 14 dagen waargenomen (Steinert *et al.*, 1998; Pancer *et al.*, 2013), maar bij andere studies pas na 60 dagen (Borella *et al.*, 2016). Een andere interessante waarneming uit deze studies is dat het toepassen van een hiteschok effectiever was voor *L. anisa* of *L. nonpneumophila* dan voor *L. pneumophila* (Kruse *et al.*, 2016; Mouchtouri *et al.*, 2007). Zo werd bijvoorbeeld waargenomen dat wanneer *L. anisa* en *L. pneumophila* in het systeem aanwezig waren voor de hiteschok, *L. anisa* na de hiteschok niet langer werd gedetecteerd, maar *L. pneumophila* wel (Kruse *et al.*, 2016). Tevens werd in een andere studie aangetoond dat de hiteschok leidde tot een verschuiving binnen de *L. pneumophila*-populatie, waarbij na de hiteschok alleen nog hitteresistente stammen van *L. pneumophila* werden aangetroffen, want deels andere stammen waren dan die die voor de hiteschok werden aangetroffen.

Tabel 2. De hitteschokprotocollen toegepast in de praktijkstudies en resultaat ten aanzien van legionellabeheersing.

Temp	Duur	Strategie	Frequentie	Installatie	Succes	Referentie
80°C	5 min	Preventief	N.P.	Ziekenhuis	Nee	Perola et al., 2005
66-70°C	> 3 min	Preventief	1-2 per week	Ziekenhuis	Gemengd	Peiro Callizo et al., 2005
> 70°C	≥ 30 min	Preventief	Wekelijks	Ziekenhuis	Gemengd	Bedard et al., 2016
70°C	30 min	Curatief	1-2 per jaar	Ziekenhuis	Tijdelijk	Allegra et al., 2011
65°C	≥ 24 uur	Curatief	1-5 per jaar	Ziekenhuis	Tijdelijk	Allegra et al., 2011
65°C	≥ 24 uur	Curatief	1-5 per jaar	Ziekenhuis	Tijdelijk	Allegra et al., 2011
N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	77 gebouwen	Gemengd	Kruse et al., 2016
70-80°C	3 dagen	Curatief	1 per 9 tot 14 dagen	33 gebouwen	Gemengd	Mouchtouri et al., 2007
70°C	N.P.	Curatief	1 per 98 dagen	Ziekenhuis	Tijdelijk	Steinert et al., 1998
60-65°C	N.P.	Curatief	1 per jaar	Ziekenhuis	Tijdelijk	Borella et al., 2016
> 60°C	2 dagen	Curatief	2 per jaar	Ziekenhuis	Nee	Marchesi et al., 2011
70-80°C	N.P.	Curatief	1-2 per jaar	Ziekenhuis	Nee	Pancer et al., 2013

Studies waarin is onderzocht of intensievere hitteschokken (bijvoorbeeld meerdere uren bij 70°C of kortere tijden bij temperaturen van 80 of 90°C) in staat zijn om *Legionella* onder controle te krijgen in drinkwatersystemen zijn niet gevonden. Aanvullend onderzoek is dus nodig voordat geconcludeerd kan worden of intensievere hitteschokken wel als preventieve maatregel voor *Legionella* werken. Daarbij dient tevens opgemerkt te worden dat dergelijkere intensievere hitteschokken ook potentiële problemen kunnen veroorzaken, zoals (i) het loskomen van deeltjes van de leidingen die tot verstopping van kleppen en zeefjes in de leidingwaterinstallatie kunnen leiden, (ii) het ontstaan van schade aan (delen van) de leidingwaterinstallatie door (langdurige) blootstelling aan hoge temperaturen, (iii) kalkaanslag in de installatie en (iv) het oplopen van brandwonden door gebruikers van het warmwatersysteem (National Academies of Sciences, 2019).

Door de gemengde resultaten in wetenschappelijke publicaties betreffende thermische desinfectie op *Legionella* (*pneumophila*), is geconcludeerd dat de effectiviteit van de hitteschokmaatregel tegen *Legionella* in drinkwatersystemen controversieel is (National Academies of Sciences, 2019). In de praktijk wordt een hitteschokstrategie dan ook voornamelijk toegepast als een tijdelijke of noodmaatregel, maar niet als een preventieve maatregel (National Academies of Sciences, 2019). In drie gevonden wetenschappelijke studies is de strategie van een constante hoge warmwatertemperatuur (60°C) vergeleken met de hitteschokstrategie op het beheersen van *L. pneumophila* in pilot en fullscale leidingwaterinstallaties (Allegra et al., 2011, Ji et al., 2018, Bleys & Dinne, 2020). In deze studies werd waargenomen dat *L. pneumophila* onder controle werd gehouden in het warmwatersysteem met een constante hoge warmwatertemperatuur van 60°C of meer,

maar dat in het warmwatersysteem met een temperatuur van 40, 45 of 55°C waar hitteschokken van 30 minuten bij 60, 65 of 70°C werden toegepast, *L. pneumophila* in het water werd aangetroffen. Daarbij zijn de resultaten van Bleys en Dinne (2020) makkelijker te interpreteren omdat in deze studie de pilotinstallatie ook is geïnoculeerd met *L. pneumophila*.

De studie van Bleys en Dinne (2020) is ook van belang in relatie tot het eventueel verlagen van de warmwatertemperatuureis in combinatie met thermische desinfectie. In die studie werd namelijk de warmwatertemperatuur van de pilotinstallatie teruggebracht naar 45°C en werd thermische desinfectie wekelijks als preventieve maatregel toegepast (wekelijkse hitteschok van minimaal 60°C gedurende 30 minuten). In die studie werd waargenomen dat een hitteschok van 30 minuten bij 65°C een groter effect had op kweekbare *Legionella* dan een hitteschok van 30 minuten bij 60°C, maar bij beide regimes werden de legionella-aantallen in het systeem niet gereduceerd tot onder het detectieniveau van 10 kolonievormende eenheden (kve) per liter en lagen de kweekbare legionella-aantallen ook met enige regelmaat boven de 100 kve/l. Tevens werd gezien dat wanneer het regelmatig toedienen van hitteschokken (~ 1 keer per week) enkele weken werd onderbroken, de aantallen kweekbare *Legionella* weer sterk toenam tot aantallen van 10⁶ - 10⁷ kve per liter. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het verlagen van de warmwatertemperatuur in combinatie met thermische desinfectie geen betrouwbare beheersmaatregel is tegen kweekbare *Legionella*.

Nederlandse situatie

In de Regeling legionellapreventie is preventief toepassen van thermische desinfectie als beheersmaatregel opgenomen. De meest relevante studies voor de Nederlandse situatie zijn daarom de studies waarin het effect van preventieve thermische desinfectie is bestudeerd. Zoals uit voorgaande beschrijving blijkt, zijn de resultaten van die studies niet éénduidig, omdat in sommige installaties succesvolle resultaten werden behaald, maar in andere installaties niet. Naast deze eerder beschreven studies wordt in Nederland ook een redelijk intensieve casuïstiek uitgevoerd wanneer legionellapneumonie bij een patiënt wordt aangetroffen, het zogenaamde Bronopsporingseenheid legionellapneumonie (BEL) onderzoek (den Boer *et al.*, 2015, den Boer *et al.*, 2016). Het BEL-onderzoek wordt echter niet tot dusdanig detail uitgevoerd dat bekend is of kweekbare *Legionella* zijn aangetroffen in installaties waar hiteschokbehandelingen worden toegepast.

Wel is uit het BEL-onderzoek gebleken dat kweekbare *Legionella (pneumophila)* vaker worden waargenomen in leidingwaterinstallaties van prioritaire instellingen zoals ziekenhuizen en hotels dan in woningen (den Boer *et al.*, 2016), wat een indirect bewijs zou kunnen zijn dat hiteschokbehandelingen die voornamelijk worden toegepast in prioritaire instellingen kunnen leiden tot groei van *Legionella (pneumophila)*. Er zijn echter ook andere factoren (bijvoorbeeld hydraulica, stilstand, grootte installatie, etc.) die verschillen tussen een leidingwaterinstallatie van prioritaire gebouwen en woningen kunnen veroorzaken en die ook verantwoordelijk kunnen zijn voor de verschillen in aangetroffen kweekbare *Legionella (pneumophila)*.

3.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken thermisch beheer

Op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten wordt geconcludeerd dat het toepassen van een continue hoge warmwatertemperatuur van 60°C van het uitgaande water van het warmwatertoestel en van 55°C op alle uittappunten door de warmwaterinstallatie een betrouwbare preventieve beheersmaatregel is om *Legionella* en *L. pneumophila* onder controle te houden.

Het toepassen van hiteschokken in een warmwaterinstallatie waarbij het warmwater een lagere temperatuur dan 60°C heeft, wordt afgeraden als preventieve beheersmaatregel doordat wetenschappelijke studies hebben laten zien dat (1) *Legionella* en *L. pneumophila* onvoldoende worden afgedood in de warmwaterinstallatie en (2) dergelijke maatregelen kunnen leiden tot (tijdelijk) verhoogde aantallen in de warmwaterinstallatie.

De effectiviteit om *Legionella* te beheersen door het toepassen van hiteschokken in een warmwaterinstallatie waarbij het warmwater een temperatuur heeft van 60°C of hoger lijkt te verschillen tussen warmwaterinstallaties. Het kan daardoor een succesvolle beheersmaatregel zijn voor de ene locatie, maar minder of niet succesvol voor een andere locatie.

Een hiteschokbehandeling kan wel als curatieve maatregel worden toegepast wanneer in een warmwaterinstallatie is waargenomen dat de aantallen kweekbare *Legionella* of *L. pneumophila* boven de wettelijke eis uitkomen. Met een curatieve maatregel wordt hier bedoeld dat een direct risico voor de volksgezondheid, door hoge aantallen kweekbare *Legionella (pneumophila)* in de installatie, kan worden gereduceerd door een thermische schokbehandeling. Een dergelijke maatregel resulteert namelijk in een directe (maar meestal tijdelijke) afname van het aantal legionellabacteriën, waardoor het momentane risico op verspreiding van *Legionella* wordt verhinderd. In dat geval moet echter na het toepassen van een hiteschok als curatieve maatregel aanvullende preventieve maatregelen worden genomen die er voor zorgen dat kweekbare *Legionella* niet opnieuw toeneemt in de warmwaterinstallatie na toepassing van de hiteschok.

3.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

De regelbaarheid en beheersbaarheid van de warmtapwatertemperatuur in met name collectieve leidingwaterinstallaties met circulatie is in de praktijk erg lastig. Boilersystemen en thermostatische inregelventielen hebben een aanzienlijke bandbreedte nodig om de warmtapwatertemperatuur goed in te regelen op bijvoorbeeld 55 of 60°C. Verschillende respondenten pleiten er dan ook voor om bij wettelijke regels gerelateerd aan de warmtapwatertemperatuur voldoende marge in te bouwen in verband met de uitvoerbaarheid van die regels. De retourtemperatuur bij de boiler en de retourtemperatuur in de deelringen vormen daarbij de belangrijkste sleuteldrempelwaarden. Het circulatiesysteem moet daarbij als een verlengstuk van het voorraadvat worden beschouwd, waarvoor dan overal (in collectieve leidingwaterinstallaties) een eis van 60°C geldt.

De sanitaire sector onderschrijft het belang van thermisch beheer en het handhaven van 60°C als sleuteldrempelwaarde voor collectieve warmtapwatersystemen. Het positieve effect van het strikt handhaven van die temperatuur blijkt ook uit praktijkervaringen. Zij pleiten voor terughoudendheid bij het verlagen van warmtapwatertemperaturen bijvoorbeeld als gevolg van de energietransitie. In de gehandicaptenzorg wordt veel gebruik gemaakt van kleinere zorgunits (zorgwoningen) en daar is *Legionella* in warmtapwater goed onder controle te houden door strikt te handhaven op een temperatuur van 60°C. De meeste problemen manifesteren zich dan ook in het koude water. Een respondent bevestigt dat steeds meer monsternemingen in de praktijk gericht zijn op koudwater-tappunten en niet op warmwatertappunten.

Onder verwijzing naar de studie van Kenhove uit 2018 is het volgens een van de respondenten noodzakelijk om de tabel temperatuur – standtijd zoals opgenomen in bijlage 2 van de Regeling te herzien. Dat zou dan moeten resulteren in langere standtijden en/of hogere temperaturen bij naverwarming en/of wekelijkse thermische desinfectie.

Omdat mengtoestellen in de praktijk vaak goed worden weggewerkt (bijvoorbeeld boven verlaagde plafonds) is het twijfelachtig of het deel achter een mengtoestel wordt meegenomen bij een thermische desinfectie. Verschillende respondenten geven aan dat dit wel noodzakelijk is aangezien een belangrijk deel van het legionellarisico achter het mengtoestel zit. Zo ervaart een respondent dat rond 75 % van de normoverschrijdingen worden gevonden bij douchemengkranen gerelateerd aan de douche.

Naast het leidingdeel achter een mengtoestel wordt ook het feit dat warmwateruitleidingen onvoldoende afkoelen tot onder 25°C beschouwd als een risico. In zo'n situatie is de effectiviteit van een thermische schokbehandeling beperkt. Het succes van een hitteschokbehandeling is in de praktijk erg situatieafhankelijk is en wordt met name bepaald door de complexiteit van de installatie en de toegepaste materialen. Tevens wijzen meerdere respondenten op het risico van combiwarmtepompen in woningen die zijn voorzien van een thermisch desinfectieprogramma met een elektrische heater. De wekelijkse thermische desinfectie hiervan richt zich namelijk alleen op het voorraadvat en niet op de rest van de installatie; bovendien is het de vraag hoe effectief het hele voorraadvat wordt gedesinfecteerd. Het uitvoeren van een goede thermische desinfectie in de praktijk is geen sinecure, omdat het altijd de vraag is of alle posities in het leidingwatersysteem voldoende worden bereikt; denk daarbij vooral aan de bodem van voorraadvaten voor warm tapwater. Een respondent merkt op dat in de praktijk door woningeigenaren - vanuit energetisch oogpunt - de noodzaak van de elektrische heater voor thermische desinfectie in combinatie met een (bodem) warmtepomp steeds vaker ter discussie wordt gesteld, zeker als in de keuken sprake is van een close-in boiler waarmee heet water onder andere voor schoonmaakdoeleinden kan worden getapt.

3.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

De laatste stand van de wetenschappelijke kennis, zoals die in paragrafen 3.4 en 3.5 is beschreven, is niet in lijn met de huidige wetgeving over legionellapreventie. Zoals in paragraaf 3.1 beschreven, kan de wetgeving over legionellapreventie betrekking hebben op woninginstallaties, collectieve leidinginstallaties en collectieve leidinginstallaties van prioritaire gebouwen. Voor de warmtapwatertemperatuur is dat nadrukkelijk belangrijk, omdat voor woninginstallaties en collectieve leidingnetten van niet-prioritaire instellingen de warmtapwatertemperatuur de enige legionellabeheersmaatregel is die wordt toegepast.

3.7.1 Woninginstallaties

Voor warmtapwater voor warmwaterinstallaties zonder circulatiesysteem in woningen geldt op grond van het Bouwbesluit 2012 een eis van 55°C. Deze eis heeft vooral een functionele reden, waardoor in een onlangs verschenen rapportage is aangegeven dat wettelijk gezien legionellapreventie een verlaging van de warmtapwatertemperatuur bij woninginstallaties niet in de weg staat. De wetenschappelijke kennis betreffende *Legionella* laat echter zien dat het verlagen van de warmtapwatertemperatuur in woninginstallaties zal leiden tot een verhoogd risico op groei van *Legionella* en kan daardoor een volksgezondheidsrisico opleveren. Uit de interviews is gebleken dat ook in de dagelijkse praktijk met legionellapreventie in Nederland de ervaring is dat wanneer de warmtapwatertemperatuur is ingesteld op 60°C of hoger bij het warmwater-toestel, of hoger is dan 55°C bij de uittappunten, monsters vrijwel nooit positief zijn voor kweekbare *Legionella*. Het is daarom zinvol om de wetgeving beter in lijn te brengen met de huidige wetenschappelijke kennis en de praktijkervaring.

Het advies op basis van wetenschappelijke inzichten is om de wetgeving zo aan te passen dat warmwaterinstallaties zonder circulatiesystemen in woningen moeten voldoen aan de eisen dat de warmwatertemperatuur in het warmwatertoestel (voorraad- en doorstroomstoestellen) op alle plekken 60°C is en dat de warmwatertemperatuur op de uittappunten 55°C is. Daarnaast dient expliciet te worden opgenomen dat hieraan moet worden voldaan in het kader van legionellapreventie.

Een aanpassing in lijn met voorgaande zal invloed hebben op de bouw en aanleg van warmwaterinstallaties in woningen, alsook het gebruik daarvan. De huiseigenaren, producenten van duurzame verwarmingsbronnen/warmtapwatertoestellen, installateurs en NEN-normsubcommissie NEN 1006 zijn daarbij de belangrijkste stakeholders.

3.7.2 Collectieve leidingnetten ongeacht prioritair of niet-prioritaire instellingen

Op grond van het Bouwbesluit 2012 en het Drinkwaterbesluit moeten collectieve leidingnetten voldoen aan NEN 1006. In NEN 1006 is opgenomen dat de temperatuur in de retourleiding bij gebruik conform de ontwerpcondities ten minste 60°C moet zijn, evenals de temperatuur aan het mengtoestel of aan het tappunt. Daarnaast is opgenomen dat als een warmwatervoorraadtoestel niet continu op alle plaatsen een temperatuur van ten minste 60°C heerst, deze minimaal wekelijks moet worden gedesinfecteerd (zie ook paragraaf 3.1.2). De analyse van de wetenschappelijke literatuur en praktijkervaring heeft laten zien dat een

warmtapwatertemperatuur van 60°C bij de retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, het mengtoestel en tappunt een betrouwbare preventieve maatregel is om *Legionella (pneumophila)* onder controle te houden. Hetzelfde geldt voor warmtapwaterinstallaties waar naverwarming wordt toegepast, mits deze voldoet aan de gestelde normen in NEN 1006 (naverwarmingstijd 10 minuten op 60°C, 1 minuut op 65°C of 10 seconden op 70°C). De effectiviteit van een wekelijkse hittedeschokbehandeling met de gegeven temperaturen en standtijden in Tabel 4 van NEN 1006 is volgens de huidige wetenschappelijke kennis en praktijkervaring geen betrouwbare preventieve maatregel om *Legionella (pneumophila)* te beheersen indien de warmwatertemperatuur onder de 60°C is en kan zelfs resulteren in verhoogde legionella-aantallen na de hittedeschokbehandeling door groei van *Legionella (pneumophila)* op de dode biomassa (die vrijkomt na een hittedeschokbehandeling).

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om voor collectieve leidingnetten (van prioritaire en niet-prioritaire instellingen) de volgende eisen te handhaven:

1. Bij warmtapwatervoorzieningen en warmtapwaterinstallaties met circulatie moet de temperatuur in de retourleiding(en) bij gebruik conform de ontwerpcondities ten minste 60°C zijn, en
2. dat dit ook geldt voor de temperatuur aan het mengtoestel of aan het aerosolvormend tappunt.
3. Indien zich gunstige groeiomstandigheden voordoen en de eigenaar kiest voor het beheersen door naverwarming van het water, de eigenaar een van de volgende verhoudingen van temperatuur en tijd voor deze naverwarming toepast: 10 minuten op 60°C, 1 minuut op 65°C of 10 seconden op 70°C.

Daarnaast dient expliciet te worden opgenomen dat hieraan moet worden voldaan in het kader van legionellapreventie. Verder dient een eis toegevoegd te worden dat in een warmwatervoorraadtoestel op alle plaatsen ook een continue warmtapwatertemperatuur van 60°C wordt bereikt. Het ligt voor de hand dat de passages in Tabel 4 van NEN 1006 over thermische desinfectie bij bepaalde temperaturen en standtijden zouden moeten vervallen.

Een aanpassing in lijn met het hiervoor vermelde zal invloed hebben op de bouw en aanleg van collectieve leidingnetten, alsook het gebruik daarvan. De gebouwbeheerders, installatiebeheerders, installateurs en NEN-normsubcommissie NEN 1006 zijn daarbij de belangrijkste stakeholders.

3.7.3 Collectieve leidingnetten prioritaire instellingen

Voor collectieve leidingnetten van prioritaire instellingen geldt in aanvulling op het Bouwbesluit 2012 en het eerdergenoemde artikel 34 van het Drinkwaterbesluit ook de regelgeving beschreven in hoofdstuk 4 van het Drinkwaterbesluit en de uitwerking daarvan in de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater. Daarin wordt een onbeperkte warmtapwatertemperatuur van 50°C gezien als een neutraal risico en bij warmtapwatertemperaturen van ten minste een uur en hoger dan 55°C geldt afsterving.

In lijn met wat is beschreven in paragraaf 3.7.2 laat de huidige wetenschappelijke kennis en praktijkervaring zien dat een continue warmtapwatertemperatuur van 60°C bij de retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, het mengtoestel en het tappunt een betrouwbare preventieve maatregel is om *Legionella (pneumophila)* onder controle te houden. Dit betekent dat volgens de huidige wetenschappelijke kennis van een neutraal risico of afsterving gesproken kan worden, wanneer de warmtapwatertemperatuur op de tappunten 60°C of hoger zijn. Tevens wordt in de regelgeving de mogelijkheid geboden om kweekbare *Legionella* te beheersen, indien zich gunstige groeiomstandigheden voordoen, door naverwarming van het water of door wekelijks verhogen van de temperatuur van het leidingnet (thermisch beheer met hittedeschokbehandelingen). Naverwarming van het water is ook een betrouwbare preventieve maatregel, mits deze voldoet aan de gestelde normen in Bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie en NEN 1006 (naverwarmingstijd 10 minuten op 60°C, 1 minuut op 65°C of 10 seconden op 70°C). Een wekelijkse hittedeschokbehandeling met de gegeven temperaturen en standtijden in lijn met de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater is volgens de huidige wetenschappelijke kennis en praktijkervaring geen betrouwbare preventieve maatregel om *Legionella (pneumophila)* te beheersen indien de warmwatertemperatuur onder de 60°C is. Dit kan zelfs resulteren in verhoogde legionella-aantallen na de hittedeschokbehandeling door groei van *Legionella (pneumophila)* op de dode biomassa (die vrijkomt na een hittedeschokbehandeling).

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om voor collectieve leidingnetten van prioritaire instellingen de risicofactoren betreffende warmtapwater aan te passen. Daarbij zou niet langer moeten worden gesproken over 'groei', 'neutraal' en 'afsterving' als benoeming van een risicofactor, maar dient de risicofactor benoemd te worden als 'risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*' en 'geen risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*'. Installaties met warmwatertemperaturen lager dan 60°C bij de warmtapwaterinstallatie, retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en tappunt krijgen dan de kwalificatie 'risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*'. Installaties met warmwatertemperaturen hoger dan 60°C bij de warmtapwaterinstallatie, retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en tappunt of installaties waar door naverwarming de gestelde normen in NEN 1006 worden bereikt, krijgen dan de kwalificatie 'geen risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*'.

Wanneer de warmwatertemperatuur lager dan 60°C is in de retourleiding, aan het mengtoestel of aan het tappunt is tevens het advies om, indien zich gunstige groeiomstandigheden voordoen, de mogelijkheid tot legionellabeheersing door toepassing van thermische desinfectie middels hittedeschokken te laten vervallen. Tevens komen onder die condities de passages in de tabel van paragraaf 5.2 in bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie van drinkwater en warmtapwater betreffende thermische desinfectie bij bepaalde temperaturen en standtijden te vervallen.

Op basis van de wetenschappelijke inzichten betreffende thermische desinfectie middels hittedeschokken kan geen eenduidig advies worden gegeven over het toepassen van thermische desinfectie als beheersmaatregel bij locaties waar zich gunstige groeiomstandigheden voor *Legionella* voordoen en waar de warmwatertemperatuur $\geq 60^\circ\text{C}$ is. Daarom worden hier twee verschillende adviezen voorgesteld waarvan één van de twee doorgevoerd kan worden:

- A. Laat de passages in Tabel 4 van NEN 1006 betreffende thermische desinfectie middels hittedeschokken bij bepaalde temperaturen en standtijden ook vervallen voor situaties waarin de warmwatertemperatuur $\geq 60^\circ\text{C}$. Monitor na implementatie van dit advies intensief wat de invloed is op de aantallen *Legionella* in de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en/of uittapleiding. Indien wordt waargenomen dat de legionella-aantallen door het vervallen van deze maatregel toenemen, dan wordt geadviseerd om de vervallen passages weer op te nemen.

- B. Handhaaf voorlopig de passages in Tabel 4 van NEN 1006 betreffende thermische desinfectie middels hiteschokken bij bepaalde temperaturen en standtijden indien de warmwatertemperatuur $\geq 60^{\circ}\text{C}$ is. Stel tegelijk onderzoek in hoe succesvol deze beheersmaatregel is bij prioritaire gebouwen waar de maatregel wordt toegepast. Op basis van de uitkomsten van het onderzoek kan dan worden besloten of de maatregel gehandhaafd kan blijven, moet worden aangepast of dient te vervallen.
- C. Een aanpassing in lijn met het hiervoor vermelde zal invloed hebben op de bouw en aanleg van collectieve leidingnetten, alsook het gebruik daarvan. De gebouwbeheerders, installatiebeheerders, installateurs en NEN-normsubcommissie NEN1006 zijn daarbij de belangrijkste stakeholders. Met name het vervallen van thermische desinfectie middels hiteschokken bij prioritaire instellingen, waar de warmwatertemperatuur 60°C of hoger is bij de warmtapwatervoorziening, warmtapwaterinstallatie, retourleiding, mengtoestel en aerosolvormend tappunt, heeft grote consequenties voor de toe te passen mogelijkheden van beheersmaatregelen, indien zich gunstige groeiomstandigheden voor de vermeerdering van *Legionella* voordoen. Dat aspect zou meegewogen kunnen worden bij de keuze van het doorvoeren van bovengenoemde advies A of B.

HOOFDSTUK 4

Koudwatersystemen versus warmwatersystemen

4.1 Huidige wetgeving

Een collectief leidingnet bestaat uit een drinkwaterleidingnet (koudwater), een warmtapwaterbereiding, waarin het koudwater wordt opgewarmd, en een warmtapwaterleidingnet en de daarop aangesloten tappunten. In de legionellaregelgeving wordt niet expliciet onderscheid gemaakt tussen koudwater- en warmwatersystemen, zodat voor beide systemen in prioritaire instellingen de kwaliteitseis geldt voor het aantal legionellabacteriën per liter en beide systemen integraal onderdeel moeten uitmaken van de risicoanalyse en het beheersplan.

4.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

In Frankrijk richt de legionellawetgeving zich alleen op warmwatersystemen en niet op koudwatersystemen. Doordat de regelgeving over legionellapreventie in Frankrijk later is geformuleerd dan in Nederland, is het mogelijk dat nieuwe wetenschappelijke inzichten Frankrijk hebben doen besluiten om de regelgeving alleen te richten op het warmwatersysteem van leidingwaterinstallaties.

4.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

Verschillende studies die voor 2001 zijn gepubliceerd rapporteerden de aanwezigheid van kweekbare *Legionella* (*pneumophila*) in leidingwaterinstallaties (bijvoorbeeld Wadowsky *et al.*, 1982, Groothuis *et al.*, 1985, Meenhorst *et al.*, 1985, Stout *et al.*, 1987, Farrell *et al.*, 1990, Stout *et al.*, 1992, Lück *et al.*, 1993, Zacheus & Martikainen, 1994). Veelal werd alleen het warmtapwater bemonsterd in deze studies, maar in enkele studies is ook het koudtapwater bemonsterd. Ook deze monsters bleken soms positief te zijn voor kweekbare *Legionella* (Wadowsky *et al.*, 1982, Farrell *et al.*, 1990).

4.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

4.4.1 *Legionella* in koudtapwatermonsters buitenland

Sinds 2001 zijn verschillende aanvullende studies gepubliceerd waarin warmtapwater en/of koudtapwater van gebouwen is bemonsterd op kweekbare *Legionella* (*pneumophila*) (Darelid *et al.*, 2002, Mouchtouri *et al.*, 2007, Veronesi *et al.*, 2007, Arvand *et al.*, 2011, Donohue *et al.*, 2014, Rodriguez-Martinez *et al.*, 2015). Gedurende een tienjarig monitoringprogramma in een Zweeds ziekenhuis werden geen kweekbare *Legionella* waargenomen in de monsters genomen op koudwatertappunten, maar wel in monsters genomen op warmwatertappunten (Darelid *et al.*, 2002). Daarbij werd ook waargenomen dat de watertemperatuur van de koudtapwatermonsters altijd lager was dan 20°C. In landen met een relatief warm klimaat (Israël, Griekenland, Italië) werden kweekbare *L. pneumophila* wel waargenomen in koudtapwatermonsters van hotels en/of ziekenhuizen

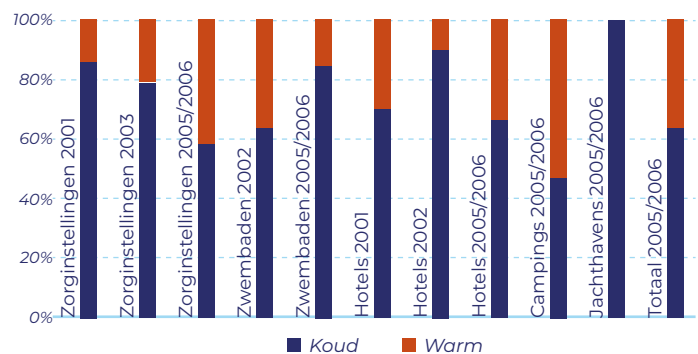
(Mouchtouri *et al.*, 2007, Veronesi *et al.*, 2007, Rodriguez-Martinez *et al.*, 2015). In de Griekse en Israëlische studie werd ook de watertemperatuur bepaald en die lag voor de meeste positieve monsters boven de 22 tot 23°C. Het blijft echter lastig om de legionella-aantallen direct te koppelen aan de drinkwatertemperatuur, omdat vermeerdering in een installatie misschien optreedt op een hotspot die in de installatie aanwezig kan zijn (zie paragraaf 4.6), maar de drinkwatertemperatuur is bepaald op een deel van het water dat niet afkomstig van deze hotspot. Wetenschappelijke studies die zich richten op hotspots en risico op legionellavermeerdering werden overigens niet gevonden, en het risico van dergelijke hotspots blijft daardoor nog een kennishiaat in de wetenschappelijke kennis.

Een Duitse studie heeft laten zien dat kweekbare *Legionella* aanwezig was in koudwatermonsters bemonsterd bij vier verschillende zorginstellingen in de stad Hesse (Arvand *et al.*, 2011). Daarbij waren in het distale deel van de leidingwaterinstallatie meer koudtapwatermonsters positief (40%) dan warmtapwatermonsters (23%). Tevens waren de aantallen kweekbare *Legionella* hoger in de distale koudtapwatermonsters dan in de warmtapwatermonsters. Deze Duitse studie laat zien dat in een meer gematigd klimaat zoals in Nederland koudwatermonsters dus ook positief kunnen zijn voor kweekbare *Legionella* spp.

4.4.2 *Legionella* in koudtapwatermonsters Nederland

In Nederland is ook onderzocht of kweekbare *Legionella* in drinkwater aanwezig is, maar slechts bij een paar studies is ook het onderscheid tussen koud- en warmtapwater gemaakt. Bij een uitgebreide studie naar de aanwezigheid van kweekbare *Legionella* in woninginstallaties in Nederland werden bij enkele positief geteste installaties het koud- en warmtapwater afzonderlijk bemonsterd en uit de resultaten volgde dat in ten minste drie van de zestien woningen kweekbare *Legionella* werden aangetroffen in het koude tapwater (Oesterholt & Veenendaal, 2002). Het RIVM heeft in 2007 legionellagegevens van prioritaire instellingen over de periode 2001 tot en met 2006 geanalyseerd (Versteegh *et al.*, 2007). Deze gegevens zijn aangeleverd door (destijds) de VROM-Inspectie en zijn door de VROM-inspectie verkregen van de gebouwbeheerders van prioritaire instellingen die tijdens routinemonitoring van *Legionella* in de leidingwaterinstallaties een normoverschrijding (100 kve/l kweekbare *Legionella* spp) hebben waargenomen. De gegevens laten zien dat 66 tot 75% van de normoverschrijdingen werden waargenomen in koudwaterleidingen en 25 tot 33% in warmwaterleidingen (Figuur 4). In een andere studie werd

onder andere koudtapwater bemonsterd op verschillende tappunten van leidingwaterinstallaties van vijf locaties (ziekenhuizen en hotels) (van Hoof *et al.*, 2014). Vijf van de tien koudtapwatermonsters waren positief voor kweekbare *Legionella* en één van de tien warmtapwatermonsters. De hoogste kweekbare legionella-aantallen werden ook aangetroffen in de koudtapwatermonsters. Daarnaast heeft een studie met een pilot leidingwaterinstallatie, dat werd gevoed met Nederlands drinkwater, laten zien dat *L. anisa* zich kon vermeerderen tot 1×10^5 kve/l in het koudwaterdeel van de installatie dat altijd een drinkwatertemperatuur van lager dan 25°C had (van der Lugt *et al.*, 2017, van der Lugt *et al.*, 2019). Tot slot monitoren ook de drinkwaterbedrijven routinematige *Legionella* spp in koudwatermonster die genomen zijn aan tappunten in gebouwen of brandkraan na doorstroming en deze gegevens worden jaarlijks gerapporteerd door de Inspectie Leefomgeving en Transport. In 2019 werd in 5,1% van de monsters een overschrijding van de legionellanorm (100 kve/l) waargenomen (Anoniem, 2020), wat ook laat zien dat kweekbare *Legionella* met enige regelmaat in koudwatermonsters wordt waargenomen.



Figuur 4. Normoverschrijdingen van *Legionella* (100 kve/l) in koud- en warmwaterleidingen zoals aangetroffen in de VROM-Inspectie onderzoeken tussen 2001 en 2006. Bron: Versteegh *et al.*, 2007.

Het RIVM heeft casuïstiek en resultaten van het onderzoek bronopsporingseenheid *Legionella* (BEL-onderzoek) gedeeld waaruit blijkt dat ook in Nederland bepaalde ziektegevallen met *Legionella* werden gematcht met de aanwezigheid van dezelfde stam in het koudwatersysteem van een leidingwaterinstallatie. Daarnaast laten de resultaten van het BEL-onderzoek zien dat met enige regelmaat kweekbare *Legionella* wordt aangetroffen in het koudwatersysteem van een leidingwaterinstallatie.

4.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken spoelen leidingwaterinstallatie

Wetenschappelijke studies naar de aanwezigheid van *Legionella* in leidingwaterinstallaties en casuïstiekonderzoek in Nederland laten zien dat kweekbare *Legionella* spp waaronder *L. pneumophila* zich kunnen bevinden in zowel het koud- en warmtapwater van een leidingwaterinstallatie.

4.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

Over dit onderwerp bestaat bij alle respondenten consensus: de focus op zowel koudtapwater als warmtapwater in de regelgeving moet gehandhaafd blijven. Al was het maar omdat in een sanitaire installatie warm en koud water altijd bij elkaar komen in een mengtoestel en besmettingen vanuit de koudwaterzijde in de mengkraan zelf én in het nageschakelde installatiedeel problemen kunnen geven. Vanuit de ervaringen in de gehandicaptenzorg blijkt dat de meest hardnekkige overschrijdingen zich voordoen in koudwaterleidingen. Meestal gaat het daarbij overigens om *L. nonpneumophila*. Uit de door ISSO in 2017 uitgevoerde enquête onder partijen die te maken hebben met legionellapreventie in leidingwatersystemen bleek ook dat de meeste problemen in de praktijk gelieerd zijn aan legionellagroei in koudwaterleidingen. Denk daarbij aan hotspots in het koudwaterdeel van de installatie die ontstaan door warme ruimten, warme schachten en interacties met vloerverwarming, waarbij de temperatuur soms kan oplopen tot boven 30 °C. Daarbij speelt ook een rol dat in nieuwbouwwoningen en gebouwen met lage temperatuur verwarming (vloer- en wandverwarming) de aanleg van een koudwatersysteem zonder hot spots steeds lastiger wordt. Dat leidt letterlijk tot veel 'omwegen' en langere leidinglengtes.

4.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

De huidige regelgeving Legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater focust op het koud- en warmtapwaterdeel van de leidingwaterinstallatie, alsook op onderdelen van de leidingwaterinstallatie waar risico op vermeerdering van kweekbare *Legionella* spp kan optreden. Uit de analyse van de wetenschappelijke publicaties en uit de interviews met mensen met praktijkervaring volgt dat de huidige wetenschappelijke inzichten en de praktijkervaring overeenkomen met de huidige regelgeving betreffende dit punt.

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is derhalve om de huidige wetgeving op dit onderdeel niet aan te passen en de regelgeving dus te blijven richten op het koudwaterdeel én het warmwaterdeel van de leidingwaterinstallatie, zowel voor de kwaliteitseis als de verplichting voor het uitvoeren van een risicoanalyse en het opstellen van een beheersplan.

HOOFDSTUK 5

Invloed van spoelen leidingwaterinstallatie op *Legionella* in gebouwen

5.1 Huidige wetgeving

Artikel 37, eerste lid, van het Drinkwaterbesluit verwijst voor eisen die worden gesteld aan het uitvoeren van een risicoanalyse naar de Regeling legionellapreventie (te stellen voorschriften bij ministeriële regeling). In bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater is een overzicht gegeven van bij de risicoanalyse te hanteren risicofactoren en kwalificatie van risico's. Een van de genoemde maatregelen (5.1.5) is dat *'leidingen voor koud en warm water die langer dan een week niet gebruikt worden, wekelijks worden gespoeld. Bij het spoelen wordt water getapt tot 10 seconden nadat een stabiele temperatuur is bereikt'*. Deze spoelmaatregel maakt onderdeel uit van wat de wetgever ziet als thermisch beheer. Deze spoelmaatregel sluit dan ook aan bij de risicobeperkende factor zoals genoemd in 5.1.2. van bijlage 2: *'Bij de risicoanalyse wordt tenminste rekening gehouden met de volgende risicobeperkende factoren: (b) watertemperaturen tussen 20 en 25 °C. Voor zover er maximaal een week stilstand is en een goede doorstroming'*.

5.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

In Nederland bestaat discussie onder de legionellaexperts, die zich in de dagelijkse praktijk bezighouden met legionellabeheersing in leidingwaterinstallaties, over de effectiviteit van spoelen als maatregel om *Legionella* te beheersen. In bepaalde publicaties is de effectiviteit van spoelen als beheersmaatregel aan de kaak gesteld in relatie tot de huidige wetenschappelijke inzichten (van der Lugt et al, 2019) en praktijkervaringen (Nuijten, 2019). Verschillende leden van de begeleidingscommissie van het onderhavige project hebben de effectiviteit van spoelen ook als onderwerp aangeduid waar nader naar gekeken zou moeten worden. Op basis van de twee genoemde publicaties en reactie van verschillende leden van de begeleidingscommissie is het dus onduidelijk of de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater op het punt van spoelen als beheersmaatregel nog wel in lijn is met de huidige wetenschappelijke inzichten.

5.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

Wetenschappelijke studies gepubliceerd voor 2001 hebben laten zien dat stilstand van water in delen van een leidingwaterinstallatie de groei van *Legionella (pneumophila)* kan verhogen in vergelijking met delen van de leidingwaterinstallatie waar geen stilstand optreedt (bijvoorbeeld Tobin *et al.*, 1981, Fisher-Hoch *et al.*, 1982, Ciesielski *et al.*, 1984). Op basis van die studies wordt het spoelen van leidingwaterinstallaties om stilstand van water te beletten, als beheersmaatregel toegepast.

5.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

5.4.1 Drinkwater met desinfectieresidu zoals chloor

Meer recente studies hebben bevestigd dat door stilstand van water in een bestaande leidingwaterinstallatie de aantallen *Legionella* in een leidingwaterinstallatie kunnen toenemen en dat door het toepassen van een spoelregime deze aantallen weer kunnen worden gereduceerd, mits een juist spoelregime wordt gehanteerd (Cristina *et al.*, 2014, Totaro *et al.*, 2018, Bédard *et al.*, 2019, Hayes-Phillips *et al.*, 2019, Nisar *et al.*, 2020). Daarnaast is *Legionella* vaker waargenomen wanneer gebouwen die tijdens de lockdown van de COVID-19-crisis waren gesloten, weer werden geopend en wat wordt toegeschreven aan de stagnatie van het drinkwater in het systeem tijdens de lockdown (De Giglio *et al.*, 2020, Hozalski *et al.*, 2020).

