



# Kennisdossier: Legionella in de energietransitie

**Door** David van Petersen (TKI Urban Energy)

Update maart 2022

Oorspronkelijke publicatiedatum: 20 december 2021



## Over dit kennisdossier

### Waarom dit kennisdossier?

TKI Urban Energy heeft van verschillende bedrijven en organisaties uit haar netwerk de behoefte vernomen om een eenvoudig overzicht te maken van relevante zaken over *Legionella* met betrekking tot de energietransitie in de gebouwde omgeving. Denk aan legionellaregelgeving, veelvoorkomende discussiepunten over die regelgeving en innovaties voor veilig warmtapwater. Met dit kennisdossier wil TKI Urban Energy kennis verzamelen om de uitvoerders van de warmtetransitie en de uitvoerders van de legionellaregelgeving dichterbij elkaar te brengen. De doelgroep van dit kennisdossier bestaat daarom uit innovators, fabrikanten, systeemontwerpers, installateurs en (lokale en nationale) beleidsmakers uit zowel de energie- als watersector.

### Websitelink naar de managementsamenvatting

Dit bestand betreft de volledige versie van het kennisdossier Legionella in de energietransitie. Wilt u liever een korte, visuele managementsamenvatting van dit bestand lezen? Kijk dan op de [landingspagina voor dit kennisdossier op de website van TKI Urban Energy](#).

### Veel dank aan de leden van het expertpanel

Voor het opstellen van dit kennisdossier heeft TKI Urban Energy met bijna dertig experts uit de energie- en watersector contact gehad. TKI Urban Energy wil hen allemaal van harte bedanken voor het delen van hun kennis en feedback voor dit kennisdossier. Voor een volledige lijst van deze experts, zie het colofon in hoofdstuk 10.

### Over de kennisdossiers van TKI Urban Energy

TKI Urban Energy zet zich in voor een betere samenwerking tussen deze partijen om ervoor te zorgen dat de energietransitie op een duurzame, verantwoorde en veilige manier verloopt. [Alle kennisdossiers van TKI Urban Energy](#) zijn levende bestanden en worden indien nodig geüpdatet.



## Inhoudsopgave

<b>Over dit kennisdossier</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2 Legionella in de gebouwde omgeving</b>	<b>7</b>
<b>3 De huidige legionellaregelgeving uitgelegd</b>	<b>11</b>
3.1 De NEN 1006 geldt voor alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie	13
3.2 De uitzonderingen op de NEN 1006	15
3.3 De Regeling legionellapreventie geldt voor bepaalde utiliteitsgebouwen	17
3.4 De Zorgplicht deugdelijk drinkwater geldt voor appartementsgebouwen en utiliteitsgebouwen	18
3.5 Toelichting bij de 'Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater' (november 2021)	19
<b>4 De vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken</b>	<b>22</b>
4.1 Samenvatting van de vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken	22
4.2 De voor- en nadelen van de vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken	26
4.3 De huidige stand van zaken van legionellabeheerstechnieken in Nederland	30
<b>5 Wie-is-wie in de wereld van de legionellaregelgeving</b>	<b>33</b>
<b>6 De interacties tussen de legionellaregelgeving en de warmtetransitie</b>	<b>36</b>
6.1 Het uitvoeren van de warmtetransitie heeft invloed op het uitvoeren van de legionellaregelgeving	36
6.2 Het uitvoeren van de legionellaregelgeving heeft invloed op het uitvoeren van de warmtetransitie	40
<b>7 Innovaties voor legionellaveilig en duurzaam warmtapwater</b>	<b>46</b>
7.1 Innovaties voor veilig en duurzaam warmtapwater in woningen (met niet-collectieve drinkwaterinstallaties)	47
7.2 Innovaties voor veilig en duurzaam warmtapwater in appartementen en de utiliteitsbouw (met collectieve drinkwaterinstallaties)	51
7.3 Innovatieve warmtenetconcepten voor veilig en duurzaam warmtapwater op wijkniveau	55
<b>8 De belangrijkste discussiepunten rondom de legionellaregelgeving</b>	<b>57</b>
<b>9 Een oproep voor innovaties voor duurzame en legionellaveilige drinkwaterinstallaties</b>	<b>64</b>
<b>10 Colofon</b>	<b>66</b>
<b>11 Literatuur</b>	<b>67</b>
<b>12 Contact</b>	<b>74</b>



# 1 Inleiding

## Klimaatverandering, *Legionella*, legionellatoename, legionellaregelgeving

Het laatste rapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) bevestigt dat het klimaat ongekend snel aan het veranderen is. Het is duidelijker geworden dat klimaatverandering leidt tot hogere temperaturen en meer extreem weer [1]. Het RIVM waarschuwt dat klimaatverandering de volksgezondheid kan beïnvloeden. Sommige wateroverdraagbare ziekteverwekkers, zoals de legionellabacteriën die in ons drinkwater voorkomen, kunnen door hogere omgevingstemperaturen vermeerderen [2], [3]. De optimale groeitemperatuur van *Legionella* is tussen de 25 en 50 °C, een temperatuurbereik dat we in Nederland zo veel mogelijk proberen te vermijden in de drinkwaterinstallaties van onze gebouwen. Als legionellabacteriën via kleine waterdruppeltjes in de lucht komen (zoals bij het douchen) en ingeademd worden, dan kunnen ze longklachten veroorzaken [4]. Drinkwaterbedrijven leggen leidingnetten zodanig aan dat het drinkwater koud wordt gehouden. De diepte waarop distributieleidingen nu liggen (rond 1 meter diepte) was tot nu toe voldoende voor een goede temperatuur van het drinkwater. Maar als de zomers warmer worden, dan wordt ook de bodem warmer en kan het drinkwater in het leidingnet opwarmen tot boven de 25°C. Dit gebeurt vooral op locaties die altijd in de volle zon of onder asfalt liggen. In het huidige klimaat zijn dit soort temperatuuroverschrijdingen hooguit incidenteel, maar rond 2050 (of zelfs eerder) kan dit veranderen tot een aantal weken per jaar [5], [6].

## Klimaatakkoord, de warmtetransitie, tapwater

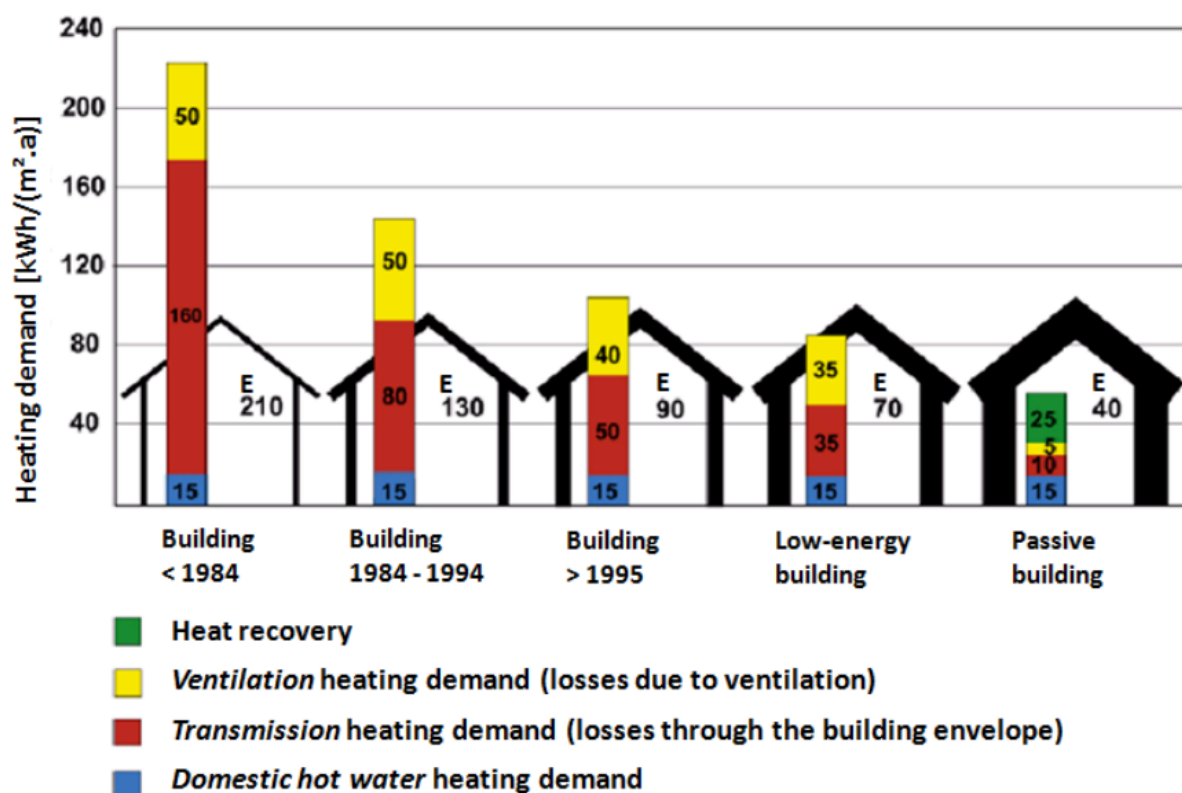
Voor de volksgezondheid is het dus van belang dat er gewerkt wordt aan het voorkomen van klimaatverandering en het verminderen van CO<sub>2</sub>-emissies, maar dat er daarnaast ook maatregelen worden getroffen om *Legionella* te bestrijden. Ongeveer een kwart van het finale energieverbruik in Nederland wordt gebruikt voor ruimteverwarming en tapwatervoorbereiding in de gebouwde omgeving. Bijna 85% van deze warmte is afkomstig van directe aardgasverbranding [7]. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de gebouwde omgeving een CO<sub>2</sub>-reductie van 3,4 Mton moet behalen in 2030 ten opzichte van 1990. Dit komt neer op het verduurzamen van 1,5 miljoen bestaande woningen en 15% van alle utiliteitsgebouwen [8]. Met gebouwen 'verduurzamen' wordt niet het volledig aardgasvrij maken van deze gebouwen bedoeld. Het is genoeg om deze doelstellingen te behalen als het *equivalent* van 1,5 miljoen volledig aardgasvrije woningen en 15% van volledig aardgasvrije utiliteitsgebouwen bereikt wordt.

**Wat is 'de warmtetransitie'?** De grootschalige overgang van het gebruik van aardgas naar duurzame alternatieven voor koken, het verwarmen van woningen en het bereiden van warmtapwater, noemt TKI Urban Energy de warmtetransitie.

Met steeds beter geïsoleerde gebouwen neemt het energieverbruik door ruimteverwarming af. Daarom wordt het steeds belangrijker om die andere bron van energieverbruik beter in beeld te brengen: de bereiding van warmtapwater. Voor woningen bedraagt de productie van warmtapwater van oudsher gemiddeld 20% van de totale warmtevraag binnen een woning [7]. Door verregaande isolatie en de steeds zachtere winters kan dit zelfs oplopen tot boven de 50%, afhankelijk van het aantal inwoners. In woningen is het douchegebruik de belangrijkste post in het warmtapwaterverbruik, met een aandeel van 82% [9]. Sinds 2007 blijft het waterverbruik in



Nederland voor douchen redelijk stabiel op ongeveer 50 liter per persoon per dag [10]. Voor de utiliteitsbouwsector verschilt het energieverbruik voor warmtapwater per type gebouw. Veel utiliteitsgebouwen hebben over het algemeen een lage tapwatervraag maar voor sommige sectoren, waar eindgebruikers gebruik maken van douche- of badfaciliteiten, is warmtapwater een groot deel van het energieverbruik. Dit zijn bijvoorbeeld ziekenhuizen, hotels, sporthallen en zwembaden [11]. Voor zowel woningen als de utiliteitsbouw geldt dat de impact van het verbeteren van de efficiëntie van tapwatersystemen op de totale energievraag voor warmte toeneemt, evenals de aandacht hiervoor.



**Figuur 1.** Deze grafiek laat zien hoe het aandeel van de warmtevraag voor warmtapwater (domestic hot water) in moderne gebouwen oploopt door verregaande isolatie- en gebouwmaatregelen die warmteverliezen verminderen. Bron: Van Kenhove, Universiteit Gent (2016) [12].

### Structuur van dit kennisdossier

Hoofdstuk 2 geeft een korte uitleg over de legionellabacterie, waarom deze bacterie schadelijk voor de mens is en in wat voor omstandigheden de bacterie in drinkwaterinstallaties kan groeien. Hoofdstuk 3 gaat dieper in op de huidige legionellaregelgeving voor woningen, appartementen en utiliteitsgebouwen. Het gaat hier met name om: 1) de NEN 1006 die voor alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie geldt, 2) de uitzonderingsituaties die het mogelijk maken voor gebouweigenaren – en beheerders om af te wijken van de warmtapwatertemperatureisen van de NEN 1006 3) de Regeling legionellapreventie die voor bepaalde utiliteitsbouwtypes geldt en 4) de ‘Zorgplicht voor deugdelijk drinkwater’ die voor alle gebouwen met een collectieve watervoorziening geldt (appartementen en utiliteitsbouw). In dit hoofdstuk gaan we ook verder in op de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater* die in november 2021 gepubliceerd is. Het vierde hoofdstuk biedt een overzicht van de vijf verschillende legionellabeheerstechnieken: thermisch, fysisch, fotochemisch (sinds 2011 gecategoriseerd als fysisch), elektrochemisch en chemisch beheer.



Dit hoofdstuk geeft ook een overzicht van de huidige stand van zaken van deze beheerstechnieken voor de woning- en utiliteitsbouw. In hoofdstuk 5 wordt een kort overzicht gegeven van de belangrijkste bedrijven en organisaties binnen de ‘wereld van de legionellaregelgeving.’ Het zesde hoofdstuk gaat verder in op de interacties tussen de legionellaregelgeving en de warmtetransitie. Het uitvoeren van de warmtetransitie kan namelijk invloed hebben op het uitvoeren van de legionellaregelgeving, en andersom. Hoofdstuk 7 biedt een overzicht van de ons bekende Nederlandse en buitenlandse innovaties voor duurzaam en legionellaveilig warmtapwater in woningen, appartementen en utiliteitsgebouwen. Het gaat hier om innovaties om legionellaveilig warmtapwater op een duurzame manier te produceren, innovaties om (bestaande) drinkwaterinstallaties legionellaveiliger te maken en innovaties om het energiegebruik van (bestaande) drinkwaterinstallaties te verminderen. De kansen voor warmtapwaterlevering door innovatieve (zeer) lagetemperatuurwarmtenetten worden ook in dit hoofdstuk besproken. In hoofdstuk 8 worden, op een zo neutraal mogelijke manier, de belangrijkste discussiepunten over de huidige legionellaregelgeving op een rijtje gezet. De lezer kan de inhoud van dit hoofdstuk gebruiken als een leidraad om constructieve discussies aan te gaan over deze onderwerpen. Tot slot doet TKI Urban Energy in hoofdstuk 9 de oproep aan verschillende stakeholders (innovators, systeemontwerpers, beleidsmakers e.d.) om duurzame en legionellaveilige drinkwaterinstallaties te ontwerpen, toe te passen en te stimuleren.

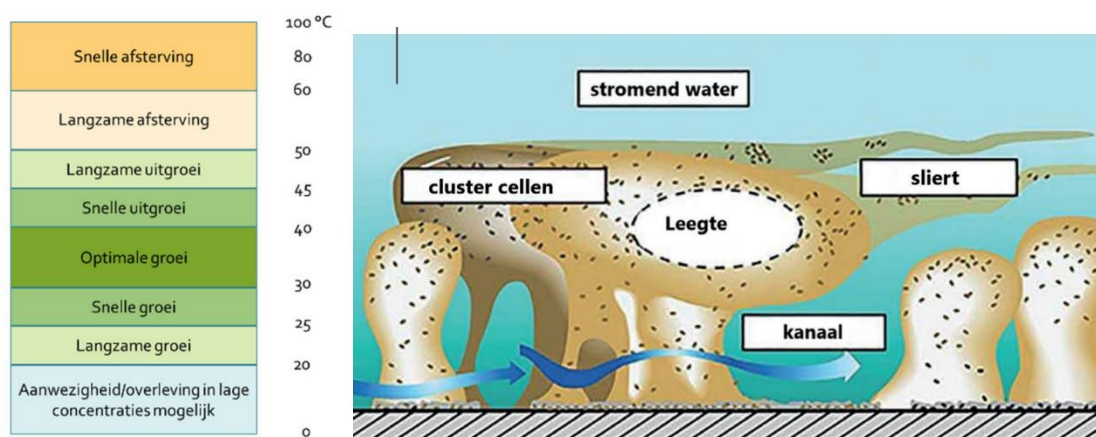




## 2 Legionella in de gebouwde omgeving

### ***Wat legionellabacteriën zijn en waarom ze schadelijk kunnen zijn voor de mens***

De familie der *Legionellaceae*, oftewel de familie van legionellabacteriën, wordt onderverdeeld in meer dan 48 soorten. Legionellabacteriën komen over het algemeen voor in waterige milieus en vochtige bodems. De optimale groeitemperatuur van legionellabacteriën is tussen 25 en 50 °C, temperaturen die ook te vinden zijn in drinkwaterinstallaties van gebouwen (zie figuur 2). Legionellabacteriën kunnen niet vermeerderen maar wel overleven bij temperaturen onder de 20 °C. Bij langdurige temperaturen boven de 50 °C sterven de bacteriën langzaam af. Bij temperaturen boven de 60 °C sterven de bacteriën sneller af. Vermeerdering treedt met name op in grote eencellige protozoa (voornamelijk amoeben) die slijmlaagjes ('biofilms') maken op oppervlakken die in contact met water staan (figuur 3). De protozoa voorzien de legionellabacterie van voedingsstoffen voor vermeerdering [13]. Door de biofilm en de amoebe is de legionellabacterie beschermd tegen wisselende omstandigheden in het water, bijvoorbeeld grote temperatuurwisselingen [14]. Slechte doorstroming en stagnatie van water kan bijdragen aan een snelle groei van biofilm.