In vergelijking met stromend water heeft stilstand water in een leidingwaterinstallatie een lagere concentratie of geen desinfectieresidu (Fisher-Hoch *et al.*, 1982, Wang *et al.*, 2012), een lagere watertemperatuur (Patterson *et al.*, 1994), hogere concentratie organisch koolstof (LeChevallier *et al.*, 1996, Wang *et al.*, 2012), lagere opgeloste zuurstofconcentratie (Wang *et al.*, 2012), hogere biomassaconcentratie (Lautenschlager *et al.*, 2010), een andere samenstelling van de microbiële gemeenschap (Lautenschlager *et al.*, 2010, Dai *et al.*, 2018) en hogere aantallen gastheerprotozoa (Wang *et al.*, 2015). Deze factoren kunnen allemaal de groei van *Legionella (pneumophila)* beïnvloeden. De andere samenstelling van de microbiële gemeenschap - lagere zuurstofconcentratie en hogere concentratie organisch koolstof, biomassaconcentratie en gastheerprotozoa - wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verhoogde groei van micro-organismen omdat groei niet langer wordt geremd door een desinfectieresidu of omdat micro-organismen langer de tijd krijgen om de moeilijker

afbreekbaardere stoffen in drinkwater om te zetten. Aanvullend wetenschappelijk onderzoek in landen waar drinkwater met een desinfectieresidu wordt gedistribueerd, heeft laten zien dat het voornaamste werkingsmechanisme van verhoogde legionellagroei tijdens stilstand van drinkwater in een leidingwaterinstallatie wordt veroorzaakt door de lagere concentratie of afwezigheid van een desinfectieresidu (Hozalski *et al.*, 2020, Huang *et al.*, 2020, Martin *et al.*, 2020, Nisar *et al.*, 2020). Deze studies werden uitgevoerd in bestaande leidingwaterinstallaties of in een pilotleidingwaterinstallatie waarbij de experimenten werden uitgevoerd met leidingmateriaal waar biofilms zes jaar de tijd hebben gehad om zich te ontwikkelen voordat de experimenten werden uitgevoerd.

Evenals voor thermisch beheer kan spoelen mogelijk worden toegepast als preventieve maatregel of als curatieve maatregel. De wetenschappelijke studies die in de voorgaande paragraaf worden genoemd, pasten spoelregimes als preventieve maatregel toe, of er werd een verband gevonden tussen indirect spoelen (bijvoorbeeld frequent douchen en niet frequent douchen) en *Legionella*. Studies waarin spoelen als curatieve maatregel werd gebruikt, zijn niet gevonden. Op basis van de wetenschappelijke literatuur die aanwezig is over *Legionella* in relatie tot stilstand en het effect van spoelen om stilstand te beletten, heeft een commissie van *Legionella*experts geconcludeerd dat spoelen kan helpen om *Legionella* in drinkwatersystemen van gebouwen te controleren, maar dat uit de wetenschappelijke studies geen consensus kan worden verkregen wat de beste spoelstrategie is (bijvoorbeeld duur en frequentie van spoelacties) en dat het mogelijk per installatie kan verschillen (National Academies of Sciences, 2019).

5.4.2 Drinkwater zonder desinfectieresidu

In Nederland wordt drinkwater gedistribueerd zonder een desinfectieresidu en met zeer lage concentratie aan afbreekbare stoffen (van der Kooij & van der Wielen, 2014), waardoor het werkingsmechanisme gerelateerd aan het verdwijnen van een desinfectieresidu tijdens stilstand niet opgaat voor de Nederlandse situatie. Het is daardoor niet mogelijk om de resultaten over de invloed van stilstand en spoelen op *Legionella* in drinkwatersystemen gevoed met gechloreerd drinkwater te vertalen voor de Nederlandse situatie. Alleen studies die zijn uitgevoerd met drinkwater zonder een desinfectieresidu tijdens distributie kunnen worden gebruikt om te bepalen in hoeverre spoelen een succesvolle beheersmaatregel is voor *Legionella* in Nederlandse drinkwatersystemen. Een recente review uit december 2020 van wetenschappelijke studies die zijn gepubliceerd over de invloed van waterstilstand en spoelen op groei van *Legionella* in leidingwaterinstallaties, heeft laten

zien dat er geen studies zijn gepubliceerd waarin de invloed is onderzocht van spoelen of stilstand van drinkwater op *Legionella* in leidingwaterinstallaties die worden gevoed met drinkwater zonder desinfectieresidu (in andere woorden niet-gechloreerd drinkwater) (Nisar *et al.*, 2020).

In een Amerikaanse studie werd echter de invloed van stilstand, turbulente flow en laminaire flow op de groei van *L. pneumophila* in een pilot leidingwaterinstallatie onderzocht, waarbij 95% van het drinkwater werd gerecirculeerd (Liu *et al.*, 2006). Hoewel de concentratie vrij chloor niet werd bepaald, is het aannemelijk dat onder die condities het desinfectieresidu van het drinkwater grotendeels is weggereageerd, waardoor het systeem waarschijnlijk opereerde met drinkwater zonder of een hele lage concentratie van een desinfectieresidu. De resultaten lieten zien dat de laagste aantallen *L. pneumophila* werden aangetroffen bij stilstand van het water, terwijl de hoogste aantallen werden aangetroffen onder turbulente flow. De conclusie uit deze studie was dan ook dat stagnatie geen risicofactor voor groei van *L. pneumophila* is.

Wel zijn verschillende studies gepubliceerd die hebben laten zien dat overnacht stilstand van drinkwater in bestaande leidingwaterinstallaties, die worden gevoed met drinkwater zonder een desinfectieresidu, kunnen resulteren in verhoogde bacterieaantallen of actieve biomassa in het drinkwater (Lautenschlager *et al.*, 2010, Brouwer *et al.*, 2018, Proctor *et al.*, 2018). De studie van Brouwer *et al.* (2018) is met burgerwetenschappers uitgevoerd op drinkwater bemonsterd aan de keukenkraan van huizen in Amsterdam en liet zien dat in sommige huizen de bacterieaantallen en actieve biomassa in het drinkwater uit de installatie na stilstand overnacht lager lagen, terwijl bij andere huizen juist hogere bacterieaantallen en biomassaconcentraties werden aangetroffen. Dit laat zien dat leidingwaterinstallatiefactoren een rol spelen op de invloed van stilstand op de microbiologische waterkwaliteit, maar welke factoren dat zijn is niet verder onderzocht.

Stilstand van drinkwater in de leidingwaterinstallatie kan echter wel zorgen dat de temperatuur van het warmwater daalt en die van koudwater toeneemt tijdens stilstand, waardoor de watertemperatuur in het bereik kan komen waar *L. pneumophila* zich weet te vermeerderen (Rhoads *et al.*, 2016, Zlatanovic *et al.*, 2017, Jacobs *et al.*, 2018).

5.4.3 Nederlandse situatie

Studies waarin het effect van spoelen op *Legionella* is onderzocht in Nederlandse leidingwaterinstallaties zijn niet gevonden. Wel is onderzocht in hoeverre kweekbare *Legionella* spp vaker aanwezig is in douches en kranen van mensen die de veteranenziekte hebben opgelopen nadat ze op vakantie zijn geweest dan van mensen die de veteranenziekte hebben opgelopen, maar niet op vakantie zijn geweest (Verhoef *et al.*, 2004). De resultaten lieten zien dat kweekbare *Legionella* spp iets vaker werd waargenomen in de leidingwaterinstallatie van patiënten die op vakantie zijn geweest (25,7%) dan in leidingwaterinstallatie van patiënten die niet op vakantie zijn geweest (15,7%). Daarnaast werd gezien dat ook de douches van patiënten die op vakantie zijn geweest vaker kweekbare *Legionella* spp bevatten (15,8%) vergeleken met douches van patiënten die niet op vakantie zijn geweest (7,3%). In beide gevallen waren de resultaten echter niet statistisch significant, waarschijnlijk door de kleine steekproefgrootte. Daarnaast ontbreekt informatie over hoe lang het water heeft stilgestaan in de leidingwaterinstallatie en zijn de monsters van de leidingwaterinstallatie genomen nadat een infectie met *Legionella* was geïdentificeerd. Gedurende de tijd van infectie tot identificatie van de infectie en monsternamen in de woning hebben de mensen die op vakantie zijn geweest hun leidingwaterinstallatie actief gebruikt.

5.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken spoelen leidingwaterinstallatie

Samengevat wordt geconcludeerd dat de meeste studies uitgevoerd met drinkwater met een desinfectieresidu laten zien dat waterstilstand leidt tot verhoogde legionella-aantallen en dat een effectief spoelregime de legionella-aantallen verlagen. Doordat de toename van *Legionella* en het effect van spoelen in deze studies voornamelijk wordt veroorzaakt door de aan- of afwezigheid van een desinfectieresidu, kunnen deze resultaten niet worden vertaald naar de Nederlandse situatie waar drinkwater zonder een desinfectieresidu wordt gedistribueerd. Op basis van de huidige wetenschappelijke literatuur kan geen uitspraak worden gedaan in hoeverre wekelijks spoelen van niet-gebruikte tappunten een succesvolle strategie is om kweekbare *Legionella* in het drinkwater uit Nederlandse leidingwaterinstallatie onder controle te houden.

Kennis en ervaringen uit de praktijk

Een van de respondenten geeft aan dat het vertrouwen op de effectiviteit van wekelijks spoelen een griezelig uitgangspunt is, wat mogelijk leidt tot een gevoel van schijnveiligheid, immers het is alleen effectief als de bewuste leidingdelen min of meer schoon zijn. Verder weten we dat door het gebruik van bepaalde kunststof leidingmaterialen een legionellaverontreiniging erg hardnekkig kan zijn. Een andere respondent geeft aan dat de eis tot wekelijks spoelen (tot 10 seconden na het bereiken van een stabiele temperatuur) in de Regeling legionellapreventie de al bestaande eis in NEN 1006 verzwakt. De vraag is of dit nog iets toevoegt en of niet kan worden volstaan met de eis in NEN 1006, want nu leidt het in de praktijk tot verwarring.

Tevens is aangegeven dat wekelijks spoelen een generiek effect heeft, maar dat het soms averechts werkt. Als de temperatuur niet voldoende onder de 25°C zakt in uittapleidingen, is er eigenlijk niet 'tegenaan te spoelen'. Bovendien is spoelen vaak een menselijk actie en lastig vol te houden. Automatisering kan hiervoor een uitkomst bieden. Wekelijks spoelen van weinig gebruikte koud- en warmwateruittapleidingen wordt in onze zorginstellingen gedaan omdat de wet dat vereist. Deze acties geven maar weinig resultaat en dat geeft frustratie bij het zorgpersoneel. Het is spoelen om het spoelen. Spoelen met een thermometer leidt wel tot iets meer bewustzijn bij personeel.

Bij nieuwbouw van woningen wordt vaak via het bestek opgelegd dat de waterinstallatie – indien eenmaal gevuld – regelmatig wordt gespoeld en gemonitord op kweekbare *Legionella*. Dat lijkt prima te werken in de praktijk omdat bij oplevering vrijwel altijd aan de bestekseis van minder dan 100 kve/l *Legionella* wordt voldaan.

5.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

In de Nederlandse wetgeving wordt wekelijks spoelen van drinkwatersystemen als maatregel genoemd tegen organoleptische problemen. Daarnaast wordt spoelen ook indirect genoemd in de Regeling Legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater in paragraaf 5.1.5 van bijlage 2 (zie 5.1). Op basis van de huidige wetenschappelijke literatuur kan geen uitspraak worden gedaan in hoeverre wekelijks spoelen van niet-gebruikte tappunten een succesvolle strategie is om kweekbare *Legionella* onder controle te houden indien het drinkwater geen desinfectieresidu bevat, zoals het geval is in Nederland. Op meerdere locaties in Nederland wordt spoelen als preventieve beheersmaatregel toegepast en een aantal praktijkmensen heeft bij de interviews aangegeven dat het niet altijd effectief is, lastig uit te voeren, aanleiding geeft tot frustratie bij het personeel en schijnveiligheid kan bieden. Als uitzondering lijkt het preventief spoelen van nieuw aangelegde leidingwaterinstallaties voor oplevering (conform bestekseis) wel effectief.

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om de mogelijkheid om spoelen niet langer als beheersmaatregel tegen kweekbare *Legionella* op te nemen verder te onderzoeken, omdat uit de wetenschappelijke literatuur geen bewijs is gevonden dat deze maatregel effectief is voor het Nederlandse drinkwater zonder desinfectieresidu en omdat in de praktijk de ervaringen wisselen, waarbij ook averechtse effecten zijn waargenomen. Het advies blijft wel om spoelen te handhaven in de wetgeving (via NEN 1006) als maatregel tegen organoleptische problemen.

HOOFDSTUK 6

Invloed van materiaal-gebruik leidingwater-installatie

6.1 Huidige wetgeving

In gebouwen in de zin van artikel 1, eerste lid, van de Woningwet en in drinkwaterbedrijven, collectieve watervoorzieningen en collectieve leidingnetten (voor zover die geen onderdeel zijn van gebouwen), geldt de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening. Deze regeling is gebaseerd op het Bouwbesluit 2012 voor gebouwen en op het Drinkwaterbesluit in de overige situaties.

In artikel 8, eerste lid, van de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening staat dat: *'Alle materialen kunnen worden onderworpen aan laboratoriumonderzoek, uitgevoerd overeenkomstig bijlage C bij deze regeling, met als doel om na te gaan of aan de eisen van deze regeling wordt voldaan'*. Daarnaast is in bijlage A van deze regeling onder paragraaf 2.2.7 'Onderzoek en beoordeling' het volgende opgenomen:

'Voor de uitvoering van het toelatingsonderzoek van kunststoffen en rubberproducten dienen, in overeenstemming met hoofdstuk 3 van de regeling en bijlage C, in het algemeen de volgende onderzoeken te worden uitgevoerd:

- Beoordeling van de receptuur, toetsing aan de positieve lijsten van bijlage B, vaststelling van maximaal toelaatbare concentratie (MTC)'s. Voor PVC- en PE-buizen geldt voor de receptuur een specificatieniveau van 0,1% (m/m), voor rubberringen is dit niveau vastgesteld op 0,5% (m/m).
- Een migratietest.
- Toetsing van de organoleptische aspecten.
- Het vaststellen van nagroei.

Voor producten met een relatief klein contactoppervlak waarvoor, in overeenstemming met deel A, onderdeel 5, van de common approach voor organische materialen een conversiefactor $< 0,01$ d/dm kan worden vastgesteld, kan in het algemeen volstaan worden met een beperkte set aan laboratoriumtesten. De toelatingsonderzoeken die voor deze producten noodzakelijk zijn, zijn vermeld onder de desbetreffende productomschrijvingen. Wordt een product niet genoemd, dan kunnen - dit ter oordeel van de commissie - de volgende aspecten van toepassing zijn:

- Beoordeling van de receptuur, toetsing aan de positieve lijst van bijlage B, vaststellen van MTC's.
- Berekenen van de verwachte concentratie in het drink- of warm tapwater van stoffen waarvoor een MTC geldt in overeenstemming met hoofdstuk 3 en/of 4 van bijlage C.
- Organoleptische aspecten, indien het product niet afdoende kan worden verwijderd (zoals bijvoorbeeld een lijm).
- Nagroei-aspecten.'

Tevens is in bijlage A paragraaf 2.3.2 van de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening' opgenomen:

'Voor de uitvoering van het toelatingsonderzoek van kunststof folies dienen, in overeenstemming met hoofdstuk 3 van de regeling en bijlage C, in het algemeen de volgende onderzoeken te worden uitgevoerd:

- Beoordeling receptuur, toetsing aan de positieve lijsten van bijlage B, vaststelling van MTC's.
- Een migratietest.
- Toetsing van de organoleptische aspecten.
- Vaststelling nagroei aspecten.

De toetsing van de organoleptische aspecten en het vaststellen van de nagroei-aspecten zijn niet van toepassing voor geomembranen.'

In bijlage C waar in bijlage A naar wordt verwezen is betreffende groeipotentie van materialen het volgende opgenomen over de methodes en criteria die kunnen worden toegepast voor het vaststellen van nagroei door materialen:

'Voor het vaststellen van nagroei is de norm NEN-EN 16421:2014 van toepassing. In NEN-EN 16421:2014 zijn de testmethoden Biomass Production Potential (BPP), Biofilm Volume (VM) en Mean Dissolved Oxygen Depletion (MDOD) beschreven.

Voor BPP geldt een beoordelingscriterium van 1.000 pg ATP/cm².

Indien de beoordelingscriteria, die gehanteerd worden bij de VM en MDOD-testmethode, een aan het beoordelingscriterium voor BPP gelijkwaardig beschermingsniveau bieden, dan kunnen de testresultaten verkregen met de VM- of MDOD-methode gebruikt worden. Voor VM betreft dit het beoordelingscriterium van 0,05 ± 0,02 ml slijmvolume/800 cm².

Voor elastomeren die toegepast worden als afdichtingsmateriaal in contact met drinkwater is nog geen BPP-criterium vastgesteld. Vooralsnog gelden hiervoor de beoordelingscriteria VM van 0,12 ± 0,03 ml slijmvolume/800 cm² en 0,20 ± 0,03 ml slijmvolume/800 cm² voor afdichtingsmaterialen met een respectievelijk groot en klein contactoppervlak met drinkwater.'

6.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

De afgelopen decennia is door KWR Water Research Institute relatief veel onderzoek gedaan naar de invloed van leidingmateriaal op biofilmvorming en groei van *Legionella*. Uit die onderzoeken is gebleken dat het type leidingmateriaal van invloed kan zijn op de legionellagroei. In een recente publicatie is daarom opgemerkt dat hoewel bepaalde leidingmaterialen verhoogde groei van *Legionella* kunnen veroorzaken in (onderdelen van) leidingwaterinstallaties, leidingmateriaal niet als risicofactor in de Regeling Legionellapreventie is opgenomen (Nuijten, 2019). Nuijten (2019) merkt verder op dat onderdelen van rubber (EPDM) en zacht kunststof niet thuishoren in leidingwaterinstallaties of frequent moeten worden vervangen.

Indien de toepassing ervan onvermijdelijk is, dient het contactoppervlak ervan zoveel mogelijk te worden beperkt. Verschillende leden van de begeleidingscommissie van het onderhavige project hebben ook aangegeven dat leidingmateriaal een mogelijke factor is die bijdraagt aan de legionellaproblematiek van leidingwaterinstallaties en dat het onderwerp daarom geëvalueerd zou moeten worden in relatie tot de huidige wetenschappelijke kennis.

6.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

Leidingmaterialen kunnen ook de groei of afsterving van *Legionella* in drinkwatersystemen beïnvloeden. In Nederlandse leidingwaterinstallaties komen de volgende typen leidingmaterialen het meest voor: koper, PE (in de vorm van PE-Xa, PE-Xb of PE-Xc), PVC-P, roestvrijstaal (RVS) en rubber. De literatuurstudie richt zich daarom met name op wetenschappelijke studies waarin de invloed van deze materialen op groei van *Legionella* en biofilm is onderzocht. Voor 2001 waren al enkele sporadische studies verschenen die lieten zien dat kweekbare legionella-aantallen op koper in contact met drinkwater lager waren dan op gechloreerd PVC (PVC-C of PVC-U) of polybutyleen (Schoenen & Wehse, 1988, Rogers *et al.*, 1994). Tevens was waargenomen dat zacht PVC (PVC-P), polyethyleen (PE) verschillende rubbertypen (bromobutyl, chlorobutyl, butyl, siliconen, EPDM) en siliconen de groei van *L. pneumophila* verhoogden (Niedeveld *et al.*, 1986, Schoenen & Wehse, 1988).

6.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

6.4.1 Kunststof en rubber materialen

De resultaten van studies die onderzochten wat de invloed is van leidingmaterialen op vermeerdering van *Legionella*, lieten zien dat kunststof en rubber leidingmaterialen, met name polyethyleen (PE), polypropyleen (PP), polybutyleen (PB), zacht PVC (PVC-P) en synthetisch rubber (EPDM) leiden tot verhoogde aantallen *Legionella (pneumophila)* (van der Kooij *et al.*, 2002, van der Kooij *et al.*, 2005, Van der Kooij & Veenendaal, 2007, Moritz *et al.*, 2010, Proctor *et al.*, 2017, Learbuch *et al.*, 2019). Deze studies lieten tevens zien dat de kunststof materialen PVC-C en PVC-U tot veel minder hoge legionella-aantallen resulteerden dan de andere kunststofmaterialen of EPDM-rubber.

In enkele van deze studies zijn ook siliconenmaterialen meegenomen, waarbij in de ene studie werd gevonden dat siliconenrubber nauwelijks groeibevorderend was voor *L. pneumophila* (van der Kooij & Veenendaal, 2007), terwijl in een andere studie bepaalde siliconentypen sterk groeibevorderend waren voor *L. pneumophila* (van der Kooij *et al.*, 2002).

Groeibevorderende stoffen die lekken naar het oppervlakte van het materiaal of drinkwater zijn een directe oorzaak van de verhoogde groei van *Legionella* of andere micro-organismen op de kunststof materialen, waarbij is gezien dat des te meer groeibevorderende stoffen worden afgegeven door een leidingmateriaal (PVC-P > EPDM > PE/PP/PB > PVC-C/PVC-U), des te hoger de biofilmconcentratie en legionella-aantallen (van der Kooij *et al.*, 2002, Van der Kooij & Veenendaal, 2007, Learbuch *et al.*, 2019). Daarnaast kunnen sommige kunststofmaterialen reageren met een desinfectieresidu, waardoor het desinfectieresidu in het water wordt verlaagd, waardoor groei van bacteriën minder wordt geremd. Deze reactie van chloor met kunststof materialen is echter traag, waardoor deze effecten niet groot zijn (Cullom *et al.*, 2020).

6.4.2 Metalen materialen

Naast kunststof- en rubbermaterialen heeft een aantal studies ook onderzocht wat de invloed van RVS en koperen leidingen is op de groei van *Legionella*. Voor RVS werd over het algemeen waargenomen dat RVS lage aantallen *Legionella* liet zien in vergelijking met PVC-P, EPDM en/of PE (van der Kooij *et al.*, 2002, Van der Kooij & Veenendaal, 2007, Assaidi *et al.*, 2018, van der Kooij *et al.*, 2020). Eén studie liet echter zien dat de aantallen kweekbare *L. pneumophila* in een pilot leidingwaterinstallatie met RVS-leidingen vergelijkbaar waren met de legionella-aantallen die werden waargenomen in de installatie met PE-X leidingen (van der Kooij *et al.*, 2005). Voor koper zijn de resultaten uit de verschillende wetenschappelijke studies inconsequent. Een aantal publicaties laat zien dat onder gecontroleerde condities in het laboratorium koper een beschermende werking tegen *Legionella* heeft en dat de legionella-aantallen in drinkwater dat in contact staat met koper lager is dan waargenomen voor andere leidingmaterialen (van der Kooij *et al.*, 2005, Proctor *et al.*, 2017, Assaidi *et al.*, 2018, Learbuch *et al.*, 2019).

Daar staat tegenover dat een aantal andere studies heeft laten zien dat onder laboratoriumgecontroleerde condities koper resulteert in vergelijkbare of verhoogde legionella-aantallen in vergelijking met RVS of PVC-C/PVC-U (van der Kooij *et al.*, 2005, Buse *et al.*, 2014, Giao *et al.*, 2015, van der Kooij *et al.*, 2020). Veldstudies, waarbij drinkwatermonsters uit leidingwaterinstallaties van huizen en gebouwen op *L. pneumophila* werden onderzocht, laten eenzelfde beeld zien. De resultaten van een Deense studie lieten zien dat lagere aantallen *L. pneumophila* werden aangetroffen in leidingwaterinstallaties van koper dan van RVS (Pringler *et al.*, 2002), terwijl een Duitse studie liet zien dat koperen leidingwaterinstallaties vaker positief waren voor kweekbare *Legionella* dan RVS of kunststofmaterialen (Mathys *et al.*, 2008).

Zowel RVS en koper scheiden geen groeibevorderende stoffen uit waarop micro-organismen zich kunnen vermeerderen (Cullom *et al.*, 2020), wat verklaart waarom RVS over het algemeen niet leidt tot verhoging van *Legionella*. Het is echter wel aangetoond dat gecorrodeerd ijzer of staal leidt tot verhoogde aantallen *Legionella* (van der Lugt *et al.*, 2017, Cullom *et al.*, 2020, van der Kooij *et al.*, 2020), waarschijnlijk omdat (i) *L. pneumophila* ijzer als nutriënt voor groei nodig heeft en gecorrodeerd ijzer resulteert in afgifte van ijzerionen en (ii) corrosie leidt tot een ruwer oppervlakte en bepaalde afbreekbare stoffen zich kunnen ophopen op het ruwer oppervlakte. Een ruwer oppervlakte en opgehoopte afbreekbare stoffen in een leidingwaterinstallatie resulteren in een hogere biofilmconcentratie, dat indirect leidt tot hogere legionella-aantallen. Daarnaast zorgt corrosie voor positief geladen oppervlakte waar negatief geladen biodegradeerbaar organisch koolstof aan binden, waardoor deze stoffen worden geïmmobiliseerd en micro-organismen in de biofilm alle tijd krijgen om deze stoffen af te breken, wat ook zal leiden tot hogere biofilmconcentraties. Mogelijk dat de vergelijkbare legionella-aantallen op RVS en PE-X materialen in de studie van Van der Kooij *et al.* (Van der Kooij *et al.*, 2005) dus is veroorzaakt door corrosie van RVS in de studie, maar de ijzercorrosie is niet gekwantificeerd.

Een plausibele verklaring waarom lagere legionella-aantallen worden aangetroffen met koper dan met andere leidingmaterialen is dat koper een antibacterieel effect heeft op micro-organismen en *Legionella* (Van der Kooij *et al.*, 2005, Cullom *et al.*, 2020). Een verklaring waarom in andere studies geen of een tegengesteld effect van koper op *Legionella* werd aangetroffen kan komen doordat afgifte van de antibacteriële koperionen aan water afneemt, naarmate de buitenlaag van koper geoxideerd is geraakt (Van der Kooij *et al.*, 2005), waardoor de concentratie vrije koperionen van koperen leidingmateriaal afneemt. Daarnaast spelen andere waterkwaliteitsaspecten (bijvoorbeeld pH, concentratie van andere metaalionen, concentratie en samenstelling van natuurlijk organisch materiaal) ook een rol in het neutraliseren van koper als antibioticum (besproken in Cullom *et al.*, 2020). Wanneer de concentratie vrije koperionen in het water lager wordt en het positief geladen corrosielaag op de koperen leiding extra organisch materiaal bindt, dan kan de biofilmconcentratie (en daarmee samenhangend de aantallen *Legionella*) hoger worden, zoals ook is waargenomen voor gecorrodeerd ijzer.

6.4.3 Nederlandse situatie

Een belangrijk deel van de hierboven beschreven laboratoriumgecontroleerde studies en veldstudies zijn uitgevoerd met drinkwater zonder een desinfectieresidu (Niedeveld *et al.*, 1986, Pringler *et al.*, 2002, Van der Kooij *et al.*, 2002, Van der Kooij *et al.*, 2005, Van der Kooij & Veenendaal, 2007, Mathys *et al.*, 2008, Moritz *et al.*, 2010, Learbuch *et al.*, 2019, Van der Kooij *et al.*, 2020), zoals ook in Nederland wordt gedistribueerd.

De studies die zijn uitgevoerd in het laboratorium met het Nederlandse drinkwater laten zien dat PE, PP, PB, PVC-P en EPDM-rubber, in tegenstelling tot PVC-C, hoge kwaliteit RVS, koper en siliconenrubber, de groei van *L. pneumophila* bevordert (Van der Kooij *et al.*, 2002, Van der Kooij *et al.*, 2005, Learbuch *et al.*, 2019). De maximale legionella-aantallen in de biofilm zijn daarbij sterk gerelateerd aan de biomassa-productiepotentie van het materiaal. Praktijkonderzoek aan koperen mengkranen in Nederland liet zien dat de hoogste aantallen *Legionella* spp werden aangetroffen op de rubberen onderdelen van de kraan uit leidingwaterinstallaties die regelmatig positief waren voor kweekbare *Legionella*. De legionella-aantallen op rubber waren daarbij tien keer hoger dan op de koperen onderdelen, terwijl het geswabde oppervlakte van rubber kleiner was dan van koper (van Hoof *et al.*, 2014). Een recente studie liet zien dat koper ook verhoogde groei van *L. pneumophila* liet zien in een biofilmmonitor die drie keer per uur werd gespoeld in vergelijking met PVC-C, hoge kwaliteit RVS en de negatieve controle glas (Van der Kooij *et al.*, 2020).

Opvallend was dat verhoogde biofilmvorming en legionellagroei op koper vanaf het begin werd waargenomen, terwijl dit in eerdere studies onder semi-stagnante condities of in een pilotinstallatie niet werd waargenomen (Van der Kooij *et al.*, 2002, Van der Kooij *et al.*, 2005, Learbuch *et al.*, 2019).

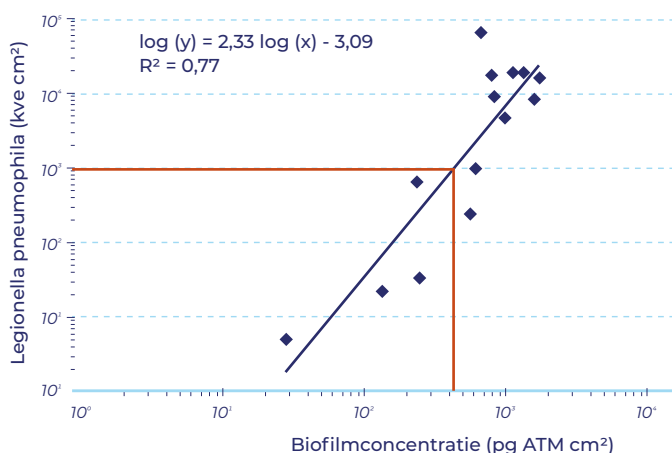
De auteurs suggereren dat dit verschil komt omdat de concentratie koperionen, die bacteriostatisch of bactericidisch werkt tegen *Legionella*, in het drinkwater van de biofilmmonitor laag blijven, doordat het drinkwater in de biofilmmonitor drie keer per uur wordt verversd (Van der Kooij *et al.*, 2020). Wanneer deze hypothese klopt, zou regelmatig spoelen van drinkwater in koperen leidingen mogelijk tot gevolg kunnen hebben dat *Legionella* kan uitgroeien tot hogere aantallen in de biofilm. Overigens is het gehanteerde spoelregime van drie keer per uur in de biofilmmonitor niet realistisch voor de drinkwaterpraktijk en zijn de resultaten verkregen met een pilotinstallatie, waarin acht uur per dag stilstand optreedt (Van der Kooij *et al.*, 2005) en van kranen uit fullscale-installaties (Van Hoof *et al.*, 2014) representatiever voor de praktijk.

Uit de wetenschappelijke studies blijkt dat met de gestelde beoordelingscriteria voor de groeipotentie van materialen in de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening materialen in leidingwaterinstallaties mogen worden toegepast die tot verhoogde groei van *L. pneumophila* in de leidingwaterinstallatie kunnen leiden. De ervaringen in de praktijk laten ook zien dat legionellaproblematiek vaker lijkt voor te komen in leidingwaterinstallaties van kunststof materialen.

De Biofilm Volume (VM) en Mean Dissolved Oxygen Depletion (MDOD) methode zijn te ongevoelig om materialen die groei van *L. pneumophila* sterk kunnen bevorderen (bijvoorbeeld PE) te onderscheiden van materialen die groei van *Legionella* niet of nauwelijks bevorderen (bijvoorbeeld PVC-C, koper, RVS) (Van der Kooij & Veenendaal, 2007). Dit heeft bijvoorbeeld tot gevolg dat alle PE-materialen die worden aangeboden voor de VM- en/of MDOD-methode voldoen aan het beoordelingscriterium voor de VM- en MDOD-methode (persoonlijke communicatie Dr. Christiane Schell). Het beoordelingscriterium voor de Biomass Production Potential (BPP) methode (1.000 pg ATP/cm²) is afgeleid van het beoordelingscriterium voor de VM-methode (van der Wielen, 2011).

De relatie tussen biofilmconcentratie en de legionellagroeiopotentie van materialen in contact met Nederlands drinkwater heeft echter laten zien dat bij een biofilmconcentratie van 1.000 pg ATP/cm² (de huidige norm voor groeiopotentie van materialen bepaald met de BPP-test) relatief hoge aantallen *L. pneumophila* kunnen worden aangetroffen (~ 10⁴ kve/cm²; Figuur 5) (Van der Kooij & Veenendaal, 2011, Van der Kooij *et al.*, 2017, Learbuch *et al.*, 2019). De verhouding tussen *L. pneumophila* in de biofilm (in kve/cm²) en *L. pneumophila* in het water (in kve/l) onder semistagnante condities (wekelijkse verversing) heeft later zien dat 10⁴ kve/cm² *L. pneumophila* in de biofilm overeenkomt met 10⁵ kve/l in het drinkwater (Van der Kooij & Veenendaal, 2007). Om *L. pneumophila* in drinkwater onder 10⁴ kve/l te houden onder deze semistagnante condities, zouden de aantallen *L. pneumophila* in de biofilm dus onder de 10³ kve/cm² moeten zijn.

Volgens de vergelijking van Figuur 5 betekent dat de groeiopotentie van het materiaal onder de 400 pg ATP/cm² moet zijn.



Figuur 5. De relatie tussen biofilmconcentratie in pg ATM per cm² en het aantal kolonievormende eenheden (kve) van *L. pneumophila* per cm². De vergelijking van de correlatie en de sterkte (R²) van de correlatie is weergegeven in de figuur. De rode lijn geeft aan bij welke biofilmconcentratie de kweekbare legionella-aantallen onder de 1.000 kve/cm² blijven. Bron: Van der Kooij & Veenendaal, 2011, Van der Kooij *et al.*, 2017, Learbuch *et al.*, 2019.

Tabel 3. De minimum, maximum en gemiddelde BPP-waarden (in pg ATP/cm²) van diverse plastic en rubber materialen. De gegevens komen uit Van der Kooij (2002); Van der Kooij *et al.* (2003); Van der Kooij *et al.* (2006); Van der Kooij & Veenendaal (2007); Bereschenko (2013); Van der Wielen & Bereschenko (2016); Learbuch (2018).

Sinds de jaren '90 van de vorige eeuw tot nu zijn binnen verschillende openbare projecten de BPP-waarden van diverse plastic en rubberen materialen bepaald (Tabel 3). Uit de gegevens van deze tabel volgt dat PVC-U/C en Teflon veelal een BPP-waarde hebben lager dan 400 pg ATP/cm², dat de BPP-waarden van PE, PB, PP en siliconen zowel lager als hoger kunnen zijn dan 400 pg ATP/cm² en dat rubber en PVC-P BPP-waarden hebben die altijd hoger zijn dan 400 pg ATP/cm².

Daarnaast worden, ondanks de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening, met enige regelmaat materialen toegepast die niet aan de hiervoor genoemde criteria voor nagroei voldoen (bijvoorbeeld doucheleidingen van PVC-P) toegepast in collectieve leidingwaterinstallaties. Zo bieden diverse winkels materialen voor leidingwaterinstallaties aan die geen erkende kwaliteitsverklaring conform de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening bevatten. Een doucheleiding is overigens het laatste stuk van een leidingwaterinstallatie, die meestal niet wordt doorstroomd met warmwater boven de 55°C, maar met water rond 37°C, de ideale groeitemperatuur voor *L. pneumophila* (National Academies of Sciences, 2020). Daarnaast wordt het water uit de doucheslang direct verneveld naar de gebruiker. Het gebruik van leidingmateriaal voor de doucheslang met sterke groeibevorderende eigenschappen voor *Legionella (pneumophila)* kan daardoor een verhoogd risico geven voor vermeerdering en verspreiding van *Legionella (pneumophila)*. Het bron- en contactonderzoek naar *Legionella* heeft ook laten zien dat patiëntenstammen van *L. pneumophila* gerelateerd waren aan de aanwezigheid van dezelfde stam in de biofilm op de doucheslang.

Materiaal	Aantal getest	Minimum BPP	Maximum BPP	Gemiddelde BPP
PVC-U/C	34	5	619	149
PE	81	163	7352	1395
PB	2	364	836	
PP	5	336	732	537,4
Teflon	6	64	271	152
Siliconen	12	325	32884	5867
Rubber natuur	2	12735	13872	
EPDM	5	2475	45887	16921
PVC-P	13	13395	48061	30287

6.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken materiaalgebruik leidingwaterinstallatie

De huidige wetenschappelijke stand van zaken betreffende de invloed van leidingmaterialen op de groei van *L. pneumophila* in drinkwatersystemen laat dus zien dat leidingmaterialen een belangrijke invloed kunnen hebben. Toepassing van met name PVC-P, EPDM-rubber, sommige siliconentypen en PE-materialen in een leidingwaterinstallatie kan de groei van *Legionella* bevorderen en leiden tot hogere aantallen van kweekbare *Legionella* in de leidingwaterinstallatie. Tevens lijkt het dat koper na verloop van tijd ook kan resulteren in verhoogde aantallen *Legionella* in een leidingwaterinstallatie met koperen leiding ten opzichte van RVS, bepaald siliconenrubbertype of PVC-C/PVC-U, maar deze aantallen blijven over het algemeen wel lager dan die worden waargenomen met de andere kunststof leidingmaterialen.

6.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

Uit de interviews met mensen die kennis en ervaring hebben met praktijksituaties is een aantal punten naar voren gebracht over risico van materiaalgebruik. Zo is aangegeven dat bij goed thermisch beheer leidingmaterialen een ondergeschikte rol spelen. Maar bij mengkranen en nageschakelde voorzieningen spelen materialen juist een belangrijke rol omdat daar de temperatuur in het groeitraject ligt voor *Legionella*. Dit punt wordt ook herkend door de respondenten uit de gehandicaptenzorg waar veel legionellaproblemen vooral in koudwaterleidingen optreden. Bij veel collectieve leidingwaterinstallaties zijn de legionellaproblemen direct te koppelen aan het gebruik van kunststof leidingmaterialen.

Vrijwel alle gecertificeerde legionella-adviseurs zullen aangeven dat leidingmaterialen een belangrijke rol spelen bij de groei van biofilm en *Legionella*. Koper lijkt daarbij beter te presteren dan sommige kunststoffen. Ook in nieuwbouwsituaties worden overigens nog 'slechte' materialen gebruikt. Er zijn veel systemen die geen erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling Materialen en Chemicaliën hebben en toch worden toegepast. De invloed van materiaalkeuze op legionellagroei zou meer aandacht moeten krijgen. Het maakt nu bijvoorbeeld nog geen onderdeel uit van de risicokwalificatie. In de bestaande ISSO 55.1 komen materialen (inderdaad) niet als onderscheidend terug in de risicoanalyse.

ISSO is voorstander van de toepassing van producten met een erkende kwaliteitsverklaring, voor zover die verklaring beschikbaar is voor een product, want dat is niet altijd het geval. Aandachtspunt bij de selectie van leidingmaterialen is ook het effect van veroudering van die materialen op de biofilmvorming en vermeerdering van *Legionella*. De vraag is of we op dat punt voldoende kennis hebben.

Het standpunt zou moeten zijn dat producten waarvoor een erkende kwaliteitsverklaring beschikbaar is, ook moeten worden toegepast in de praktijk. Andere producten zonder die verklaring moeten dan worden geweerd en daar moet op worden gehandhaafd. Voor veel samengestelde producten bestaat echter nog geen erkende kwaliteitsverklaring⁵. Wel voor de meeste leidingmaterialen, maar het probleem ligt vooral bij het scala aan appendages dat in leidingsystemen wordt toegepast. Dit geldt bijvoorbeeld voor warmtepompen en douchewarmteterugwinunits. Dit zijn nieuwe systemen nog zonder erkende kwaliteitsverklaring zodat de installateur geen idee heeft welke materialen zijn toegepast en wat daarvan de effecten zijn. Aan de andere kant wordt druk uitgeoefend op installateurs om deze systemen toe te passen omdat moet worden voldaan aan een bepaalde energieprestatiecoëfficiënt (EPC) waarde. Voor installateurs is overigens ook niet altijd duidelijk waar een certificering van een product precies betrekking op heeft.

Door een van de respondenten is geopteerd om qua materiaalgebruik te differentiëren binnen prioritaire instellingen. Zo zou er bijvoorbeeld voor hoogprioritaire (zorg)instellingen een verbod moeten komen voor toepassing van materialen met een hoge biofilmvormingspotentie. In dat soort instellingen zou ook verplicht moeten worden om doucheslangen en douchekoppen elke drie jaar te vervangen. Hierbij blijkt het wel degelijk mogelijk om onderscheid te maken tussen goede en slechte doucheslangen. De industrie heeft op zo'n punt ook dwang nodig vanuit de wetgeving om veiligere producten te ontwerpen en op de markt te brengen.

⁵ BRL-K610/04 is een beoordelingsrichtlijn gekoppeld aan het productcertificaat voor thermostatische mengkranen zoals sanitaire thermostaatkranen voor huishoudelijk gebruik en veiligheidskranen in (gezondheids)zorginstellingen.

Mede op grond van de klimaatverandering en hogere omgevingstemperaturen pleiten twee respondenten voor meer aandacht voor constructieve details van leidingen, koppelingen en appendages (strakker ontwerpen van installaties) en een (vrijwillig) 'clean design label'. Daarbij gaat het om type materialen, maar ook om de afwerking van materialen (ruwheid) en de constructieve details van koppelingen en appendages (naden, hoeken, gaten). Ten slotte blijkt ook tijdens de bouw winst te behalen door meer aandacht te geven aan hygiënische aspecten die verband houden met de handling van leidingdelen. Leidingstukken liggen vaak langere tijd niet afgedopt op de bouwplaats zodat zich vuil kan ophopen in de leiding. Overigens is dit al een eis vermeld in NEN 1006 (voorschriften 3.1.10 en 3.1.11) en zijn deze voorschriften verder uitgewerkt in Waterwerkblad 1.4 I (Hygiënisch werken).

6.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

De huidige regelgeving, waarin materialen mogen worden toegepast die voldoen aan de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening, is niet in lijn met de huidige stand van de wetenschappelijke kennis betreffende de invloed van leidingmaterialen op de groei van *Legionella*. Daarnaast is uit de interviews gebleken dat ook bij praktijkmensen de ervaring is dat kweekbare *Legionella* vaker wordt aangetroffen in installatie met kunststofleidingen of onderdelen die van PE, PVC-P of EPDM-rubber zijn gemaakt.

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om in de wetgeving op te nemen dat de biomassa-productiepotentie (BPP) - bepaald met de BPP-methode zoals beschreven in NEN-EN 16421:2014 - van de toe te passen leidingmaterialen bij nieuwbouw en/of renovatie van leidingwaterinstallaties van prioritaire gebouwen niet boven de 400 pg ATP/cm² mag zijn.

Een aanpassing in lijn met het bovenstaande zal invloed hebben op de systeemontwerpers, bouwkundigen en installateurs.

HOOFDSTUK 7

Regelgeving richten op kweekbare *Legionella* spp of *L. pneumophila*

7.1 Huidige wetgeving

Deze regels zijn alleen van toepassing op prioritaire instellingen.

Artikel 36, eerste lid van het Drinkwaterbesluit stelt dat *'drinkwater en warm tapwater minder dan 100 kolonievormende eenheden legionellabacteriën per liter bevatten van de bij ministeriële regeling te bepalen soorten legionellabacterie. In de regeling, bedoeld in de vorige volzin, kan een equivalent worden opgenomen van het in de vorige volzin opgenomen toegestane aantal legionellabacteriën per liter'*. Artikel 41, eerste lid, van het Drinkwaterbesluit stelt dat *'Indien het drinkwater, bedoeld in artikel 36, eerste lid, meer dan 1000 kolonievormende eenheden legionellabacteriën per liter bevat, informeert de eigenaar van de desbetreffende collectieve watervoorziening of het desbetreffende collectieve leidingnet terstond en volledig de inspecteur. De inspecteur kan bepalen dat de eigenaar de verbruikers terstond en volledig informeert en adviseert over de door hen te nemen maatregelen ter bescherming van hun gezondheid'*.

In artikel 4, eerste lid, van de Regeling Legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater zijn de volgende legionellasoorten aangewezen waarvoor de in artikel 36 van het Drinkwaterbesluit genoemde kwaliteitseis van toepassing is. *'L. anisa, L. birminghamensis, L. bozemanii, L. cincinnatiensis, L. dumoffii, L. erythra, L. feeleii, L. gormanii, L. hackeliae, L. jordanis, L. lansingensis, L. longbeachae, L. maceachernii, L. micdadei, L. oakridgensis, L. parisiensis, L. pneumophila, L. sainthelensi, L. tusconensis, L. wadsworthii en L. waltersii.'*

Hierbij gaat het dus naast *Legionella pneumophila* om andere zogenaamde *Legionella non-pneumophila* soorten die ook met ziekte bij de mens zijn geassocieerd.

Daar wordt in lid 2 en lid 3 het volgende aan toegevoegd:

- Indien bij toepassing van de in artikel 7 bedoelde methode blijkt dat het water minder dan 100 kolonievormende eenheden legionellabacteriën per liter bevat, wordt ervan uitgegaan dat de in het eerste lid genoemde legionellasoorten in het water aanwezig zijn in aantallen kleiner dan 100 kolonievormende eenheden per liter'.
- Indien bij toepassing van de in artikel 7 bedoelde methode blijkt dat het water 100 of meer kolonievormende eenheden legionellabacteriën per liter bevat, wordt ervan uitgegaan dat de in het eerste lid genoemde soorten legionellabacterie in het water aanwezig zijn in aantallen groter of gelijk aan 100 kolonievormende eenheden per liter, tenzij het tegendeel wordt aangetoond.

Deze toevoegingen zijn nodig omdat met de analysemethode genoemd in artikel 7 ook kweekbare legionellasoorten kunnen worden gedetecteerd die niet in artikel 4, eerste lid, zijn genoemd. In artikel 7 is overigens de kweekmethode volgens NEN-EN_ISO 11731 of een gelijkwaardige methode als eis opgenomen.

7.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

De discussie of de regelgeving omtrent *Legionella* zich zou moeten richten op kweekbare *L. pneumophila* of alle kweekbare legionellasoorten speelt al langer in Nederland. De drinkwatersector heeft tien tot vijftien jaar geleden het Ministerie van VROM opgeroepen om de regelgeving aan te passen en zich uitsluitend te richten op *L. pneumophila*. Uit de daaropvolgende discussie bleek dat destijds een verschil van inzicht was tussen legionellaonderzoekers in hoeverre dat standpunt wordt onderbouwd door de wetenschap. In andere West-Europese landen richt de legionellaregelgeving van bepaalde landen zich ook op kweekbare *Legionella* spp (bijvoorbeeld Groot-Brittannië, Duitsland), maar in enkele andere landen richt de legionellawetgeving zich alleen op kweekbare *L. pneumophila* (bijvoorbeeld het Vlaamse deel van België en Frankrijk). Het is daarom zinvol om na te gaan of de focus op kweekbare *Legionella* in de Nederlandse regelgeving Legionellapreventie nog in lijn is met de huidige wetenschappelijke inzichten. Een aantal leden van de begeleidingscommissie heeft ook aangegeven dat dit onderwerp prioriteit zou moeten hebben bij een evaluatie.

7.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001/2011

Wetenschappelijke publicaties betreffende het volksgezondheidsrisico van *L. nonpneumophilasoorten*, of de aanwezigheid van *L. pneumophila* wordt gemaskeerd door groei van *L. nonpneumophilasoorten* op het selectieve kweekmedium en of *L. nonpneumophila* een goed indicatororganisme is voor *L. pneumophila* zijn slechts zeer sporadisch aanwezig uit de periode van voor 2001. De wetenschappelijke inzichten die in dit hoofdstuk worden beschreven zijn dus voornamelijk gebaseerd op publicaties na 2001, maar in de volgende paragraaf wordt op enkele locaties ook de literatuur van voor 2001 betrokken, om een zo compleet mogelijk overzicht te geven. In 2011 is de Regeling legionellapreventie wel uitgebreid met een specificatie van soorten en die uitbreiding was gebaseerd op een rapportage van Brandsema & Schalk, 2010. Ten aanzien van deze uitbreiding is 2011 als ijkpunt genomen.

7.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001/2011

7.4.1 Inleiding

De discussie of de regelgeving zich zou moeten richten op kweekbare *Legionella* spp of alleen op kweekbare *L. pneumophila* loopt in Nederland al enkele jaren tussen de legionellaexperts en heeft ook enkele documenten opgeleverd. De discussie focust zich daarbij op de volgende onderzoeksvragen:

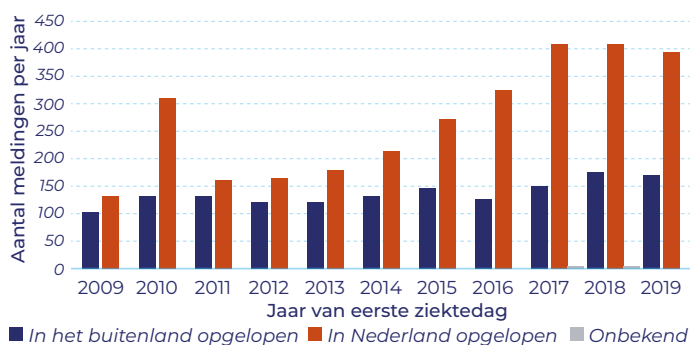
1. Is het gezondheidsrisico van ziekteverwekkende legionellasoorten anders dan *L. pneumophila* dusdanig groot, dat het nodig is om beheersmaatregelen te nemen tegen alle ziekteverwekkende legionellasoorten?
2. In hoeverre maskeert de aanwezigheid van *L. nonpneumophilasoorten* op het agarkweekmedium volgens ISO 11731 de aanwezigheid van *L. pneumophila* en worden daardoor risicovolle situaties met *L. pneumophila* gemist?
3. In hoeverre is *L. nonpneumophila* een indicatororganisme voor de aanwezigheid van *L. pneumophila* in leidingwaterinstallaties?

Zoals eerder beschreven is in 2011 de Regeling aangepast en worden alle ziekteverwekkende legionellasoorten expliciet in de wetgeving genoemd. De reden was dat de wetgevende instantie anticipeerde op een nieuwe methode die op de Nederlandse markt zou verschijnen (de zogeheten Legionellachip), waarmee alle legionellasoorten in één keer in het water zouden kunnen worden gemeten. Deze Legionellachip is kortstondig op de markt gebracht, maar is sinds een aantal jaren weer van de markt gehaald en niet meer verkrijgbaar. In de rest van deze paragraaf is onderzocht wat de huidige wetenschappelijke kennis is betreffende de drie hiervoor gestelde onderzoeksvragen.

Binnen paragraaf 7.4 onderzoeken we onder andere wat de huidige wetenschappelijke kennis is betreffende het aantal ziektegevallen veroorzaakt door *L. nonpneumophila*, en hoe zich dat verhoudt tot andere ziekteverwekkers die ook in drinkwater kunnen voorkomen, maar nemen we ook expliciet mee of het monitoren van *L. nonpneumophila* een indicatie is voor *L. pneumophila* en/of dat het beheer van de installatie niet voldoet tegen *L. pneumophila* en in hoeverre de aanwezigheid van *L. nonpneumophila* de detectie van *L. pneumophila* kan maskeren. De uiteindelijke conclusie en het advies betreffende dit onderdeel zijn dus gebaseerd op en onderbouwd op basis van de wetenschappelijke kennis betreffende alle drie deze punten.

7.4.2 Infecties door verschillende legionellasoorten in Nederland en buitenland

Legionellapneumonie (veteranenziekte) is in Nederland een meldingsplichtige ziekte. Het aantal gemelde gevallen van legionellapneumonie van 2012 tot en met 2019 is weergegeven in Figuur 6. Uit deze figuur volgt dat gedurende de periode 2012 tot en met 2017/2018 een toename is geconstateerd van het aantal gemelde gevallen van legionellapneumonie in Nederland, naar bijna 600 ziektegevallen in 2018, waarvan ruim 400 patiënten de ziekte in Nederland hebben opgelopen. De diagnostiek van *Legionella* bij patiënten met een longontsteking wordt in de meeste landen vooral uitgevoerd met de relatief eenvoudige en snelle urineantigeentest (National Academies of Sciences, 2019). Een nadeel van deze urineantigeentest is dat het vooral infecties met *L. pneumophila* serogroep 1 betrouwbaar detecteert. Sommige urineantigeentesten tonen ook andere serogroepen van *L. pneumophila* aan, hoewel met lagere sensitiviteit. Voor het aantonen van ziekte door andere varianten is klinisch materiaal nodig uit de diepe longen van de patiënt (zoals sputum of broncho-alveolaire lavage). Aangezien veel patiënten met een legionellapneumonie geen sputum opgeven, zijn de diagnostische mogelijkheden beperkt en zullen veel diagnoses (met name *L. pneumophila* nonserogroep1) worden gemist. Hierdoor wordt algemeen aangenomen dat het aantal vastgestelde gevallen van legionellapneumonie een onderrapportage is van het werkelijk aantal gevallen (National Academies of Sciences, 2019), doordat andere serogroepen van *L. pneumophila* (serogroep 2 tot en met 14) en andere legionellasoorten ook legionellapneumonie kunnen veroorzaken (Brandsema & Schalk, 2010).



Figuur 6. Het aantal meldingen van longontstekingen door *Legionella* opgelopen in Nederland (rood) of buitenland (blauw) per jaar in de periode 2009-2019. De patiënten weergegeven met de blauwe balk waren in de periode van 2-10 dagen voor eerste ziektegedag in het buitenland en hebben de besmetting meest waarschijnlijk in het buitenland opgelopen. Een deel van deze patiënten kan echter ook in Nederland besmet zijn geraakt. Bron: RIVM, Osiris.

Voor 2011 bevatte het genus *Legionella* tenminste vijftig verschillende beschreven soorten, waarvan 21 soorten zijn beschreven in relatie tot ziektegevallen (Brandsema & Schalk, 2010). Sinds 2011 zijn meer legionellasoorten geïdentificeerd, waardoor er tegenwoordig meer dan zestig beschreven legionellasoorten zijn, waarvan 28 geassocieerd zijn met ziekte (Reukers *et al.*, 2020). In Europa wordt meestal 90 tot 98% van de gemelde gevallen van legionellapneumonie veroorzaakt door *L. pneumophila* en 2 tot 10% van de gevallen door legionellasoorten anders dan *L. pneumophila* (Ricketts & Joseph, 2007, von Baum *et al.*, 2008, von Baum & Lück, 2011, Beauté & Network, 2017). Voor de periode 2011 tot en met 2015 is ook beschreven welke legionellasoorten in Europa werden aangetroffen wanneer de legionellainfectie werd bevestigd met kweek (Beauté & Network, 2017). Bij 3020 van de 3645 (82,9%) positieve kweektesten werd *L. pneumophila* serogroep 1 aangetroffen, terwijl 491 (13,5%) van de gekweekte legionellastammen behoorden tot *L. pneumophila* serogroep 2 tot en met 14 of een onbekende serogroep van *L. pneumophila*. Naast *L. pneumophila* werden ook *L. longbeachae* (35 gevallen, 1,0%), *L. bozemanii* (15 gevallen, 0,4%), *L. micdadei* (12 gevallen, 0,3%), *L. anisa* (2 gevallen, 0,1%), *L. dumoffi* (2 gevallen, 0,1%), *L. cincinnatiensis* (1 geval, <0,1%), *L. macaechernii* (1 geval, <0,1%) en *L. sainthelenis* (1 geval, <0,1%) zeer sporadisch aangetroffen met kweek. De overige 65 positieve kweekresultaten werden niet gedetermineerd (38 gevallen, 1,0%) of behoorden tot andere legionellasoorten (27 gevallen, 0,7%) die niet nader gespecificeerd zijn.

Deze kweekresultaten laten zien dat door het alleen vertrouwen op de urineantigeentest met name ziektegevallen door *L. pneumophila* serogroep 2 tot en met 14 worden gemist. *L. nonpneumophilasoorten* worden ook sporadisch gedetecteerd bij patiënten, maar die incidentie is ook op basis van de kweekresultaten zeer laag. Het is wel belangrijk om enige nuance aan te brengen. Ten eerste wordt bij veel patiënten geen klinisch materiaal verkregen, waardoor het inzetten van kweek vaak niet mogelijk is. Tevens lijken bepaalde *L. nonpneumophilasoorten* (*L. birminghamensis*, *L. cherrii*, *L. cincinnatiensis*, *L. dumoffi*, *L. longbeachae*, *L. santicrucis*, *L. steigenvaltii*) minder goed te groeien op het selectieve agarmedium (Lee *et al.*, 1993). Verder wordt in landen waar vaker PCR-testen voor diagnostiek wordt ingezet ook meer ziektegevallen van *L. nonpneumophila* waargenomen (National Academy of Sciences, 2019).

Bij deze getallen dient ook opgemerkt te worden dat dit om het totaal aantal legionellagevallen gaat over de periode 2011 tot en met 2015 in Europa. Het aandeel van deze legionellagevallen die door drinkwater zijn veroorzaakt, is niet bekend. Tot slot is het lastig om uit deze gegevens een vergelijking tussen Europese landen te maken, omdat de diagnostiek en aandacht voor *Legionella* per land verschilt. Gepubliceerde data van een aantal individuele Europese landen, Japan en de Verenigde Staten laten vergelijkbare waarnemingen zien (een overzicht van wetenschappelijke artikelen hierover is te vinden in een recente publicatie van de National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (National Academies of Sciences, 2019). De meeste *L. nonpneumophila*soorten worden daarbij voornamelijk aangetroffen bij patiënten met een ernstig verzwakt immuunsysteem (Muder & Victor, 2002, Cunha *et al.*, 2016).

In Nederland wordt de casuïstiek van *Legionella* jaarlijks door het RIVM gerapporteerd in het rapport 'Annual report surveillance of influenza and other respiratory infections in the Netherlands 20xx/20xx' dat beschikbaar is via de RIVM-website. In deze paragraaf worden de resultaten van de afgelopen vijf jaar beschreven (2015 tot en met 2019) die werden gehaald uit het laatst gepubliceerde RIVM-rapport (Reukers *et al.*, 2020), aangevuld met informatie verkregen van het RIVM ten aanzien van *L. anisa* over een langere tijdsperiode en meer informatie ten aanzien van de patiënten die een infectie met *L. nonpneumophila* opliepen. In de afgelopen vijf jaar werden bij 479 ziektegevallen (19% van totaal aantal ziektegevallen) een positieve kweek voor *Legionella* verkregen met patiëntmateriaal en bij 443 van de kweekpositieve resultaten in de periode 2015 tot en met 2019 was ook een isolaat beschikbaar voor typering naar soort en serotype. 414 van deze 443 isolaten (93,5%) behoorde tot *L. pneumophila*, waarvan 379 (85,6%) behoorde tot serogroep 1 en de overige 35 isolaten (7,9%) tot serogroep 2-14 of een onbekende serogroep. 26 van deze 443 isolaten (5,9%) behoorde tot *L. nonpneumophila*, waarvan 20 isolaten (4,5%) behoorden tot *L. longbeachae*, 2 isolaten (0,45%) tot *L. bozemanii*, 2 isolaten (0,45%) tot *L. anisa*, 1 isolaat (0,23%) tot een andere legionellasoort en 1 isolaat (0,23%) kon waarschijnlijk niet worden bevestigd. Deze kweekresultaten uit Nederland laten dus ook zien dat door het alleen vertrouwen op de urineantigeentest met name *L. pneumophila* serogroep 2 tot en met 14 worden gemist alsook *L. longbeachae*. Andere *L. nonpneumophila*soorten worden in Nederland maar zeer sporadisch gedetecteerd en op basis van de kweekresultaten is die incidentie in Nederland dus ook zeer laag.

Uit de aanvullende informatie van het RIVM volgt dat in de periode 2008 tot en met 2019 drie patiënten met *L. anisa* werden gemeld. Eén van deze drie patiënten overleed. Bij twee van deze drie patiënten werd de infectie opgelopen in het ziekenhuis en deze twee patiënten hadden ook een onderliggende aandoening. De derde patiënt had een ernstig verzwakt immuunsysteem en het is onduidelijk gebleven waar deze patiënt de infectie heeft opgelopen, hoewel wel kon worden geconcludeerd dat deze patiënt het niet in het ziekenhuis heeft opgelopen. In de periode 2017-2019 zijn naast *L. anisa* nog 22 patiënten meer gemeld met een infectie met *L. nonpneumophila*, waarvan negentien met *L. longbeachae*. Twee van de deze negentien patiënten zijn overleden en tien van de negentien patiënten hadden een onderliggende aandoening. Tot slot waren drie patiënten ziek geworden van een andere legionellasoort. Bij één van deze drie laatste patiënten betrof het mogelijk een ziekenhuisinfectie, een andere patiënt liep de infectie waarschijnlijk in het buitenland op en de derde patiënt liep de infectie op in Nederland, maar buiten het ziekenhuis. Twee van deze drie patiënten zijn overleden en alle drie de patiënten hadden een onderliggende aandoening.

Daarnaast is in Nederland gevonden dat in driekwart van de pneumoniegevallen in het ziekenhuis de ziekteverwekker niet vastgesteld (Dijkstra *et al.*, 2008) en hoewel een groot aantal andere micro-organismen dan *Legionella* ook een pneumonie kan veroorzaken, zou een deel van deze patiënten ook getroffen kunnen zijn door een niet gedetecteerde infectie met een bepaalde legionellastam. Op basis van gegevens van longontsteking in 2015 is de schatting dat er 1.000-1.400 patiënten met legionellapneumonie in ziekenhuis worden opgenomen (dus twee à drie maal hoger dan nu wordt gediagnosticeerd) en dat daarnaast nog 7.000-10.000 patiënten met een legionellapneumonie de huisarts consulteren (Vermeulen *et al.*, 2019). Dit zou kunnen worden geïnterpreteerd dat deze niet-gedetecteerde legionellapneumoniegevallen worden veroorzaakt door *L. nonpneumophila*, maar die conclusie wordt niet onderbouwd met de aanwezige data. Ten eerste moet worden opgemerkt dat het aantal niet-gedetecteerde gevallen van legionellapneumonie een grove en daarmee enigszins onbetrouwbare schatting is. Daarnaast worden patiënten die zich bij de huisarts melden niet getest op *Legionella*, dus van deze patiënten kan niet worden aangegeven welke legionellasoort verantwoordelijk is voor de legionellapneumonie.

De artsen in het ziekenhuis passen de 'NVALT-SWAB richtlijn Community Acquired Pneumonia' toe voor patiënten die met een pneumonie worden opgenomen in het ziekenhuis. In deze richtlijn staat omschreven dat alleen patiënten met een ernstige community acquired longontsteking worden getest op *Legionella*, waardoor het dus mogelijk is dat patiënten die met een legionellapneumonie worden opgenomen in het ziekenhuis niet worden getest op *Legionella*. Zoals eerder gemeld wordt bij een deel van de patiënten waarbij de urineantigeentest voor *L. pneumophila* serogroep 1 negatief is, via kweek of PCR *Legionella* aangetroffen, waarbij de meeste van die gevallen van legionellapneumonie door *L. pneumophila* serogroep 2-14 wordt veroorzaakt. Dezelfde waarnemingen worden ook gedaan in landen als Denemarken waar men intensiever diagnosticeert met kweek en PCR dan in Nederland en waar analyse van de kweek/PCR data tot de conclusie leidde dat in ieder geval meer dan 90% van de gevallen van legionellapneumonie werd veroorzaakt door *L. pneumophila* (Svarrer & Uldum, 2012). Binnen de wetenschap is er daarom dan ook consensus dat meer dan 90% van de legionellapneumoniegevallen worden veroorzaakt door *L. pneumophila*.

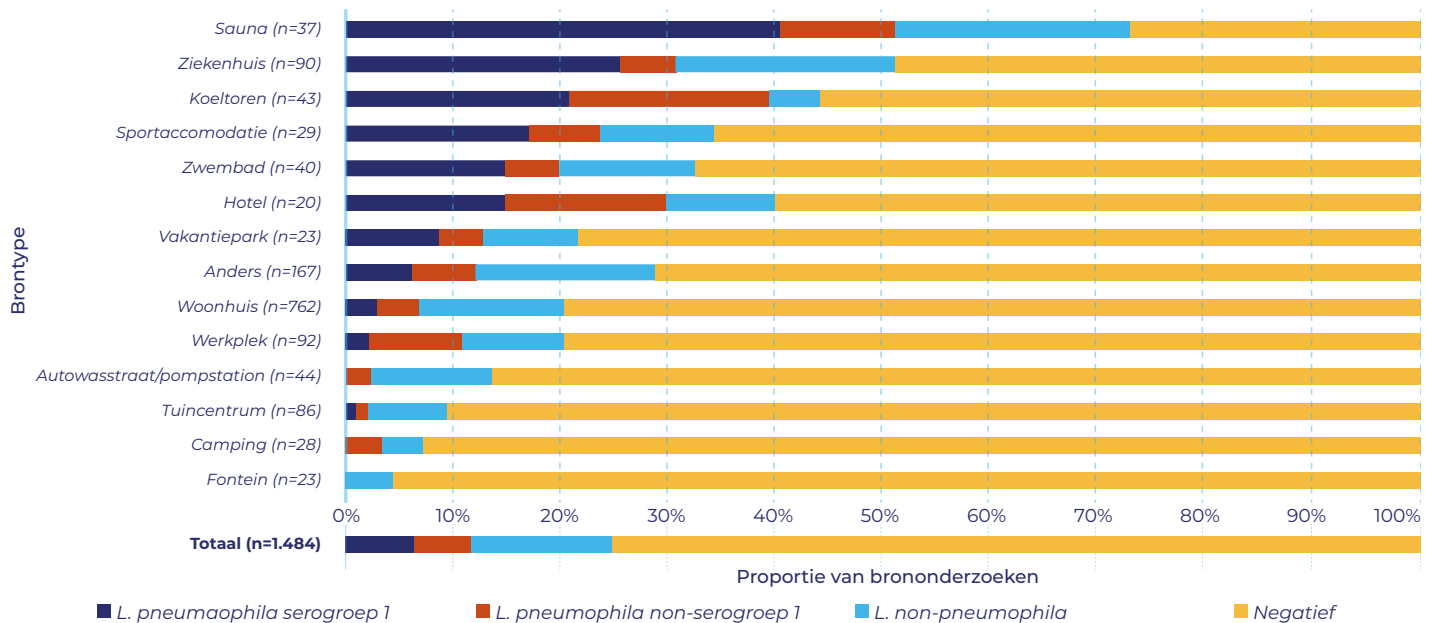
Verschillende studies in Nederland hebben laten zien dat *L. nonpneumophila* veel vaker in het Nederlandse drinkwater wordt aangetroffen dan *L. pneumophila* (Van der Lugt *et al.*, 2019; Van der Kooij *et al.*, 2007). In deze studies behoorde 83 tot 97% van de aangetroffen *Legionella* tot *L. nonpneumophila*. Daarnaast zijn ook gegevens bekend van *Legionella* in drinkwater die aan ILT zijn gemeld en waarbij het aandeel *L. nonpneumophila* met 56 tot 76% ook hoger is dan het aandeel *L. pneumophila* (Versteegh *et al.*, 2007). In het BEL-onderzoek zijn verschillende mogelijke bronnen onderzocht waar patiënten met een legionellapneumonie mee in aanraking zijn geweest (Den Boer *et al.*, 2016). Bij deze bemonstering zijn positieve kweekresultaten ook gesplitst naar *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* (Figuur 7). Wanneer alle monsters worden genomen, dan werd ook gevonden dat *L. nonpneumophila* vaker werd aangetroffen dan *L. pneumophila*, maar de verschillende brontypen laten wel verschillende resultaten zien. Zo werd bij prioritaire instellingen (sauna, ziekenhuizen, hotel) waargenomen dat vaker *L. pneumophila* dan *L. nonpneumophila* werd waargenomen, terwijl bij woningen (niet-prioritaire instelling) vaker *L. nonpneumophila* dan *L. pneumophila* werd waargenomen. Het is wel belangrijk om hier de nuance aan te brengen dat het BEL-onderzoek brontypen onderzoekt waar een patiënt mee in aanraking is geweest, wat in de meeste gevallen een infectie is geweest met *L. pneumophila*. Alleen in de studie van Van der Kooij *et al.* (2007) zijn de *L. nonpneumophila* ook tot soortsniveau gekarakteriseerd.

In die studie uit 2007 werden 11.541 watermonsters uit leidingwaterinstallaties in Nederland geanalyseerd op kweekbare *Legionella*. In 2.139 monsters (18,5%) werden kweekbare *Legionella* aangetroffen en verdere typering liet zien dat in 361 monsters (3,1% van het aantal geteste monsters) het *L. pneumophila* betrof, in 1.551 monsters (13,4%) betrof het *L. anisa* en in de overige 227 monsters (2,0%) was het een andere legionellasoort (Van der Kooij *et al.*, 2007).

Deze studies laten zien dat in het Nederlandse drinkwater *L. nonpneumophila* vaker wordt aangetroffen dan *L. pneumophila* en dat *L. anisa* de meest aangetroffen legionellasoort is van de 21 legionellasoorten die in de Nederlandse regelgeving zijn beschreven. Ondanks dat *L. anisa* in Nederland als de meest dominante kweekbare legionellasoort in water uit leidingwaterinstallaties wordt aangetroffen, is het aantal gerapporteerde ziektegevallen door *L. anisa* in Nederland zeer laag (met twee gerapporteerde gevallen in de afgelopen vijf jaar (Reukers *et al.*, 2020). Dit betekent dus dat er een duidelijke discrepantie is tussen de aanwezigheid van *L. anisa* in drinkwater en het aantal gevonden ziektegevallen, wat verklaard wordt door het feit dat *L. anisa* een lage virulentie heeft en nauwelijks ziekteverwekkend is (Fields *et al.*, 1990) en door mogelijke onderdiagnostiek.

Naast ziekteverwekkende legionellasoorten heeft onderzoek laten zien dat ook andere opportunistische ziekteverwekkers (*Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Aspergillus fumigatus*, non-tuberculeuze mycobacteriën (NTM), *Waddlia chondrophila*) aanwezig kunnen zijn in het Nederlandse drinkwater (Engel *et al.*, 1980, Van der Wielen & van der Kooij, 2013, Van der Wielen *et al.*, 2014, Van Dooremalen *et al.*, 2020). De ziekte die door deze micro-organismen worden veroorzaakt zijn deels nosocomiaal (ziekenhuisinfectie) en deels niet-nosocomiaal en kunnen leiden tot (kleine) uitbraken. In Nederland is bijvoorbeeld in 1996 een kleine uitbraak geweest van *S. maltophilia* in een ziekenhuis waarbij vijf te vroeg geboren baby's ziek zijn geworden. Bij vier van de vijf baby's was de infectie oppervlakkig, maar de vijfde baby is aan de infectie overleden. De bron van de infectie bleek de leidingwaterinstallatie van het ziekenhuis te zijn (Verweij *et al.*, 1998). *P. aeruginosa*, *S. maltophilia*, *A. fumigatus*, ziekteverwekkende NTM-soorten en *W. chondrophila* kunnen net als *Legionella* een longontsteking veroorzaken, maar afhankelijk van het organisme veroorzaken ze daarnaast ook ooginfecties, oorinfecties, huidinfecties, wondinfecties of infecties van andere organen dan de longen.

Deze micro-organismen zijn net als ziekteverwekkende *L. nonpneumophila*soorten opportunistisch ziekteverwekkend, wat betekent dat ze voornamelijk mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem infecteren.



Figuur 7. Bemonsteringsresultaten van BEL-onderzoek over de periode van 2002-2012 van 1484 potentiële infectiebronnen van *Legionella* naar brontype. Bron: Den Boer et al. (2016).

In de meeste landen zijn infecties veroorzaakt door deze andere opportunistische pathogenen niet meldingsplichtig, waardoor het lastig is om het aantal gerapporteerde ziektegevallen te vergelijken met het aantal ziektegevallen door *Legionella*. Zeer recent is in de Verenigde Staten wel een studie uitgevoerd die middels modellering het aantal geschatte infecties van zeventien door water overdraagbare ziekteverwekkers met elkaar heeft vergeleken. De resultaten lieten zien dat het aantal geschatte gerapporteerde ziektegevallen veroorzaakt door NTM of *P. aeruginosa* (longontsteking en sepsis) een factor vijf of zes hoger is dan het aantal geschatte gerapporteerde ziektegevallen door *Legionella* (Collier et al., 2021). In deze studie zijn infecties veroorzaakt door *S. maltophilia* en *A. fumigatus* niet meegenomen en wordt geen onderscheid gemaakt tussen ziektes veroorzaakt door *L. pneumophila* of *L. nonpneumophila*. Het is tevens belangrijk te benadrukken dat in deze studie alle watergerelateerde routes zijn meegenomen, dus naast drinkwater bijvoorbeeld ook zwembadwater, natuurlijk zwemwater, koeltorenwater. In hoeverre het drinkwater dus verantwoordelijk was voor deze ziektegevallen wordt niet duidelijk uit de studie. Hoewel deze Amerikaanse studie uitgaat van een groot aantal aannames in de modellering, laten de resultaten wel zien dat ziektegevallen veroorzaakt door watergerelateerde NTM en *P. aeruginosa* ook een serieus probleem lijkt te zijn in de Verenigde Staten.

De infecties veroorzaakt door de andere opportunistische pathogenen zijn ook in Nederland niet meldingsplichtig. Hierdoor is onduidelijk hoeveel ziektegevallen er per jaar in Nederland zijn, maar ook hier zijn wel schattingen van gemaakt op basis van epidemiologie van gerapporteerde gevallen.

Het aantal gerapporteerde ziektegevallen van NTM in de regio Nijmegen/Arnhem was in 2005 ongeveer 50 (van Ingen et al., 2009). Destijds woonde in die regio 700,000 mensen en in Nederland 16,3 miljoen, wat na lineaire extrapolatie 1.164 ziektegevallen door NTM oplevert, maar daarbij is dus aangenomen dat de incidentie in de Arnhem/Nijmegen regio geldt voor heel Nederland. Recent is ook een publicatie verschenen waarin de huidige Europese incidentie van NTM wordt geschat op 6,9 ziektegevallen per 100.000 inwoners (Schildkraut et al., 2020). Wanneer dit getal wordt geëxtrapolerd naar de Nederlandse situatie kom je uit op 1073 ziektegevallen door NTM in Nederland per jaar. Een schatting van het aantal patiënten dat jaarlijks ziek wordt van *A. fumigatus* in Nederland is ook recent berekend op basis van aanwezige epidemiologische data (Buil et al., 2020). De resultaten van deze berekening lieten zien dat het aantal geschatte ziektegevallen door *A. fumigatus* per jaar in Nederland 15,108 is, waarvan jaarlijks 1,283 gevallen met invasieve aspergillose en 257 gevallen met chronische pulmonaire aspergillose, wat levensbedreigende ziektes kunnen zijn.

Studies over incidentie van ziektegevallen met *P. aeruginosa* in Nederland is niet gevonden in publicaties, maar in 2018 zijn in Nederland wel 13,151 klinische isolaten van *P. aeruginosa* verkregen (de Greeff *et al.*, 2019). Dit maakt het aannemelijk dat het aantal ziektegevallen per jaar ook relatief hoog is, hoewel onduidelijk blijft hoeveel van deze isolaten ook daadwerkelijk ziekte heeft veroorzaakt. Hoewel duidelijke cijfers over het aantal ziektegevallen per jaar van deze opportunistische micro-organismen ontbreekt, omdat deze ziekten niet meldingsplichtig zijn in Nederland, laten gepubliceerde data en schattingen duidelijk zien dat het aantal jaarlijkse ziektegevallen van *P. aeruginosa*, NTM en *A. fumigatus* in Nederland vele malen hoger is dan het aantal jaarlijkse ziektegevallen van *L. nonpneumophila*.

Het is wel belangrijk om te benadrukken dat onbekend is hoeveel van deze ziektegevallen worden veroorzaakt door drinkwater, omdat deze organismen ook in veel andere bronnen voorkomen (van der Wielen *et al.*, 2014), maar dat geldt ook voor ziekteverwekkende legionellasoorten. Overigens is voor *P. aeruginosa* en *A. fumigatus* vastgesteld dat het genotype van drinkwaterstammen hetzelfde kan zijn als het genotype van patiëntstammen, wat laat zien dat de drinkwaterstammen van deze micro-organismen in Nederland ook ziekte kan veroorzaken (Van der Wielen & Wullings, 2019).

Hoewel ziektegevallen met deze andere opportunistische ziekteverwekkers dus veel vaker in Nederland worden aangetroffen dan ziekteverwekkende *L. nonpneumophila*-soorten, bestaat voor deze groep van ziekteverwekkers in drinkwater geen wetgeving. Uit onderzoek is tevens bekend dat de wettelijke beheersmaatregelen die gelden voor *Legionella* niet in alle gevallen ook de groei van deze andere opportunistische ziekteverwekkers in leidingwaterinstallaties zal beheersen. Zo is bijvoorbeeld waargenomen dat *P. aeruginosa* zich al in drinkwaterbiofilms kan vermeerderen wanneer de watertemperatuur 15°C is (Van der Wielen, 2020).

Samengevat kan worden gesteld dat uit de wetenschappelijke literatuur de volgende aspecten naar voren komen:

- Het is zeer aannemelijk dat het aantal gevallen van legionellapneumonie in Nederland ondergerapporteerd is door beperkingen in de diagnostiek. De meeste patiënten worden gediagnosticeerd met de urineantigeentest in het ziekenhuis, die alleen *L. pneumophila* serogroep 1 betrouwbaar detecteert.
- Wanneer de ziektegevallen worden geanalyseerd die zijn gedetecteerd met kweek, dan blijkt dat met name legionellapneumonie veroorzaakt door *L. pneumophila* serogroep 2-14 en *L. longbeachae* wordt gemist wanneer alleen op de urineantigeentest wordt vertrouwd. Legionellapneumoniegevallen veroorzaakt door *L. nonpneumophilasoorten* worden ook met kweek maar zeer sporadisch gedetecteerd.
- In tegenstelling tot *L. pneumophila* veroorzaken de meeste ziekteverwekkende *L. nonpneumophilasoorten* hoofdzakelijk infecties in mensen met een ernstig verstoord immuunsysteem.
- In het Nederlandse drinkwater wordt naast *L. pneumophila* voornamelijk *L. anisa* gedetecteerd. In Nederland zijn vrijwel geen ziektegevallen beschreven die zijn veroorzaakt door *L. anisa*. Het aantal gediagnosticeerde en gemelde ziektegevallen veroorzaakt door *L. anisa* is dan ook lager dan één per jaar. Onduidelijk is wel hoe groot de onderdiagnostiek is voor *L. anisa*.
- Naast ziekteverwekkende legionellasoorten zijn in het Nederlandse drinkwater ook andere ziekteverwekkende micro-organismen aangetroffen die zich in de leidingwaterinstallatie vermeerderen en waar geen regelgeving in het drinkwater voor geldt. De ziekte veroorzaakt door deze andere ziekteverwekkers zijn niet meldingsplichtig, maar schattingen laten zien dat het aantal ziektegevallen waarschijnlijk hoger is dan het aantal ziektegevallen veroorzaakt door ziekteverwekkende *L. nonpneumophilasoorten*. Voor deze andere ziekteverwekkers geldt net als voor ziekteverwekkende legionellasoorten (inclusief *L. pneumophila*) dat drinkwater niet de enige bron van infectie is.
- Tevens heeft onderzoek laten zien dat beheersmaatregelen die voor kweekbare *Legionella* gelden, niet allemaal werken tegen deze andere ziekteverwekkers. Zo is *P. aeruginosa* in staat zich te vermeerderen in drinkwaterbiofilms met een temperatuur beneden de 20°C.