**Figuur 2 en 3.** Figuur 2 (links): Groei en afsterfgedrag van *Legionella* volgens ISSO 55.1, bron: Agentschap Zorg & Gezondheid (Vlaanderen) (2020) [15]. Figuur 3 (rechts): Doorsnede van een laag biofilm in stromend water, bron: Nuijten, Edu4Install (2019) [16]

In gebouwen kunnen mensen kleine druppeltjes water (aerosolen) inademen terwijl ze gebruik maken van installaties waar verneveling plaats kan vinden zoals in douches, (zwem)baden of luchtbevochtigingsapparaten. Als mensen kleine druppeltjes water met legionellabacteriën inademen, dan kunnen die bacteriën onder speciale omstandigheden een infectie veroorzaken in de longen. De meeste mensen worden dan niet ziek, hoewel sommigen griepachtige klachten krijgen die na een paar dagen over gaan. Heel soms veroorzaakt de legionellabacterie de veteranenziekte (legionellapneumonie); een longontsteking waaraan mensen kunnen overlijden. In Nederland worden meer dan 90% van de legionellapneumonieën veroorzaakt door de species *Legionella pneumophila*, een species die optimaal groeit tussen de 30 en 45 °C [4]. Veel van de species van legionellabacteriën zijn dus niet schadelijk voor de mens. Het is belangrijk om te vermelden dat mensen niet ziek worden door het drinken van besmet water. Alleen bij locaties waar aerosolen vrij kunnen komen (zoals douches, zwembaden e.d.), is een kans op een legionellabesmetting aanwezig. Legionellapneumonie is niet besmettelijk dus een patiënt kan de legionellabacterie niet overdragen aan andere mensen [17].

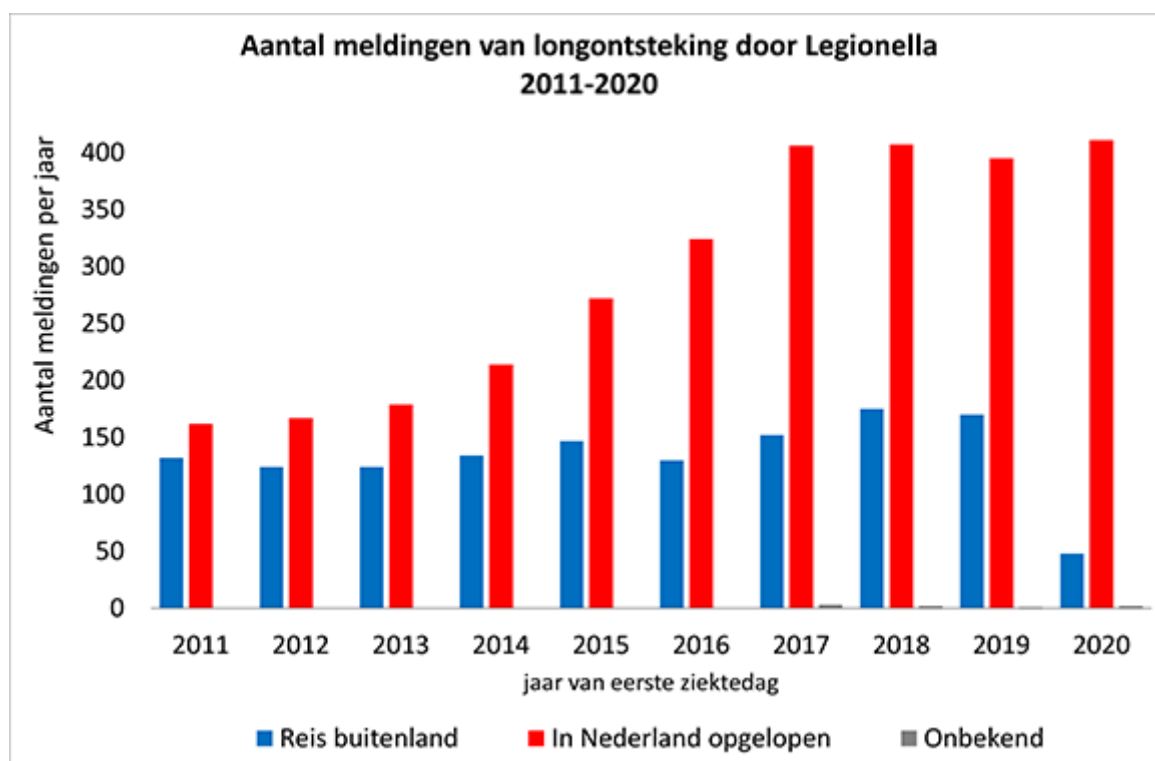


**Legionellabacteriën komen niet alleen in drinkwaterinstallaties voor.** De focus van dit kennisdossier ligt op het voorkomen van legionellagroei in (aardgasvrije) drinkwaterinstallaties van de woning- en utiliteitsbouw. Waterdruppels met legionellabacteriën kunnen echter ook op andere locaties in de gebouwde omgeving gevormd en ingeademd worden. Andere (mogelijke) bronnen voor legionellagroei zijn: koeltorens, luchtbevochtigers, regenplassen, fontein, hogedrukspuiten en afvalwaterzuiveringsinstallaties (waar lucht toegevoegd wordt aan het water) [17]. Experts geven aan dat van oudsher verhoudingswijs veel aandacht is besteed aan legionellagroei in drinkwaterinstallaties, terwijl een groot deel van de groei en besmettingen (misschien) bij anderen bronnen ligt.

Sinds 2017 worden er jaarlijks tussen de 400 en 550 gevallen van legionellapneumonie gemeld bij de GGD's – een flinke groei ten opzichte van eerdere jaren [17] (figuur 4). Figuur 4 laat zien dat deze longontstekingen zowel in het buitenland als in Nederland optreden. Figuur 4 betreft alle meldingen van longontstekingen dus niet alleen die welke zijn opgelopen door drinkwaterinstallaties. Omdat de aanwezigheid van legionellabacteriën niet bij alle longontstekingen wordt onderzocht, is het werkelijke aantal besmettingen niet bekend. Schattingen lopen uiteen van 800 [4] tot 7.000 legionellapatiënten per jaar [18]. Als het wordt vastgesteld, leidt een legionellapneumonie relatief vaak tot een ziekenhuisopname en verblijf op de intensive care. De Gezondheidsraad schat dat er jaarlijks 800 patiënten (4,8 per 100.000 inwoners) in het ziekenhuis behandeld worden voor een longontsteking door legionellabacteriën van wie 10% overlijdt [4]. Patiënten die overleven kunnen permanente gezondheidsproblemen hebben. Er bestaat geen vaccin tegen *Legionella* maar behandeling met specifieke antibiotica is wel mogelijk [17]. Het RIVM waarschuwt dat hogere temperaturen en meer regenval door klimaatverandering de groei van wateroverdraagbare ziekteverwekkers (zoals *Legionella*) in de toekomst kunnen beïnvloeden [2], [3]. Experts waarschuwen dat andere maatschappelijke veranderingen, zoals (kwetsbare) ouderen die steeds vaker zelfstandig wonen, ook invloed kunnen hebben op een toename van legionella-infecties. Voor zorginstellingen gelden aanvullende legionellaregelgevingen die niet voor woningen gelden. Zo worden woningen op dit moment minder vaak gecontroleerd op legionellarisico's dan zorginstellingen. Hierdoor zijn de kansen op een besmetting in zorginstellingen vermoedelijk minder dan in woningen.







**Figuur 4.** Het totaal aantal meldingen van legionellalongontsteking per jaar (gebaseerd op eerste ziektedag) in de periode 2011-2020, en indeling of de ziekte waarschijnlijk werd opgelopen binnen Nederland of tijdens een reis in het buitenland. Bron: RIVM (2021) [17].

De Gezondheidsraad had in 1988 al adviezen om de groei van legionellabacteriën te voorkomen [19]. Nationale aandacht voor *Legionella* kwam na de zogeheten 'Legionellaramp' in Bovenkarspel op 25 februari 1999. Tijdens de West-Friese Flora in Bovenkarspel, een floratentoonstelling van bloemen en planten, vond een grote uitbraak plaats van legionellapneumonie. In het stilstaande water van een bubbelbad ontwikkelde zich de legionellabacterie en door verneveling raakten veel mensen geïnfecteerd. Uiteindelijk stierven 32 mensen en werden 206 mensen ernstig ziek, veel met permanente gezondheidsproblemen. Het staat bekend als een van de grootste uitbraken van de veteranenziekte in de geschiedenis [20].

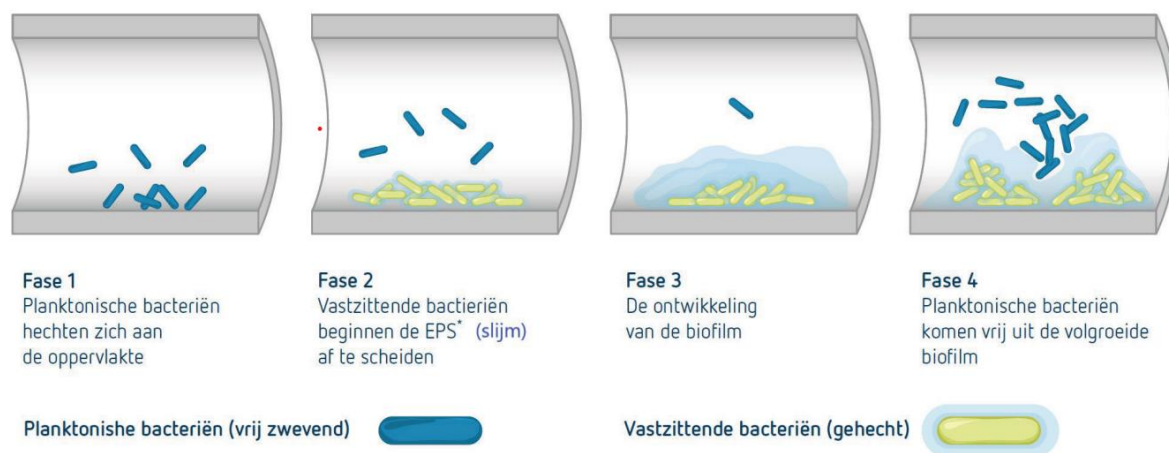
#### **Drinkwaterinstallaties kunnen een perfecte groeilocatie zijn voor legionellabacteriën**

In een kunstmatige omgeving, zoals een drinkwaterinstallatie, kan de bacterie zich onder de juiste omstandigheden vermeerderen in de biofilm bij temperaturen tussen de 25 en 50 °C [4]. Als het water niet door het hele watersysteem kan stromen, is het mogelijk dat het water blijft stilstaan in 'dode' leidingen. *Legionella* kan zich ook vermenigvuldigen in boilers en voorraadvaten waarin de temperatuur te laag is afgesteld [21]. Vermeerdering treedt met name op in biofilms van amoeben op oppervlakken van de leidingen die in contact met water staan. Als er een biofilm ontstaan is, wil dat nog niet zeggen dat er legionellabacteriën in gaan groeien. Sommige onderzoekers geven zelfs aan dat biofilms essentieel zijn om dodelijke uitbraken van *Pseudomonas aeruginosa* (een andere schadelijke wateroverdraagbare bacteriesoort) te vermijden aangezien deze bacteriën snel afsterven binnen biofilms, omdat ze competitie met andere bacteriesoorten aangaan [22], [23], [24]. Na vermeerdering kunnen legionellabacteriën vrijkomen uit de amoeben en biofilms en in het drinkwater terechtkomen. Zonder biofilms vermeerderen vrijzwemmende legionellabacteriën zich niet verder binnen drinkwaterinstallaties. Wanneer eenmaal een biofilm is ontstaan, is die niet eenvoudig te verwijderen. In Nederlands is thermische desinfectie een populaire methode om biofilm te verwijderen. Bij thermische desinfectie worden leidingen periodisch (ten minste wekelijks



voor ten minste een paar minuten) gespoeld met water hoger dan 60 °C. Omdat thermische desinfectie op een 'oppervlakkige' manier biofilm verwijdert is deze methode niet altijd effectief in het verwijderen van *alle* biofilm in sommige drinkwaterinstallaties [14], [25]. Andere methodes om biofilms te verwijderen maken gebruik van borstels (mechanische verwijdering), geperste lucht of (elektro)chemische stoffen [25].

Omdat biofilms niet eenvoudig te verwijderen zijn, is het belangrijk om zo veel mogelijk biofilmvorming te voorkomen. Het leidingmateriaal en de ruwheid daarvan spelen een belangrijke rol bij de mate van biofilmvorming. Afdichtingen en (douche)slangen van rubber en leidingen van zacht PVC en bepaalde PE-soorten hebben bijvoorbeeld een zeer hoge biofilmvormingspotentie<sup>1</sup> (BVP) in vergelijking tot RVS, koper of hard PVC [16]. Een toenemende ijzerconcentratie heeft ook een bevorderend effect voor legionellagroei. Water kan verrijkt worden met ijzer als gevolg van de corrosie van ijzerhoudende installatieonderdelen, zoals bijvoorbeeld verzinkt stalen buizen [13]. De waterkwaliteit (biologische stabiliteit) van het geleverde drinkwater kan ook bepalend zijn voor legionellagroei. In Nederland wordt gestreefd naar biologisch stabiel drinkwater. Biologisch stabiel drinkwater is drinkwater waarin tijdens distributie niet of nauwelijks groei van micro-organismen (dus ook legionella) optreedt. Hierdoor is het niet nodig om schadelijk chloor te doseren, zoals dat bijvoorbeeld in de Verenigde Staten gebeurt. De biologische stabiliteit van drinkwater wordt bepaald door de hoeveelheid gemakkelijk assimileerbaar organisch koolstof (AOC) in het water en de biofilmvormingssnelheid (BVS) van het drinkwater [26]. Legionellabacteriën zijn necrotroof – ze voeden zich met resten van dode bacteriën. Waterbehandelaars zien dat legionellagroei snel toeneemt na een (thermische) desinfectie van de leidingen of bij het opstarten van een nieuwe legionellabeheerstechniek, omdat er dan veel dode bacterieresten aanwezig zijn.



**Figuur 5:** Weergave van het proces van biofilmvorming met planktonische bacteriën. Let erop dat legionellabacteriën voornamelijk in eencellige protozoa vermeerderen (en dan met name in amoeben). Maar het biofilmvormingsproces is vergelijkbaar met deze weergave. Bron: Nuijten, *Edu4Install*, 2019 [16]. Originele bron is Bioclimatic.

<sup>1</sup> Sommige partijen gebruiken de term biomassaproductiepotentie (BPP).



### 3 De huidige legionellaregelgeving uitgelegd

**Het verschil tussen de termen ‘drinkwater’ en ‘leidingwater’:** Binnen de water- en energiesectoren gebruiken verschillende partijen de termen ‘drinkwaterinstallaties’ of ‘leidingwaterinstallaties’ als ze het over regelgeving voor waterinstallaties in gebouwen hebben die koud en warm water leveren. Beide termen worden in principe ‘erkend’ door de sectoren maar bepaalde partijen hebben een voorkeur voor een van de twee termen. **In dit kennisdossier gebruiken we de term ‘drinkwater’** om de waterinstallaties in gebouwen die koud en warm water leveren te beschrijven.

Drinkwater is water dat direct geschikt is voor menselijke consumptie. Hoewel in Noordwest-Europa drinkwater in de meeste huizen uit de kraan komt, is drinkwater niet hetzelfde als leidingwater. De benaming leidingwater zegt iets over de wijze van transporteren respectievelijk afleveren, niet over de kwaliteit van het water. Waterbedrijven winnen grond- of oppervlaktewater en zuiveren dit indien nodig tot een waterkwaliteit die voor consumptie geschikt is, en zorgen zo voor drinkwatervoorziening.

De termen tapwater, warmwater en warmtapwater worden door bepaalde partijen gebruikt om het warme water (dat bijvoorbeeld door een cv-ketel of warmtepomp bereid is) te onderscheiden van het koude drinkwater uit het drinkwaternet. Vervolgens wordt de term ‘koudwater’ gebruikt om een onderscheid te maken tussen koud drinkwater met warm water. Wanneer het nodig is, **gebruiken we in dit kennisdossier de termen ‘warmtapwater’ en ‘koudwater’** om een onderscheid te maken tussen het warme water dat door warmtapwaterinstallaties (cv-ketels, warmtepompen, doorstromers, enz.) bereid wordt en het koude drinkwater dat uit het drinkwaternet komt.