Concluderend wordt gesteld dat op basis van de huidige wetenschappelijke kennis (i) het zeer aannemelijk is dat het richten van regelgeving in drinkwater op de groep van ziekteverwekkende *L. nonpneumophila*soorten weinig winst voor de volksgezondheid oplevert en (ii) dat het richten op regelgeving ten aanzien van ziekteverwekkende *L. nonpneumophila*soorten niet in lijn is met de afwezigheid van regelgeving voor andere opportunistische ziekteverwekkende micro-organismen die in het Nederlandse drinkwater zijn aangetroffen en waarvan waarschijnlijk meer ziektegevallen in Nederland zijn.

7.4.3 Maskering van *L. pneumophila* door *L. nonpneumophila*

De methode die wettelijk wordt voorgeschreven om *Legionella* spp in drinkwatermonsters te bepalen is beschreven in ISO 11731 en beschrijft kweek waarbij het BCYE agarmedium als basis dient en waar antibiotica aan worden toegevoegd om selectiviteit voor groei van *Legionella* te bewerkstelligen. Dit selectieve agarmedium is oorspronkelijk ontwikkeld voor klinische detectie van *L. pneumophila* (Lee *et al.*, 1993). Zoals eerder beschreven heeft een uitgebreide studie naar groei van achttien verschillende legionellasoorten op het vloeibare BCYE-medium (dus zonder toevoeging van agar) laten zien dat *L. pneumophila* zich beter weet te vermenigvuldigen in het BCYE medium dan de zeventien *L. nonpneumophila*soorten. Groei van *L. birminghamensis*, *L. cherrii*, *L. cincinnatiensis*, *L. dumoffii*, *L. longbeachae*, *L. santicrucis*, *L. steigenvaltii* was daarbij marginaal vergeleken met groei van de andere veertien legionellasoorten, wat resulteerde in kolonies met een kleine diameter (1 mm) vergeleken met kolonies van *L. pneumophila* (3 tot 5 mm). Vier van deze slechter groeiende legionellasoorten worden ook in de Nederlandse wetgeving genoemd en het is niet ondenkbaar dat door de kleine koloniegrootte van deze soorten, deze kolonies niet worden geteld als typische legionellakolonies door laboratoria. Van de 21 legionellasoorten die in de wet zijn opgenomen, zijn *L. lansingensis* en *L. waltersii* niet meegenomen in de studie van Van Lee *et al.* (1993), maar deze organismen zijn uit patiënten gekweekt met behulp van het BCYE-agar medium (Thacker *et al.*, 1992, Benson *et al.*, 1996) en dus ook in staat op het BCYE agarmedium te groeien.

Doordat zowel *L. pneumophila* als andere legionellasoorten in staat zijn om op het kweekmedium te groeien, is het mogelijk dat de aanwezigheid van *L. pneumophila* in een watermonster wordt gemaskeerd door andere kweekbare legionellasoorten, wanneer die in hogere aantallen aanwezig zijn dan *L. pneumophila*.

Onderzoek in proefinstallaties die werden gevoed met Nederlands drinkwater hebben laten zien dat bij watertemperaturen tussen 30 en 38,5°C *L. anisa* en *L. pneumophila* samen kunnen voorkomen, waarbij bij de lagere temperaturen (30 tot 34°C) werd waargenomen dat de aantallen *L. anisa* beduidend hoger waren dan die van de betreffende stam van *L. pneumophila* (Van der Kooij *et al.*, 2009). In dergelijke situaties zou de bepaling van kweekbare *Legionella* volgens ISO 11731 leiden tot detectie van *L. nonpneumophila*, terwijl *L. pneumophila* ook aanwezig is in de watermonsters. Verschillende buitenlandse studies rapporteren ook dat zowel *L. pneumophila* als *L. nonpneumophila* kunnen worden aangetroffen in watermonsters, inclusief monsters genomen uit leidingwaterinstallaties van gebouwen (bijvoorbeeld Cassier *et al.*, 2013, Cassini *et al.*, 2017, Dilger *et al.*, 2018, Johnson *et al.*, 2018). Dit laat dus zien dat meerdere kweekbare legionellasoorten aanwezig kunnen zijn in dezelfde installatie en/of drinkwatermonsters.

In Nederland wordt bij een deel van de patiënten met een legionellapneumonie onderzocht of dezelfde stam ook kan worden aangetroffen in bekende bronnen voor *Legionella* en waaraan de persoon is blootgesteld tijdens de incubatieperiode (het zogeheten bronopsporingeneenheden *Legionella* (BEL)-onderzoek). Een systematische registratie van alle onderzoeken in kader van BEL ontbreekt en publicaties ontbreken van het BEL-onderzoek waarin data over aanwezigheid van *L. pneumophila* en *L. anisa* in dezelfde leidingwaterinstallatie wordt aangetroffen. De onderzoekers van het BEL-onderzoek hebben echter via de e-mail laten weten dat *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* meerdere keren samen in een leidingwaterinstallatie zijn aangetroffen.

Enkele andere studies in Nederland hebben ook gekeken naar de aanwezigheid van *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* in drinkwatermonsters uit leidinginstallaties (Van der Kooij *et al.*, 2007, Van der Lugt *et al.*, 2019). Veelal rapporteren deze studies het percentage positieve monsters voor *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila*, maar wordt niet aangegeven of beide zijn aangetroffen in dezelfde installatie. In een andere studie waar watermonsters uit Nederlandse leidingwaterinstallaties werden geanalyseerd met kweekmethoden voor *Legionella* werd bij drie van de 107 monsters *L. anisa* en *L. pneumophila* allebei aangetroffen (Veenendaal *et al.*, 2017).

Doordat in deze studies geen specifieke detectiemethode voor *L. pneumophila* werd toegepast, blijft onduidelijk of in de andere monsters waar *L. anisa* of *L. nonpneumophila* werd aangetroffen ook *L. pneumophila* in lagere aantallen aanwezig waren. Bij bemonsteringen die worden gedaan in het kader van het BEL-onderzoek zijn ook voorbeelden bekend waarbij *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* ook allebei in één leidingwaterinstallatie werden aangetroffen (informatie RIVM). Het is wel duidelijk dat ook in leidingwaterinstallaties in Nederland *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* samen aanwezig kunnen zijn in een leidingwaterinstallatie.

Om te achterhalen of *L. pneumophila* in lagere aantallen aanwezig is in drinkwatermonsters wanneer *L. nonpneumophila* wordt aangetroffen, dienen watermonsters te worden geanalyseerd met de ISO 11731-kweekmethode en een methode die specifiek *L. pneumophila* detecteert. Verschillende bedrijven claimen specifieke methoden te hebben ontwikkeld voor detectie van *L. pneumophila*, maar vaak ontbreekt een wetenschappelijke validatie (bijvoorbeeld volgens ISO 17994) van dergelijke methoden waardoor onduidelijk is hoe betrouwbaar dergelijke methoden *L. pneumophila* kunnen detecteren in drinkwatermonsters. Van enkele methoden die specifiek *L. pneumophila* detecteren zijn wel wetenschappelijke artikelen gevonden en/of bestaat een gestandaardiseerde methode. Zo is een kwantitatieve PCR-methode (qPCR) methode ontwikkeld voor *L. pneumophila*, waarvan de analysemethode is ondergebracht in ISO 12869. Toch is een vergelijking tussen deze qPCR methode en de kweekmethode om te achterhalen of kweekbare *L. pneumophila* aanwezig is wanneer *L. nonpneumophila* wordt gedetecteerd minder geschikt, omdat de qPCR-methode naast kweekbare ook niet-kweekbare en dode *L. pneumophila* kan detecteren. Naast de qPCR-methode is echter ook een kweekmethode met een selectief agarmedium en incubatietemperatuur voor *L. pneumophila* beschreven en beperkt gevalideerd met drinkwatermonsters uit Nederlandse leidinginstallaties (Veenendaal *et al.*, 2017) alsook een kweekmethode met een selectief vloeibaar medium en kleuromzetting (Legiolert™/Quanti-Tray®) die uitgebreid is gevalideerd met drinkwater uit leidinginstallaties in Duitsland, Verenigde Staten en Italië (Sartory *et al.*, 2017, Petrisek & Hall, 2018, Spies *et al.*, 2018, Scaturro *et al.*, 2020).

Een selectieve kweekmethode gebaseerd op een agarmedium liet zien dat naast *L. pneumophila* alleen *L. adelaidensis* en *L. londiniensis* onder de selectieve kweekcondities groeien (Veenendaal *et al.*, 2017), maar deze twee *L. nonpneumophilasoorten* zijn niet ziekteverwekkend en daardoor niet expliciet opgenomen in de regelgeving (Brandsema & Schalk, 2010). De overige 24 geteste *L. nonpneumophilasoorten* waren niet in staat zich te vermeerderen. De resultaten van de analyses van praktijkmonsters uit Nederlandse leidingwaterinstallaties liet zien dat 26 monsters positief waren voor *L. anisa* en twintig monsters voor een ander *L. nonpneumophilasoort*. Bij deze 46 monsters was de kweek voor *L. pneumophila* echter negatief (Veenendaal & Van der Kooij, 2008, Veenendaal *et al.*, 2017). Dus bij deze 107 monsters is niet geconstateerd dat de aanwezigheid van *L. nonpneumophila* de aanwezigheid van *L. pneumophila* maskeerde. In de validatiestudies van de Legiolert™/Quanti-Tray® is wel gerapporteerd dat bij een aantal drinkwatermonsters uit leidinginstallaties *L. nonpneumophila* werd aangetroffen.

Deze monsters werden bij de verdere validatie van de methoden echter niet meegenomen, waardoor onduidelijk blijft in hoeverre *L. nonpneumophilapositieve* monsters ook positief waren met de selectieve kweekmethode voor *L. pneumophila* (Sartory *et al.*, 2017, Petrisek & Hall, 2018, Spies *et al.*, 2018, Scaturro *et al.*, 2020). Het algemene beeld uit deze studies was wel dat met de Legiolert™/Quanti-Tray® evenveel of meer monsters positief waren voor *L. pneumophila* dan de kweekmethode volgens ISO 11731 en dat ook de aantallen *L. pneumophila* over het algemeen hoger waren met Legiolert™/Quanti-Tray® dan met de traditionele kweekmethode. Dit lijkt er op te duiden dat de agarkweekmethode volgens ISO 11731 een lagere opbrengst van *L. pneumophila* heeft dan Legiolert™/Quanti-Tray®. Tevens was de specificiteit van de Legiolert™/Quanti-Tray® tussen de 96,7 en 100% (Sartory *et al.*, 2017, Petrisek & Hall, 2018, Spies *et al.*, 2018), dat hoger is dan de 95,3% specificiteit voor de ISO 11731, zoals gerapporteerd in de laatste versie van dit ISO-protocol.

Uit de inventarisatie van de wetenschappelijke literatuur blijkt uit proefinstallatieonderzoek dat er condities zijn waaronder de aanwezigheid van *L. nonpneumophila* de aanwezigheid van *L. pneumophila* kan maskeren wanneer de traditionele kweekmethode volgens ISO 11731 wordt toegepast. Tevens is aangetoond dat *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* samen in detecteerbare aantallen in een installatie of drinkwatermonsters kunnen voorkomen.

In hoeverre de aanwezigheid van *L. pneumophila* in praktijkmonsters wordt gemaskeerd door *L. nonpneumophila*, wanneer analyses worden ingezet volgens ISO 11731, kan door de beperkte hoeveelheid gegevens niet worden aangegeven op basis van de wetenschappelijke literatuur. Ondertussen zijn in ieder geval twee veelbelovende alternatieve kweekmethoden voor de specifieke detectie van *L. pneumophila* in drinkwatermonsters uit leidinginstallaties gepubliceerd. Het toepassen van die kweekmethoden maakt het mogelijk om de detectie uitsluitend te kunnen richten op *L. pneumophila*, zonder dat *L. nonpneumophila* de detectie van *L. pneumophila* verstoort. Het is echter wel belangrijk dat deze methoden worden gestandaardiseerd en genormaliseerd volgens de methodieken van de nationale normalisatieorganisatie (NEN) of de internationale normalisatieorganisatie (ISO). De Legiolert™/Quanti-Tray® heeft in dat verband wel al een normalisatieprotocol volgens de Franse normalisatieorganisatie (AFNOR) en is ook opgenomen in de 'Blue Book' van gevalideerde testmethoden in het Verenigd Koninkrijk. Tevens hebben de validatiestudies laten zien dat onderrapportage optreedt van het aantal *L. pneumophilapositieve* monsters en de aantallen *L. pneumophila* in drinkwatermonsters uit leidinginstallaties wanneer de ISO 11731 kweekmethode wordt toegepast in plaats van Legiolert™/Quanti-Tray®.

7.4.4 Kweekbare *L. nonpneumophila* als indicatororganisme voor *L. pneumophila*

Vanuit de praktijk wordt door een aantal mensen aangegeven dat het aantreffen van *L. nonpneumophila* in drinkwater en/of warmtapwater een indicatie is dat er problemen zijn met het beheer van de installatie, waardoor uiteindelijk ook *L. pneumophila* in staat zou zijn om zich te vermeerderen in de installatie. Een wetenschappelijke onderbouwing van deze stellingname ontbreekt echter. Indien *L. nonpneumophila* een indicatie is dat het beheer van de installatie niet voldoende is, dan dienen deze *L. nonpneumophilasoorten* zich alleen te vermeerderen in de installatie wanneer niet wordt voldaan aan de nu geldende maatregelen vanuit de legionellawetgeving. Zo zouden deze *L. nonpneumophilasoorten* zich bijvoorbeeld niet moeten vermeerderen indien de drinkwatertemperatuur lager dan 25°C is of hoger dan 55 tot 60°C, maatregelen die direct gekoppeld zijn aan vermeerdering van *L. pneumophila*. In feite betekent dat dus dat vermeerdering van *L. nonpneumophila* als een indicatororganisme wordt gebruikt voor vermeerdering van *L. pneumophila*. Daarom wordt in deze paragraaf achterhaald of er een wetenschappelijke basis is voor het gebruik van *L. nonpneumophila* als indicator voor *L. pneumophila*.

Indicatororganismen worden al decennialang toegepast om de drinkwaterkwaliteit te monitoren en dan met name om het gezondheidsrisico's van de aanwezigheid van fecale ziekteverwekkers in drinkwater tijdig te signaleren. In de wetenschappelijke literatuur zijn dan ook diverse publicaties verschenen waarin is beschreven waar een indicatororganisme aan zou moeten voldoen (Bonde, 1966, Council, 2004, Yates, 2007, Dufour *et al.*, 2013). De publicatie van Dufour *et al.* (2013) is een publicatie van de World Health Organisation. De belangrijkste criteria die stevast worden genoemd voor een indicatororganisme zijn:

1. het indicatororganisme moet altijd aanwezig zijn wanneer de pathogeen aanwezig is
2. het indicatororganisme moet in hogere aantallen aanwezig zijn dan de pathogeen
3. de ecologie van het indicatororganisme moet hetzelfde zijn als de pathogeen
4. het indicatororganisme moet resistenter zijn tegen desinfectie dan de pathogeen
5. de groei van het indicatororganismen op het selectieve kweekmedium is onafhankelijk van groei van andere microorganismen op het kweekmedium.

Op basis van deze vijf criteria wordt nagegaan in hoeverre kweekbare *Legionella* spp een goed indicatororganisme lijkt te zijn voor *L. pneumophila*.

1^e criterium: het indicatororganisme moet altijd aanwezig zijn wanneer de pathogeen aanwezig is

Volgens dit eerste criterium moeten kweekbare *L. nonpneumophilasoorten* altijd aanwezig zijn wanneer *L. pneumophila* wordt aangetroffen. Het is echter lastig te achterhalen of dat in alle gevallen klopt, omdat *L. pneumophila* ook groeit op het kweekmedium waarmee *L. nonpneumophila* wordt bepaald. Een aantal studies rapporteert bijvoorbeeld dat alleen *L. pneumophila* is aangetroffen met de traditionele kweekmethode volgens ISO 11731. Bij die studies kan het echter zijn dat *L. nonpneumophila* ook in de geanalyseerde watermonsters aanwezig is, maar in lagere aantallen dan *L. pneumophila*.

Studies waarin specifieke kweekmethoden voor *L. pneumophila* werden getest tegen de traditionele kweekmethode voor *Legionella* spp laten zien dat drinkwatermonsters positief kunnen zijn met de specifieke kweekmethode voor *L. pneumophila*, maar negatief met de specifieke kweekmethode voor *Legionella* spp (Veenendaal *et al.*, 2017, Sartory *et al.*, 2017, Petrisek & Hall, 2018, Spies *et al.*, 2018, Scaturro *et al.*, 2020). In die gevallen was de traditionele kweekmethode voor *Legionella* spp dus negatief, inclusief groei van *L. pneumophila*, wat opmerkelijk is, omdat de andere specifieke methode wel liet zien dat *L. pneumophila* in het monster aanwezig was. Veenendaal *et al.* (2017) lieten zien dat dit werd veroorzaakt doordat (i) de aantallen *L. pneumophila* met de specifieke kweekmethode net boven de detectiegrens uitkwam, waardoor het mogelijk is dat deze net onder de detectiegrens uitkwam voor de traditionele kweekmethode en (ii) stoorflora op het traditionele kweekmedium voor *Legionella* spp dusdanig hoog was dat de detectiegrens voor kweekbare *Legionella* spp beduidend hoger was dan voor kweekbare *L. pneumophila* waar stoorflora de specifieke kweekmethode niet verstoort. In die gevallen was het dus niet mogelijk om *L. nonpneumophila* aan te tonen, terwijl *L. pneumophila* wel aanwezig was.

In een studie waar drinkwatermonsters uit leidingwaterinstallaties in Duitsland werden geanalyseerd met de Legiolert™/Quanti-Tray®-methode, als specifieke methode voor de detectie van *L. pneumophila*, en met de traditionele kweek volgens ISO 11731, bleken in 5,8 tot 10,0% van de positieve monsters voor *L. pneumophila* alleen de Legiolert™/Quanti-Tray®-methode positief (Spies *et al.*, 2018). In 17 van deze monsters waren de aantallen die met Legiolert™/Quanti-Tray® waren aangetroffen hoger dan de Duitse norm van 1.000 kve/l. In die gevallen werd dus ook *L. pneumophila* aangetroffen terwijl kweekbare *Legionella* spp niet aanwezig waren. Uit deze inventarisatie volgt dat in de wetenschappelijke literatuur niet veel publicaties gevonden zijn waar is getracht te achterhalen of kweekbare *Legionella* spp aanwezig zijn wanneer *L. pneumophila* wordt aangetroffen.

Tevens is dit met de huidige traditionele kweekmethode voor *Legionella* spp ook moeilijk te achterhalen, omdat zowel het indicatororganisme (*Legionella* spp) en de pathogeen (*L. pneumophila*) op het gebruikte kweekmedium groeien. De enkele studies waarin de kweek van *L. pneumophila*, uitgevoerd met een andere kweekmethode, werd vergeleken met de traditionele kweekmethode lieten zien dat veelal kweekbare *L. nonpneumophila* niet werden aangetroffen wanneer *L. pneumophila* werd gedetecteerd, maar het kan zijn dat deze wel aanwezig waren in lagere aantallen dan kweekbare *L. pneumophila*. Daarnaast werd gezien dat in 5 tot 10% van de monsters *L. nonpneumophila* niet aanwezig was, terwijl *L. pneumophila* wel werd gedetecteerd. Daaruit kan worden geconcludeerd dat kweekbare *L. nonpneumophila* als indicatororganisme niet aan het criterium voldoet dat het altijd aanwezig is als de pathogeen aanwezig is.

2^{de} criterium: het indicatororganisme moet in hogere aantallen aanwezig zijn dan de pathogeen

In het geval dat kweekbare *L. nonpneumophila* als indicator voor *L. pneumophila* wordt gebruikt, zou dit dus betekenen dat de aantallen *L. nonpneumophila* altijd hoger moeten zijn dan *L. pneumophila*. Veel studies hebben de aantallen *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* in drinkwatermonsters uit praktijkinstallaties onderzocht met de traditionele kweekmethode (Ezzeddine *et al.*, 1989, Darelid *et al.*, 2002, Borella *et al.*, 2005, Leoni *et al.*, 2005, Moore *et al.*, 2006, Mouchtouri *et al.*, 2007, Stout *et al.*, 2007, Versteegh *et al.*, 2007, Hrubá, 2009, Arvand *et al.*, 2011, Arvand & Hack, 2013, Barna *et al.*, 2016, Kruse *et al.*, 2016, Collins *et al.*, 2017, Dilger *et al.*, 2018).

De resultaten van de meeste studies laten daarbij zien dat regelmatig alleen *L. pneumophila* wordt gekweekt, maar geen *L. nonpneumophilasoorten*. Zoals eerder uitgelegd kan het zijn dat *L. nonpneumophila* wel aanwezig is, maar niet wordt gedetecteerd omdat de aantallen lager zijn dan die van *L. pneumophila*. Kweekbare *L. nonpneumophila* voldoet daarmee dus niet aan dit tweede criterium van een indicatororganisme. Op zich is dit ook logisch, omdat de toegepaste traditionele kweekmethode met name is ontwikkeld om de pathogeen (*L. pneumophila*) te detecteren en niet als een kweekmethode om indicatororganisme voor *L. pneumophila* te detecteren. Het laat wederom zien dat één en dezelfde kweekmethode voor zowel indicatororganisme en pathogeen niet wenselijk is en een betrouwbare toepassing als indicatororganisme in de weg zit.

3^{de} criterium: De ecologie van het indicatororganisme moet hetzelfde zijn als de pathogeen

Er zijn tegenwoordig meer dan zestig verschillende soorten beschreven die behoren tot het genus *Legionella* en waarvan een groot deel zich kan vermeerderen op het traditionele kweekmedium volgens ISO 11731 (National Academies of Sciences, 2019). Van veel van deze soorten is de kennis over de ecologie echter zeer beperkt. Doordat in het Nederlandse drinkwater veelal *L. anisa* wordt aangetroffen als *L. nonpneumophila*soort (Van der Kooij *et al.*, 2007, Versteegh *et al.*, 2007) beperken we de vergelijking van de ecologie tot die van *L. anisa* en *L. pneumophila*.

De ecologie van *L. pneumophila* in drinkwatersystemen is kenmerkend in dat het organisme zich vermenigvuldigt in gastheerprotozoa die op biofilm grazen (Kuijper *et al.*, 1989, National Academies of Sciences, 2019). Onderzoek in het laboratorium heeft laten zien dat ook *L. anisa* zich in protozoa kan vermeerderen (Fields *et al.*, 1990, Steele & McLennan, 1996, La Scola *et al.*, 2001), hoewel is gerapporteerd dat *L. anisa* in tegenstelling tot *L. pneumophila* niet in de vacuolen van de protozoa kon worden waargenomen (Storey *et al.*, 2004). Onderzoek in hoeverre *L. anisa* zich in drinkwatersystemen kan vermenigvuldigen met en zonder protozoa ontbreekt echter. Sowieso is weinig onderzoek uitgevoerd naar de ecologie van *L. anisa* in het drinkwaterecosysteem. Onderzoek met Nederlands drinkwater heeft laten zien dat groei van *L. anisa* wordt gestimuleerd door toevoeging van ijzerroestdeeltjes (Van der Lugt *et al.*, 2017), dat vergelijkbaar is met de observaties dat verhoogde aantallen *L. pneumophila* worden gevonden in locaties met verhoogde ijzerconcentraties (Fisher-Hoch *et al.*, 1982, States *et al.*, 1985, Van der Kooij *et al.*, 2020).

Een andere studie met *L. anisa* en *L. pneumophila* in een pilotleidingwaterinstallatie gevoed met Nederlands drinkwater heeft laten zien dat de temperatuurrange waarbij *L. anisa* en *L. pneumophila* zich weten te vermeerderen van elkaar verschilt (Van der Kooij *et al.*, 2009). Uit de resultaten volgde dat *L. anisa* beter in staat is zich te vermeerderen bij lagere drinkwatertemperaturen dan *L. pneumophila* en dat *L. pneumophila* zich beter in staat is te vermeerderen bij hogere drinkwatertemperaturen. Hierdoor werd in de studie van Van der Kooij *et al.* (2009) bij de lagere temperaturen (veelal < 30°C) alleen *L. anisa* in de biofilm aangetroffen, terwijl bij de hogere temperaturen (> 38°C) alleen *L. pneumophila* in de biofilm werd aangetroffen. Een studie waarin de invloed van temperatuur op groei van *L. pneumophila* in gastheerprotozoa werd onderzocht bevestigde dit beeld, omdat vermeerdering van *L. pneumophila* in gastheerprotozoa niet plaatsvond bij 24°C, maar wel bij 30°C en hoger (Buse & Ashbolt, 2011).

Veldstudies waarin drinkwatermonsters van leidingwaterinstallaties zijn geanalyseerd op kweekbare *Legionella* spp, bevestigen ook het beeld dat de drinkwatertemperatuur een verschillend effect heeft op groei van *L. nonpneumophila* en *L. pneumophila*. In veel van deze studies wordt gevonden dat bij lagere drinkwatertemperaturen (bijvoorbeeld monsters uit koudtapwaterdeel van de installatie) voornamelijk *L. nonpneumophila* wordt aangetroffen (Oosterholt & Veenendaal, 2002, Mouchtouri *et al.*, 2007, Van der Kooij *et al.*, 2007, Van Hoof *et al.*, 2014, Van der Lugt *et al.*, 2017, Van der Lugt *et al.*, 2019), terwijl bij hogere drinkwatertemperaturen (bijvoorbeeld monsters uit warmtapwaterdeel van de installatie) voornamelijk *L. pneumophila* wordt aangetroffen (Ezzeddine *et al.*, 1989, Borella *et al.*, 2005, Leoni *et al.*, 2005, Moore *et al.*, 2006, Mouchtouri *et al.*, 2007, Stout *et al.*, 2007, Barna *et al.*, 2016, Kruse *et al.*, 2016, Dilger *et al.*, 2018). Desondanks zijn er ook studies waarin *Legionella* nonpneumophila vaker wordt aangetroffen dan *L. pneumophila* in warmtapwater, maar identificatie tot op soortniveau van de aangetroffen *L. nonpneumophila* is in die studies niet uitgevoerd (Darelid *et al.*, 2002). Op basis van de gegevens over de invloed van temperatuur op groei en detectie van *L. pneumophila* en *L. anisa* wordt geconcludeerd dat de ecologie van *L. pneumophila* en *L. anisa* betreffende de groeitemperatuur deels verschillend is van elkaar.

Andere belangrijke ecologische condities die de groei van *L. pneumophila* in drinkwatersystemen beïnvloeden zijn nutriëntenconcentraties, waterkwaliteit en leidingmateriaal (Van der Kooij, 2014, National Academies of Sciences, 2019). Studies naar deze ecologische condities op groei van *L. nonpneumophilasoorten* zijn echter niet gevonden, waardoor geen uitspraak kan worden gedaan in hoeverre de ecologie van *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* ten aanzien van die condities met elkaar overeenkomen.

Uit de wetenschappelijke publicaties kan geconcludeerd worden dat de ecologie tussen het indicatororganismen (*L. nonpneumophila*) en de pathogeen (*L. pneumophila*) niet voor alle belangrijke milieucondities hetzelfde is. In ieder geval lijkt een deel van het temperatuurbereik waarbij groei plaats vindt verschillend tussen *L. anisa* en *L. pneumophila*, waardoor de aanwezigheid van *L. anisa* niet onder alle condities een goede indicatie is voor *L. pneumophila*. Hierdoor kan *L. pneumophila* bij hogere temperaturen aanwezig zijn, terwijl *L. anisa* afwezig is, en kan *L. anisa* bij lagere temperaturen aanwezig zijn, terwijl *L. pneumophila* niet in staat is bij die temperaturen te groeien. Het indicatororganisme voldoet daarmee dus niet aan dit derde criterium.

4^{de} criterium: het indicatororganisme moet resistenter zijn tegen desinfectie dan de pathogeen

Niet veel laboratoriumgecontroleerde studies zijn uitgevoerd naar de invloed van verschillende desinfectiemethoden op soorten van *L. nonpneumophila*. In één van de weinig gevonden wetenschappelijke studies is de invloed van thermische desinfectie of chloor op protozogebonden *L. pneumophila* en *L. erythra* vergeleken (Storey *et al.*, 2004). De resultaten lieten zien dat geen significante verschillen werden waargenomen tussen het effect van de desinfectiemethoden op *L. pneumophila* en *L. erythra*. Meer studies zijn gevonden waarin praktijksituaties desinfectiemethoden werden geïsoleerd en gemonitord voor de effectiviteit tegen de aanwezigheid van *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila*. Resultaten van een deel van die studies lieten bijvoorbeeld zien dat koperzilverionisatie, thermisch beheer, waterstofperoxide met zilverionen en hyperchlorering zowel de aanwezige *L. pneumophila* als *L. nonpneumophila* (*L. anisa* en/of *L. rubrilucens*) afdoodde tot onder de detectiegrens in leidingwaterinstallaties van gezondheidsinstellingen (Orsi *et al.*, 2014, Dziewulski *et al.*, 2015, Girolamini *et al.*, 2019, Lecointe *et al.*, 2019). Meerdere studies hebben echter wel laten zien dat *L. anisa* of *L. nonpneumophila* gevoeliger zijn voor thermische desinfectie dan *L. pneumophila* (Kruse *et al.*, 2016; Mouchtouri *et al.*, 2007, van der Mee-Marquet *et al.*, 2006). Terwijl een studie waarbij alleen waterstofperoxide werd toegepast juist liet zien dat het effectief was om *L. pneumophila* af te doden, maar dat bepaalde *L. nonpneumophila*soorten minder gevoelig waren (Casini *et al.*, 2017). Hoewel niet heel veel wetenschappelijke studies beschikbaar zijn waaronder gecontroleerde condities de invloed van desinfectiemethoden op *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* is onderzocht, lijken veldstudies aan te tonen dat *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* die in leidingwaterinstallaties aanwezig zijn over het algemeen vergelijkbaar reageren op desinfectiemethoden, behalve voor thermische desinfectie. *L. nonpneumophila*, als indicatororganismen voor *L. pneumophila*, voldoet dus deels aan dit vierde criterium.

5^{de} criterium: groei van het indicatororganismen op kweekmedium is onafhankelijk van groei van andere micro-organismen op het kweekmedium

Naast deze vier biologische criteria die zijn gedefinieerd voor een indicatororganisme, zijn ook criteria gedefinieerd voor de methodische aspecten voor het detecteren van het indicatororganisme (Yates, 2007). Een belangrijk criterium daarbij is dat groei van het indicatororganisme op een kweekmedium onafhankelijk is van groei van andere micro-organismen (Bonde, 1966, Yates, 2007). Doordat *L. nonpneumophila* en *L. pneumophila* op hetzelfde kweekmedium worden bepaald, wordt aan dit criterium niet voldaan, omdat wanneer kweekbare *L. pneumophila* in hogere aantallen aanwezig is dan *L. nonpneumophila* in een watermonster, het niet duidelijk is of het indicatororganisme (*L. nonpneumophila*) ook aanwezig is. Zoals eerder uitgelegd, maakt dit aspect het ook heel erg lastig om te bepalen of *L. nonpneumophila* altijd aanwezig is wanneer *L. pneumophila* wordt aangetroffen. Het gebruik van *L. nonpneumophila* als indicatororganisme voor *L. pneumophila* voldoet dus niet aan dit vijfde criterium.

Uit deze analyse blijkt dat *L. nonpneumophila* als indicatororganisme voor de pathogeen *L. pneumophila* niet voldoet aan vier van de vijf criteria en deels voldoet aan één van de vijf criteria die door internationale wetenschappelijke studies, inclusief die van de WHO, worden gesteld aan een ideaal indicatororganisme. Het is overigens wel zo dat vrijwel alle indicatororganismen die momenteel worden toegepast niet aan al deze criteria voldoen. *L. nonpneumophila* voldoet echter slechts deels aan één van de vijf criteria, wat erg weinig is om *L. nonpneumophila* betrouwbaar als indicatororganisme voor *L. pneumophila* in te zetten. Dat is ook de meest waarschijnlijke reden dat in geen van de recente overzichten van indicatororganismen voor fecale verontreiniging en nagroei in drinkwatersystemen *Legionella* spp wordt genoemd als mogelijke indicator voor *L. pneumophila* (Council, 2004, Yates, 2007, Dufour *et al.*, 2013).

In 2006 is wel een wetenschappelijke publicatie verschenen met als titel: 'Legionella anisa, a possible indicator of water contamination by Legionella pneumophila' (van der Mee-Marquet *et al.*, 2006), wat suggereert dat *L. anisa* toch als indicatororganisme voor *L. pneumophila* kan worden toegepast. In de studie van Van der Mee-Marquet *et al.* (2006) wordt echter niet onderzocht in hoeverre *L. anisa* kan worden gebruikt als indicatororganisme voor *L. pneumophila*, maar is onderzocht in hoeverre de detectie van *L. anisa* met de selectieve kweekmethode volgens ISO 11731 de aanwezigheid van *L. pneumophila* kan maskeren. In bepaalde watermonsters genomen uit de leidingwaterinstallatie na hittedeschokbehandeling werd met ISO 11731 *L. anisa* wel aangetroffen, maar *L. pneumophila* niet.

Een qPCR methode specifiek voor *L. pneumophila* liet echter zien dat DNA van *L. pneumophila* wel aanwezig was in deze monsters. In die monsters maskeerden de aanwezigheid van kweekbare *L. anisa* dus mogelijk de aanwezigheid van kweekbare *L. pneumophila* (zoals ook beschreven in paragraaf 7.3.3), hoewel onduidelijk blijft in hoeverre het gevonden DNA van *L. pneumophila* afkomstig was van levende *L. pneumophila*. De beperking dat zowel het indicatororganisme *L. anisa* als de pathogeen *L. pneumophila* op hetzelfde medium wordt gekweekt, belet ook in die studie de betrouwbare detectie van levende *L. pneumophila*. Voor de praktijksituatie betekent de wetenschappelijke bevinding dat de ecologie van kweekbare *L. nonpneumophilasoorten* niet gelijk is aan die van *L. pneumophila* en dat *L. nonpneumophila* kan worden aangetroffen in een installatie, terwijl de beheersmaatregelen die getroffen zijn voldoen aan de huidige legionellawetgeving. Daarnaast kan thermische desinfectie succesvol *L. nonpneumophila* beheersen, terwijl *L. pneumophila* niet of minder wordt afgedood door deze beheersmaatregel. Op basis van de wetenschappelijke kennis kan dus worden vastgesteld dat *L. nonpneumophila* geen goed indicatororganisme is voor *L. pneumophila* en dat het aantreffen van *L. nonpneumophila* een weinig betrouwbare parameter is om te bepalen of het beheer van een installatie tegen *L. pneumophila* op orde is.

7.4.5 Effectiviteit beheersmaatregelen tegen verschillende legionellasoorten

In de kern zijn de hoekstenen van de beheersing van *Legionella* in leidingwaterinstallaties volgens de Nederlandse Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater dat het koude tapwater een drinkwatertemperatuur lager dan 25°C heeft, het warme tapwater een temperatuur van 55°C of hoger en het water uit het warmwatertoestel een temperatuur van 60°C of hoger. Naast thermische beheersmaatregelen mogen echter ook fysische beheersmaatregelen worden toegepast. Mochten deze beheersmaatregelen niet voldoende leiden tot beheersing van kweekbare *Legionella* spp, dan mogen ook elektrochemische beheersmaatregelen worden toegepast (met een benodigde onderbouwing van een gecertificeerd bureau).

Onder het vierde criterium in de voorgaande paragraaf is al ingegaan op de wetenschappelijke kennis over het effect van desinfectiemethoden, waaronder thermische en chemische beheersmethoden. Uit de analyse werd geconcludeerd dat niet veel studies hebben onderzocht in hoeverre *L. nonpneumophilasoorten* op dezelfde manier reageren als *L. pneumophila* op de verschillende beheersmaatregelen. Desondanks is gebleken uit de wetenschappelijke literatuur dat een warmtapwatertemperatuur van 55°C in het water

bemonsterd uit distale tappunten van een installatie en een warmtapwatertemperatuur van 60°C bij het warmwatertoestel zorgt voor beheersing van alle kweekbare *Legionella* spp (zie hoofdstuk 3). Op basis daarvan kan worden geconcludeerd dat één van de twee kernpunten betreffende het legionellabeheer in de Nederlandse regelgeving effectief is tegen zowel *L. pneumophila* als *L. nonpneumophilasoorten*.

Op verschillende locaties in het rapport is de invloed van de koudwatertemperatuur op groei van *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* besproken. De belangrijkste waarneming daarbij is dat *L. anisa* in staat lijkt te zijn om bij lagere drinkwatertemperaturen zich te vermeerderen dan *L. pneumophila*. Met behulp van een qPCR-methode waarmee alle legionellabacteriën worden gedetecteerd (kweekbare legionellasoorten en (nog) niet kweekbare legionellabacteriën) is gevonden dat vooral niet kweekbare legionellabacteriën in hoge aantallen aanwezig zijn in drinkwater en andere watertypen bij temperaturen lager dan 20°C (Wullings & van der Kooij, 2006, Carvalho *et al.*, 2008, Parthuisot *et al.*, 2010, Wullings *et al.*, 2011). Dit laat zien dat bepaalde, nog niet beschreven soorten van het genus *Legionella* in staat zijn om zich bij koudere watertemperaturen te vermenigvuldigen.

Kweekbare soorten van *L. nonpneumophila* zijn ook in relatief hoge aantallen met de kweekmethode op BCYE agar waargenomen bij watertemperaturen tussen 20 en 25°C (Rogers *et al.*, 1994, Riffard *et al.*, 2001, Pryor *et al.*, 2004, Versteegh *et al.*, 2007, Arvand *et al.*, 2011, van der Lugt *et al.*, 2017, van der Lugt *et al.*, 2019). In sommige van deze studies zijn de aangetroffen kweekbare *L. nonpneumophila* tot soortniveau gekarakteriseerd en daaruit bleek dat de volgende legionellasoorten werden aangetroffen: *L. anisa*, *L. dumoffi*, *L. erythra*, *L. fallonii*, *L. feelei*, *L. geestiana*, *L. gormanii*, *L. gresilensis*, *L. parisiensis*, *L. quateirensis*, *L. rubrilucens*, *L. santicrucis* en *L. waltersii* (Riffard *et al.*, 2001, Pryor *et al.*, 2004, Versteegh *et al.*, 2007, van der Kooij *et al.*, 2009, van der Lugt *et al.*, 2017, van der Lugt *et al.*, 2019).

Studies waarin met moleculaire methoden de legionellapopulaties zijn gekarakteriseerd laten ook zien dat sommige beschreven legionellasoorten (bijvoorbeeld *L. anisa*, *L. parisiensis*, *L. maceachernii*, *L. birminghamensis*, *L. erythra*, *L. bozemanii*, *L. worsleiensis*, *L. quateirensis*, *L. waltersii*, *L. donaldsonii*, *L. yabuuchiae*, *L. lytica*) aanwezig kunnen zijn in drinkwatermonsters waarvan de temperatuur lager dan 25°C is, maar ook *L. pneumophila* werd in lage aantallen gedetecteerd (Calvo-Bado *et al.*, 2003, Wullings & van der Kooij, 2006, Wullings *et al.*, 2011). De toegepaste kweekmethoden voor

Legionella waren overigens negatief in deze drie studies. Tevens is vermeerdering van *L. anisa* bij temperaturen tussen 20 en 25°C aangetoond in een pilot leidingwaterinstallatie gevoed met Nederlands drinkwater (Van der Lugt *et al.*, 2017, Van der Lugt *et al.*, 2019). De resultaten van deze studies laten dus zien dat verschillende *L. nonpneumophilasoorten* zich kunnen vermeerderen in installaties met een drinkwatertemperatuur tussen de 20 en 25°C. Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat één van de twee kernpunten ten aanzien van legionellabeheer in de Nederlandse regelgeving niet effectief is om groei van bepaalde kweekbare *L. nonpneumophilasoorten* te verhinderen.

Om de groei van deze kweekbare *L. nonpneumophilasoorten* te beletten, zou immers de koudwatertemperatuur in een leidingwaterinstallatie niet boven de 20°C uit mogen komen. Dat is echter niet realistisch in de praktijk omdat (i) in de zomerperiode bij drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken als bron de temperatuur van de grondstof al vaak boven de 20 °C uitkomt, (ii) tijdens distributie van drinkwater onder andere door hotspots in stedelijk gebied opwarming plaatsheeft en (iii) drinkwater opwarmt tijdens de distributie in gebouwen. Uit deze gegevens volgt tevens dat *L. nonpneumophila* vaker zal worden aangetroffen dan *L. pneumophila* indien de koudwatertemperatuur lager dan 25°C is.

Daarmee is het aantreffen van *L. nonpneumophila* dus geen betrouwbare indicatie of het beheer van de installatie op orde is tegen *L. pneumophila*, immers *L. nonpneumophila* kan worden aangetroffen terwijl de drinkwatertemperatuur tussen de 20 en 25°C is.

7.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken *Legionella* species

In dit hoofdstuk is de wetenschappelijke literatuur geïnventariseerd om te achterhalen of het monitoren van *L. nonpneumophila* naast *L. pneumophila* zinvol is omdat het een risico vormt voor de volksgezondheid, de aanwezigheid van *L. pneumophila* kan maskeren of als indicatororganisme kan dienen voor *L. pneumophila*. Op basis van de geraadpleegde wetenschappelijke literatuur worden de volgende deelconclusies getrokken:

- Het is aannemelijk dat het richten van regelgeving in drinkwater op de groep van ziekteverwekkende *L. nonpneumophilasoorten* weinig winst voor de volksgezondheid oplevert.
- Het richten op regelgeving ten aanzien van ziekteverwekkende *L. nonpneumophilasoorten* is niet in lijn met de afwezigheid van regelgeving van andere opportunistische ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater die virulenter zijn en waarvan meer ziektegevallen in Nederland worden waargenomen.
- Uit proefinstallatieonderzoek volgt dat condities aanwezig kunnen zijn waaronder de aanwezigheid van *L. nonpneumophila*, de aanwezigheid van *L. pneumophila* kan maskeren wanneer de traditionele kweekmethode volgens ISO 11731 wordt toegepast. Daarnaast kunnen *L. pneumophila* en *L. nonpneumophila* samen aanwezig zijn in een leidingwaterinstallatie, wat het aannemelijk maakt dat ook in praktijkmonsters *L. nonpneumophila* de aanwezigheid van *L. pneumophila* kan maskeren wanneer analyses worden ingezet volgens ISO 11731.
- Kweekmethoden voor de specifieke detectie van *L. pneumophila* zijn aanwezig. Bij het toepassen van dergelijke methoden treedt het probleem dat *L. nonpneumophila* de aanwezigheid van *L. pneumophila* maskeert niet langer op.
- *L. nonpneumophila* voldoet als indicatororganisme voor de pathogeen *L. pneumophila* niet aan vier van de vijf criteria die door internationale wetenschappelijke studies, inclusief die van de WHO, zijn gesteld aan een ideaal indicatororganisme. Daarmee kan *L. nonpneumophila* niet als betrouwbaar indicatororganisme voor *L. pneumophila* worden ingezet.
- Door het verschil in ecologie van *L. nonpneumophila* en *L. pneumophila* en het verschil in afdoding van *L. nonpneumophila* en *L. pneumophila* bij thermische desinfectie is *L. nonpneumophila* een weinig betrouwbare parameter om te bepalen of het beheer van een installatie efficiënt is tegen *L. pneumophila*.
- De beheersmaatregel om te zorgen dat de warmtapwater hoger dan 55°C is en dat water uit het warmwatertoestel hoger is dan 60°C, één van de twee hoekstenen van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater, is ook effectief tegen *L. nonpneumophilasoorten* die met de kweekmethode volgens ISO 11731 worden gedetecteerd. De beheersmaatregel om te zorgen dat koudtapwater lager is dan 25°C, de andere hoeksteen van de Regeling, is daarentegen niet effectief tegen alle *L. nonpneumophilasoorten* die met de kweekmethode volgens ISO 11731 worden gedetecteerd.

- Om te zorgen dat de beheersmaatregelen genoemd in de regelgeving Legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater voldoen aan alle legionellasoorten die in de regelgeving worden genoemd, zou de eis voor de koudwatertemperatuur moeten worden verlaagd naar 20°C, wat in de praktijk niet realistisch is.

Op basis van de huidige wetenschappelijke kennis ten aanzien van ziekteverwekkende *L. nonpneumophila* en het gebruik van *L. nonpneumophila* als indicator voor *L. pneumophila* of om installaties te identificeren waar het beheer tegen *L. pneumophila* onvoldoende is, wordt geconcludeerd dat het richten van de wetgeving voor de meeste prioritaire instellingen op alle kweekbare legionellasoorten in plaats van kweekbare *L. pneumophila* weinig bijdraagt om ziektegevallen met legionellapneumonie te voorkómen, mits gestandaardiseerde specifieke detectiemethoden voor kweekbare *L. pneumophila* kunnen worden ingezet.

Op locaties waar veel mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem komen (bijvoorbeeld ziekenhuizen, verpleeghuizen) is wetgeving gericht op alle kweekbare *Legionella* spp echter wel zinvol, omdat deze mensen gevoelig zijn voor ziekteverwekkende *L. nonpneumophila*soorten.

7.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

Een aantal respondenten geeft aan niet zonder meer te willen kiezen voor regelgeving met focus op *L. pneumophila*. Argumenten zijn de mogelijke rol van *L. nonpneumophila* als indicator voor de aanwezigheid van *L. pneumophila*, de kans om andere ziekteverwekkende legionellasoorten te missen en een beter kwaliteitsbesef bij de beheerder van een installatie bij detectie van alle kweekbare *Legionella* spp.. Wel wordt de mogelijkheid genoemd om bij hoogprioritaire instellingen (denk aan zorginstellingen) naar alle kweekbare *Legionella* spp te kijken en bij de overige prioritaire instellingen alleen naar *L. pneumophila*. Een andere respondent is voorstander van het handhaven van de huidige norm maar wel met verschillende actieniveaus en meldingsgrenzen voor *L. nonpneumophila* en *L. pneumophila*. De praktijk heeft behoefte aan duidelijkheid op de vraag welke acties ondernomen moeten worden bij een normoverschrijding afhankelijk van concentratie en type *Legionella*. Dat soort details zouden overigens beter passen in de ISSO 55.1 dan in de regelgeving.

Respondenten uit de gehandicaptenzorg hebben vooral het gevoel veel maatregelen te moeten nemen voor legionellasoorten waarvan alleen mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem ziek worden. Die wonen over het algemeen niet in hun instellingen. Het belang van de sector is vooral dat de regels zodanig kunnen worden georganiseerd dat het in belang is van hun bewoners. Momenteel resulteert de regelgeving in het uitvoeren van nodeloos werk wat veel tijd en geld kost, maar wat in de praktijk totaal niet in het belang van de bewoners is. Dus dat staat los van de techniek en de vraag of effectief legionellabeheer kan worden uitgevoerd. Veiligheid staat daarbij overigens altijd voorop en de instellingen zijn zelfs bereid extra dingen te doen mocht dat nodig zijn voor de veiligheid van de bewoners. Maar waar de sector vooral last van heeft is dat veel werk moet worden verzet, terwijl de doelgroep niet tot een risicogroep behoort. Op veel locaties is het werkelijke risico dus laag en moet toch veel tijd en geld worden geïnvesteerd en dat is niet meer uit te leggen. De regels zijn nu de facto bepalend voor wat aan legionellapreventie wordt gedaan, terwijl dat in feite het werkelijke risico voor de bewoners zou moeten zijn. Een focus op *L. pneumophila* zou hun in dat opzicht kunnen helpen. Bij een organisatie worden jaarlijks 700 – 800 monsters genomen. Het gaat bij normoverschrijdingen vrijwel altijd om *L. nonpneumophila*. Bij uitzondering wordt *L. pneumophila* aangetroffen.

Een ploeg van 2,5 fte is nu voortdurend bezig met het uitvoeren van beheersmaatregelen. Bij een andere organisatie worden jaarlijks meer dan 1.000 monsters genomen. Uitgaande van 2.000 tot 3.000 monsters in de afgelopen jaren hebben ze misschien twee keer een normoverschrijding gehad met *L. pneumophila*.

7.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

De conclusie van de wetenschappelijke inventarisatie, namelijk dat de wetgeving voor de meeste prioritaire instellingen zich moet richten op kweekbare *L. pneumophila* in combinatie met het toepassen van een specifieke kweekmethode voor *L. pneumophila*, is niet in lijn met de huidige regelgeving. De huidige regelgeving richt zich op kweekbare *Legionella* spp en voor monitoring volgens het beheersplan is opgenomen dat monitoring wordt uitgevoerd op kweekbare *Legionella* spp volgens ISO-methode 11731. Wanneer de wetgeving zich zou richten op *L. pneumophila*, is het nodig om *L. pneumophila* specifiek in drinkwatermonster te kunnen detecteren.

Daarom is ook beperkt onderzocht of specifieke detectiemethoden voor *L. pneumophila* beschreven zijn in de wetenschappelijke literatuur. Met name de Legiolert-methode lijkt geschikt en in sommige landen is deze methode ook al beschreven als een gestandaardiseerde methode, maar een aanvullende literatuurstudie en mogelijk praktijkstudie naar mogelijke specifieke detectiemethoden voor *L. pneumophila* is nodig, voordat een aanbeveling kan worden gedaan voor een dergelijke methode.

Uit de huidige wetenschappelijke kennis blijkt ook dat enkele kweekbare *L. nonpneumophilasoorten*, met name de in drinkwater dominante soort *L. anisa*, zich onder laboratoriumcondities weet te vermeerderen bij drinkwatertemperaturen tussen 20 en 25°C. In veldstudies wordt *L. anisa* ook regelmatig aangetroffen in drinkwater bemonsterd uit het koudwaterdeel van de installatie, maar ook *L. pneumophila* kan sporadisch worden aangetroffen in het koudwater. Het blijft echter onduidelijk in hoeverre deze legionellabacteriën zich hebben vermeerderd bij drinkwatertemperaturen onder de 25°C, omdat niet duidelijk is wat de drinkwatertemperatuur is in dat deel van de koudwaterinstallatie waar vermeerdering plaatsvindt. Het is in ieder geval duidelijk dat de in de huidige regelgeving opgenomen beheersmaatregel dat de koudwatertemperatuur onder de 25°C moet zijn onvoldoende is om vermeerdering

van met name *L. anisa* in het koudwaterdeel van de leidingwaterinstallatie te verhinderen. Wanneer de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater zich blijft richten op alle kweekbare *Legionella* spp is het dus eigenlijk nodig om aanvullende beheersmaatregelen in te stellen wanneer het drinkwater een temperatuur heeft tussen de 20 en 25°C, maar momenteel zijn effectieve beheersmaatregelen om dat voor elkaar te krijgen niet voorhanden.

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om het beheersplan voor de meeste prioritaire instellingen te richten op kweekbare *L. pneumophila* in plaats van kweekbare *Legionella* spp. Doordat de monitoring een onderdeel is van het beheersplan, is dus ook het advies om bij deze prioritaire instellingen de monitoring te richten op *L. pneumophila*, daarvoor is het nodig om een specifieke en gevalideerde en gestandaardiseerde detectiemethode voor *L. pneumophila* te gebruiken. Voor prioritaire instellingen waar een hoge dichtheid is van mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem (zoals bijvoorbeeld ziekenhuizen) is het advies om het beheersplan, inclusief monitoring, te blijven richten op kweekbare *Legionella* spp, overeenkomstig de huidige Nederlandse wetgeving (inclusief de omzetting van de nieuwe Drinkwaterrichtlijn).

Een aanpassing in lijn met het bovenstaande zal invloed hebben op laboratoria, gebouwbeheerders, installatiebeheerders, legionellapreventie-adviseurs (BRL 6010) en handhavers (ILT).

HOOFDSTUK 8

Risico volume minder dan één liter

8.1 Huidige wetgeving

Deze regels zijn alleen van toepassing op prioritaire instellingen.

In de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater is in artikel 5 het volgende opgenomen: *'De eigenaar van een collectieve watervoorziening of collectief leidingnet als bedoeld in artikel 35, eerste lid, van het besluit, voert een legionella-risicoanalyse uit overeenkomstig de daarvoor in bijlage 2 bij deze regeling opgenomen voorschriften en draagt zorg voor de in verband daarmee te treffen maatregelen.'* In paragraaf 5.2 'Bij de risicoanalyse te hanteren risicofactoren en kwalificatie van risico's' van bijlage 2 is een tabel opgenomen met risicokwalificaties van verschillende risicofactoren gerelateerd aan de drinkwatertemperatuur. Onder deze tabel is als noot het volgende opgenomen: *'Voor leidingvolumes kleiner dan één liter is voor alle temperaturen boven 25°C de risicokwalificatie neutraal (0), mits sprake is van een goede doorstroming'*. Daarnaast is voorgeschreven dat bij de bemonstering de eerste liter moet worden weggespoeld, en dat daarna het monster mag worden genomen.

Dit staat bekend als de zogenaamde '1-literregel'. Deze regel is gebaseerd op de aanname dat de kans op besmetting van mensen door blootstelling aan dergelijke kleine volumes verwaarloosbaar is. Om die reden wordt aan leidingen met een volume kleiner dan één liter een neutraal risico toegeschreven.

8.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

In recente publicaties is ter discussie gesteld of leidingvolumes van minder dan één liter een neutraal risico geven voor *Legionella* (Van der Lugt *et al.*, 2019; Nuijten, 2019). Tevens is in een eerdere rapportage aangegeven dat deze 1-literregel één van de redenen is waarom een verlaging van de warmtapwatertemperatuur in woningen kan worden gezien als een neutraal risico voor vermeerdering van *Legionella* (Van Wolferen, 2019). Daarnaast voldoen de thermostatische mengkraan en de leiding en uiteinde (bijvoorbeeld douchekop) na de thermostatische mengkraan aan de 1-literregel, waardoor het thermisch beheer niet op dit deel van de leidingwaterinstallatie hoeft te worden toegepast. Douches met thermostatische mengkranen worden vrijwel overal toegepast in onder meer zorginstellingen en hotels. Verschillende leden van de begeleidingscommissie hebben ook aangegeven dat voor hun onduidelijk is of een leidingvolume minder dan één liter een neutraal risico geeft voor *Legionella*. De 1-literregel lijkt destijds als praktische maatregel in de wetgeving opgenomen te zijn, maar deze maatregel lijkt niet gebaseerd te zijn geweest op de wetenschappelijke inzichten van destijds. Het is daarom van belang om ook voor dit onderwerp te onderzoeken of deze maatregel in lijn is met de huidige wetenschappelijke inzichten.

8.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

De keuze om voor leidingvolumes kleiner dan één liter een neutrale risicokwalificatie te geven, ongeacht de drinkwatertemperatuur, is destijds gemaakt op praktische gronden. Deze neutrale risicokwalificatie voor leidingvolumes kleiner dan één liter is dus niet gedreven door wetenschappelijke inzichten van destijds.

8.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

Om te achterhalen of een volume minder dan één liter wel of geen risico vormt voor groei van *Legionella (pneumophila)* is onderzocht in hoeverre *Legionella* is aangetroffen in kleine leidingwaterinstallaties van huizen, in de laatste meters van leidingwaterinstallaties (bijvoorbeeld doucheslangen, douchekoppen, thermostatische mengkranen) en in kleine pilot leidingwaterinstallaties met een volume kleiner dan een liter. Deze aspecten worden hieronder verder toegelicht en beschreven.

8.4.1 *Legionella* in leidingwaterinstallaties van huizen

In een rapport van Van Wolferen (2019) is aangegeven dat leidingwaterinstallaties van huizen (dus geen appartementencomplexen) over het algemeen een maximale leidinglengte van 10 meter van zolder tot verst gelegen tappunt keuken of wastafel hebben (uitgaande van een standaarddiameter van 10 mm) en een maximale leidinglengte van 6 meter van zolder tot verst gelegen douche of badkraan (uitgaande van standaarddiameter 10 tot 13 mm). Een berekening van de inhoud van dergelijke leidingwaterinstallaties laat zien dat de inhoud altijd lager is dan één liter. Deze opgenomen eis in de regelgeving betekent dus impliciet dat het risico op *Legionella (pneumophila)* door leidingwaterinstallaties van woningen vrijwel altijd neutraal is (Van Wolferen, 2019). Wanneer studies hebben laten zien dat groei van *Legionella* optreedt in leidingwaterinstallaties van huizen, zou op basis van eerdergenoemd rapport (Van Wolferen, 2019) geconcludeerd kunnen worden dat *Legionella* zich heeft vermeerderd in een volume minder dan één liter. Verschillende leden van de begeleidingsgroep hebben echter aangegeven dat de aannames die in het rapport van Van Wolferen zijn gemaakt betreffende de leidinglengte en diameter voor veel huizen niet klopt en dat deze lengte en diameter normaliter groter zijn, waardoor het volume van leidingwaterinstallaties in woningen meestal

groter dan een liter is (pers. comm. Eric van der Blom, Oscar Nuijten en Rick Langen). We hebben, ondanks de discussie of het leidingvolume in huizen van particulier kleiner of groter is dan één liter, studies achterhaald waar groei van *Legionella* in leidingwaterinstallaties van huizen is onderzocht. Daarbij wordt dus wel de kanttekening geplaatst dat dit niet per definitie hoeft te betekenen dat het volume lager dan één liter was.

Veel wetenschappelijke studies laten zien dat leidingwaterinstallaties van huizen gekoloniseerd kunnen zijn met kweekbare *Legionella* spp, inclusief *L. pneumophila* (Wadowsky *et al.*, 1982, Arnow *et al.*, 1985, Lee *et al.*, 1988, Alary & Joly, 1991, Stout *et al.*, 1992, Mathys *et al.*, 2008, Den Boer *et al.*, 2015, Collins *et al.*, 2017, Dilger *et al.*, 2018, Hayes-Phillips *et al.*, 2019). Daarnaast zijn ook studies gepubliceerd die een epidemiologisch link hebben laten zien tussen de *L. pneumophila* stam geïsoleerd uit de patiënt en uit de leidingwaterinstallatie van het huis van de patiënt (Stout *et al.*, 1987, Chen *et al.*, 2002, Luck *et al.*, 2008, Den Boer *et al.*, 2015). Deze laatste studie gaat specifiek over de Nederlandse situatie. Sommige van deze studies probeerden ook risicofactoren te identificeren die significant gerelateerd waren met het aantal legionellapositieve leidingwaterinstallaties in huizen van particulieren. De resultaten van deze studies lieten zien dat de diameter van de leidingen van de leidingwaterinstallatie of het volume van het boiler vat geen significante invloed hadden op *Legionella (pneumophila)* in de leidingwaterinstallaties van huizen van particulieren (Alary & Joly, 1991, Stout *et al.*, 1992). In die studies lijkt dus geen relatie te bestaan tussen het volume in een leidingwaterinstallatie van een huis en de mate van groei van *Legionella (pneumophila)* in de leidingwaterinstallatie. Een Italiaanse studie vond wel een verband tussen leidinglengte van de installatie en de aanwezigheid van kweekbare *Legionella* (Borella *et al.*, 2004). Wanneer de lengte van de leidingen van het verwarmingselement naar de tap meer dan 10 meter was, bleek er een verhoogd risico te zijn dat de installatie positief was voor kweekbare *Legionella*. Dit zou kunnen betekenen dat grotere volumes in een leidingwaterinstallatie resulteren in een verhoogd risico op groei van kweekbare *Legionella*. Naast afstand bleek echter ook de concentratie vrij chloor een significante risicofactor te zijn in deze Italiaanse studie. Het is daarom aannemelijk dat met toenemende leidinglengten in de onderzochte Italiaanse leidingwaterinstallaties de concentratie vrij chloor afneemt en dat deze lagere chloorconcentratie de oorzaak is waarom in leidingwaterinstallaties met lange leidingen vaker *Legionella* werd aangetroffen op distale punten. Mathys *et al.* (Mathys *et al.*, 2008) vergeleken de data van hun studie naar de aanwezigheid van *Legionella* in

leidingwaterinstallaties van eengezinswoningen met resultaten van andere studies waarin leidingwaterinstallaties van grote gebouwen zijn bemonsterd. Ze concluderen uit deze vergelijking dat kleinere leidingwaterinstallaties (van eengezinswoningen) minder vaak positief zijn voor kweekbare *Legionella* dan grotere leidingwaterinstallaties, maar dat het maximum aantal kweekbare *Legionella* met 10^6 kve/l in een kleine leidingwaterinstallatie even hoog kan zijn als in een grote leidingwaterinstallatie.

Tot dezelfde conclusie kwam ook een andere studie, waar drinkwater van leidingwaterinstallaties van verschillende gebouwen (van kleine leidingwaterinstallaties in huizen tot grotere installaties in appartementencomplexen, ziekenhuizen of hotels) in Keulen werden bemonsterd en geanalyseerd op kweekbare *Legionella* (Kruse *et al.*, 2016).

Uit deze studies kan worden geconcludeerd dat kweekbare *Legionella* zich ook kan vermeerderen in leidingwaterinstallaties van huizen en dat de maximale aantallen die in een leidingwaterinstallatie worden gevonden vergelijkbaar zijn met leidingwaterinstallaties van grote gebouwen. Hoewel onduidelijk blijft in hoeverre de onderzochte leidingwaterinstallaties een volume kleiner dan een liter hadden, laten deze resultaten wel zien dat het volume van een leidingwaterinstallatie geen duidelijke relatie laat zien met vermeerdering van *Legionella* in een leidingwaterinstallatie.

8.4.2 *Legionella* in laatste meters van een leidingwaterinstallatie

Veel studies hebben laten zien dat kweekbare *Legionella* (*pneumophila*) niet evenredig is verdeeld over een leidingwaterinstallatie, met name de laatste meter van distale tappunten zijn zones van de leidingwaterinstallatie waar de hoogste legionella-aantallen worden aangetroffen (Schoen & Ashbolt, 2011, Kistemann & Wasser, 2018, Totaro *et al.*, 2018, Hamilton *et al.*, 2019). In de studie van Kistemann & Wasser (2018) werden de resultaten van routinematig genomen drinkwatermonsters voor legionellamonitoring van 7 jaar, in totaal 30.000 drinkwatermonsters genomen bij 4.600 publieke gebouwen in Duitsland, geanalyseerd. De resultaten lieten zien dat monsters genomen op distale tappunten zonder flushing vaker positief waren (18,8%) dan monsters genomen na flushing (4,7%). Kweekbare *Legionella* namen dus vooral toe in het distale deel van de leiding. Tevens laat de studie zien dat het centraal verzamelen en analyseren van de resultaten van routinematig monitoringsprogramma's voor *Legionella* een schat aan data kan bevatten over mogelijke risicofactoren voor kweekbare *Legionella*. Andere studies hebben laten zien dat de

kweekbare legionella-aantallen in distale leidingen vaak een factor 10 hoger waren dan de aantallen in de recirculatieloop van de leidingwaterinstallatie (Cristina *et al.*, 2014, Totaro *et al.*, 2018, Bedard *et al.*, 2019) of dat het aantal positieve legionellamonsters hoger is bij distale tappunten vergeleken met centrale tappunten (Kruse *et al.*, 2016).

Verschillende studies hebben ook onderzocht of kweekbare *Legionella* aanwezig zijn in de biofilm die zich in het laatste deel van de installatie heeft ontwikkeld (bijvoorbeeld in doucheslangen, douchekoppen en thermostatische kranen). Bemonstering van water uit de douchekop en van een klein deel van de biofilm in de doucheslang in eengezinswoningen in Groot-Brittannië liet zien dat in 40% van de gevallen waar het water uit de douchekop positief was voor kweekbare *Legionella* (inclusief *L. pneumophila*), de biofilm in de doucheslang ook positief was (Collins *et al.*, 2017). Deze studie liet tevens zien dat het aandeel positieve doucheslangen gerelateerd is aan de leeftijd van de installatie en dat het percentage positieve doucheslangen sterk toenemen met het aantal jaren dat de installatie in gebruik is. Andere onderzoekers vonden ook *Legionella* spp in de biofilm van doucheslangen die kwamen uit huizen van particulieren over de wereld (Proctor *et al.*, 2018). Een studie waar thermostatische mengkranen werden gedemonteerd en de biofilm van verschillende onderdelen van de kraan werd bemonsterd, liet zien dat de biofilm in deze kranen hoge aantallen kweekbare *Legionella* kan bevatten, waarbij de hoogste aantallen werden waargenomen op de rubberen onderdelen (tot $1,8 \times 10^4$ kve per swab) (van Hoof *et al.*, 2014). Ook in die studie werden de aantallen kweekbare *Legionella* spp in het water uit de thermostatische mengkraan dus veroorzaakt door de groei van *Legionella* op onderdelen in de kraan. Andere studies hebben ook kweekbare *Legionella* aangetroffen in kranen op tappunten van een leidingwaterinstallatie (Sydnor *et al.*, 2015, Lee *et al.*, 2018, Mazzotta *et al.*, 2020). In de laatste twee studies werd ook waargenomen dat het aantal legionellapositieve drinkwatermonsters in ziekenhuizen sterk afnam wanneer thermostatische mengkranen werden vervangen door handmatige mengkranen. Tot slot is ook waargenomen dat gevallen van legionellapneumonie gerelateerd waren aan *L. pneumophila* die werden aangetroffen in de laatste liter van de leidingwaterinstallatie (Hamilton *et al.*, 2018).

In Nederland is ook casuïstiek van patiënten die zijn gelinkt aan de aanwezigheid van *L. pneumophila* in het laatste literdeel van een installatie en enkele voorbeelden zijn door het RIVM gedeeld. In deze voorbeelden zijn genotypische matches gevonden tussen de klinische isolaat van een patiënt en de isolaat uit een doucheslang of douchekop van een leidingwaterinstallatie. Daarnaast is ook een aantal maal *L. pneumophila* aangetroffen in de swab van een doucheslang of de vulslang van een jacuzzi bij bemonstering van mogelijke bronnen van patiënten.

Uit de in deze paragraaf beschreven studies kan worden geconcludeerd dat *Legionella (pneumophila)* zich kan vermeerderen in het distale deel van een leidingwaterinstallatie, waar het volume tot het eindtappunt lager is dan één liter. Naast het feit dat het distale deel van een leidingwaterinstallatie dus positief kan zijn voor kweekbare *Legionella*, wordt over het algemeen gevonden dat de legionella-aantallen in het distale deel van de installatie hoger zijn dan in het centrale deel van de installatie. Deze constatering laat zien dat het volume in het distale deel van een installatie dus eerder een verhoogd risico heeft dan een neutraal risico. Tot slot zijn ook daadwerkelijke ziektegevallen bekend die konden worden gelinkt naar legionellastammen in het laatste deel van de leidingwaterinstallatie.

8.4.3 *Legionella* in kleine pilot leidingwaterinstallaties

Naast deze veldstudies zijn ook veel studies gepubliceerd waar groei van kweekbare *Legionella (pneumophila)* is waargenomen in pilot leidingwaterinstallaties (Van der Kooij *et al.*, 2005, Liu *et al.*, 2006, Farhat *et al.*, 2010, Rhoads *et al.*, 2015, Buse *et al.*, 2017, Rhoads *et al.*, 2017, Van der Kooij *et al.*, 2017, Van der Lugt *et al.*, 2017, Learbuch *et al.*, 2019, Bleys & Dinne, 2020). In vrijwel alle gevallen zijn deze pilot leidingwaterinstallaties relatief klein en hebben ze vaak een volume van kleiner dan één liter. Daarnaast is voor een enkele studie ook aangetoond dat *Legionella* zich weet te vermeerderen in de kraan van de pilot leidingwaterinstallatie (Van der Lugt *et al.*, 2017).

8.4.4 Nederlandse situatie

De studie naar het voorkomen van kweekbare *Legionella* in prioritaire instellingen is de meest uitgebreide veldstudie die in Nederland is uitgevoerd (Van der Lugt *et al.*, 2019). De auteurs concluderen dat de risicoclassificering van 0 voor leidingwaterinstallaties van kleine gebouwen, zoals die in de Nederlandse wetgeving is opgenomen, niet wordt ondersteund door de gevonden gegevens. Water uit de leidingwaterinstallaties van kleine gebouwen hadden meer dan twee keer vaker een overschrijding van de wettelijke norm voor *Legionella* in drinkwater (100 kve/l) dan water uit leidingwaterinstallatie van grote gebouwen. Een kanttekening bij deze conclusie is wel dat alleen prioritaire installaties zijn meegenomen, waardoor verwacht wordt dat de leidingwaterinstallaties van kleine gebouwen een inhoud hadden van meer dan een liter en dus niet, zoals de auteurs opmerkten, een risicokwalificatie van 0 hadden. Een andere studie heeft laten zien dat hoge aantallen kweekbare *Legionella* werden aangetroffen op de rubberen onderdelen van thermostatische kranen uit leidingwaterinstallaties van een hotel en ziekenhuis in Nederland (Van Hoof *et al.*, 2014). De positieve drinkwatermonsters uit deze kranen waren dus waarschijnlijk niet gekoppeld aan de lengte van de leidingwaterinstallatie, maar aan het gebruik van materialen in de thermostatische mengkraan. Legionellacasuïstiek heeft verder laten zien dat ziektegevallen in Nederland gelinkt konden worden naar de aanwezigheid van *L. pneumophila* in bijvoorbeeld doucheslangen (pers. comm. Petra Brandsema RIVM). Tot slot is gevonden dat *L. pneumophila* zich kan vermeerderen tot hoge aantallen in een kleine pilot leidingwaterinstallatie (over het algemeen met een volume minder dan één liter) dat werd gevoed met verschillende drinkwatertypen van Nederland (Van der Kooij *et al.*, 2017) of in de kranen van een pilot leidingwaterinstallatie die werd gevoed met Nederlands drinkwater (Van der Lugt *et al.*, 2017).

8.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken 1-literregel

Uit de evaluatie van de huidige stand van de wetenschappelijke inzichten over het legionellarisico is gebleken dat kweekbare *Legionella* spp aanwezig kunnen zijn in het laatste deel van de leidingwaterinstallatie, waarbij de kweekbare legionella-aantallen vaak hoger zijn dan in de centrale delen van de leidingwaterinstallatie. Daarnaast is vermeerdering van *Legionella (pneumophila)* aangetoond in doucheslangen, douchekoppen en kranen (met name thermostaatkranen) en lukt het goed om vermeerdering van *Legionella (pneumophila)* te krijgen in kleine pilotinstallaties met een volume kleiner dan één liter. Tot slot zijn ziektegevallen bekend in Nederland waarbij de legionellastam van de patiënt een match gaf met de legionellastam geïsoleerd uit de doucheslang. Uit de huidige stand van kennis over *Legionella* wordt daarom geconcludeerd dat volumes kleiner dan één liter ook een risico zijn voor verspreiding van *Legionella (pneumophila)*.

8.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

De '1-literregel' was destijds een praktische insteek vanuit de Inspectie Gezondheidszorg en KWR tijdens een overleg (destijds) bij het Ministerie van VROM, die was gerelateerd aan de '3-literregel' die in Duitsland werd gehanteerd. Toen is besloten om in Nederland strenger te zijn. De '1-literregel' is opgesteld met het oog op de (koudwater)aansluitleiding van een warmtapwatervoorziening. Door warmtegeleiding vanuit de warmtapwaterbereider is in de koudwaterleiding altijd sprake van lokaal gunstige groeiomstandigheden. Dat is een onvermijdelijke situatie. Zonder die regel zou je in feite geen warmtapwatersystemen kunnen toepassen. Er is destijds gesteld dat de combinatie van een klein volume en een goede gewaarborgde doorstroming zal leiden tot hooguit lage legionellaconcentraties op die positie en daarmee een relatief laag risico. De praktijk heeft min of meer uitgewezen dat dit ook nauwelijks tot problemen heeft geleid. Van de '1-literregel', die in feite arbitrair is gekozen, wordt in de dagelijkse praktijk veelvuldig en soms ook 'handig' gebruik gemaakt. Denk aan het aanbrengen van leidingen met een kleinere diameter over een grote lengte naar een tappunt om binnen die ene liter te blijven. Het is de vraag of die regel daarvoor was bedoeld, temeer omdat we niet zeker weten hoe risicovol dit soort situaties zijn. Ook in de ISSO Publicatie 55.1 en andere richtlijnen heeft die regel veel uitwerking gekregen. Het schrappen van zo'n regel gaat veel impact hebben in de dagelijkse praktijk van legionellapreventie en -beheer. Als wetenschappelijke inzichten aanpassing van de regel noodzakelijk zouden maken, zou je de regel specifiekere kunnen maken.

Een aantal respondenten geven aan dat de '1-literregel' ten onrechte zo breed wordt geïnterpreteerd. Het legionellarisico zit wellicht juist achter de thermostatische mengkraan, ook door de materialen die daar worden toegepast, denk aan de doucheslang. Maar ook in thermostatische douchemengkranen zelf wordt veel biofilm aangetroffen zoals blijkt uit praktijkonderzoek in een voorstudie van TVVL/ISSO ST-32. Er moet gekeken worden naar de risico's van mengkranen, doucheslangen en douchekoppen. Dat mag niet worden afgedaan als een neutraal risico. We weten onvoldoende wat er in die eerste liter gebeurt, omdat die wordt weggespoeld bij monsterneming. De praktijkervaring bij een respondent leert wel dat de meeste normoverschrijdingen (75 %) gerelateerd kunnen worden aan het laatste deel van het uittapsysteem achter de douchemengkraan. Naast douchemengkranen geven overigens vaat- of voorspoeldouches ook veel legionellaproblemen.

8.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

In de huidige Regeling Legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater is opgenomen dat voor leidingvolumes kleiner dan één liter voor alle temperaturen boven 25°C de risicokwalificatie neutraal (0) is (zie paragraaf 8.1). Deze regel staat haaks op de huidige wetenschappelijke kennis en praktijkervaring, omdat meerdere studies en praktijksituaties hebben laten zien dat het laatste deel van de leidingwaterinstallatie (bijvoorbeeld van thermostatische mengkraan tot en met douchekop) ook risico geeft op verspreiding van *Legionella* en er zelfs ziektegevallen zijn waargenomen die konden worden getraceerd naar het laatste deel van een leidingwaterinstallatie. In de dagelijkse praktijk is ook de ervaring dat *Legionella* met enige regelmaat wordt aangetroffen in het laatste deel van de installatie, waar het volume kleiner is dan één liter. Uit de interviews is gebleken dat deze 1-literregel destijds in de wetgeving is opgenomen omdat de leiding van koudwateraanvoer naar het warmwatertoestel opwarmt onder invloed van het warmtapwater in het warmwatertoestel, maar dat dergelijke leidingen niet met thermisch beheer kunnen worden behandeld. Dit betekent dat wanneer een dergelijke regeling niet zou zijn opgenomen in de regelgeving, het niet langer mogelijk is om warmtapwaterinstallaties aan te leggen.

Uit het onderzoek in Groot-Brittannië is gebleken dat gedurende de eerste jaren dat doucheslangen worden gebruikt, het aantal positieve doucheslangen sterk toeneemt. Op basis van die waarneming zou het ook zinvol kunnen zijn om voor prioritaire instellingen te adviseren de doucheslangen en douchekoppen elke drie tot vijf jaar te vervangen. Het is echter noodzakelijk om eerst te achterhalen of in de Nederlandse situatie leeftijd van de doucheslang ook een risicofactor is om positief voor kweekbare *Legionella* te testen. Daarna kan dan worden achterhaald wat de optimale duur is voordat doucheslangen, douchekoppen en eventueel (thermostatische) mengkranen te vervangen

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om de uitzonderingspositie van componenten in leidingwaterinstallaties met leidingvolumes kleiner dan één liter, zoals beschreven in paragraaf 5.2, bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater te laten vervallen en een aparte regel op te nemen dat de aansluitleiding van het warmwatertoestel (vanuit het koudwatersysteem) niet als een risicofactor wordt gezien, mits sprake is van voldoende doorstroming. Tevens dient bij de monsternamen de eerste liter te worden bemonsterd en niet langer weggespoeld zoals nu is voorgeschreven.

Een aanpassing in lijn met het bovenstaande heeft een behoorlijk grote consequentie voor het uitvoeren van risicobeoordelingen de praktijk. Zo is de risicobeoordeling van koudwater- en warmwateruittapleidingen in de ISSO Publicatie 55.1 deels gebaseerd op de inhoud van de uittapleiding (≤ 1 liter of > 1 liter). In de huidige situatie betekent dit dat bij een etmaalgemiddelde binnentemperatuur van > 25 °C de situatie bij een leidinginhoud van ≤ 1 liter wordt beoordeeld als risiconutraal mits ten minste sprake is van wekelijks gebruik. Het laten vervallen van de '1-liter-regel' betekent dat het onderscheid naar leidinginhoud niet meer kan worden gemaakt en dat de in ISSO 55.1 voorgeschreven risicobeoordeling van uittapleidingen moet veranderen. In essentie betekent dat een vereenvoudiging van de risicobeoordelingsmethodiek, maar het leidt wel tot meer uittapleidingen met een negatieve risicokwalificatie. Zowel de wetenschap als de praktijk geven aan dat dit laatste terecht is. Wel moet worden vastgesteld dat hiermee de incentive verdwijnt om de lengte van uittapleidingen zoveel mogelijk te beperken. NEN 1006 bevat ook geen eisen met betrekking tot de lengte van uittapleidingen. Een aanpassing in lijn met het bovenstaande heeft invloed op legionellapreventie-adviseurs (BRL 6010), gebouwbeheerders, installatiebeheerders, NEN-normsubcommissie NEN 1006.

HOOFDSTUK 9

Risicokwalificatie collectieve water- voorziening of leidingnet

9.1 Huidige wetgeving

Deze regelgeving is alleen van toepassing op prioritaire instellingen.

In paragraaf 5.2 van bijlage 2 van de Regeling Legionella-preventie in drinkwater en warm tapwater is een risicokwalificatietabel opgenomen voor het risicobeheersplan dat men voor prioritaire instellingen moet opstellen.

9.2 Reden om onderwerp mee te nemen in de evaluatie

In de huidige risicokwalificatie wordt alleen de temperatuur (in combinatie met spoelen) en leidingvolumes groter dan één liter als risicofactor meegenomen, terwijl uit bovenstaande hoofdstukken blijkt dat ook andere factoren (bijvoorbeeld leidingmateriaalgebruik, leidingvolume kleiner dan één liter) een risicofactor kunnen zijn. Daarnaast hebben de leden van de begeleidingscommissie aangegeven dat mogelijk ook andere risicofactoren (bijvoorbeeld kraantype) een rol spelen bij vermeerdering van *Legionella* in leidingwaterinstallaties. Op basis van die constatering is het belangrijk om de risicokwalificatietabel ook door te lichten in relatie tot de huidige wetenschappelijke kennis ten aanzien van *Legionella*.

9.3 Kort overzicht wetenschappelijke inzichten voor 2001

De risicokwalificatie van de collectieve leidingnetten van prioritaire gebouwen is gebaseerd op de watertemperatuur en of de installatie een leidingvolume kleiner dan één liter heeft. De wetenschappelijke oorsprong van de temperatuur boven 45 tot 50°C is beschreven in paragraaf 3.2. De wetenschappelijke oorsprong van de risicokwalificaties voor temperaturen <25°C en 45°C is gebaseerd op meerdere publicaties, die hebben laten zien dat *Legionella pneumophila* in staat is zich te vermeerderen bij drinkwatertemperaturen tussen 25 en 45°C (Tison *et al.*, 1980, Yee & Wadowsky, 1982, Wadowsky *et al.*, 1985, Kusnetsov *et al.*, 1996). De oorspronkelijke onderbouwing van de toepassing van een hitteschokprocedure is ook beschreven in paragraaf 3.2. Zoals in paragraaf 8.2 beschreven is er geen wetenschappelijke onderbouwing voor de risicokwalificatie neutraal voor leidingvolumes kleiner dan één liter.

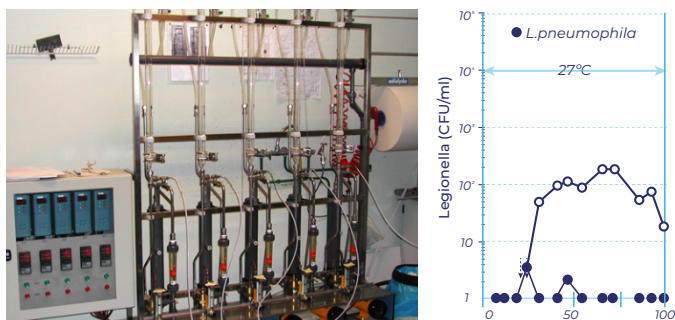
9.4 Overzicht wetenschappelijke inzichten sinds 2001

9.4.1 Invloed van temperatuur op afsterving van *Legionella* (*pneumophila*)

In paragraaf 3.3.1 en 3.3.2 zijn de laatste wetenschappelijke inzichten beschreven ten aanzien van de effecten van drinkwatertemperaturen hoger dan 45 tot 50°C op afsterving van *Legionella* (*pneumophila*) en het effect van hitteschokbehandeling op het afsterven van *Legionella* (*pneumophila*).