Het uitvoeren van een aantal Nederlandse regels en normen leidt uiteindelijk tot legionellaveilige drinkwaterinstallaties in gebouwen van de gebouwde omgeving. Kort samengevat bevat deze ‘legionellaregelgeving’ voor gebouwen de NEN 1006, de Regeling legionellapreventie en de Zorgplicht voor deugdelijk drinkwater. Alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie moeten volgens het Bouwbesluit voldoen aan de norm NEN 1006 [27]. Deze norm stelt de eisen waaraan een drinkwaterinstallatie moet voldoen uit het oogpunt van volksgezondheid, veiligheid en doelmatigheid. Naast de NEN 1006, moeten eigenaren van bepaalde utiliteitsbouwtypes (zogenoemde prioritare instellingen) ook volgens de Regeling legionellapreventie van het Drinkwaterbesluit aanvullende maatregelen nemen voor legionellapreventie [28]. Prioritaire instellingen zijn bijvoorbeeld zorginstellingen, hotels en zwembaden, waar mensen een groter risico lopen om besmet te raken met legionellabacteriën. Voor alle eigenaren en beheerders van gebouwen met een collectieve drinkwaterinstallatie (zoals appartementen en de utiliteitsbouw) geldt, volgens de artikelen 21, 26, 30 en 31 van de Drinkwaterwet, de Zorgplicht voor deugdelijk drinkwater<sup>2</sup> [29], [30]. De zorgplicht houdt in dat de gezondheid van de gebruikers door het drinkwater niet in gevaar mag komen. Meestal kunnen gebouweigenaren en -beheerders aan deze zorgplicht voldoen als ze zorgdragen voor voldoende (warmtap)waterverbruik op alle tappunten.

<sup>2</sup> Formeel wordt dit door de Rijksoverheid de Zorgplicht voor deugdelijk leidingwater genoemd (zie kader voor het verschil tussen deze twee termen).



In dit hoofdstuk gaan we ook verder in op de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater* die in november 2021 gepubliceerd is.



**Figuur 6.** Venndiagram van de verschillende legionellaregelgevingen die van toepassing zijn voor woning- en utiliteitsgebouwen in de gebouwde omgeving. Samengesteld door David van Petersen (TKI Urban Energy).

**Meer informatie voor installateurs, gebouweigenaren, -beheerders, innovators en systeemontwerpers:** Er zijn meerdere overzichten, handleidingen en checklists die gebruikt kunnen worden om ervoor te zorgen dat drinkwaterinstallaties aan de huidige legionellaregelgeving voldoen. De belangrijkste publicaties zijn:

- [De Waterwerkbladen van infoDWI](#): met name de waterwerkbladen 1.4G en 4.4A-D zijn interessant voor lezers van dit kennisdossier;
- [De ISSO-publicatie 55 Leidingwaterinstallaties](#): voor collectieve drinkwaterinstallaties. Deze publicatie is ook verkrijgbaar als aparte delen. De belangrijkste delen voor lezers van dit kennisdossier zijn [55.1](#), [55.2](#), [55.4](#) en [55.5](#);
- [De ISSO-publicatie 30 Leidingwaterinstallaties in woningen](#): deels verkrijgbaar als aparte delen. De belangrijkste delen zijn [30.1](#), [30.4](#) en [30.5](#);
- [ISSO Checklist 'hotspots' in waterleidingen](#).



### 3.1 De NEN 1006 geldt voor alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie

Via het Bouwbesluit is de NEN 1006 van toepassing verklaard op drinkwaterinstallaties die deel uitmaken van een gebouw. Alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie moeten dus voldoen aan de norm NEN 1006 [27]. De norm stelt de eisen aan waaraan een drinkwaterinstallatie moet voldoen uit het oogpunt van de volksgezondheid<sup>3</sup>, veiligheid en doelmatigheid [31].

#### ***De temperatuureisen van de NEN 1006 verschillen per gebouw- en waterinstallatietype:***

**Toelichting bij de clause 'conform de ontwerpcondities':** In de NEN 1006 wordt vaak gesproken over de temperatuureisen 'conform de ontwerpcondities'. Dit houdt in dat er bij het ontwerp van de installatie moet worden opgenomen hoe groot het 'normale' gebruik van de drinkwaterinstallatie zal zijn en hoe de drinkwaterinstallatie hierop is uitgelegd. In de praktijk kan er een incidentele afname voorkomen waardoor de ontwerpuitgangspunten worden overschreven. Hierdoor kan de temperatuur tijdelijk onder de vereiste waarde dalen en dit wordt geaccepteerd [32], [33].

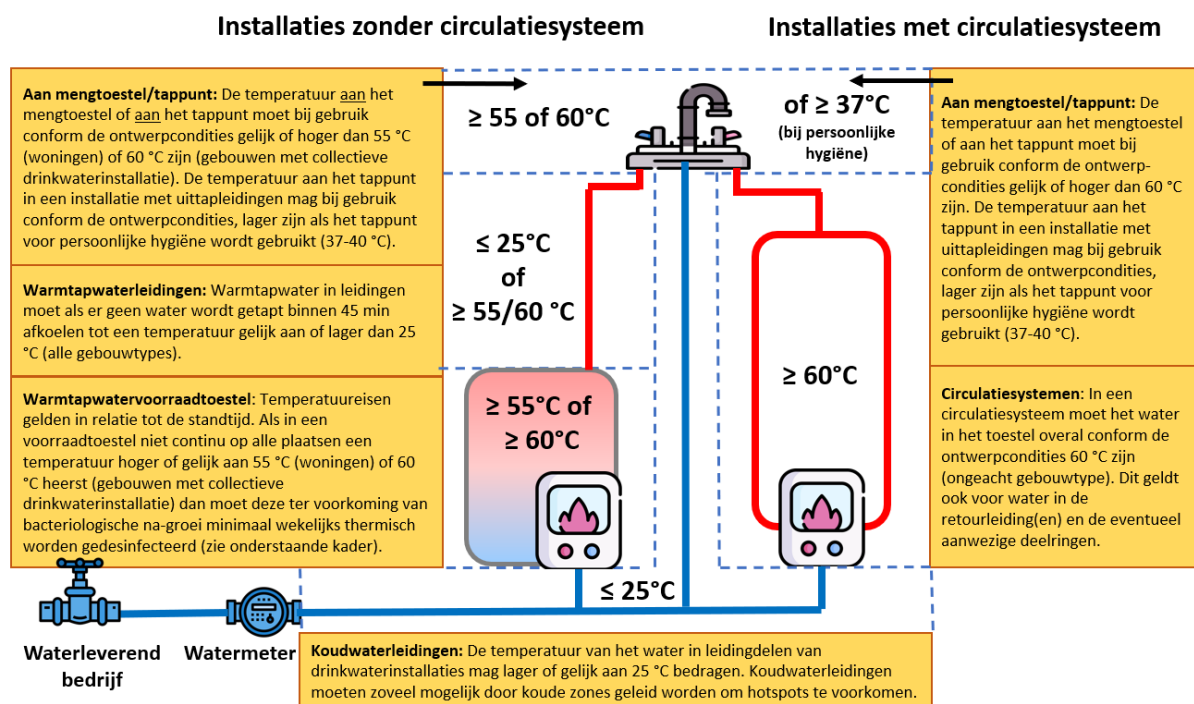
Figuur 7 bevat een samenvatting van de NEN 1006-eisen voor drinkwaterinstallaties met en zonder een warmtapwatercirculatiesysteem<sup>4,5</sup> (gebaseerd op [32], [33], [34]).

<sup>3</sup> De nadruk van de NEN 1006 ligt op functionele eisen voor het aanleggen en onderhouden van drinkwaterinstallaties. Legionellapreventie (of preventie van andere pathogenen) is geen doel op zich. De norm draagt wel bij aan het aanleggen en het onderhouden van pathogeenveilige (dus ook legionellaveilige) drinkwaterinstallaties.

<sup>4</sup> Voor een uitleg over de verschillen tussen drinkwaterinstallaties met en zonder een circulatiesysteem, zie hoofdstuk 4.1.

<sup>5</sup> In sectie 8.4.1 (figuur 2) van het [Waterwerkblad WB 4.4A](#) wordt ook een voorbeeld van een woninginstallatie (met een warmtapwatertemperatuureis van 55 °C) zonder circulatie gegeven, waarbij het warmtapwater via een collectief circulatiesysteem op 60 °C wordt aangeleverd [31].





**Figuur 7.** Een overzicht van de NEN 1006-eisen voor drinkwaterinstallaties met en zonder warmtapwatercirculatiesysteem. Inhoud gebaseerd op [32], [33], [34]. Samengesteld door David van Petersen (TKI Urban Energy) met inspiratie van Nieman Raadgevende Ingenieurs [32]. Bronnen voor de iconen: [itim2101.com](https://www.itim2101.com) en [Freepik.com](https://www.freepik.com).

**Toelichting bij warmtapwatervoorraadtoestellen:** Volgens het [Waterwerkblad 4.4A](#) moet een warmtapwatervoorraadtoestel minimaal wekelijks thermisch worden gedesinfecteerd (overal in het toestel), indien er niet continu op alle plaatsen een temperatuur hoger of gelijk aan 55 °C heerst (voor woningen) of 60 °C heerst (voor gebouwen met een collectieve drinkwaterinstallatie). Dit is nodig ter voorkoming van bacteriologische na-groei. [33]. De thermische desinfectie moet als volgt gebeuren:

- 60 °C gedurende minimaal 20 min
- 65 °C gedurende minimaal 10 min
- 70 °C gedurende minimaal 5 min

**Let op:** In het geval dat de watertemperatuur in een voorraadvat lager wordt gehouden dan minimaal vereist en de temperatuur periodiek, bijvoorbeeld dagelijks, in het voorraadtoestel boven de 60 °C wordt gebracht, dan wordt **niet** voldaan aan de eisen. Let op dat, in de praktijk, de temperatuur in het voorraadtoestel vaak wat hoger dan de vermelde minimale temperatuureis van 55 °C of 60 °C moet zijn om de minimale temperatuureisen aan het tappunt te behalen [33].

In de eisen van de NEN 1006:2015 staat dat er omstandigheden zijn waarin een overschrijding van de grens van 25 °C niet te voorkomen is, zoals bij een hittegolf. Maar een kortdurende overschrijding van die grens levert niet direct een gevaar voor de gezondheid op [34].





### **Aanvullende eisen in de NEN 1006 over verversing van het water**

Naast de bovengenoemde temperatuureisen zijn er ook aanvullende eisen over verversing van het water [34]:

- Er wordt een zodanige doorstroming van alle leidingen bereikt, dat voldoende verversing van het water in de leidingen is gewaarborgd;
- Langdurige stilstanden van het water worden voorkomen;
- Dode leidingen worden voorkomen. Een dode leiding is een leidinggedeelte waarin geen doorstroming met drinkwater plaatsvindt doordat bijvoorbeeld op het uiteinde van dit leidinggedeelte geen tappunten zijn aangesloten (die gebruikt worden).

### **Aanvullende eisen in de NEN 1006 over 'Hotspots'**

Volgens de NEN 1006 moet ook ongewenste opwarming van de leiding in warme ruimten en door warme leidingen die in de buurt lopen worden voorkomen. Lukt dit niet, dan ontstaan er zogenoemde 'hotspots'. De [Checklist hotspots in waterleidingen](#) van ISSO is een hulpmiddel voor alle partijen in de bouwketen die betrokken zijn bij het tegengaan van onbedoelde opwarming van waterleidingen. In de ISSO-checklist staat dat een hotspot een plaats is in de drinkwaterinstallatie waar het drinkwater kan opwarmen tot boven de 25 °C, of niet kan afkoelen tot ten hoogste 25 °C [35]. Het is belangrijk om op te merken dat een verhoging van minimaal 5 °C ook als een hotspot wordt gezien in de ISSO-checklist, terwijl de temperatuur onder de 25 °C kan blijven [34].

Maatregelen moeten worden getroffen zodat hotspots zoveel mogelijk worden voorkomen. Zo moet de afstand van waterleidingen tot leidingen voor verwarming en andere warmtebronnen (zoals radiatoren of vloerverwarming) zo zijn, dat het drinkwater niet onbedoeld kan worden opgewarmd tot boven 25 °C. Deze eisen gelden niet alleen voor leidingen voor drinkwater (en huishoudwater), maar ook voor uittapleidingen voor warmtapwater [35].

**Toelichting bij het advies om drinkwaterleidingen na de vakantie te spoelen:** Huiseigenaren worden door de drinkwaterbedrijven geadviseerd om na het terugkeren van een vakantie hun leidingen te spoelen [36]. Het doel van dit advies is om het water in de leidingen te verversen en niet om legionellagroei te voorkomen. Het Landelijk Centrum Hygiëne en Veiligheid waarschuwt dat deze spoelacties niet effectief zijn als er legionellabacteriën in de koudwaterleidingen aanwezig zijn [37].

## **3.2 De uitzonderingen op de NEN 1006**

Sinds 2017 en 2018 zijn er twee soorten uitzonderingen mogelijk op de bovengenoemde temperatuureisen van de NEN 1006. Het gaat hier met name om uitzonderingen bij het toepassen van doorstroomtoestellen (door sommige experts de 'één-liter-regel' genoemd) en bij het toepassen van fysische en elektrochemische beheerstechnieken.

### ***Uitzonderingen op temperatuureisen bij het toepassen van doorstroomtoestellen ('één-liter-regel')***

In 2018 is een wijzigingsblad gepubliceerd voor de NEN 1006. In het wijzigingsblad A1:2018 bij NEN 1006:2015 *Algemene voorschriften voor Drinkwaterinstallaties*, is in het kader van energiebesparing en duurzaamheid een optie toegevoegd waarbij onder specifieke randvoorwaarden een versoepeling van de richtlijnen kan worden toegepast omtrent de hoogte van de warmtapwatertemperatuur [38].



De temperatuur aan het tappunt in een installatie met uittapleidingen mag van de bovenstaande NEN 1006-eisen afwijken indien:

1. de warmtapwaterbereider een geiser (of elektrisch doorstroomtoestel) betreft zonder interne warmtapwatervoorraad;
2. de leidinginhoud achter de geiser maximaal 1 liter is;
3. het aantal tappunten beperkt is.

In de praktijk is een leidinginhoud van 1 liter te vinden in een warmtapwaterleiding van ongeveer 5 meter lang. Omdat de leidinginhoud maar 1 liter mag zijn wordt dit door sommige experts in de wandelgangen ook wel de 'één-liter-regel' genoemd. Het installatiedeel moet gericht zijn op een afgebakende functie, dat wil zeggen voor ten hoogste één ruimte, of meer ruimten mits die bestemd zijn voor dezelfde gebruiker. Gedacht kan worden aan een badkamer in een zorgappartement of een hotelkamer. Ook moet er sprake zijn van goede doorstroming. Wanneer het vanuit het oogpunt van volksgezondheid nodig blijkt, moet ter preventie van *Legionella* aan de tappunten en in de geiser (wekelijkse) thermische desinfectie mogelijk zijn. Dit geldt met name voor doorstroomtoestellen die continu op een temperatuur van 50 °C of lager werken. Doorstroomtoestellen met afkoeling hoeven hier niet aan te voldoen. De NEN 1006-eis dat koudwaterleidingen onder de 25 °C moeten blijven, geldt nog steeds bij de één-liter-regel [39], [40].

#### ***Uitzonderingen op temperatuureisen bij het toepassen van fysische en elektrochemische legionellabeheerstechnieken***

Vanuit het oogpunt van energiebesparing is het mogelijk om, bij het toepassen van een fysische of elektrochemische beheerstechniek<sup>6</sup>, de minimale warmtapwatertemperatuur naar 50 °C te verlagen. Dit wijkt ook af van de temperatuureisen in de NEN 1006. Op de grond van artikel 1.3 van het Bouwbesluit kan bevoegd gezag (meestal een gemeente) met een gelijkwaardigheidsverklaring een lagere minimumtemperatuur vaststellen. Met een goede onderbouwing van de leverancier kan bij de gemeente een gelijkwaardigheidsverklaring worden aangevraagd [41], [42]. Sinds 2017 mogen gebruikers van fysische of elektrochemische beheerstechnieken met een gelijkwaardigheidsverklaring ook de spoelfrequentie verminderen [43]. Deze uitzondering gaat er wel vanuit dat de drinkwaterinstallatie bij het aantreffen van legionellabacteriën weer volgens de NEN-1006 norm (met thermische beheerprincipes) water levert. Drinkwaterinstallaties mogen dus niet ontworpen worden voor functionering op 50 °C.

Het toepassen van fysische en elektrochemische beheerstechnieken is wel aan voorwaarden gebonden (zie [ISSO 55.4](#) voor meer informatie). Zo moet de techniek gecertificeerd zijn en geldt er voor collectieve drinkwaterinstallaties een aanvullende monsternameverplichting conform de Drinkwaterregeling (tabel IIId) [44]. Zie hoofdstuk 4.1 voor meer informatie over deze monsternameverplichting. Elektrochemisch beheer mag alleen bij prioritaire instellingen worden toegepast en wanneer is gebleken dat de overige beheersconcepten (thermisch en fysisch) niet haalbaar zijn (zie hoofdstuk 4.1). Sommige experts suggereren dat de mogelijkheden om grote hoeveelheden energie te besparen door deze uitzonderingen beperkt zijn [42].