9.4.2 Invloed van temperatuur op groei van *Legionella (pneumophila)*

Sinds 2001 zijn er weinig nieuwe inzichten verschenen ten aanzien van de invloed van temperatuur op groei van *Legionella (pneumophila)*. Er zijn vooral studies verschenen die hebben bevestigd dat *L. pneumophila* in staat is zich te vermeerderen tussen 25 en 45°C bijvoorbeeld (Ohno *et al.*, 2008, Buse & Ashbolt, 2011, Van der Kooij *et al.*, 2016, Buse *et al.*, 2017). Een studie waarin de invloed van temperatuur op groei van *L. anisa* en *L. pneumophila* in biofilms van een pilot leidingwaterinstallatie werd onderzocht, liet zien dat *L. pneumophila* zich bij 25 tot 33°C nauwelijks vermeerderde, terwijl *L. anisa* tot relatief hoge aantallen in de biofilm vermenigvuldigde (Figuur 8) (Van der Kooij *et al.*, 2009). Bij een temperatuur van 34°C bleken *L. pneumophila* en *L. anisa* zich allebei tot hoge aantallen te vermenigvuldigen. Deze resultaten tonen dus aan dat groei van *L. pneumophila* optreedt bij 25 tot 40°C, maar dat boven 33°C *L. pneumophila* zich wist te vermeerderen tot hogere aantallen dan onder de 33°C. Wetenschappelijk onderzoek heeft daarnaast laten zien dat de temperatuurrange waarbij *L. pneumophila* zich kan vermeerderen afhankelijk is van de stam of het sequentietype van *L. pneumophila* (Buse & Ashbolt, 2011; Van der Kooij *et al.*, 2016). Praktijkstudies hebben laten zien dat in Israël kweekbare *L. pneumophila* in leidingwaterinstallaties de kweekbare legionellapopulatie domineerde en werd aangetroffen in relatief hoge aantallen ($\sim 1 \times 10^3$ kve/l) bij temperaturen tussen 27,5 en 29,1°C (Rodriguez-Martinez *et al.*, 2015) en dat op drie Caraïbische eilanden kweekbare *L. pneumophila* ook de kweekbare legionellapopulatie domineerde in het gedistribueerde drinkwater met relatief hoge aantallen ($\sim 1 \times 10^4$ kve/l) bij een temperatuurrange van 28 tot 30°C (Valster *et al.*, 2011). Dit komt overeen met de algemene notie dat *L. pneumophila* zich met name weet te vermeerderen tussen 25 en 45°C (National Academies of Sciences, 2019).



Figuur 8. De aantallen *L. pneumophila* en *L. anisa* in kve/ml als functie van het aantal dagen (rechts) die zich heeft ontwikkeld in een drinkwaterpilotinstallatie (links). Bron: Van der Kooij *et al.*, 2009.

9.4.3 Andere risicofactoren dan temperatuur

De wetenschappelijke literatuur heeft ook laten zien dat naast de temperatuur ook andere factoren een verhoogd risico geven voor groei van *Legionella (pneumophila)*. In hoofdstuk 6 is bijvoorbeeld geconcludeerd dat toepassing van materialen zoals PVC-P, rubber en PE-materialen in een leidingwaterinstallatie de groei van *Legionella* bevordert en kan leiden tot hogere aantallen van kweekbare *Legionella* in de leidingwaterinstallatie. Tevens is recent door een commissie van internationale legionellaexperts geconcludeerd dat elektrische boilers, thermostatische mengkranen en elektronische kranen het risico op groei van *Legionella* in leidingwaterinstallaties kan verhogen (National Academies of Sciences, 2019). Studies hebben bijvoorbeeld laten zien dat verhoogde aantallen kweekbare *Legionella* spp aanwezig zijn in de biofilm die zich heeft ontwikkeld op oppervlakten van thermostatische mengkranen (Van Hoof *et al.*, 2014, Van der Lugt *et al.*, 2017).

De studie van Van der Lugt *et al.* (2017) liet tevens zien dat thermostatische mengkranen van messing vaker positief waren voor *L. anisa* en hogere aantallen had dan een keramische mengkraan of een roestvrijstalen kraan. Studies hebben ook laten zien dat elektronisch geactiveerde kranen een groter risico hebben om positief te zijn voor kweekbare *Legionella* (Halabi *et al.*, 2001, Sydnor *et al.*, 2015). De resultaten lieten zien dat het water uit 95% van de elektronische kranen ten minste één keer positief was voor kweekbare *Legionella*, terwijl water uit 45% van de handmatige kranen positief was, wat een statistisch significant verschil was ($p < 0,01$) (Sydnor *et al.*, 2015). Elektronische kranen bevatten thermostatische mengkleppen en complexe beluchters die de stroomsnelheid verlagen. De verhoogde bacteriële groei die in elektronische kranen is waargenomen, werd veroorzaakt door de lauwe watertemperatuur en verlaagde stroomsnelheden en het is waarschijnlijk dat deze factoren ook legionellagroei bevorderen (Charron *et al.*, 2015, National Academies of Sciences, 2019).

Een recente studie heeft onderzocht of de oriëntatie van de leidingen die lopen van een recirculerende warmwaterleiding naar een tappunt invloed heeft op het risico voor groei van *L. pneumophila* (Rhoads *et al.*, 2016). De hypothese daarbij is dat in leidingen die naar beneden zijn georiënteerd (in andere woorden die lopen van de recirculatieloop in het plafond naar de tap) geen convectiemenging optreedt, terwijl in leidingen die horizontaal lopen of naar boven zijn georiënteerd wel convectiemenging optreedt, wat leidt tot opwarming van het stagnerende water in de distale leiding. Deze opwarming zou vervolgens kunnen leiden tot verhoogde groei van *L. pneumophila*.

De onderzoekers hebben een pilot leidingwaterinstallatie gebouwd waarin leidingen naar beneden en naar boven zijn georiënteerd vanuit een recirculatieloop met warmwater. De resultaten lieten zien dat de temperatuur in de distale leidingen die naar beneden zijn georiënteerd binnen 30 minuten en na 30 cm van de recirculatieloop afkoelde naar kamertemperatuur (23-24°C), ongeacht de temperatuur van het warmwater. De distale leidingen die naar boven zijn georiënteerd hadden na 30 minuten echter een temperatuur van 30,2°C wanneer de warmwatertemperatuur van de loop 40°C was en 38,8 °C wanneer de warmwatertemperatuur van de loop 58°C was. Gedurende stagnatie daalde de temperatuur in deze naar boven georiënteerde distale leiding tot 42°C na 30 cm en nam af naar 30°C tot het einde van de leiding (totale lengte leiding was 1,5 meter). Deze temperatuurprofielen laten zien dat in tegenstelling tot naar beneden gerichte leidingen, convectiemenging optreedt in naar boven gerichte leidingen en dat dit leidt tot temperatuurranges die ideaal zijn voor groei van *L. pneumophila* tijdens stagnatie.

De aantallen *L. pneumophila* in het drinkwater waren dan ook significant ($p < 0,05$) hoger in de distale leidingen die naar boven zijn georiënteerd dan die naar beneden waren georiënteerd. In de installatie die minimaal werd gespoeld (1 spoeling per week) namen de aantallen *L. pneumophila* in het drinkwater 3,5 logeenheden toe in de leidingen die naar boven zijn georiënteerd ten opzichte van de aantallen in de recirculatieloop, terwijl dit voor de leidingen die naar beneden zijn georiënteerd 2,8 logeenheden was. Wanneer de installatie vaker werden gespoeld (drie spoelingen per week) werd dit verschil tussen naar boven en beneden georiënteerde leidingen niet meer waargenomen. Opvallend genoeg waren de aantallen *L. pneumophila* in de biofilm in alle gevallen onder de detectiegrens, ongeacht de oriëntatie van de distale leidingen. Deze laatste waarneming maakt het lastig te verklaren waar *L. pneumophila* zich in het systeem heeft weten te vermeerderen, ook al omdat *L. pneumophila* werd bepaald met qPCR (die geen onderscheid maakt tussen dode en levende legionellacellen), waardoor onduidelijk blijft in hoeverre de aangetroffen *L. pneumophila* in het drinkwater uit de distale leidingen ook levensvatbaar zijn. Daarnaast zijn geen andere wetenschappelijke studies aangetroffen die de invloed van convectiemenging in leidingen van een leidingwaterinstallatie op groei van *Legionella (pneumophila)* hebben onderzocht.

9.5 Conclusie wetenschappelijke stand van zaken invloed van temperatuur

Uit de bovenstaande wetenschappelijke inzichten wordt geconcludeerd dat naast de temperatuur ook het gebruik van leidingmaterialen en type kranen risicofactoren zijn voor vermeerdering van *Legionella (pneumophila)* in leidingwaterinstallaties. Conclusies betreffende de warmwatertemperatuur als risicofactor zijn beschreven in paragraaf 3.5, die over leidingmaterialen in paragraaf 6.5. Wetenschappelijke studies van de afgelopen 20 jaar naar de temperatuurrange waarbij *L. pneumophila* in staat is zich te vermeerderen, hebben bevestigd dat *L. pneumophila* zich met name kan vermeerderen tussen 25 en 42°C. *L. anisa* weet zich al tot hoge aantallen te vermeerderen bij temperaturen van 25°C of lager. Verhoogd risico op groei van *Legionella (pneumophila)* geldt ook wanneer thermostatische mengkranen of elektronische kranen worden gebruikt in plaats van handmatige kranen zonder mengkamer in de kraan. Tot slot heeft één studie aanwijzingen laten zien dat ook de stroomrichting van distale leidingen het risico op groei van *L. pneumophila* kan verhogen, waarbij naar boven georiënteerde leidingen een verhoogd risico hebben (door convectiemenging) op legionellagroei dan naar beneden georiënteerde leidingen (waar geen convectiemenging optreedt). Onduidelijk blijft echter of deze bevinding ook geldt voor kweekbare *Legionella*, Nederlandse drinkwater en in praktijksituaties en op welke manier *L. pneumophila* in de naar boven gerichte leidingen weet te vermeerderen, aangezien ze niet werden gedetecteerd in de biofilm.

9.6 Kennis en ervaringen uit de praktijk

Eén van de respondenten heeft aangegeven dat de tabel met temperatuur en standtijd die we hanteren wellicht moet worden aangepast op basis van de nieuwste wetenschappelijke inzichten. Dat zou dan neerkomen op hogere temperaturen en langere standtijden. Dit mede op basis van de conclusies uit het onderzoek van Van Kenhove (2018). (deze studie is in hoofdstuk 3 besproken).

Het nadeel van de huidige risicokwalificatietabel met plussen en minnen is dat deze in de praktijk heel zwart-wit wordt geïnterpreteerd met te veel focus op de temperatuur. Er zijn meer relevante risicofactoren naast de temperatuur. De beoordeling bij hogere temperaturen is bovendien niet correct en moet worden aangepast.

De invloed van materiaalkeuze op legionellagroei zou meer aandacht moeten krijgen. In de bestaande ISSO 55.1 komen bijvoorbeeld materialen niet als onderscheidend terug in de risicoanalyse.

9.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

In paragraaf 3.5 en 6.5 van deze rapportage is al in meer algemene termen aangegeven wat de huidige wetenschappelijke stand van zaken betekent voor de regelgeving ten aanzien van thermisch beheer en leidingmateriaal in de wetgeving. Daarnaast lijkt de toepassing van thermostatische mengkranen en elektronische mengkranen een verhoogd risico te hebben voor vermeerdering van kweekbare *Legionella*. Een aantal van deze risicofactoren wordt momenteel nog niet meegenomen of correct meegewogen in de risicokwalificatie van leidingwaterinstallaties zoals die in de wetgeving is opgenomen (Tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater). In die bewuste tabel is echter wel opgenomen dat hiteschokbehandeling een effectieve maatregel zou zijn om kweekbare *Legionella* spp af te doden en dat een leidingvolume kleiner dan één liter een neutraal risico is, ook als de temperatuur in de optimale range voor groei van kweekbare *Legionella (pneumophila)* is. Uit de beschrijving van de wetenschappelijke literatuur in hoofdstuk 3 en 8 van deze rapportage is echter gebleken dat deze passages in de risicokwalificatietabel niet in lijn is met de huidige wetenschappelijke kennis.

Het voorlopige advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om de huidige tabel in lid 2, paragraaf 5 van de Regeling 'legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater' te vervangen door een tabel waarin meerdere bekende risicofactoren kort zijn opgenomen. Daarbij dient in ieder geval temperatuur, leidingmateriaal en kraantype opgenomen te zijn.

Een aanpassing in lijn met het bovenstaande heeft invloed op legionellapreventie-adviseurs (BRL 6010), gebouwbeheerders, installatiebeheerders.



HOOFDSTUK 10

Beantwoording vragen evaluatiekader en conclusies

In dit hoofdstuk beantwoorden we – op basis van de voorgaande hoofdstukken – de centrale vraag, de deelvragen en de vragen uit het evaluatiekader. We beginnen, in lijn met het evaluatiekader, met een samenvatting van de redeneerlijn aan de hand van de IAK-vragen. We beginnen met een samenvattende probleemanalyse en doelstelling door de IAK-vragen 1-4 te beantwoorden. Daarbij richten we ons vanaf IAK-vraag 3 op de problemen die mogelijk een aanpassing van het beleid vergen. Daarna beschrijven we de manier waarop de overheid kan interveniëren om de problemen op te lossen en de doelstellingen te realiseren door de IAK-vragen 5-7 te beantwoorden. Deze redeneerlijn gebruiken we vervolgens om in de derde paragraaf van dit hoofdstuk de gestelde centrale vraag en deelvragen één voor één te beantwoorden.

10.1 Samenvattende probleemanalyse en doelstelling (IAK-vragen 1-4)

10.1.1 IAK-vraag 1: wat is de aanleiding?

Na de legionella-uitbraak in 1999 in Bovenkarspel zijn op basis van de toenmalige stand van de wetenschap eisen gesteld ter preventie van nieuwe legionella-uitbraken. Een belangrijk deel van deze eisen was gericht op de preventie van *Legionella* in drinkwater- en warmtapwatersystemen. Daarbij waren, nadat de tijdelijke regeling zich richtte op alle collectieve leidingwatersystemen, de preventieve inspanningen gericht op prioritaire instellingen. Deze instellingen werden op basis van het Drinkwaterbesluit verplicht om bovenop de geldende verplichtingen uit het Bouwbesluit 2012 (en onderliggende regelgeving) en NEN 1006, aan aanvullende eisen te voldoen. De wetgever koos voor deze aanvullende eisen omdat de verwachting was dat in de prioritaire instellingen veel mensen uit de risicogroep voor infectie bij elkaar kunnen komen en/of dat de overheid in deze instellingen een zorgplicht heeft. Deze aanvullende eisen verplichten prioritaire instellingen, kort gezegd, tot het opstellen van een legionellarisicoanalyse en – indien de risicoanalyse daar aanleiding voor geeft – het opstellen en uitvoeren van een legionellabeheersplan. Deze legionellapreventiemaatregelen dienen zich te richten op aerosolvormende tappunten.

Sinds 1999 is veel onderzoek gedaan naar *Legionella*. Er is meer kennis over de omstandigheden waaronder *Legionella (pneumophila)* groeit (of niet groeit), welke legionellasoorten gevaarlijk zijn voor de mens en hoe *Legionella* het beste bestreden en voorkómen kan worden. Om tot regelgeving te komen die eisen stelt die daadwerkelijk leiden tot het voorkomen van *Legionella* infecties, is het belangrijk om regelmatig na te gaan of er nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn die aanpassing van de regelgeving vragen. In dit rapport wordt op deze vraag antwoord gegeven. Voor de beantwoording van de IAK-vragen is verder van belang dat begin 2021 een nieuwe Drinkwaterrichtlijn is gepubliceerd die voorschriften bevat rond legionellapreventie en die uiterlijk begin 2023 in de Nederlandse wetgeving moet zijn omgezet.

10.1.2 IAK-vraag 2: wat is het krachtenveld?

Het Nederlandse beleid is erop gericht om te voorkomen dat mensen ziek worden of komen te overlijden als gevolg van besmettingen met *Legionella*. Dit beleidsdoel is onomstreden, zowel in het parlement als in de samenleving in brede zin. Om dit beleidsdoel te realiseren, is een stelsel ingericht waarin verschillende partijen een rol spelen en is regelgeving gemaakt om te zorgen dat de partijen op een goede manier bijdragen aan het beleidsdoel.

1. Stelselverantwoordelijkheid

De minister van IenW (of de staatssecretaris, afhankelijk van de portefeuilleverdeling) – het kerndepartement – is stelselverantwoordelijke voor drinkwater. Dit betekent dat het ministerie de effecten van het beleid monitort, onderzoekt en evalueert. Als blijkt dat er een probleem is, kan dit leiden tot een voorstel om de wet aan te passen of om de condities (financiën of deskundigheidsbevordering) aan te passen waaronder de uitvoering van het beleid plaatsvindt. Daarnaast heeft het Ministerie van VWS een verantwoordelijkheid voor opsporing en aanpak van infectieziekten, zoals legionellose.

2. Uitvoering

De uitvoering van het beleid ligt bij diverse stelselpartijen. Eerstverantwoordelijke voor de uitvoering van het beleid is degene die eigenaar is van drinkwater- en warmtapwatersystemen. Deze eigenaren moeten ervoor zorgen dat deze systemen aan de regels voldoen. Daarbij gelden aanvullende eisen voor systemen in prioritaire instellingen. Naast de eigenaren van deze systemen spelen ook andere partijen een rol. Het gaat daarbij om:

- iedereen die betrokken is bij de installatie en het onderhoud van een systeem (van architect tot monteur)
- BRL-6010 gecertificeerde bedrijven
- de GGD, het Streeklab Haarlem en andere laboratoria
- partijen die betrokken zijn bij het formuleren van NEN-normen, waaronder NEN 1006.

3. Toezichthouder

Het toezicht op de naleving van de regels ter preventie van *Legionella* in drinkwater- en warmtapwatersystemen is belegd bij de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) (voor prioritaire instellingen) en het College van Burgemeester en Wethouders van gemeenten (voor alle gebouwen op grond van het Bouwbesluit 2012). Bij de uitvoering van de controles – voor prioritaire en niet-prioritaire instellingen – spelen de drinkwaterbedrijven een belangrijke rol op grond van artikel 24 van de Drinkwaterwet. Deze controletaak wordt risicogestuurd uitgevoerd en ziet niet alleen op de (publiekrechtelijke) regelgeving maar ook op de (privaatrechtelijke) aansluitvoorwaarden van de drinkwaterbedrijven zelf. Wanneer de drinkwaterbedrijven overtredingen van de regelgeving constateren, stellen ze daarvan het bevoegd gezag in kennis.

4. Belanghebbenden

De belangrijkste belanghebbenden zijn de mensen die gebruik maken van drinkwater- en warmtapwatersystemen. Soms zijn deze mensen ook eigenaar van het drinkwater- en warmtapwatersysteem, maar in veel situaties is dit niet het geval, zoals in gevangenissen, scholen, verpleeghuizen en ziekenhuizen. Zeker kwetsbare mensen – die bij een legionellabesmetting sneller ernstig ziek worden – hebben er veel belang bij dat de systemen aan alle eisen voldoen, ook wanneer ze geen eigenaar zijn van een systeem. Onder meer de Stichting Veteranenziekte is een belangrijke vertegenwoordiger van deze belanghebbenden.

10.1.3 IAK-vraag 3: wat is het probleem?

Het huidige beleid ter preventie van *Legionella* is gebaseerd op wetenschappelijke aannames uit het begin van deze eeuw. Sindsdien is het wetenschappelijk onderzoek door gegaan en wijkt het legionellabeleid – op onderdelen – af van de wetenschappelijke inzichten. In de hoofdstukken 3-9 zijn een aantal van deze nieuwe wetenschappelijk inzichten opgesomd. Daarbij zijn eisen gevonden die niet langer in lijn zijn met de stand van de wetenschap. Deze eisen zijn onder te verdelen in vier categorieën:

1. **Niet doeltreffende eisen:** dit zijn eisen waarvan vaststaat dat ze geen significante bijdrage leveren aan het voorkomen dat er mensen ziek worden of komen te overlijden door besmettingen met *Legionella*:
 - a. (zie hoofdstuk 7) onze conclusie op basis van wetenschappelijk inzichten is dat het doeltreffender is om het proces van risicoanalyse, beheersplan en monitoring te richten op *L. pneumophila*. Dit is de meest gevaarlijke soort binnen het genus van *Legionella*.
2. **Eisen met een averechts effect:** dit zijn eisen die ertoe kunnen leiden dat er meer mensen ziek worden of komen te overlijden door besmettingen met *Legionella*:
 - a. (zie hoofdstuk 8) op dit moment geldt een uitzonderingspositie voor drinkwater- en warmtapwatersystemen met leidingvolumes kleiner dan één liter. In deze situatie wordt voor alle temperaturen boven 25°C de risicokwalificatie neutraal (0) gehanteerd, mits sprake is van een goede doorstroming. Dit betekent dat er geen beheersmaatregelen hoeven worden genomen voor deze leidingen. Op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten zijn er geen aanwijzingen dat het risico op *L. pneumophila* kleiner is bij leidingvolumes kleiner dan één liter. Door het ontbreken van beheersmaatregelen voor deze leidingvolumes ontstaat een risico op het oplopen van een *Legionella* infectie. De uitzondering heeft daarmee een averechts effect.
 - b. (zie hoofdstuk 3) een wekelijkse hitteschokbehandeling met de gegeven temperaturen en standtijden is volgens de huidige wetenschappelijke kennis en praktijkervaring geen betrouwbare preventieve maatregel om *Legionella* (*pneumophila*) te beheersen indien de warmwatertemperatuur lager dan 60°C in de retourleiding, aan het mengtoestel of aan het tappunt is de maatregel kan zelfs resulteren in verhoogde legionella-aantallen na de hitteschokbehandeling door groei van *Legionella* (*pneumophila*) op de dode biomassa (die vrijkomt na een hitteschokbehandeling).
3. **Onbewezen eisen:** dit zijn eisen waarvan niet wetenschappelijk kan worden aangetoond dat ze een bijdrage leveren aan de preventie van *Legionella*:
 - a. (zie hoofdstuk 5) op basis van de huidige wetenschappelijke literatuur kan geen uitspraak worden gedaan in hoeverre wekelijks spoelen van niet-gebruikte tappunten een succesvolle preventieve strategie is om kweekbare *Legionella* in het Nederlandse drinkwater (dat wordt gedistribueerd zonder desinfectieresidu) uit leidingwaterinstallaties onder controle te houden (over de curatieve effecten: zie eisen met een averechts effect).
4. **Ontbrekende eisen:**
 - a. (zie hoofdstuk 6) de huidige wetenschappelijke stand van zaken betreffende de invloed van leidingmaterialen op groei van *L. pneumophila* in drinkwatersystemen laat zien dat leidingmaterialen een belangrijke invloed kunnen hebben.
 - b. (zie hoofdstuk 9) bij het maken van de risicoanalyse worden enkele van de hierboven beschreven risicofactoren niet meegenomen of correct meegewogen in de risicokwalificatie van leidingwaterinstallaties.

10.1.4 IAK-vraag 4: wat is het doel?

We beschreven onder IAK-vraag 2 dat het voorkomen dat mensen ziek worden of komen te overlijden als gevolg van besmettingen met *Legionella*, een onomstreden streven is. Anders gezegd, in de politiek en in de brede samenleving is er draagvlak voor legionellapreventie mits sprake is van voldoende nut en noodzaak voor de eindgebruiker. Om legionellapreventie te realiseren, hebben de verschillende stelselpartijen (zie IAK-vraag 2) een rol. Op basis van deze rolverdeling steken alle stelselpartijen mensen en middelen in het realiseren van het beleidsdoel. Zo hebben bijvoorbeeld prioritaire instellingen mensen in dienst om beheermaatregelen uit te voeren, zijn er gecertificeerde legionella-adviseurs conform BRL 6010, zijn er installateurs actief die in lijn met de regelgeving installaties aanleggen en brengt de Stichting Veteranenziekte mensen op de been die opkomen voor de belangen van patiënten en risicogroepen.

Om tot legionellapreventie te komen, is het cruciaal dat alle stelselpartijen niet alleen hun respectievelijke rollen vervullen, maar ook de juiste dingen doen. Anders gezegd, dat de mensen en middelen die stelselpartijen inzetten ter preventie van *Legionella* doeltreffend (effectief) zijn. Bijvoorbeeld dat de adviseurs die een risicoanalyse uitvoeren ook een goede focus hebben op de grootste legionellarisico's in een leidingwaterinstallatie.

Een voorwaarde voor effectieve inzet van mensen en middelen ter preventie van *Legionella* is dat aan de inspanningen van de uitvoerende stelselpartijen goede eisen worden gesteld. Op basis van de bovenstaande probleemanalyse (zie IAK-vraag 3) is de conclusie gerechtvaardigd dat sommige eisen niet goed zijn. Dit zijn de hiervoor genoemde niet-doelmatige eisen, de averechtse eisen en de onbewezen eisen.

Verder zijn er eisen die ontbreken. Deze eisen (of het ontbreken ervan) leiden ertoe dat de mensen en middelen die uitvoerende stelselpartijen inzetten, niet altijd effectief worden ingezet.

Het doel op basis van de wetenschappelijke analyse en de daaruit volgende probleemanalyse (IAK-vraag 3) is daarom:

Het – in lijn met de laatste wetenschappelijke inzichten – aanpassen van de eisen aan de uitvoering van legionellapreventie om daarmee de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen te versterken.

10.2 Samenvattende analyse van de overheidsinterventie en de gevolgen daarvan (IAK-vragen 5-7)

Het – in lijn met de laatste wetenschappelijke inzichten – aanpassen van de eisen aan de uitvoering van legionellapreventie om daarmee de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen te versterken, is van betekenis voor alle stelselpartijen. In deze samenvattende analyse maken we deze betekenis concreter door de IAK-vragen 5-7 te beantwoorden.

10.2.1 IAK-vraag 5: wat rechtvaardigt overheidsinterventie?

Of het aanpassen van eisen aan de uitvoering overheidsinterventie rechtvaardigt, hangt af van de manier waarop deze eisen zijn gesteld. Bijvoorbeeld, wanneer eisen volgen uit NEN 1006, is overheidsinterventie wellicht niet de meest aangewezen weg. We beginnen daarom de beantwoording van IAK-vraag 5 met een overzicht van de plaatsen waar de eisen uit de probleemanalyse (IAK-vraag 3) in de regelgeving staan en wat ervoor nodig is om deze in lijn te brengen met de laatste wetenschappelijke inzichten.

Een overzicht van eisen die niet langer in lijn zijn met de stand van de wetenschap

In de onderstaande tabel vatten we de niet-doelmatige, averechtse, onbewezen en ontbrekende eisen samen:

Vraagstuk	Wetenschappelijke beoordeling	Waar aanpassing?	Wie is bevoegd?	Opmerking
Alleen richten op <i>L. pneumophila</i> in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)	Niet doelmatig	Artikel 4, eerste lid, van de Regeling legionellapreventie	De minister van IenW	Het voorstel is om te differentiëren binnen prioritaire instellingen (zie verder paragraaf 7.7 en paragraaf 10.2.2).
De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)	Averechtseffect	Bijlage 2 Regeling legionellapreventie	De minister van IenW	De 1-liter regel is een uitzonderingsregel.
Toepassing hittedoch als preventieve beheersmaatregel (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)	Averechtseffect	<ul style="list-style-type: none"> Bijlage 2 Regeling legionellapreventie NEN 1006 	<ul style="list-style-type: none"> De minister van IenW NEN normsubcommissie 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling geldt alleen voor prioritaire instellingen. Zowel voor woninginstallaties als andere gebouwen.
Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)	Onbewezen	Bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie	De minister van IenW	Spoelen moet worden onderscheiden van thermische desinfectie. Spoelen als curatieve maatregel heeft een averechtseffect.
De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)	Ontbrekende eisen	Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening Bijlage 2 Regeling legionellapreventie	De minister van IenW	Ziet zowel op de eisen aan materiaalgebruik als op eisen aan risicoanalyse.
In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.	Ontbrekende eisen	Bijlage 2 Regeling legionellapreventie	De minister van IenW	De huidige risicotabel bevat ook beheersmaatregelen. Belangrijk om bij aanpassingen daar rekening mee te houden.

Rechtvaardiging voor overheidsinterventie?

De eisen die niet langer in lijn zijn met de stand van de wetenschap bevinden zich vooral in de Regeling legionellapreventie. De minister van IenW (of de staatssecretaris, afhankelijk van de portefeuillevreiding) heeft de bevoegdheid om deze regeling (uiteeraard binnen de geldende rechtsgrondslagen) aan te passen. Dit betekent dat het doel – het aanpassen van de eisen aan de uitvoering van legionellapreventie om daarmee de doelmatigheid van de uitvoering van legionellapreventie te versterken – alleen mogelijk is door interventie van de minister en daarmee is een overheidsinterventie gerechtvaardigd.

De twee aanpassingen aan NEN1006 vergen een ander proces waarin overheidsorganisaties een stimulerende rol kunnen spelen of kunnen bepalen om niet langer in de regelgeving naar NEN-normen te verwijzen. De aanpassing van NEN-normen valt niet binnen de scope van het onderzoek en laten we daarom in de rest van de analyse buiten beschouwing.

10.2.2 IAK-vraag 6: wat is het beste instrument?

De vraag wat het beste instrument is om de doelstelling genoemd onder IAK-vraag 4 te realiseren, vereist een afweging. In deze afweging spelen vier thema's een rol:

- Rechtmatigheid (welke ruimte bieden de nationale en internationale wettelijke kaders?).
- Doeltreffendheid (waarmee wordt het doel op een effectieve manier bereikt?).
- Doelmatigheid (waarmee wordt het doel op een efficiënte manier bereikt?).
- Uitvoerbaarheid.

In deze paragraaf analyseren we het voorstel aan de hand van deze vier thema's. Daarna beantwoorden we de vraag wat het beste instrument is.

Rechtmatigheid

Vraagstuk	Aandachtspunten rechtmatigheid
Alleen richten op <i>L. pneumophila</i> in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)	In december 2020 is de nieuwe Drinkwaterrichtlijn (2020/2184/EU) gepubliceerd. In deze richtlijn wordt het onderscheid tussen pneumophila en non-pneumophila niet expliciet gemaakt. Het is daarom de vraag of het onderscheid dat wordt voorgesteld in dit rapport, in lijn is met de nieuwe richtlijn. Om hierover zekerheid te verkrijgen, is contact met de commissie (bijvoorbeeld via het proces beschreven in artikel 24, tweede lid, van de richtlijn) de meest aangewezen weg. Het is onze inschatting dat het maken van dit onderscheid valt in de beleidsvrijheid van de lidstaten.
De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)	Geen specifieke aandachtspunten.
Toepassing hitteschok als preventieve beheersmaatregel indien warmwater-temperatuur lager dan 60°C is (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)	Geen specifieke aandachtspunten.
Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)	Geen specifieke aandachtspunten
De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)	Er zijn leidingmaterialen die in andere EU-lidstaten worden geproduceerd. Het is van belang dat nieuwe eisen aan leidingmateriaal compatibel zijn met regels die gelden binnen de EU of tussen lidstaten.
In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.	Geen specifiek aandachtspunten.

Doeltreffendheid

Vraagstuk	Aandachtspunten doeltreffendheid
Alleen richten op <i>L. pneumophila</i> in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)	Deze maatregel wordt voorgesteld om de monitoring te richten op <i>L. pneumophila</i> omdat deze soort het meest gevaarlijk is voor de mens. Tegelijkertijd is het onverkort schrappen van deze verplichting onder bepaalde omstandigheden niet doeltreffend. In prioritaire instellingen waar een hoge dichtheid is van mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem (bijvoorbeeld ziekenhuizen), heeft het monitoren van kweekbare <i>Legionella</i> spp een functie, omdat deze mensen ook gevoelig zijn voor minder virulente legionellasoorten. Het is niet doeltreffend om <i>Legionella</i> non-pneumophila te beschouwen als indicator voor de aanwezigheid van <i>L. pneumophila</i> .
De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)	Deze regel heeft averechts effect: daarmee is de doeltreffendheid van het schrappen ervan een gegeven.
Toepassing hitteschok als preventieve beheersmaatregel indien warmwater-temperatuur lager dan 60°C is (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)	Het toepassen van thermische desinfectie is indien de warmwatertemperatuur onder de 60°C niet doelmatig als preventieve maatregel en werkt mogelijkterwils averechts. Het is doeltreffender om andere beheersmaatregelen voor te schrijven ter preventie van <i>Legionella</i> .
Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)	Het is – op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten – onzeker of spoelen effect heeft als beheersmaatregel ter preventie van <i>Legionella</i> . Hier speelt een doelmatigheidsvraagstuk (zie hieronder).
De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)	De huidige wetenschappelijke stand van zaken betreffende de invloed van leidingmaterialen op groei van <i>L. pneumophila</i> in drinkwatersystemen laat zien dat leidingmaterialen een belangrijke invloed kunnen hebben. Dit wordt ook waargenomen in de praktijk. Het is daarom doeltreffend om leidingmaterialen voor te schrijven die niet boven de 400 pg ATP/cm ² zijn.
In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.	Het aanvullen van de ontbrekende eisen leidt tot betere risicoanalyses en stimuleert het gebruik van passende beheersmaatregelen. Dit vergroot de doeltreffendheid.

Doelmatigheid

Vraagstuk	Aandachtspunten doelmatigheid
Alleen richten op <i>L. pneumophila</i> in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)	Veel hangt af van de doelmatigheid van de beschikbare methoden om alleen <i>L. pneumophila</i> te meten (zie verder uitvoerbaarheid).
De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)	Op basis van de wetenschappelijke inzichten is de verwachting gerechtvaardigd dat het laten vallen van de 1-liter uitzondering leidt tot een betere risicoanalyse en dat daardoor de beheersmaatregelen doelmatiger zijn dan nu.
Toepassing hiteschok als preventieve beheersmaatregel indien warmwater-temperatuur lager dan 60°C is (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)	Geen specifieke aandachtspunten. Het niet langer toepassen van thermische desinfectie als preventieve maatregel levert ruimte op om andere, betere preventieve beheersmaatregelen toe te passen.
Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)	Uit doelmatigheidsoogpunt verdient het de voorkeur om tenminste te onderzoeken of de inspanningen van uitvoerende partijen om de spoelverplichting na te komen, beter gericht kan worden op andere beheerstechnieken. Voorwaarde is dat er doeltreffender preventieve beheersmaatregelen voor in de plaats komen.
De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)	Bij de doelmatigheid en uitvoerbaarheid speelt het onderscheid tussen nieuwbouw/renovatie en bestaande bouw een rol. In (ver)nieuw(d)e gebouwen is het voorschrijven en daardoor toepassen van nieuwe materialen eenvoudiger te realiseren dan het vervangen van leidingmaterialen in bestaande bouw.
In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.	Er geldt dat een betere risicoanalyse leidt tot passender beheersmaatregelen, die doelmatiger zijn.

Uitvoerbaarheid

Vraagstuk	Aandachtspunten uitvoerbaarheid
Alleen richten op <i>L. pneumophila</i> in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)	Er is (omdat dit niet in de scope van de opdracht paste) beperkt onderzocht of specifieke detectiemethoden voor <i>L. pneumophila</i> beschreven zijn in de wetenschappelijke literatuur. In ieder geval lijken specifieke detectiemethoden voor <i>L. pneumophila</i> beschikbaar en in sommige landen zijn deze methoden ook al beschreven als een gestandaardiseerde methode. Een aanvullende literatuurstudie en praktijkstudie naar mogelijke specifieke detectiemethoden voor <i>L. pneumophila</i> zijn nodig, voordat een aanbeveling kan worden gedaan over doeltreffendheid en uitvoerbaarheid van een dergelijke methode.
De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)	Deze maatregel leidt tot het aanpassen van de risicoanalyses en vervolgens tot een aanpassing van de beheersmaatregelen. De verwachting is dat dit in het begin een extra investering vergt, maar op de langere termijn leidt het tot een doeltreffender en doelmatiger preventie van Legionella.
Toepassing hiteschok als preventieve beheersmaatregel indien warmwater-temperatuur lager dan 60°C is (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)	Over het algemeen geldt dat wanneer deze beheersmaatregel als preventieve maatregel vervalt, er andere preventieve beheersmaatregelen voor in de plaats moeten komen.
Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)	In het algemeen geldt dat wanneer deze beheersmaatregel vervalt, er andere preventieve beheersmaatregelen voor in de plaats moeten komen.
De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)	Bij de doelmatigheid en uitvoerbaarheid speelt het onderscheid tussen nieuwbouw/renovatie en bestaande bouw een rol. In (ver)nieuw(d)e gebouwen is het voorschrijven en daardoor toepassen van nieuwe materialen eenvoudiger te realiseren dan het vervangen van leidingmaterialen in bestaande bouw.
In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.	Vooraf bij de nieuwe eisen rond materiaalgebruik is uitvoerbaarheid een aandachtspunt.

Wat is het beste instrument?

Welk instrument het best is, varieert per maatregel.

1. Alleen richten op *L. pneumophila* in meeste prioritaire instellingen (zie uitgebreid hoofdstuk 7 en IAK-vraag 3 onder 1a)

Deze maatregel bestaat er kort gezegd uit om de Regeling legionellapreventie zodanig aan te passen dat er in prioritaire instellingen alleen nog gemonitord wordt op *Legionella pneumophila*. Daarbij geldt één uitzondering:

- In prioritaire instellingen waar een hoge dichtheid is van mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem blijft het monitoren van kweekbare *Legionella* spp functioneel, omdat deze mensen ook gevoelig zijn voor minder virulente legionellasoorten.

Ons advies is om deze aanpassing verder te onderzoeken en daarbij aandacht te hebben voor de volgende zaken:

- *Rechtmatigheid*: of de Europese Commissie onze eerste inschatting deelt dat het beperken van de monitoring tot *L. pneumophila* past in de nationale beleidsvrijheid.
- *Uitvoerbaarheid*: of er – in lijn met ons beperkte onderzoek – inderdaad passende detectiemethoden specifiek voor *L. pneumophila* beschikbaar en inzetbaar zijn.

2. De 1-liter regel (zie uitgebreid hoofdstuk 8 en IAK-vraag 3 onder 2a)

Deze maatregel omvat kort gezegd het laten vervallen van de uitzondering voor de 1-liter regel. Ons advies is om deze aanpassing op korte termijn door te voeren in de Regeling legionellapreventie. Alleen op het gebied van uitvoerbaarheid zijn er aandachtspunten, maar dit is te verhelpen met een redelijke inwerkingtredingstermijn voor bestaande gevallen in het overgangsrecht.

3. Toepassing hitteschok als preventieve beheersmaatregel (zie uitgebreid hoofdstuk 3 en IAK-vraag 3 onder 2b)

Deze maatregel komt er kort gezegd op neer dat:

- voor collectieve leidingnetten van prioritaire instellingen de risicofactoren ten aanzien van warmtapwater aan worden gepast. Het gaat om het volgende:
 - Er wordt niet langer gesproken over groei, neutraal en afsterving als benoeming van een risicofactor, maar dient risicofactor benoemd te worden als risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella* en geen risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*.