**Weerstand in de praktijk voor fysische en elektrochemische beheerstechnieken:** Verschillende experts geven aan dat fysische en elektrochemische beheerstechnieken in de praktijk niet met een lage temperatuur of spoelfrequentie toegepast worden omdat ze geen toestemming van bevoegd gezag (gemeentes) krijgen

<sup>6</sup> Voor meer informatie over fysische en elektrochemische beheerstechnieken zie hoofdstuk 4.



om dit te doen. Deze experts duiden aan dat gemeentes zich vaak niet bewust zijn van hun rol als toestemminggever en, als ze dat wel zijn, dat ze dan huiverig zijn om toestemming te geven – vermoedelijk vanwege een gebrek aan kennis.

TKI Urban Energy moedigt partijen graag aan om innovaties voor legionellaveilige en aardgasvrije drinkwaterinstallaties binnen (gesubsidieerde) innovatieprojecten verder uit te werken. Via deze projecten kan kennis over deze technieken verder ontwikkeld en gedeeld worden. Deze kennis kan vervolgens gedeeld worden met verschillende stakeholders, waaronder toezichthouders en bevoegd gezag.

### 3.3 De Regeling legionellapreventie geldt voor bepaalde utiliteitsgebouwen

Alle gebouwen met collectieve warmtapwatervoorzieningen, dus ook die in de utiliteitsbouw, moeten voldoen aan de NEN 1006-norm. Naast deze norm moeten eigenaren van bepaalde utiliteitsbouwtypes, zogeheten prioritaire instellingen, ook aanvullende maatregelen nemen voor legionellapreventie, volgens hoofdstuk 4 van het Drinkwaterbesluit [45], [46]. In prioritaire instellingen lopen mensen een groter risico om besmet te raken met legionellabacteriën. Prioritaire instelling zijn volgens het Drinkwaterbesluit (artikel 35) [47]:

- Ziekenhuizen, verpleeghuizen en bepaalde zorginstellingen;
- Gebouwen met een logiesfunctie (o.a. hotels, pensions, bed & breakfasts met meer dan vijf slaapplekken);
- Badinrichtingen (zwembaden, sauna's);
- Kampeerterreinen;
- Jachthavens;
- Vrachtwagenparkeerplaatsen, benzinestations of wegrestaurants (met douches voor publiek gebruik);
- Opvangcentra voor daklozen, asielzoekers (COA) of anderen;
- Gebouwen met een celfunctie (o.a. gevangenissen).

#### ***De eisen van de Regeling legionellapreventie in het kort***

Dit informatieblad van De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) vertelt eigenaren en/of beheerders van prioritaire instellingen wat voor maatregelen ze moeten nemen om aan de eisen voor legionellapreventie te voldoen [45]. Samengevat komt het erop neer dat ze het volgende moeten doen [45]:

- Een risicoanalyse uitvoeren: Gebouweigenaren en/of -beheerders van een prioritaire instelling moeten een risicoanalyse laten uitvoeren door een conform BRL6010-gecertificeerd<sup>7</sup> bedrijf. Met een risicoanalyse wordt bepaald waar legionellagroei en -verspreiding van legionellabacteriën kan plaatsvinden. De gevonden risico's kunnen worden verwijderd (bijvoorbeeld weghalen van niet-gebruikte douches) of worden beheerst door het uitvoeren van de juiste beheersmaatregelen (zie volgend punt). Sommige gebouweigenaren of -beheerders kiezen ervoor om gebouwdelen weg of uit elkaar te halen om risicovolle

<sup>7</sup> Een Beoordelingsrichtlijn (BRL) is een pakket van eisen waaraan een product of dienst kan voldoen om een zekere garantie van kwaliteit en wettigheid aan te tonen. BRL 6010 betreft een richtlijn (en een certificeringskeurmerk) voor legionellapreventie-adviseurs.



installatiedelen te verwijderen. Dit kan kostbaar zijn, dus anderen kiezen er soms voor om deze risico's te beheersen totdat er een grootschalige (energie)renovatie van het gebouw plaatsvindt.

- Een beheersplan opstellen: De risico's die niet kunnen worden weggenomen moeten worden beheerst. Daarom moeten gebouweigenaren en/of -beheerders van een prioritaire instelling een beheersplan laten opstellen door een conform BRL6010-gecertificeerd bedrijf. In een beheersplan staat beschreven hoe verneveling en/of groeirisico's kunnen worden beheerst. Een beheerstechniek wordt gebruikt volgens de 'ladder van IenW' [48]:
  1. Eerst thermische of fysische technieken;
  2. Als de beheerstechnieken uit stap 1 niet effectief genoeg zijn, dan mogen elektrochemische technieken worden gebruikt, met een onderbouwing opgesteld door een BRL6010-gecertificeerd bedrijf. Alleen prioritaire instellingen mogen dus gebruik maken van elektrochemische technieken;
  3. Chemische technieken als 'last resort', wanneer andere beheerstechnieken niet effectief genoeg zijn. Gezien de effectiviteit van de andere beheerstechnieken komt het in de praktijk niet voor dat chemische beheerstechnieken toegepast worden [48].
- Voldoen aan aanvullende regels. Gebouweigenaren en/of -beheerders van prioritaire instellingen moeten ook:
  - Een logboek bijhouden met de werkzaamheden en de genomen acties;
  - Elk half jaar het wettelijk verplicht aantal watermonsters laten nemen door een geaccrediteerde organisatie en die laten analyseren door een geaccrediteerd laboratorium;
  - Een normoverschrijding (meer dan 100 kolonievormende eenheden per liter) van *Legionella* in drinkwater melden bij de ILT en de juiste maatregelen nemen;
  - Bij een ernstige normoverschrijding (1000 kolonievormende eenheden per liter) van *Legionella* in drinkwater klanten/gebruikers hierover inlichten en de besmette tappunten sluiten, in samenwerking met de inspectie en de GGD.

### 3.4 De Zorgplicht deugdelijk drinkwater geldt voor appartementsgebouwen en utiliteitsgebouwen

Naast de NEN 1006 en het Drinkwaterbesluit, moeten alle gebouweigenaren en -beheerders met een collectieve drinkwaterinstallatie, volgens artikel 21, 26, 30 en 31 van de Drinkwaterwet, voldoen aan een 'Zorgplicht voor deugdelijk drinkwater'<sup>8</sup> [29], [30] Dit houdt in dat er bepaalde praktische maatregelen worden uitgevoerd om ervoor te zorgen dat de gezondheid van de gebruikers door het drinkwater niet in gevaar komt [49]. Meestal kunnen gebouweigenaren en -beheerders aan deze zorgplicht voldoen als ze zorgdragen voor voldoende (warmtap)waterverbruik op alle tappunten. Door normaal waterverbruik kan hieraan voldaan worden en, wanneer dit niet heeft plaatsgevonden, kan wekelijks gebruik handmatig of automatisch gesimuleerd worden door de leidingen te spoelen. Per 1 juli 2011 worden overtredingen van het niet naleven van de legionellaregelgeving gezien als een milieudelict, waardoor de sanctie nu veel hoger is [50].

<sup>8</sup> Op de website van de Rijksoverheid heet deze zorgplicht de 'Zorgplicht voor deugdelijk leidingwater.' Zie het kader aan het begin van hoofdstuk 3 voor meer informatie over het onderscheid tussen de termen drinkwater en leidingwater.



Voor meer informatie over het voldoen aan deze zorgplicht kunt u terecht op de websites van [de Legionellavraagbaak](#) en [de Zorgplicht legionellapreventie](#). Op de website van de legionellavraagbaak staat [een oude brochure van het Rijksvastgoedbedrijf](#) uit 2011 met een overzicht van maatregelen die beheerders van panden van het Rijksvastgoedbedrijf kunnen volgen om aan de zorgplicht te voldoen. Het Rijksvastgoedbedrijf is bezig met het opstellen van een nieuwe brochure die misschien [op hun website gepubliceerd wordt](#). De Rijksgebouwendienst kan voor haar gebouwen de zorgplicht op een bepaalde manier invullen, maar dit is niet maatgevend voor de rest van de collectieve drinkwaterinstallaties.

Voor meer informatie over het voldoen aan de zorgplicht worden lezers op de website van de Legionellavraagbaak ook doorverwezen naar [het Waterwerkblad 1.4G](#) van Kiwa/InfoDWI. Dit werkblad heeft betrekking op de verplichting tot beheer van drinkwaterinstallaties; een belangrijke eis om aan de zorgplicht te voldoen.

**Gebouweigenaren en -beheerders moeten tijdens de coronacrisis rekening houden met**

**drinkwaterveiligheid:** Door de beperkende maatregelen van de overheid tijdens de coronacrisis, zijn veel bedrijven (gedeeltelijk) gesloten geweest. Daardoor konden/kunnen sommige gebouweigenaren en -beheerders de beheersmaatregelen voor legionellapreventie niet of beperkt uitvoeren. Om die redenen heeft de ILT een speciale website aangemaakt met informatie voor instellingen die na de coronacrisis hun bedrijf weer opstarten of weer terugkomen in een normale bedrijfsvoering [51].