- Voor installaties met warmwatertemperaturen lager dan 60°C bij de warmtapwaterinstallatie, retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en tappunt wordt de kwalificatie: 'risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*'.
 - Voor installaties met warmwatertemperaturen hoger dan 60°C bij de warmtapwaterinstallatie, retourleiding van de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en tappunt of installaties waar door naverwarming de gestelde normen in NEN 1006 worden bereikt, wordt de kwalificatie: 'geen risico op aanwezigheid van kweekbare *Legionella*'.
- de mogelijkheid tot legionellabeheersing, indien zich gunstige groeiomstandigheden voordoen, door toepassing van thermische desinfectie middels hitteschokken komen te vervallen wanneer de warmwatertemperatuur lager dan 60°C is in de retourleiding, aan het mengtoestel of aan het tappunt. Tevens komen onder die condities de passages in de tabel van paragraaf 5.2 in bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie van drinkwater en warmtapwater ten aanzien van thermische desinfectie bij bepaalde temperaturen en standtijden te vervallen.
 - op basis van de wetenschappelijke inzichten ten aanzien van thermische desinfectie middels hitteschokken kan geen eenduidig advies worden gegeven over het toepassen van thermische desinfectie als beheersmaatregel bij locaties waar zich gunstige groeiomstandigheden voor *Legionella* voordoen en waar de warmwatertemperatuur $\geq 60^\circ\text{C}$ is. Daarom worden hier twee verschillende adviezen voorgesteld waarvan één van de twee doorgevoerd kan worden:
 - laat de passages in Tabel 4 van NEN 1006 ten aanzien van thermische desinfectie middels hitteschokken bij bepaalde temperaturen en standtijden ook vervallen voor situaties waarin de warmwatertemperatuur $\geq 60^\circ\text{C}$. Monitor na implementatie van dit advies intensief wat de invloed is op de aantallen *Legionella* in de warmtapwaterinstallatie, mengtoestel en/of uittapleiding. Indien wordt waargenomen dat de legionella-aantallen door het vervallen van deze maatregel toenemen, dan wordt geadviseerd om de vervallen passages weer op te nemen; of
 - handhaaf voorlopig de passages in Tabel 4 van NEN 1006 ten aanzien van thermische desinfectie middels hitteschokken bij bepaalde temperaturen en standtijden indien de warmwatertemperatuur $\geq 60^\circ\text{C}$ is. Stel tegelijk onderzoek in hoe succesvol deze beheersmaatregel is bij prioritaire gebouwen waar de maatregel wordt toegepast. Op basis van de uitkomsten van het onderzoek kan dan worden besloten of de maatregel gehandhaafd kan blijven, moet worden aangepast of dient te vervallen.

Ons advies is om deze aanpassingen onder a en b *op korte termijn* door te voeren in de *Regeling legionellapreventie* en binnen de NEN normscommissie in te zetten op een aanpassing van deze maatregel in NEN 1006. Daarbij moet op lange termijn wel aandacht zijn voor de beschikbaarheid van andere beheersmaatregelen (zie onder IAK-vraag 7). Daarnaast is ons advies om voor het advies onder c een keuze te maken tussen de twee adviezen en daarvoor een experimenteerbepaling te overwegen.

4. *Het preventief spoelen van drinkwater- en warmtapwatersystemen (zie uitgebreid hoofdstuk 5 en IAK-vraag 3 onder 3a)*

Deze maatregel komt er kort gezegd op neer dat het preventief spoelen van aerosolvormende tappunten in drinkwater- en warmtapwatersystemen niet langer als beheersmaatregel wordt erkend. Ons advies is om *nader onderzoek* in te stellen. Op dit moment is namelijk weliswaar onbewezen dat spoelen *wel* werkt, het is ook onbewezen dat spoelen *niet* werkt. In dit nadere onderzoek moeten de volgende aspecten helder worden:

- Voor de waterkwaliteit in de leidingen geldt een spoelverplichting. Deze spoelverplichting blijft bestaan, ook wanneer de spoelverplichting ter preventie van *Legionella* komt te vervallen. Daarom moet helder worden of het laten vervallen van de spoelmaatregel ter preventie van *Legionella* besmetting in de praktijk tot lagere uitvoeringslasten leidt.
- Of er situaties zijn waarin de spoelverplichting leidt tot een last voor prioritaire instellingen die niet langer in verhouding staat tot de effectiviteit.
- Of er een experimenteerbepaling moet komen waarmee prioritaire instellingen tijdelijk ontheven kunnen worden van de spoelverplichting om de effecten daarvan in kaart te kunnen brengen.
- Welke beheersmaatregelen een doelmatiger alternatief zijn voor de spoelverplichting.

5. *De invloed van leidingmaterialen (zie uitgebreid hoofdstuk 6 en IAK-vraag 3 onder 4a)*

Deze maatregel komt er in de eerste plaats op neer dat in de regelgeving een verplichting wordt opgenomen dat de biomassa-productiepotentie (BPP) (bepaald met de BPP-methode zoals beschreven in NEN-EN 16421:2014) van toe te passen leidingmaterialen bij nieuwbouw en/of renovatie van leidingwaterinstallaties van prioritaire gebouwen niet boven de 400 pg ATP/cm² mag zijn.

Ons advies is om deze nieuwe eis ten aanzien van toe te passen leidingmaterialen *op korte termijn* door te voeren. Dit vereist een wijziging van de *Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening*. Daarbij gelden drie aandachtspunten:

- Er zijn leidingmaterialen die in andere EU-lidstaten worden geproduceerd. Het is van belang dat nieuwe eisen aan leidingmateriaal compatibel zijn met regels die gelden binnen de EU of tussen lidstaten.
- Prioritaire instellingen zijn geen specifieke categorie in de *Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening*. Hetzelfde geldt voor het Bouwbesluit 2012. Bij het opnemen van deze verplichting voor nieuwbouw/renovatie in prioritaire instellingen kan dit voor extra juridische aandachtspunten zorgen.
- Op de lange termijn valt een regeling voor bestaande bouw te overwegen, bijvoorbeeld met een zeer lange overgangstermijn.

6. *In de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie ontbreken belangrijke risicofactoren.*

Deze maatregel komt er kort gezegd op neer dat de tabel in 5.2, van bijlage 2 van de *Regeling legionellapreventie* wordt vervangen met een nieuwe tabel, die voorschrijft dat in de risicoanalyse ook aandacht moet zijn voor materiaalgebruik en de gebruikte kranen. Ons advies is om deze maatregel *op korte termijn* door te voeren. Tijdens de consultatie over de regeling is van belang om de aandachtspunten rond de doelmatigheid en uitvoerbaarheid van de risicofactor over materiaalgebruik extra aandacht te geven. De verwachting is dat deze aandachtspunten te verhelpen zijn met een redelijk inwerkingtredingstermijn voor bestaande gevallen in het overgangsrecht.

10.2.3 IAK-vraag 7: wat zijn de gevolgen?

Gevolg I: van enkele veelgebruikte beheerstechnieken (spoelen, thermische desinfectie) staat de doeltreffendheid op grond van wetenschappelijke inzichten niet langer vast. Andere beheerstechnieken kunnen een rol gaan spelen om dit op te vangen.

Het doel van deze beleidsinterventie (zie IAK-vraag 4) is het – in lijn met de laatste wetenschappelijke inzichten – aanpassen van de eisen aan de uitvoering van legionellapreventie om daarmee de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen te versterken. De inzet van de meest doeltreffende beheerstechnieken is een voorwaarde om de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie te versterken. Tegelijkertijd is een belangrijk gevolg van de bovenstaande analyse dat van enkele veelgebruikte beheerstechnieken (spoelen, thermische desinfectie) de doeltreffendheid op grond van wetenschappelijke inzichten niet langer vaststaat.

Er zijn op dit moment goedgekeurde beschikbare andere technieken die mogelijk doeltreffender zijn dan de beheerstechnieken die in de regelgeving staan genoemd. Op basis van een gedegen risicoanalyse kan onderzocht worden of deze beheerstechnieken doelmatiger zijn dan de beheerstechnieken waarvan de doelmatigheid op grond van dit rapport niet langer vaststaat.

Het onderstaande overzicht, dat Envaqua heeft opgesteld, benoemt een aantal andere beheerstechnieken:

Technieken	Bewijslast				
	Aantal gecertificeerde leveranciers	KIWA BRL K1401.01	KIWA BRL K1401.2	Ctgb toelating	Pilots voor verlaging warm tapwater/spoelfrequentie
UV-C	2	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Ultrafiltratie/microfiltratie (Point of entry & Point of use)	8	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Pasteurisatie	1	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
AOT+	1	ja	n.v.t.	ja	n.v.t.
Anodische oxidatie	1	n.v.t.	ja	ja	nee
Koper/zilver ionisatie	2	n.v.t.	ja	ja	ja

Gevolg II: voor de stelselverantwoordelijke leidt het voorgestelde tot een traject om twee ministeriële regelingen aan te passen en het doen van vervolgonderzoek.

Op basis van dit onderzoek, is ons voorstel om enkele bepalingen in de Regeling legionellapreventie en de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening aan te passen. Vanuit de wetgevingstechniek en -procedures bezien, is dit relatief eenvoudig. Uiteraard kan het belangenspel dat samenhangt met het wijzigen van deze regelgeving het uiteindelijk realiseren van deze wijziging bemoeilijken. Verder wordt tweemaal voorgesteld om nader onderzoek te doen. Als dit voorstel wordt nagevolgd, ligt het bij de stelselverantwoordelijke om dit onderzoek uit te zetten.

Gevolg III: voor de uitvoerders en de toezichthouders (zie IAK-vraag 2) leiden de voorstellen tot aanpassingen aan de risicoanalyse en de toepassing van beheersmaatregelen.

Voor de uitvoerders en toezichthouders bestaan de gevolgen uit het aanpassen van de risicoanalyse en de toepassing van beheersmaatregelen. Deze aanpassingen vereisen voor eigenaren van de systemen investeringen, die, vanwege redelijke inwerkingtredingstermijnen, over meerdere jaren uitgesmeerd kunnen worden. Het voordeel is dat nadat de aanpassingen in de risicoanalyse en de beheersmaatregelen zijn doorgevoerd, de legionellapreventie doeltreffender wordt. Dit betekent dat de kans op legionellabesmettingen in de prioritaire instellingen afneemt. Voor de overige uitvoerende partijen en de toezichthouders betekenen de wijzigingen dat werkprocessen en -documenten moeten worden aangepast.

Gevolg IV: voor de belanghebbenden neemt het risico op legionellabesmetting af.

Uiteindelijk is het doel van de regelgeving het voorkomen dat mensen ziek worden of komen te overlijden als gevolg van besmettingen met Legionella. Om dat doel te bereiken, moet de regelgeving de meest doeltreffende eisen stellen. Op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten mag verwacht worden dat het volgen van de zes voorstellen, die onder IAK-vraag 6 staan opgesomd, leidt tot een versterking van de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen. Dit resulteert erin dat het risico op een legionellabesmettingen voor de belanghebbenden, en vooral de kwetsbaren in prioritaire instellingen, afneemt.

10.3 Beantwoording centrale vraagstelling en deelvragen

Op basis van de bovenstaande redeneerlijn kunnen we drie in de uitvraag gestelde vragen beantwoorden. Om onnodige dubbelingen te voorkomen, geeft de onderstaande tabel aan waar de antwoorden op deze vragen gevonden kunnen worden.

Vraag	Vindplaats
Welke wettelijke voorschriften in de drinkwaterregelingen zouden op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten moeten worden aangepast, en op welke wijze?	De paragrafen 7 van de hoofdstukken 3-9 en 10.2.1 en 10.2.2
Welke huidige wetenschappelijke inzichten met betrekking tot legionellapreventie in drinkwatersystemen geven aanleiding tot aanpassing van de bestaande regelgeving en waarom?	De paragrafen 5 van de hoofdstukken 3-9 en 10.1.3
Hoe kan de bestaande regelgeving omtrent legionellapreventie in drinkwatersystemen inhoudelijk worden aangepast?	De paragrafen 7 van de hoofdstukken 3-9 en 10.2.1 en 10.2.2

Dan resteren er nog twee vragen, die een eigenstandige beantwoording vragen.

Wat zijn sterke en zwakke punten in theorie en praktijk in de huidige regelgeving en waarom?

Het sterke punt van de huidige regelgeving blijkt uit de bovenstaande analyse. Het wetgevend kader voor legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen volgt op een consequente manier de inrichtingsprincipes voor wetgeving (zie hoofdstuk 2.2). Dit leidt ertoe dat de gedetailleerde regels waarop de wetenschappelijke analyse het meest effect heeft, zijn ondergebracht in ministeriële regelingen. Deze regelingen zijn, in wetstechnische zin, eenvoudig aan te passen. Dit maakt het mogelijk om snel in te spelen op nieuwe wetenschappelijke inzichten.

Tijdens het onderzoek kwamen in theorie en in praktijk drie zwakke punten naar voren.

1. *Versnippering van de regelgeving*

Het wetgevend kader voor legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen is zeker niet het enige wetgevend kader dat gericht is op legionellapreventie. In hoofdstuk 2.2 schetsten we andere plaatsen waar in wet- en regelgeving wordt verwezen naar legionellapreventie. Deze versnippering heeft een aantal vervelende consequenties. In de eerste plaats leidt het tot onduidelijkheid bij de uitvoerders van het legionellabeleid. Het leidt ertoe dat deze partijen op safe spelen en meer doen dan wat op basis van de regelgeving strikt noodzakelijk is. In de tweede plaats leidt deze versnippering van regelgeving ook tot een versnippering van het toezicht. Ten derde vallen sommige potentiële besmettingshaarden buiten de regelgeving.

Deze laatstgenoemde consequentie kan ertoe leiden dat er systemen tussen wal en schip vallen die vanuit gezondheidsperspectief wel een legionellarisico vormen en waarvoor dus legionellapreventie wenselijk is. Vaak gaat het om systemen die – op grond van een definitiekwestie – geen deel uitmaken van een leidingwaterinstallatie maar wel vanuit een leidingwaterinstallatie worden gevoed. Dit geldt bijvoorbeeld voor bubbelbaden, jacuzzi's of whirlpools in hotels en recreatiewoningen. Daarnaast kan worden gedacht aan nieuwe ontwikkelingen zoals douchesystemen met recirculatie van het douchewater. Het legionellarisico bij dit type douchesystemen is nog onduidelijk, maar het is niet consequent dat een dergelijke douche in een prioritaire locatie niet bemonsterd hoeft te worden.

Er is wel regelgeving waarmee aanvullende regels per situatie kunnen worden gesteld (vooral gemeentelijke regelgeving), maar dit blijkt in de praktijk ingewikkeld en werkt bovendien de bovengenoemde versnippering alleen maar verder in hand. Vooralsnog ligt het voor de hand om potentieel risicovolle systemen die worden gevuld vanuit de leidingwaterinstallatie mee te laten nemen in de op basis van de Regeling Legionellapreventie verplichte risicoanalyse.

2. Complexiteit van de reikwijdte

Het wetgevend kader voor legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen is weliswaar overzichtelijk in opzet, maar complex in reikwijdte. Daarbij valt vooral artikel 35 van het Drinkwaterbesluit op. Deze complexiteit is verklaarbaar: *Legionella* komt voor in verschillende typen gebouwen en installaties en dit vereist een slimme passage over reikwijdte. Tijdens ons onderzoek kwam naar voren dat er regelmatig instellingen zijn die deze reikwijdtebepaling niet goed begrijpen en daardoor onnodige inspanningen verrichten. Een goed voorbeeld is artikel 35, eerste lid, in combinatie met het vierde lid. Daar staat het volgende:

1. *Dit hoofdstuk is van toepassing op de eigenaar van een collectieve watervoorziening of collectief leidingnet waarop direct of indirect tappunten als bedoeld in het vierde lid zijn aangesloten (...).*
4. *Als de tappunten, bedoeld in de aanhef van het eerste lid, worden aangemerkt:*
 - a. *tappunten met een douche of andere appendage waarmee water kan worden gespreeid of verneveld;*
 - b. *tappunten die al dan niet tijdelijk gebruikt worden voor het aansluiten van een douche, andere appendage of toestel waarmee water kan worden gespreeid of verneveld;*
 - c. *tappunten waarvan de eigenaar redelijkerwijze kan weten of vermoeden dat deze al dan niet tijdelijk gebruikt worden voor het aansluiten van een douche, andere appendage of toestel waarmee water kan worden gespreeid of verneveld;*
 - d. *alle tappunten in een instelling als bedoeld in het eerste lid, onderdeel a, voor zover het een afdeling hematologie of oncologie is, dan wel daar transplantaties worden uitgevoerd of daar patiënten met chronische longaandoeningen of stoornissen van het immuunsysteem verblijven.*

Anders gezegd: het hoofdstuk in het Drinkwaterbesluit over legionellapreventie en de onderliggende regelingen gelden voor de meeste prioritaire instellingen alleen voor tappunten met een douche of andere appendage waarmee water kan worden gespreeid of verneveld. Tijdens het onderzoek is bij ons het beeld ontstaan dat veel prioritaire instellingen deze beperking tot aerosolvormende tappunten helemaal niet in beeld hebben.

3. Het gebruik van NEN1006

Hoewel voor het gebruik van NEN1006 zeker wat te zeggen valt, blijkt uit ons onderzoek ook een zwakte. Op het moment dat NEN1006 een regel bevat die niet in lijn is met de laatste wetenschappelijke inzichten (bijvoorbeeld over de toepassing van hiteschokken), is het voor de overheid niet mogelijk om deze regel eenvoudig aan te passen. Dit vereist de instemming van NEN normsub-commissie.

Welke aanpassingen in de uitvoeringspraktijk van legionellapreventie in drinkwatersystemen zouden – afgezien van aanpassing van wet- en regelgeving – moeten worden doorgevoerd? Op welke wijze kan dit worden vormgegeven?

Tijdens het onderzoek kwamen we tot een aantal mogelijke aanpassingen in de uitvoeringspraktijk die de doeltreffendheid van de uitvoering van legionellapreventie in drinkwater- en warmtapwatersystemen kunnen versterken.

1. Samenwerking toezichthouders

Tijdens het onderzoek bereikten ons signalen dat sommige instellingen, door verschillen in aanpak door toezichthouders, niet goed weten waar ze aan toe zijn en wat van ze wordt gevraagd. Binnen de legionellapreventie in drinkwatersystemen is dit opgelost door de drinkwaterbedrijven een belangrijke rol te geven in de uitvoering van controles in zowel prioritaire als niet-prioritaire instellingen. Tegelijkertijd geldt voor legionellapreventie binnen andere systemen, dat het toezicht belegd is bij verschillende toezichthouders. Door bijvoorbeeld informatie te delen of gezamenlijk controles uit te voeren, kan het toezicht worden verbeterd en geüniformeerd. Dit is ook voor degene die onder toezicht staan overzichtelijker en voorspelbaarder.

2. *Beter gebruik van big data*

In de afgelopen twintig jaar van legionellapreventie in leidingwaterinstallaties is een veelheid aan (analyse) data verzameld door installatiebeheerders, laboratoria, inspecteurs, handhavers en adviseurs. In de praktijk is de gegevensuitwisseling tussen deze partijen over het algemeen gering. Dat lijkt een gemiste kans, want deze data kan worden benut om meer te leren van praktijksituaties en dan met name over de risicofactoren voor legionellagroei in leidingwatersystemen en over de effectiviteit van het legionellabeheer. Dit is juist ook van belang omdat op basis daarvan de regelgeving verder kan worden verbeterd en aangescherpt. Een van de geïnterviewde respondenten gaf aan al een start te hebben gemaakt met het uitvoeren van big-data-analyses op analyseresultaten gekoppeld aan het beheer en de karakteristieken van leidingwatersystemen in gebouwen. Binnen de grenzen van de regelgeving over gegevensuitwisseling en marktordening, is het mogelijk dat het Ministerie van IenW deze uitwisseling van informatie stimuleert en gebruikt om de effecten van het beleid te monitoren.

3. *Clean design label*

De afwerking (ruwheid) en constructieve details (naden, hoeken, holtes) van leidingmaterialen, mengkranen, doucheslangen, douchekoppen en appendages in de leidingwaterinstallatie geven soms een verklaring voor (snelle) herbesmettingen in leidingwatersystemen. Met het oog op de klimaatverandering en stijgende temperaturen wees een van de geïnterviewde respondenten op het belang om voor te sorteren op een meer kritieke situatie ten aanzien van legionellapreventie in leidingwater in de toekomst. Hiervoor is het nodig dat leidingwaterinstallaties 'strakker' worden ontworpen. Daarbij zou de ontwikkeling van een 'clean design label' kunnen helpen. Met een 'clean design label' kunnen fabrikanten zich met hun producten kwalificeren voor toepassing in prioritaire instellingen zoals ziekenhuizen en zorginstellingen. Hierbij gaat niet direct de gedachte uit naar wettelijke voorschriften maar naar een vrijwillig 'clean design label' waarmee fabrikanten zich kunnen onderscheiden van de concurrentie.

BIJLAGE 1

Bestudeerde publicaties

- Anoniem (2020) Drinkwaterkwaliteit 2019. Inspectie Leefomgeving en Transport, Den Haag.
- Alary M & Joly JR (1991) Risk factors for contamination of domestic hot water systems by legionellae. *Appl Environ Microbiol* **57**: 2360.
- Allegra S, Berger F, Berthelot P, Grattard F, Pozzetto B & Riffard S (2008) Use of flow cytometry to monitor *Legionella* viability. *Appl Environ Microbiol* **74**: 7813-7816.
- Allegra S, Grattard F, Girardot F, Riffard S, Pozzetto B & Berthelot P (2011) Longitudinal evaluation of the efficacy of heat treatment procedures against *Legionella* spp in hospital water systems by using a flow cytometric assay. *Appl Environ Microbiol* **77**: 1268-1275.
- Arnow PM, Weil D & Para MF (1985) Prevalence and significance of *Legionella pneumophila* contamination of residential hot-tap water systems. *The Journal of Infectious Diseases* **152**: 145-151.
- Arvand M & Hack A (2013) Microbial contamination of dental unit waterlines in dental practices in Hesse, Germany: A cross-sectional study. *European journal of microbiology & immunology* **3**: 49-52.
- Arvand M, Jungkind K & Hack A (2011) Contamination of the cold water distribution system of health care facilities by *Legionella pneumophila*: do we know the true dimension? *Euro Surveill* **16**.
- Assaidi A, Ellouali M, Latrache H, Mabrouki M, Hamadi F, Timinouni M, Zahir H, El Mdaghri N, Barguigua A & Mliji EM (2018) Effect of temperature and plumbing materials on biofilm formation by *Legionella pneumophila* serogroup 1 and 2-15. *Journal of Adhesion Science and Technology* **32**: 1471-1484.
- Barna Z, Kadar M, Kalman E, Scheirich Szax A & Vargha M (2016) Prevalence of *Legionella* in premise plumbing in Hungary. *Water Res* **90**: 71-78.
- Beauté J on behalf of the European Legionnaires' Disease Surveillance Network (2017) Legionnaires' disease in Europe, 2011 to 2015. *Eurosurveillance* **22**: 30566.
- Bédard E, Fey S, Charron D, Lalancette C, Cantin P, Dolce P, Laferrière C, Deziel E & Prévost M (2015) Temperature diagnostic to identify high risk areas and optimize *Legionella pneumophila* surveillance in hot water distribution systems. *Water Res* **71**: 244-256.
- Bédard E, Boppe I, Kouamé S, Martin P, Pinsonneault L, Valiquette L, Racine J & Prévost M (2016) Combination of Heat Shock and Enhanced Thermal Regime to Control the Growth of a Persistent *Legionella pneumophila* Strain. *Pathogens* **5**: 35.
- Bédard E, Levesque S, Martin P, et al. (2016) Energy conservation and the promotion of *Legionella pneumophila* growth: the probable role of heat exchangers in a nosocomial outbreak. *Infect Control Hosp Epidemiol* **37**: 1475-1480.
- Bédard E, Paranjape K, Lalancette C, Villion M, Quach C, Laferrière C, Faucher SP & Prévost M (2019) *Legionella pneumophila* levels and sequence-type distribution in hospital hot water samples from faucets to connecting pipes. *Water Res* **156**: 277-286.
- Benson RF, Thacker WL, Daneshvar MI & Brenner DJ (1996) *Legionella waltersii* sp. nov. and an unnamed *Legionella* genomospecies isolated from water in Australia. *Int J Syst Bacteriol* **46**: 631-634.
- Bereschenko LA (2013) Effect van leeftijd op de groeibevorderende eigenschappen van PVC-U en PE in contact met drinkwater. BTO 2013.037. KWR Water Research Institute, Nieuwegein, Nederland.
- Blanc DS, Carrara P, Zanetti G & Francioli P (2005) Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control *Legionella*: seven years of experience in a university teaching hospital. *J Hosp Infect* **60**: 69-72.
- Bleys B & Dinne K (2020) Is een SWW-productietemperatuur van 60°C noodzakelijk om legionellaontwikkeling te vermijden? *TVVL Magazine* **2020**: 31-35.
- Bonde GJ (1966) Bacteriological methods for estimation of water pollution. *Health laboratory science* **3**: 124-128.
- Boppe I, Bédard E, Taillandier C, Lecellier D, Nantel-Gauvin M-A, Villion M, Laferrière C & 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, Montagna MT, Stampi S, et al. (2005) *Legionella* contamination in hot water of Italian hotels. *Appl Environ Microbiol* **71**: 5805-5813.
- Borella P, Montagna MT, Romano-Spica V, et al. (2004) *Legionella* infection risk from domestic hot water. *Emerg Infect Dis* **10**: 457-464.

- Borella P, Bargellini A, Marchegiano P, Vecchi E & Marchesi I (2016) Hospital-acquired *Legionella* infections: an update on the procedures for controlling environmental contamination. *Annali di igiene: medicina preventiva e di comunità* **28**: 98-108.
- Brandsema P & Schalk JA (2010) Welke legionellasoorten zijn niet ziekteverwekkend? Briefrapport 210231005/2010. RIVM, Bilthoven.
- Brouwer S, van der Wielen PWJJ, Schriks M, Claassen M & Frijns J (2018) Public participation in science: The future and value of citizen science in the drinking water research. *Water (Switzerland)* **10**.
- Buil JB, Meijer EFJ, Denning DW, Verweij PE & Meis JF (2020) Burden of serious fungal infections in the Netherlands. *Mycoses* **63**: 625-631.
- Buse HY & Ashbolt NJ (2011) Differential growth of *Legionella pneumophila* strains within a range of amoebae at various temperatures associated with in-premise plumbing. *Lett Appl Microbiol* **53**: 217-224.
- Buse HY, Lu J, Struewing IT & Ashbolt NJ (2014) Preferential colonization and release of *Legionella pneumophila* from mature drinking water biofilms grown on copper versus unplasticized polyvinylchloride coupons. *Int J Hyg Environ Health* **217**: 219-225.
- Buse HY, Ji P, Gomez-Alvarez V, Pruden A, Edwards MA & Ashbolt NJ (2017) Effect of temperature and colonization of *Legionella pneumophila* and *Vermamoeba vermiformis* on bacterial community composition of copper drinking water biofilms. *Microb Biotechnol* **10**: 773-788.
- Calvo-Bado LA, Morgan JAW, Sergeant M, Pettitt TR & Whipps JM (2003) Molecular characterization of *Legionella* populations present within slow sand filters used for fungal plant pathogen suppression in horticultural crops. *Appl Environ Microbiol* **69**: 533.
- Carvalho FRS, Nastasi FR, Gamba RC, Foronda AS & Pellizari VH (2008) Occurrence and diversity of Legionellaceae in Polar lakes of the Antarctic Peninsula. *Curr Microbiol* **57**: 294-300.
- Casini B, Aquino F, Totaro M, *et al.* (2017) Application of hydrogen peroxide as an innovative method of treatment for *Legionella* control in a hospital water network. *Pathogens* **6**.
- Cassier P, Landelle C, Reyrolle M, Nicolle MC, Slimani S, Etienne J, Vanhems P & Jarraud S (2013) Hospital washbasin water: risk of legionella-contaminated aerosol inhalation. *J Hosp Infect* **85**: 308-311.
- Cervero-Aragó S, Rodriguez-Martinez S, Canals O, Salvado H & Araujo RM (2013) Effect of thermal treatment on free-living amoeba inactivation. *J Appl Microbiol* **116**: 728-736.
- Cervero-Aragó S, Schrammel B, Dietersdorfer E, Sommer R, Lück C, Walochnik J & Kirschner A (2019) Viability and infectivity of viable but nonculturable *Legionella pneumophila* strains induced at high temperatures. *Water Res* **158**: 268-279.
- Charron D, Bédard E, Lalancette C, Laferrière C & Prévost M (2015) Impact of electronic faucets and water quality on the occurrence of *Pseudomonas aeruginosa* in water: a multi-hospital study. *Infect Control Hosp Epidemiol* **36**: 311-319.
- Chen YS, Lin WR, Liu YC, *et al.* (2002) Residential water supply as a likely cause of community-acquired Legionnaires' disease in an immunocompromised host. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* **21**: 706-709.
- Ciesielski CA, Blaser MJ & Wang WL (1984) Role of stagnation and obstruction of water flow in isolation of *Legionella pneumophila* from hospital plumbing. *Appl Environ Microbiol* **48**: 984-987.
- Collier S, Deng L, Adam E, *et al.* (2021) Estimate of Burden and Direct Healthcare Cost of Infectious Waterborne Disease in the United States. *Emerging Infectious Disease journal* **27**: 140.
- Collins S, Stevenson D, Bennett A & Walker J (2017) Occurrence of *Legionella* in UK household showers. *Int J Hyg Environ Health* **220**: 401-406.
- Council NR (2004) Indicators for Waterborne Pathogens. The National Academies Press, Washington, DC.
- Cristina ML, Spagnolo AM, Casini B, Baggiani A, Del Giudice P, Brusaferrero S, Poscia A, Moscato U, Perdelli F & Orlando P (2014) The impact of aerators on water contamination by emerging gram-negative opportunists in at-risk hospital departments. *Infect Control Hosp Epidemiol* **35**: 122-129.
- Cullom AC, Martin RL, Song Y, Williams K, Williams A, Pruden A & Edwards MA (2020) Critical review: propensity of premise plumbing pipe materials to enhance or diminish growth of *Legionella* and other opportunistic pathogens. *Pathogens* **9**.
- Cunha BA, Burillo A & Bouza E (2016) Legionnaires' disease. *The Lancet* **387**: 376-385.
- Dai D, Rhoads WJ, Edwards MA & Pruden A (2018) Shotgun metagenomics reveals taxonomic and functional shifts in hot water microbiome due to temperature setting and stagnation. *Frontiers in Microbiology* **9**: 2695.

- Darelid J, Löfgren S & Malmvall BE (2002) Control of nosocomial Legionnaires' disease by keeping the circulating hot water temperature above 55°C: experience from a 10-year surveillance programme in a district general hospital. *J Hosp Infect* **50**: 213-219.
- De Giglio O, Diella G, Lopuzzo M, *et al.* (2020) Impact of lockdown on the microbiological status of the hospital water network during COVID-19 pandemic. *Environ Res* **191**: 110231.
- de Greeff S, Mouton J, Schoffelen A & Verduin C (2019) NethMap 2019: Consumption of antimicrobial agents and antimicrobial resistance among medically important bacteria in the Netherlands/MARAN 2019: Monitoring of Antimicrobial Resistance and Antibiotic Usage in Animals in the Netherlands in 2018. 10.21945/RIVM-2019-0038 RIVM, Bilthoven.
- Delgado-Viscogliosi P, Solignac L & Delattre JM (2009) Viability PCR, a culture-independent method for rapid and selective quantification of viable *Legionella pneumophila* cells in environmental water samples. *Appl Environ Microbiol* **75**: 3502-3512.
- Den Boer JW, Euser SM, Brandsema P, Reijnen L & Bruin JP (2015) Results from the national *Legionella* outbreak detection program, the Netherlands, 2002-2012. *Emerg Infect Dis* **21**: 1167-1173.
- Den Boer JW, Euser SM, Brandsema P, Reijnen L & Bruin JP (2016) Preventie van legionellapneumonie in Nederland. Resultaten van de bronopsporingseenheid legionellapneumoniae in 2002-2012. *Ned Tijdschr Geneeskd* **160**: A9867.
- Dennis PJ, Green D & Jones BP (1984) A note on the temperature tolerance of *Legionella*. *J Appl Bacteriol* **56**: 349-350.
- Dijkstra F, van Gageldonk-Lafeber AB, Brandsema P, Friesema IHM, Robert-Du Ry van Beest Holle M, van der Lubben IM, Wilbrink B, Meijer A, van der Hoek W & van der Sande MAB (2008) Jaarrapportage respiratoire infectieziekten 2007/2008. RIVM briefrapport 210231003. RIVM, Bilthoven.
- Dilger T, Melzl H & Gessner A (2018) *Legionella* contamination in warm water systems: A species-level survey. *Int J Hyg Environ Health* **221**: 199-210.
- Donohue MJ, O'Connell K, Vesper SJ, Mistry JH, King D, Kostich M & Pfaller S (2014) Widespread molecular detection of *Legionella pneumophila* Serogroup 1 in cold water taps across the United States. *Environ Sci Technol* **48**: 3145-3152.
- Dufour A, Snozzi M, Koster W, Bartram J, Ronchi E & Fewtrell L (2013) Assessing microbial safety of drinking water: improving approaches and methods. IWA Publishing.
- Dziejwski DM, Ingles E, Codru N, Strepelis J & 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**: 971-976.
- Engel HW, Berwald LG & Havelaar AH (1980) The occurrence of *Mycobacterium kansasii* in tapwater. *Tubercle* **61**: 21-26.
- Epalle T, Girardot F, Allegra S, Maurice-Blanc C, Garraud O & Riffard S (2015) Viable but not culturable forms of *Legionella pneumophila* generated after heat shock treatment are infectious for macrophage-like and alveolar epithelial cells after resuscitation on *Acanthamoeba polyphaga*. *Microb Ecol* **69**: 215-224.
- Ezzeddine H, Van Ossel C, Delmee M & Wauters G (1989) *Legionella* spp in a hospital hot water system: effect of control measures. *J Hosp Infect* **13**: 121-131.
- Farhat M, Trouilhé MC, Briand E, Moletta-Denat M, Robine E & Frère J (2010) Development of a pilot-scale 1 for *Legionella* elimination in biofilm in hot water network: heat shock treatment evaluation. *J Appl Microbiol* **108**: 1073-1082.
- Farhat M, Moletta-Denat M, Frere J, Onillon S, Trouilhe MC & Robine E (2012) Effects of Disinfection on *Legionella* spp, Eukarya, and Biofilms in a Hot Water System. *Appl Environ Microbiol* **78**: 6850-6858.
- Farrell ID, Barker JE, Miles EP & Hutchison JGP (1990) A field study of the survival of *Legionella pneumophila* in a hospital hot-water system. *Epidemiol Infect* **104**: 381-387.
- Fields BS, Barbaree JM, Sanden GN & Morrill WE (1990) Virulence of a *Legionella anisa* strain associated with Pontiac fever: an evaluation using protozoan, cell culture, and guinea pig models. *Infect Immun* **58**: 3139-3142.
- Fisher-Hoch SP, Smith MG & Colbourne JS (1982) *Legionella pneumophila* in hospital hot water cylinders. *Lancet* **1**: 1073.
- Giao MS, Wilks SA & Keevil CW (2015) Influence of copper surfaces on biofilm formation by *Legionella pneumophila* in potable water. *Biometals* **28**: 329-339.
- Girolamini L, Dormi A, Pellati T, *et al.* (2019) Advances in *Legionella* control by a new formulation of hydrogen peroxide and silver salts in a hospital hot water network. *Pathogens* **8**(4).
- Groothuis DG, Veenendaal HR & Dijkstra HL (1985) Influence of temperature on the number of *Legionella pneumophila* in hot water systems. *J Appl Bacteriol* **59**: 529-536.

- Halabi M, Wiesholzer-Pittl M, Schöberl J & Mittermayer H (2001) Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella* spp *J Hosp Infect* **49**: 117-121.
- Hamilton KA, Prussin AJ 2nd, Ahmed W & Haas CN (2018). Outbreaks of Legionnaires' Disease and Pontiac Fever 2006-2017. *Curr Environ Health Rep*, *5*(2), 263-271.
- Hamilton KA, Hamilton MT, Johnson W, Jjemba P, Bukhari Z, LeChevallier M, Haas CN & Gurian PL (2019) Risk-based critical concentrations of *Legionella pneumophila* for indoor residential water uses. *Environ Sci Technol* **53**: 4528-4541.
- Hayes-Phillips D, Bentham R, Ross K & Whiley H (2019) Factors influencing *Legionella* contamination of domestic household showers. *Pathogens* **8**(1).
- Hozalski RM, LaPara TM, Zhao X, Kim T, Waak MB, Burch T & McCarty M (2020) Flushing of stagnant premise water systems after the covid-19 shutdown can reduce infection risk by *Legionella* and *Mycobacterium* spp *Environ Sci Technol* **54**: 15914-15924.
- Hrubá L (2009) The colonization of hot water systems by *Legionella*. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM* **16**: 115-119.
- Huang C, Shen Y, Smith RL, Dong S & Nguyen TH (2020) Effect of disinfectant residuals on infection risks from *Legionella pneumophila* released by biofilms grown under simulated premise plumbing conditions. *Environ Int* **137**: 105561.
- Jacobs HE, Botha BE & Blokker EJM (2018) Household hot water temperature - an analysis at end-use level. 1st International Joint Conference in Water Distribution Systems Analysis and Computing and Control in the Water Industry, Kingston, Canada.
- Ji P, Rhoads WJ, Edwards MA & Pruden A (2018) Effect of heat shock on hot water plumbing microbiota and *Legionella pneumophila* control. *Microbiome* **6**: 30.
- Johnson WJ, Jjemba PK, Bukhari Z & LeChevallier MW (2018) Occurrence of *Legionella* in Nonpotable Reclaimed Water. *Journal - American Water Works Association* **110**: 15-27.
- Kistemann, T & Wasser, F (2018) Big data: Markante Erkenntnisse aus der Legionellen-Routineüberwachung. *Sanitär und Heizungstechnik*, 34-39.
- Kruse E-B, Wehner A & Wisplinghoff H (2016) Prevalence and distribution of *Legionella* spp in potable water systems in Germany, risk factors associated with contamination, and effectiveness of thermal disinfection. *Am J Infect Control* **44**: 470-474.
- Kuijper EJ, Bol P, Peeters MF, Steigerwalt AG, Zanen HC & Brenner DJ (1989) Clinical and epidemiologic aspects of members of *Aeromonas* DNA hybridization groups isolated from human feces. *J Clin Microbiol* **27**: 1531-1537.
- Kusnetsov JM, Ottoila E & Martikainen PJ (1996) Growth, respiration and survival of *Legionella pneumophila* at high temperatures. *J Appl Bacteriol* **81**: 341-347.
- La Scola B, Mezi L, Weiller PJ & Raoult D (2001) Isolation of *Legionella anisa*; using an amoebic coculture procedure. *J Clin Microbiol* **39**: 365.
- Lautenschlager K, Boon N, Wang Y, Egli T & Hammes F (2010) Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. *Water Res* **44**: 4868-4877.
- Learchbuch K (2018) Variatie in biomassa-productiepotentie (BPP) van PE-materialen die door drinkwaterbedrijven worden gebruikt. BTO 2018.007. KWR Water Research Institute, Nieuwegein, Nederland.
- Learchbuch KLG, Lut MC, Liu G, Smidt H & van der Wielen PWJJ (2019) *Legionella* growth potential of drinking water produced by a reverse osmosis pilot plant. *Water Res* **157**: 55-63.
- LeChevallier MW, Welch NJ & Smith DB (1996) Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water. *Appl Environ Microbiol* **62**: 2201-2211.
- Lecointe D, Beauvais R, Breton N, Cailleret R & Pangon B (2019) Control of legionellae in a new healthcare facility following implementation of a thermal control strategy. *Infectious Diseases* **51**: 102-112.
- Lee S, Charlett A & McCracken G (2018) Interventions to reduce colonisation of a hospital water distribution system. Proc. ESGLI Conference 2018. August 28-30, Lyon, France.
- Lee TC, Stout JE & Yu VL (1988) Factors predisposing to *Legionella pneumophila* colonization in residential water systems. *Arch Environ Health* **43**: 59-62.
- Lee TC, Vickers RM, Yu VL & Wagener MM (1993) Growth of 28 *Legionella* species on selective culture media: a comparative study. *J Clin Microbiol* **31**: 2764.
- Leoni E, De Luca G, Legnani PP, Sacchetti R, Stampi S & Zanetti F (2005) *Legionella* waterline colonization: detection of *Legionella* species in domestic, hotel and hospital hot water systems. *J Appl Microbiol* **98**: 373-379.
- Liu Z, Lin YE, Stout JE, Hwang CC, Vidic RD & Yu VL (2006) Effect of flow regimes on the presence of *Legionella* within the biofilm of a model plumbing system. *J Appl Microbiol* **101**: 437-442.

- Lück PC, Leupold I, Hlawitschka M, Helbig JH, Carmienke I, Jatzwauk L & Guderitz T (1993) Prevalence of *Legionella* species, serogroups, and monoclonal subgroups in hot water systems in south-eastern Germany. *Zentralbl Hyg Umweltmed* **193**: 450-460.
- Lück PC, Schneider T, Wagner J, Walther I, Reif U, Weber S & Weist K (2008) Community-acquired Legionnaires' disease caused by *Legionella pneumophila* serogroup 10 linked to the private home. *J Med Microbiol* **57**: 240-243.
- Marchesi I, Marchegiano P, Bargellini A, Cencetti S, Frezza G, Miselli M & Borella P (2011) Effectiveness of different methods to control *Legionella* in the water supply: ten-year experience in an Italian university hospital. *J Hosp Infect* **77**: 47-51.
- Martin RL, Strom OR, Pruden A & Edwards MA (2020) Interactive effects of copper pipe, stagnation, corrosion control, and disinfectant residual influenced reduction of *Legionella pneumophila* during simulations of the Flint water crisis. *Pathogens* **9**(9).
- Mathys W, Stanke J, Harmuth M & Junge-Mathys E (2008) Occurrence of *Legionella* in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating. *Int J Hyg Environ Health* **211**: 179-185.
- Mazzotta M, Girolamini L, Pascale MR, Lizzadro J, Salaris S, Dormi A & Cristino S (2020) The Role of Sensor-Activated Faucets in Surgical Handwashing Environment as a Reservoir of *Legionella*. *Pathogens* **9**: 446.
- Meenhorst PL, Reingold AL, Groothuis DG, Gorman GW, Wilkinson HW, McKinney RM, Feeley JC, Brenner DJ & van Furth R (1985) Water-related nosocomial pneumonia caused by *Legionella pneumophila* serogroups 1 and 10. *J Infect Dis* **152**: 356-364.
- Moore MR, Pryor M, Fields B, Lucas C, Phelan M & Besser RE (2006) Introduction of monochloramine into a municipal water system: impact on colonization of buildings by *Legionella* spp *Appl Environ Microbiol* **72**: 378-383.
- Moritz MM, Flemming HC & Wingender J (2010) Integration of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella pneumophila* in drinking water biofilms grown on domestic plumbing materials. *Int J Hyg Environ Health* **213**: 190-197.
- Mouchtouri V, Velonakis E, Tsakalof A, Kapoula C, Goutziana G, Vatopoulos A, Kremastinou J & Hadjichristodoulou C (2007) Risk factors for contamination of hotel water distribution systems by *Legionella* species. *Appl Environ Microbiol* **73**: 1489-1492.
- Mouchtouri V, Velonakis E & Hadjichristodoulou C (2007) Thermal disinfection of hotels, hospitals, and athletic venues hot water distribution systems contaminated by *Legionella* species. *Am J Infect Control* **35**: 623-627.
- Muder RR & Victor LY (2002) Infection due to *Legionella* species other than *L. pneumophila*. *Clin Infect Dis* **35**: 990-998.
- National Academies of Sciences EM (2019) Management of *Legionella* in Water Systems. The National Academies Press, Washington, DC.
- Niedevelde CJ, Pet FM & Meenhorst PL (1986) Effect of rubbers and their constituents on proliferation of *Legionella pneumophila* in naturally contaminated hot water. *Lancet* **2**: 180-184.
- Nisar MA, Ross KE, Brown MH, Bentham R & Whiley H (2020) Water Stagnation and Flow Obstruction Reduces the Quality of Potable Water and Increases the Risk of Legionellosis. *Frontiers in Environmental Science* **8**.
- Nuijten OW (2019) Nederlandse regels legionellapreventie niet effectief. *TVVL Magazine* **2019**: 38-44.
- Oosterholt FIHM & Veenendaal HR (2002) Onderzoek naar het voorkomen van *Legionella* in woninginstallaties. Fase II: praktijkonderzoek. KOA 02.067. KWR Water Research Institute, Nieuwegein, Nederland.
- Ohno A, Kato N, Sakamoto R, Kimura S & Yamaguchi K (2008) Temperature-dependent parasitic relationship between *Legionella pneumophila* and a free-living amoeba (*Acanthamoeba castellanii*). *Appl Environ Microbiol* **74**: 4585-4588.
- Orsi GB, Vitali M, Marinelli L, et al. (2014) *Legionella* control in the water system of antiquated hospital buildings by shock and continuous hyperchlorination: 5 years experience. *BMC infectious diseases* **14**: 394.
- Pancer K, Matuszewska R, Bartosik M, Kacperski K & 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 complex risk analysis. *Ann Agric Environ Med* **20**: 687-694.
- Parthuisot N, West NJ, Lebaron P & Baudart J (2010) High diversity and abundance of *Legionella* spp in a pristine river and impact of seasonal and anthropogenic effects. *Appl Environ Microbiol* **76**: 8201-8210.
- Patterson WJ, Seal DV, Curran E, Sinclair TM & McLuckie JC (1994) Fatal nosocomial Legionnaires' disease: relevance of contamination of hospital water supply by temperature-dependent buoyancy-driven flow from spur pipes. *Epidemiol Infect* **112**: 513-525.

- Peiró Callizo EF, Sierra JD, Pombo JMS, Baquedano CE & Huerta BP (2005) Evaluation of the effectiveness of the Pastormaster method for disinfection of *Legionella* in a hospital water distribution system. *J Hosp Infect* **60**: 150-158.
- Perola O, Kauppinen J, Kusnetsov J, KÄRkkÄinen U-M, LÜCk PC & Katila M-L (2005) Persistent *Legionella pneumophila* colonization of a hospital water supply: efficacy of control methods and a molecular epidemiological analysis. *APMIS* **113**: 45-53.
- Petrisek R & Hall J (2018) Evaluation of a most probable number method for the enumeration of *Legionella pneumophila* from North American potable and nonpotable water samples. *J Water Health* **16**: 25-33.
- Plouffe JF, Webster LR & Hackman B (1983) Relationship between colonization of hospital building with *Legionella pneumophila* and hot water temperatures. *Appl Environ Microbiol* **46**: 769-770.
- Pringler N, Brydov P & Uldum SA (2002) Occurrence of *Legionella* in Danish hot water systems. In *Legionella* (eds R. Marre, Y.A. Kwaik, C. Bartlett, N.P. Cianciotto, B.S. Fields, M. Frosch, J. Hacker and P.C. Lück).
- Proctor CR, Dai D, Edwards MA & Pruden A (2017) Interactive effects of temperature, organic carbon, and pipe material on microbiota composition and *Legionella pneumophila* in hot water plumbing systems. *Microbiome* **5**: 130.
- Proctor CR, Reimann M, Vriens B & Hammes F (2018) Biofilms in shower hoses. *Water Res* **131**: 274-286.
- Pryor M, Springthorpe S, Riffard S, Brooks T, Huo Y, Davis G & Sattar SA (2004) Investigation of opportunistic pathogens in municipal drinking water under different supply and treatment regimes. *Water Sci Technol* **50**: 83-90.
- Rasheduzzaman M, Singh R, Haas CN & Gurian PL (2020) Required water temperature in hotel plumbing to control *Legionella* growth. *Water Res* **182**: 115943.
- Reukers DFM, van Asten L, Brandsema PS, *et al.* (2020) Annual report Surveillance of influenza and other respiratory infections in the Netherlands; winter 2019/2020. Rapport 2020-0177. RIVM, Bilthoven.
- Rhoads WJ, Pruden A & Edwards MA (2016) Convective mixing in distal pipes exacerbates *Legionella pneumophila* growth in hot water plumbing. *Pathogens* **5**: 29.
- Rhoads WJ, Pruden A & Edwards MA (2017) Interactive effects of corrosion, copper, and chloramines on *Legionella* and mycobacteria in hot water plumbing. *Environ Sci Technol* **51**: 7065-7075.
- Rhoads WJ, Ji P, Pruden A & Edwards MA (2015) Water heater temperature set point and water use patterns influence *Legionella pneumophila* and associated microorganisms at the tap. *Microbiome* **3**: 67.
- Ricketts KD & Joseph CA (2007) Legionnaires disease in Europe: 2005-2006. *Euro Surveill* **12**: E7-8.
- Riffard S, Douglass S, Brooks T, Springthorpe S, Filion LG & Sattar SA (2001) Occurrence of *Legionella* in groundwater: an ecological study. *Water Sci Technol* **43**: 99-102.
- Rodriguez-Martinez S, Sharaby Y, Pecellin M, Brettar I, Hofle M & Halpern M (2015) Spatial distribution of *Legionella pneumophila* MLVA-genotypes in a drinking water system. *Water Res* **77**: 119-132.
- Rogers J, Dowsett AB, Dennis PJ, Lee JV & Keevil CW (1994) Influence of temperature and plumbing material selection on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in a model potable water system containing complex microbial flora. *Appl Environ Microbiol* **60**: 1585.
- Saby S, Vidal A & Suty H (2005) Resistance of *Legionella* to disinfection in hot water distribution systems. *Water Sci Technol* **52**: 15-28.
- Sartory DP, Spies K, Lange B, Schneider S & Langer B (2017) Evaluation of a most probable number method for the enumeration of *Legionella pneumophila* from potable and related water samples. *Lett Appl Microbiol* **64**: 271-275.
- Scaturro M, Buffoni M, Girolamo A, *et al.* (2020) Performance of Legiolert test vs. ISO 11731 to confirm *Legionella pneumophila* contamination in potable water samples. *Pathogens* **9**(9).
- Schalk JA, Docters van Leeuwen AE, Lodder WJ, de Man H, Euser S, den Boer JW & de Roda Husman AM (2012) Isolation of *Legionella pneumophila* from pluvial floods by amoebal coculture. *Appl Environ Microbiol* **78**: 4519-4521.
- Schildkraut JA, Gallagher J, Morimoto K, Lange C, Haworth C, Floto RA, Hoefsloot W, Griffith DE, Wagner D & Ingen JV (2020) Epidemiology of nontuberculous mycobacterial pulmonary disease in Europe and Japan by Delphi estimation. *Respiratory medicine* **173**: 106164.
- Schoen ME & Ashbolt NJ (2011) An in-premise model for *Legionella* exposure during showering events. *Water Res* **45**: 5826-5836.
- Schoenen D & Wehse A (1988) Microbial contamination of water by pipe and hose material. 1. Detection of colony count changes. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B* **186**: 108-117.
- Schulze-Robbecke R, Rodder M & Exner M (1987) Multiplication and killing temperatures of naturally occurring legionellas. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B* **184**: 495-500.

- Spies K, Pleischl S, Lange B, Langer B, Hübner I, Jurzik L, Luden K & Exner M (2018) Comparison of the Legiolert™/ Quanti-Tray® MPN test for the enumeration of *Legionella pneumophila* from potable water samples with the German regulatory requirements methods ISO 11731-2 and ISO 11731. *Int J Hyg Environ Health* **221**: 1047-1053.
- States SJ, Conley LF, Ceraso M, Stephenson TE, Wolford RS, Wadowsky RM, McNamara AM & Yee RB (1985) Effects of metals on *Legionella pneumophila* growth in drinking water plumbing systems. *Appl Environ Microbiol* **50**: 1149-1154.
- Steele TW & McLennan AM (1996) Infection of *Tetrahymena pyriformis* by *Legionella longbeachae* and other *Legionella* species found in potting mixes. *Appl Environ Microbiol* **62**: 1081-1083.
- Steinert M, Ockert G, Lück C & Hacker J (1998) Regrowth of *Legionella pneumophila* in a heat-disinfected plumbing system. *Zentralblatt für Bakteriologie* **288**: 331-342.
- Storey MV, Winiecka-Krusnell J, Ashbolt NJ & Stenström TA (2004) The efficacy of heat and chlorine treatment against thermotolerant Acanthamoebae and Legionellae. *Scand J Infect Dis* **36**: 656-662.
- Stout JE, Best MG & Yu VL (1986) Susceptibility of members of the family Legionellaceae to thermal stress: implications for heat eradication methods in water distribution systems. *Appl Environ Microbiol* **52**: 396-399.
- Stout JE, Yu VL & Muraca P (1987) Legionnaires' disease acquired within the homes of two patients. Link to the home water supply. *JAMA* **257**: 1215-1217.
- Stout JE, Yu VL, Yee YC, Vaccarello S, Diven W & Lee TC (1992) *Legionella pneumophila* in residential water supplies: environmental surveillance with clinical assessment for Legionnaires' disease. *Epidemiol Infect* **109**: 49-57.
- Stout JE, Muder RR, Mietzner S, *et al.* (2007) Role of environmental surveillance in determining the risk of hospital-acquired legionellosis: a national surveillance study with clinical correlations. *Infect Control Hosp Epidemiol* **28**: 818-824.
- Svarrer CW & Uldum SA (2012) The occurrence of *Legionella* species other than *Legionella pneumophila* in clinical and environmental samples in Denmark identified by mip gene sequencing and matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Clinical Microbiology and Infection* **18**: 1004-1009.
- Sydnor ERM, Bova G, Gimburg A, Cosgrove SE, Perl TM & Maragakis LL (2015) Electronic-eye faucets: *Legionella* species contamination in healthcare settings. *Infection Control & Hospital Epidemiology* **33**: 235-240.
- Thacker WL, Dyke JW, Benson RF, Havlichek DH, Robinson-Dunn B, Stiefel H, Schneider W, Moss CW, Mayberry WR & Brenner DJ (1992) *Legionella lansingensis* sp. nov. isolated from a patient with pneumonia and underlying chronic lymphocytic leukemia. *J Clin Microbiol* **30**: 2398.
- Tison DL, Pope DH, Cherry WB & Fliermans CB (1980) Growth of *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae (cyanobacteria). *Appl Environ Microbiol* **39**: 456-459.
- Tobin JO, Bartlett CL, Waitkins SA, Barrow GI, Macrae AD, Taylor AG, Fallon RJ & Lynch FR (1981) Legionnaires' disease: further evidence to implicate water storage and distribution systems as sources. *British medical journal (Clinical research ed)* **282**: 573-573.
- Totaro M, Valentini P, Costa AL, Giorgi S, Casini B & Baggiani A (2018) Rate of *Legionella pneumophila* colonization in hospital hot water network after time flow taps installation. *J Hosp Infect* **98**: 60-63.
- Valster RM, Wullings BA, van den Berg R & van der Kooij D (2011) Relationships between free-living protozoa, cultivable *Legionella* spp, and water quality characteristics in Three drinking Water supplies in the Caribbean. *Appl Environ Microbiol* **77**: 7321-7328.
- van der Kooij D (2002) Bepaling van de groeibevordering van materialen in contact met drinkwater. BTO 2002. Kiwa Water Research, Nieuwegein, Nederland.
- van der Kooij D (2014) *Legionella* in drinking-water supplies. *Microbial Growth in Drinking Water Supplies Problems, Causes, Controls and Research Needs*, (Van der Kooij D & Van der Wielen PWJJ, eds.), pp. 127-175. IWA Publishing, London, UK.
- van der Kooij D & Veenendaal HR (2007) Foundation of pass-fail criteria for the biomass production potential of materials in contact with treated water. KWR 07.100. KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- van der Kooij D & Veenendaal HR (2011) Bepaling en beoordeling van de legionellagroepotentie van drinkwater. BTO 2011.037. KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- van der Kooij D & van der Wielen PWJJ (2014) Microbial growth in drinking-water supplies. Problems, causes, control and research needs. IWA Publishing, London, UK.
- van der Kooij D, Albrechtsen H-J, Corftzen CB, *et al.* (2003) Assessment of the microbial growth support potential of products in contact with drinking water (CPDW): Development of a harmonised test to be used in the European Acceptance Scheme concerning CPDW.

- van der Kooij D, Baggelaar PK, Veenendaal HR, Moulin L, Corfitzen CB, Albrechtsen HJ, Holt D & Hamsch B (2006) Standardising the biomass production potential test method for determining the enhancement of microbial growth by construction products in contact with drinking water.
- van der Kooij D, Wubbels G & Veenendaal G (2007) Legionellabacteriën in leidingwaterinstallaties behoren meestal tot de ongevaarlijke soort *Legionella anisa*. *H2O* 2007: 33-35.
- van der Kooij D, Veenendaal HR & Scheffer WJ (2005) Biofilm formation and multiplication of *Legionella* in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. *Water Res* 39: 2789-2798.
- van der Kooij D, Brouwer-Hanzens AH & Veenendaal HR (2009) Influence of the water temperature on growth of *Legionella pneumophila* and *Legionella anisa* in biofilms (in Dutch). KWR 09.056. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, the Netherlands.
- van der Kooij D, Brouwer-Hanzens AH & Veenendaal HR (2010) Influence of the temperature on growth of *Legionella pneumophila* in liquid media and biofilms (in Dutch). KWR 2010.057. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, the Netherlands.
- van der Kooij D, Brouwer-Hanzens AJ, Veenendaal HR & Wullings BA (2016) Multiplication of *Legionella pneumophila* sequence types 1, 47, and 62 in buffered yeast extract broth and biofilms exposed to flowing tap water at temperatures of 38°C to 42°C. *Appl Environ Microbiol* 82: 6691-6700.
- van der Kooij D, Veenendaal HR & Italiaander R (2020) Corroding copper and steel exposed to intermittently flowing tap water promote biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila*. *Water Res* 183: 115951.
- van der Kooij D, Veenendaal HR, Slaats NPG & Vonk D (2002) Biofilm formation and multiplication of *Legionella* on synthetic pipe materials in contact with treated water under static and dynamic conditions. *Legionella*, (Marre R, Abu Kwaik Y, Bartlett C, Cianciotto NP, Fields BS, Frosch M, Hacker J & Luck PC, eds.), pp. 176-180. ASM Press, Washington, D.C.
- van der Kooij D, Bakker GL, Italiaander R, Veenendaal HR & Wullings BA (2017) Biofilm composition and threshold concentration for growth of *Legionella pneumophila* on surfaces exposed to flowing warm tap water without disinfectant. *Appl Environ Microbiol* 83: e02737-16.
- van der Lugt W, Euser SM, Bruin JP, den Boer JW & Yzerman EPF (2019) Wide-scale study of 206 buildings in the Netherlands from 2011 to 2015 to determine the effect of drinking water management plans on the presence of *Legionella* spp *Water Res* 161: 581-589.
- van der Lugt W, Euser SM, Bruin JP, Den Boer JW, Walker JT & Crespi S (2017) Growth of *Legionella anisa* in a model drinking water system to evaluate different shower outlets and the impact of cast iron rust. *Int J Hyg Environ Health* 220: 1295-1308.
- van der Mee-Marquet N, Domelier AS, Arnault L, Bloc D, Laudat P, Hartemann P & Quentin R (2006) *Legionella anisa*, a possible indicator of water contamination by *Legionella pneumophila*. *J Clin Microbiol* 44: 56-59.
- van der Wielen, PWJJ (2011) Pass/Fail criteria voor groeibevordering van materialen. Memo voor Commissie van Deskundigen Materialen en Chemicaliën (CvD MC).
- van der Wielen, PWJJ (2020) Invloed van temperatuur op groei van opportunistische ziekteverwekkers in drinkwater. BTO 2020.036. KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- van der Wielen PWJJ & van der Kooij D (2013) Nontuberculous mycobacteria, fungi, and opportunistic pathogens in unchlorinated drinking water in the Netherlands. *Appl Environ Microbiol* 79: 825-834.
- van der Wielen, PWJJ & Bereschenko LA (2016) Rol van leidingmateriaal bij groei van microorganismen en opportunistische pathogenen. BTO 2016.022. KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- van der Wielen PWJJ & Wullings BA (2019) Genotype analyses of *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* and *Aspergillus fumigatus* isolates from drinking water reveal similar genotypes with patient strains. IWA, Vienna, Austria.
- van der Wielen PWJJ, Italiaander R, Wullings BA, Heijnen L & van der Kooij D (2014) Opportunistic pathogens in drinking water in the Netherlands. *Microbial Growth in Drinking-Water Supplies Problems, Causes, Control and Research Needs*, (van der Kooij D & van der Wielen PWJJ, eds.), pp. 177-205. IWA Publishing, London, UK.
- van Dooremalen WTM, Learbuch KLG, Morr e SA, van der Wielen PWJJ & Ammerdorffer A (2020) Limited presence of *Waddlia chondrophila* in drinking water systems in the Netherlands. *New Microbes and New Infections* 34: 100635.
- van Hoof J, Hornstra LM, van der Blom E, Nuijten OW & van der Wielen PWJJ (2014) The presence and growth of *Legionella* species in thermostatic shower mixer taps: an exploratory field study. *Building Services Engineering Research and Technology* 35: 600-612.

- van Ingen J, Bendien SA, de Lange WC, Hoefsloot W, Dekhuijzen PN, Boeree MJ & van Soolingen D (2009) Clinical relevance of non-tuberculous mycobacteria isolated in the Nijmegen-Arnhem region, The Netherlands. *Thorax* **64**: 502-506.
- van Wolferen, J (2019) Mogelijkheden voor het verlagen van de vereiste temperatuur van warm tapwater - onderzoek t.b.v. motie Van der Lee (34 902). Rapport 2019.006. Van Wolferen Research, Apeldoorn.
- van Kenhove E (2018) Coupled Thermohydraulic and Biologic Modelling of *Legionella pneumophila* Proliferation in Domestic Hot Water Systems. Thesis, University of Gent, Belgium.
- Veenendaal HR & van der Kooij D (2008) Validatie van een selectieve kweekmethode voor *Legionella pneumophila* met een vaste voedingsbodem. KWR 08.024. KWR Water Research Institute, Nieuwegein.
- Veenendaal HR, Brouwer-Hanzens AJ & van der Kooij D (2017) Incubation of premise plumbing water samples on Buffered Charcoal Yeast Extract agar at elevated temperature and pH selects for *Legionella pneumophila*. *Water Res* **123**: 439-447.
- Verhoef LPB, Yzerman EPF, Bruin JP & Den Boer JW (2004) Domestic exposure to Legionellae for Dutch Legionnaires' disease Patients. *Archives of Environmental Health: An International Journal* **59**: 597-603.
- Vermeulen LC, Brandsema PS, van de Kastele J, Bom BCJ, van den Berg HHJL & de Roda Husman AM (2019) Mogelijke luchtverspreiding van *Legionella* door afvalwaterzuiveringsinstallaties: een patiënt-controle onderzoek. Rapport 2019-0195. RIVM, Bilthoven.
- Veronesi L, Capobianco E, Affanni P, Pizzi S, Vitali P & Tanzi ML (2007) *Legionella* contamination in the water system of hospital dental settings. *Acta bio-medica: Atenei Parmensis* **78**: 117-122.
- Versteegh JFM, Brandsema PS, van der AA NGFM, Dik HHJ & de Groot GM (2007) Evaluatie legionellapreventie Waterleidingwet. 703719020. RIVM, Bilthoven.
- Verweij PE, Meis JF, Christmann V, Van der Bor M, Melchers WJ, Hilderink BG & Voss A (1998) Nosocomial outbreak of colonization and infection with *Stenotrophomonas maltophilia* in preterm infants associated with contaminated tap water. *Epidemiol Infect* **120**: 251-256.
- von Baum H & Lück C (2011) Ambulant erworbene Legionellenpneumonie. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* **54**: 688-692.
- von Baum H, Ewig S, Marre R, Suttorp N, Gonschior S, Welte T & Lück C (2008) Community-acquired *Legionella pneumoniae*: new insights from the German competence network for community acquired pneumonia. *Clin Infect Dis* **46**: 1356-1364.
- Wadowsky RM, Wolford R, McNamara AM & Yee RB (1985) Effect of temperature, pH, and oxygen level on the multiplication of naturally occurring *Legionella pneumophila* in potable water. *Appl Environ Microbiol* **49**: 1197-1205.
- Wadowsky RM, Yee RB, Mezmar L, Wing EJ & Dowling JN (1982) Hot water systems as sources of *Legionella pneumophila* in hospital and nonhospital plumbing fixtures. *Appl Environ Microbiol* **43**: 1104.
- Wang H, Masters S, Falkinham JO, 3rd, Edwards MA & Pruden A (2015) Distribution system water quality affects responses of opportunistic pathogen gene markers in household water heaters. *Environ Sci Technol* **49**: 8416-8424.
- Wang H, Masters S, Hong Y, Stallings J, Falkinham JO, 3rd, Edwards MA & Pruden A (2012) Effect of disinfectant, water age, and pipe material on occurrence and persistence of *Legionella*, mycobacteria, *Pseudomonas aeruginosa*, and two amoebas. *Environ Sci Technol* **46**: 11566-11574.
- Wullings BA & van der Kooij D (2006) Occurrence and genetic diversity of uncultured *Legionella* spp in drinking water treated at temperatures below 15°C. *Appl Environ Microbiol* **72**: 157-166.
- Wullings BA, Bakker G & van der Kooij D (2011) Concentration and diversity of uncultured *Legionella* spp in two unchlorinated drinking water supplies with different concentrations of natural organic matter. *Appl Environ Microbiol* **77**: 634-641.
- Yates MV (2007) Classical indicators in the 21st century—Far and beyond the coliform. *Water Environ Res* **79**: 279-286.
- Yee RB & Wadowsky RM (1982) Multiplication of *Legionella pneumophila* in unsterilized tap water. *Appl Environ Microbiol* **43**: 1330-1334.
- Yu VL & Stout JE (2004) *Legionella anisa* and hospital water systems. *J Infect Chemother* **10**: 133.
- Zacheus OM & Martikainen PJ (1994) Occurrence of legionellae in hot water distribution systems of Finnish apartment buildings. *Can J Microbiol* **40**: 993-999.
- Zlatanovic L, Moerman A, van der Hoek JP, Vreeburg J & Blokker M (2017) Development and validation of a drinking water temperature model in domestic drinking water supply systems. *Urban Water Journal* **14**: 1031-1037.

BIJLAGE 2

Evaluatiekader

Onderwerp	Aspect	Uitwerking	Onderzoeksmethode	Resultaat
Probleemanalyse en doelformulering Komen tot gedragen probleemanalyse en doelstelling. Beantwoording van IAK vraag 1 t/m 4.	Wetgeving	<ul style="list-style-type: none"> Hoe is het wet- en regelgevend kader omtrent de preventie van Legionella in drinkwatersystemen opgebouwd? (onder andere Drinkwaterwet, Drinkwaterbesluit, Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater) Wat zijn sterke en zwakke punten in de huidige wet- en regelgeving? Waarom? 	Deskresearch, interviews, botsproef (I)	Analyse wetgevend kader van ca. 3 A4 door Berenschot, aanvullende rol KWR
	Krachtenveld	<ul style="list-style-type: none"> Hoe zit het beleidsveld rond Legionella in elkaar? Welke organisaties en partijen zijn betrokken bij de preventie van Legionella in drinkwatersystemen? Wie heeft welke rol en verantwoordelijkheid? Wat zijn de belangen en behoeften van iedere partij? Welke onderlinge verhoudingen bestaan er tussen betrokken organisaties en partijen? 	Deskresearch, interviews, botsproef (I)	Krachtenveldanalyse van ca. 2-3 A4 door KWR, aanvullende rol Berenschot
	Wetenschap	<ul style="list-style-type: none"> Welke nieuwe wetenschappelijke inzichten rond Legionella zijn er de afgelopen jaren opgedaan? (Dit deel richt zich in ieder geval op warmwatertemperatuur, Legionella pneumophila versus non-pneumophila, koudwater- versus warmwatersystemen en de één-literregel, maar kan worden uitgebreid naar aanleiding van gesprekken met de begeleidingscommissie en experts) Welke knelpunten in wet- en regelgeving en/of de uitvoeringspraktijk rond legionellapreventie in drinkwatersystemen kunnen worden aangewezen op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten? Welke suggesties voor aanpassing van wet- en regelgeving en/of de uitvoeringspraktijk kunnen worden gedaan? 	Literatuuronderzoek interviews, botsproef (II)	Beschrijving van wetenschappelijke inzichten door KWR
		<p><i>Tussenproduct probleemdefinitie en doelstelling:</i> Wij stellen een tussenproduct op waarin wij op basis van de verzamelde informatie de probleemdefinitie en doelstelling uiteenzetten. Dit tussenproduct dient als feitenbasis en uiteenzetting van de sporen die in het vervolg verder zullen worden uitgewerkt. Afstemming hierover vindt plaats met de opdrachtgever en begeleidingscommissie. Onder probleemdefinitie en doelstelling verstaan wij het volgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> Probleemdefinitie: Op basis van analyse wetgeving, krachtenveld en wetenschap, een beschrijving van de huidige feitelijke situatie, hoe die wordt gewaardeerd en waarom. Bij het beschrijven van het probleem maken we onderscheid tussen enerzijds de wetenschappelijke feiten (relaties tussen oorzaken en gevolgen) en anderzijds de waardering van die feiten. De feiten zijn voor iedereen hetzelfde, de waardering ervan is afhankelijk van de belangen die men heeft en de waarden die men hanteert. En die kunnen per partij verschillen. Doelstelling: Welke doelstelling kan worden geformuleerd om het vastgestelde probleem op te lossen? 	Analyse onderzoeksteam	Bundeling van analyse wetgeving, krachtenveld en wetenschappelijke inzichten. Beschrijving van probleemdefinitie en doelstelling - waar mogelijk op grafische wijze - in ca. 3 A4 door Berenschot, aanvullende rol KWR
Overheidsinterventie en instrumenten IAK vraag 5, 6		<ul style="list-style-type: none"> Welke wijzigingen moeten plaatsvinden om de doelstelling te bereiken? Welke instrumenten kunnen er – afgezien van aanpassing van wet- en regelgeving – worden ingezet? Is er een taak voor de Rijksoverheid? Wat is rol/betrokkenheid van andere partijen? 	Analyse onderzoeksteam met behulp van stappenplan instrumentkeuze , botsproef (III)	Analyse van instrumentenkeuze en overheidsinterventie door Berenschot, toetsende/aanvullende rol KWR
Gevolgen IAK vraag 7		<ul style="list-style-type: none"> Wat is de impact van potentiële interventies op de preventie van Legionella in drinkwatersystemen? Wat zijn de gevolgen van potentiële interventies voor betrokken partijen (o.a. uitvoerbaarheid, handhaafbaarheid)? 	Analyse onderzoeksteam, botsproef (III)	Analyse van gevolgen door Berenschot, toetsende/aanvullende rol KWR

Onderwerp	Aspect	Uitwerking	Onderzoeks- methode	Resultaat
Conclusie en aanbevelingen		<ul style="list-style-type: none"> • Welke wettelijke voorschriften in de drinkwaterregelingen zouden op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten moeten worden aangepast, en op welke wijze? • Welke huidige wetenschappelijke inzichten met betrekking tot legionellapreventie in drinkwatersystemen geven aanleiding tot aanpassing van de bestaande regelgeving en waarom? • Wat zijn sterke en zwakke punten in theorie en praktijk in de huidige regelgeving en waarom? • Hoe kan de bestaande regelgeving omtrent legionellapreventie in drinkwatersystemen inhoudelijk worden aangepast? • Welke aanpassingen in de uitvoeringspraktijk van legionellapreventie in drinkwatersystemen zouden – afgezien van aanpassing van wet- en regelgeving – moeten worden doorgevoerd? Op welke wijze kan dit worden vormgegeven? 	Analyse onderzoeksteam	Beantwoording van centrale vraagstelling en 3 deelvragen. Aanbevelingen t.a.v. aanpassingen van wet- en regelgeving en/of de uitvoeringspraktijk door Berenschot en KWR
	<p><i>Concept- en eindrapportage</i></p> <p>Op basis van de verzamelde informatie t.a.v. instrumenten, overheidsinterventie en gevolgen, en de derde botsproef analyseren we de uitkomsten en verwerken we deze tot een conceptrapportage. Deze leggen we voor aan de opdrachtgever en begeleidingscommissie. Na ontvangst van het commentaar stellen we de eindrapportage op.</p>			

BIJLAGE 3

Overzicht geïnterviewden, leden begeleidingscommissie en deelnemers botsproef LOPL

Dit rapport is het resultaat van het onderzoek dat Berenschot en KWR Water Research Institute deden in opdracht van het Ministerie van IenW. De inhoud en kwaliteit van het rapport zijn nadrukkelijk de verantwoordelijkheid van Berenschot en

KWR Water Research Institute. De onderstaande personen hebben in diverse rollen een bijdrage geleverd aan het onderzoek, maar zijn niet verantwoordelijk voor de inhoud of de kwaliteit daarvan.

Geïnterviewden	Organisatie
	RIVM
Anne Laming, Frits Mul en Martien Janssen	Vereniging Gehandicaptenzorg Nederland
Danny Schoonrok	Van Hoften Installatietechniek
	ILT
Hans van Wolferen	Van Wolferen Advies
Irene van Veelen	ISSO
Kevin Kanters	Hydroscope/Envaqua
	GGD Haaglanden
Monique Bastmeijer	Stichting Veteranenziekte
Oscar Nuijten	Edu4Install
Sjoerd Euser	Streeklab Haarlem
	Ministerie van IenW
Will Scheffer	TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Leden begeleidingscommissie	Organisatie
	RIVM
Egbert Leiting	Envaqua
Eric van der Blom	Techniek Nederland
	ILT
	ILT
Monique Bastmeijer	Stichting Veteranenziekte
Onno Leevers	ISSO
Oscar Nuijten	Edu4Install
	RIVM
Rick Langen	VEWIN
	Rijksvastgoedbedrijf
	Ministerie van IenW
Ans Versteegh	Stichting Veteranenziekte
	Ministerie van VWS
Jeroen van den Heuvel	HISWA-RECRON

Deelnemers botsproef LOPL	Organisatie
Bert van Steeg	Bureau Leiding
Brenda van Rijn	LOPL
	Omgevingsdienst Noord-Brabant
Elisa van Kenhove	Universiteit Gent
Eric van der Blom	Techniek Nederland
Frank Oosterholt	KWR
Ger Ardon	LOPL
Kevin Kanters	Envaqua
Leo Bikker	Adviseur
Monique Bastmeijer	Stichting Veteranenziekte
	RIVM
Raymond van der Heyden	NVTG
Simcha Geleynse	KIWA
	Rijksvastgoedbedrijf
Walter van der Schee	TVVL
	Ministerie van IenW
Will Scheffer	TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

BIJLAGE 4

Meeropbrengst: door het veld ervaren knelpunten

Tijdens de interviews is aan de respondenten gevraagd welke andere onderwerpen volgens hen relevant zijn in het kader van de huidige legionellawetgeving en die niet zijn meegenomen in de huidige studie. Dit hoofdstuk bevat een puntsgewijze opsomming van die onderwerpen:

- In de regelgeving zou meer ruimte gecreëerd moeten worden voor de toepassing van andere beheersconcepten bij niet-prioritaire instellingen waar wel mensen verblijven die een verhoogd risico lopen (bijvoorbeeld wooncomplexen voor ouderen). Dat strookt ook met overheidsbeleid om ouderen zo lang mogelijk thuis te laten wonen.
- Naar de toekomst toe zou er meer aandacht moeten komen voor 'clean design' van leidingwaterinstallaties bijvoorbeeld gekoppeld aan een clean design label. Als de gemiddelde temperatuur gaat stijgen onder invloed van de klimaatverandering neemt het belang van constructieve details alleen maar toe.
- Er is een groot verschil in intensiteit tussen de beperkte risicoanalyse versus de uitgebreide risicoanalyse zoals opgenomen in bijlage 2 van de regeling Legionellapreventie (voorschrift 1.2.1 b respectievelijk c; noot: *de terminologie beperkt en uitgebreid zelf wordt niet gehanteerd in de Regeling*). Voorschrift 1.2.1 b (noot: *komt overeen met beperkte RA*) doet eigenlijk voorkomen dat je bij wijze van spreken klaar bent als je op alle aerosolvormende tappunten een filter plaatst waar toch ook veel haken en ogen aan zitten, terwijl je anders in een heel complex aan beheersmaatregelen terechtkomt.
- De sector gehandicaptenzorg heeft heel andere zorgen dan de (technische) onderwerpen die hier worden genoemd. Vanuit de sector hebben ze wat dat betreft een ander belang voor ogen. Voor hen is vooral de vraag hoe de regels zodanig kunnen worden georganiseerd dat het in belang van hun bewoners is. Momenteel resulteert de regelgeving in het uitvoeren van nodeloos werk wat veel tijd en geld kost, maar wat in de praktijk totaal niet in het belang van de bewoners is. Dus dat staat los van de techniek en de vraag of effectief legionellabeheer kan worden uitgevoerd.
- Met de enorme dataset aan analysegegevens die we hebben in Nederland kunnen we in theorie veel leren over de risicofactoren voor groei van *Legionella* en over de effectiviteit van legionellabeheer. Hydroscope en ook andere bedrijven zijn al bezig om een dataset op te bouwen op basis van de legionella-analyses die ze uitvoeren en daar big-data analyses mee uit te voeren waarbij gebruik wordt gemaakt van slimme algoritmes. Voor zo'n analyse is nog wel wat tijd nodig, geschat wordt zo'n vijf jaar. Op basis daarvan zou je na vijf jaar de wetgeving nog gericht kunnen aanpassen. Lastig punt hierbij is dat laboratoria niet zomaar klantgegevens kunnen delen.
- De mogelijkheden tot gegevensuitwisseling tussen partijen die met de regelgeving te maken hebben (installatiebeheerders, laboratoria, inspectie, adviseurs) wordt veel te weinig benut. Daar ligt een veelheid aan data die we zouden kunnen benutten om met elkaar meer te leren van praktijksituaties, juist ook om op basis daarvan de regelgeving te kunnen verbeteren. Ook de handhavingcampagnes van ILT leveren veel informatie op over tekortkomingen in de praktijk, maar die worden niet breed teruggekoppeld. De huidige wetgeving bevat dergelijke terugkoppelingen en leereffecten momenteel niet.
- Vanuit gezondheidsperspectief is het belangrijk vast te stellen dat er systemen zijn die niet onder regelgeving vallen, denk aan bubbelbaden in hotels en recreatievoorzieningen en bijvoorbeeld recycle douches. Het zijn op basis van een definitiekwestie systemen die gekoppeld zijn aan een leidingwaterinstallatie en daardoor niet onder de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater vallen, maar wel een risico kunnen vormen.
- Andere beheerstechnieken en hun effectiviteit. De RIVM-studie met betrekking tot alternatief beheer zou een update kunnen krijgen. Wat zijn de nieuwste inzichten wetenschappelijk gezien op dat punt? Wellicht zijn er situaties denkbaar waarbij het thermisch beheersconcept niet de beste oplossing is.
- Rol van VBNC-status bij bemonstering na reiniging en desinfectie. Is de kweekmethode dan wel geschikt? Van belang omdat de praktijk leert dat vaak snel weer herbesmetting plaatsheeft.
- Verschil in mate van aerosolvorming tussen tappunten.
- Meer inzicht in dosis-effect relatie van *Legionella*.
- Onduidelijkheid over benodigde beveiliging bij het aansluiten van warmtepompen.
- Kennisniveau van installateurs in de praktijk heeft nog verbetering. Het zou zinvol zijn als het kleintje *Legionella*, een zakgids voor monteurs, een update zou krijgen, zodat monteurs weer beter hiervan op de hoogte zijn.



‘WIJ ZIJN BERENSCHOT, GRONDLEGGER VAN VOORUITGANG’

Wij zien een Nederland dat altijd in ontwikkeling is. Zowel sociaal als organisatorisch verandert er veel. Al meer dan 80 jaar volgen wij deze ontwikkelingen op de voet en werken we aan een vooruitstrevende samenleving. Daarbij staan we voor duurzaam advies en de implementatie hiervan. Altijd gericht op vooruitgang én echt iets kunnen betekenen voor mensen, organisaties en de maatschappij.

Alles wat we doen, is onderzocht, onderbouwd en vanuit meerdere invalshoeken bekeken. In ons advies zijn we hard op de inhoud, maar houden rekening met de menselijke maat. Onze adviseurs doen er alles aan om complexe vraagstukken om te zetten naar praktische oplossingen waar u iets mee kan. Wij geven advies en bieden digitale oplossingen waarbij we ons focussen op:

- Toekomst van werk en organisatie
- Energietransitie
- Transformatie van zorg
- Transformatie van openbaar bestuur

Berenschot Groep B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

www.berenschot.nl