### 3.5 Toelichting bij de ‘Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater’ (november 2021)

In 2018 vroeg het Tweede Kamerlid Van der Lee (GroenLinks) in een motie aan de minister van BZK om onderzoek te laten doen naar de mogelijkheid om de temperatuur van warmtapwater in woningen te verlagen. Daarmee zou – zeker in het licht van de ontwikkeling van nieuwe technieken als warmtepompen – veel energie kunnen worden bespaard, en komen de besparingsdoelen dichterbij. Naar aanleiding daarvan deed Van Wolferen Research in 2019 in opdracht van het ministerie van BZK een onderzoek waarbij de voorschriften uit de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warmtapwater leidend waren.

Hierop kwam kritiek van onder andere het RIVM en KWR Water Research Institute. Zij wijzen erop dat de voorschriften voor prioritaire locaties, die voor een belangrijk deel dateren uit 2000, geen goed ijkpunt zijn, omdat die op een aantal punten niet meer in overeenstemming zijn met de huidige wetenschappelijke inzichten. Bij het toezenden van het rapport van Van Wolferen Research aan de Tweede Kamer meldde de minister van BZK daarom dat de minister van IenW een evaluatie van de regelgeving zou laten uitvoeren. Deze evaluatie zou gevolgen kunnen hebben voor de conclusies uit het rapport en de Kamer zou hierover geïnformeerd worden.

Deze evaluatie heeft tussen 2019 en 2021 plaatsgevonden en heeft geresulteerd in [twee rapporten en een samenvattende Kamerbrief](#) die op 16 november 2021 door Minister Visser van het Ministerie van IenW aan de Tweede Kamer aangeboden zijn. De rapporten bevatten de resultaten van een onderzoek dat Berenschot en KWR in opdracht van IenW hebben uitgevoerd naar een zevental



wetenschappelijke vraagstukken rond legionellapreventie. Daarnaast heeft een breed samengestelde werkgroep vanuit praktijkervaring een rapport opgesteld met antwoorden en reacties op 23 vragen en knelpunten rondom legionellapreventie [52].

**De mogelijke gevolgen van deze adviezen voor het behalen van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord:**

Diverse experts geven aan dat adviezen uit deze rapporten gevolgen kunnen hebben voor de energieprestaties en daarmee de energiekosten van aardgasvrije systemen. Experts geven bovendien aan dat dit indirect ook invloed kan hebben op de (financiële) aantrekkelijkheid en de snelheid van de ontwikkeling en toepassing van dergelijke aardgasvrije systemen. Dit vormt, volgens hen, mogelijk een belemmering voor het behalen van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord.

Sommige experts geven aan dat de gevolgen voor de energietransitie met deze nieuwe regelgeving *niet* groot zullen zijn, omdat de nieuwe eisen met de huidige innovaties technisch haalbaar zijn. Omdat er nog veel onzekerheid heerst over de praktische uitvoering en (mogelijke) gevolgen van de nieuwe regelgeving, adviseert de TKI Urban Energy om dit onderwerp (binnen een project of studieopdracht) verder te onderzoeken. Zie hoofdstuk 6 voor meer informatie over de manieren waarop het uitvoeren van de legionellaregelgeving invloed heeft op de warmtetransitie (en andersom).

De meest relevante adviezen uit deze rapporten zijn:

- Neem in de NEN 1006 op dat ook voor woninginstallaties de warmtapwatertemperatuur in het warmtapwatertoestel (voorraad- en doorstroomstoestellen) op alle plekken minimaal 60 °C moet zijn;
- Pas Tabel 4 in NEN 1006 over de wekelijkse hitteschokbehandeling voor collectieve drinkwaterinstallaties (al dan niet prioritair) aan. Neem daarnaast in NEN 1006 expliciet op dat vanwege legionellapreventie in alle plaatsen van het warmtapwatertoestel en de installatie tot aan het mengtoestel/tappunt continu een temperatuur van minimaal 60 °C moet worden bereikt;
- Laat de uitzonderingspositie van componenten in drinkwaterinstallaties met leidingvolumes kleiner dan één liter, zoals beschreven in bijlage 2 van de Regeling legionellapreventie, vervallen. De aansluitleiding van het warmtapwatertoestel zou niet als een risicofactor moeten worden gezien, mits sprake is van voldoende doorstroming. Tevens dient bij de monsternamen de eerste liter te worden bemonsterd, en niet weggespoeld zoals nu is voorgeschreven;
- Neem in de wetgeving op dat de biomassa-productiepotentie<sup>9</sup> (BPP) van de toe te passen leidingmaterialen bij nieuwbouw en renovatie van drinkwaterinstallaties in prioritaire gebouwen niet boven de 400 pg ATP per cm<sup>2</sup> mag zijn;
- Voer praktijkonderzoek uit naar de effectiviteit, neveneffecten en duurzaamheidsaspecten van legionellabeheerstechnieken, zoals filtratie, UV-C en koper-zilverionisatie. Het laatste onderzoek naar de diverse legionellabeheerstechnieken is uitgevoerd in 2012<sup>10</sup>. Vanwege de voortschrijdende inzichten en de ervaringen die met de beheerstechnieken zijn opgedaan is besloten om opnieuw een dergelijk onderzoek te laten uitvoeren. Dit onderzoek zal in 2022 worden gestart.

<sup>9</sup> Zie hoofdstuk 2 voor meer informatie over de biomassa-productiepotentie van leidingmaterialen.

<sup>10</sup> Dit is vermoedelijk [het onderzoek van Schalk et al. \(2012\)](#) van het RIVM [48].





- Pas Tabel IIId van bijlage 3 van de Drinkwaterregeling aan. Dit advies betreft de frequentie waarmee een aantal parameters moet worden gemeten per legionellabeheerstechniek. Vanuit de werkgroep zijn hier twee voorstellen voor ontwikkeld. Deze zullen worden meegenomen bij wijziging van de Drinkwaterregeling, eveneens vanwege de nieuwe Drinkwaterrichtlijn. Vanaf begin 2022 zullen de leden van de werkgroep hierbij worden betrokken.

De planning is dat de ontwerpwijziging van het Drinkwaterbesluit in december 2021 de internetconsultatie in zal gaan, waarna de – gewijzigde – tekst in het eerste kwartaal van 2022 naar de Tweede Kamer zal worden gezonden, in het kader van de voorhangprocedure. Begin 2022 wordt ook gestart met de wijziging van de Regeling legionellapreventie en de Drinkwaterregeling, waarbij ook de leden van de eerdergenoemde werkgroep zullen worden betrokken. In de loop van 2022 zal een ontwerpwijziging van deze ministeriële regelingen voor inspraak worden gepubliceerd (internetconsultatie). Planning is dat de wijzigingen van het Drinkwaterbesluit, de Regeling legionellapreventie en de Drinkwaterregeling op 1 januari 2023 in werking zullen treden, binnen de in de Drinkwaterrichtlijn gestelde termijn.

De onderzoeken zullen in 2022 worden uitgevoerd en de Tweede Kamer zal uiterlijk eind 2022 worden geïnformeerd over de voortgang en resultaten van deze onderzoeken.



## 4 De vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken

De groei van legionellabacteriën in een drinkwaterinstallatie kan met uiteenlopende technieken worden beperkt. Deze technieken worden beheerstechnieken genoemd. Een nuttig overzicht van de verschillende legionellabeheerstechnieken is terug te vinden in het RIVM-rapport *Effectiviteit van beheerstechnieken voor legionella in drinkwaterinstallaties* van Schalk et al. [48]. In dit RIVM-rapport worden vijf categorieën van beheerstechnieken toegelicht:

- Thermisch beheer
- Fysisch beheer
- Fotochemisch beheer (sinds juli 2011 gecategoriseerd als fysische beheerstechnieken)
- Elektrochemisch beheer
- Chemisch beheer

In het nieuwe Drinkwaterbesluit dat per 1 juli 2011 van kracht is, worden fysische beheerstechnieken gelijkgeschakeld met thermisch beheer. Voor het toepassen van deze technieken is geen onderbouwing of toestemming vereist. Er mogen echter alleen BRL14010-1-gecertificeerde<sup>11</sup> technieken worden gebruikt. Indien thermische of fysische technieken niet volstaan om *Legionella* te beheersen, dan kan elektrochemisch beheer worden toegepast. Dat kan echter alleen onder bepaalde voorwaarden en onderbouwd door een conform BRL6010-gecertificeerd adviesbureau. Als *alle* beheerstechnieken niet effectief zijn dan mag, theoretisch gezien, chemisch beheer worden toegepast onder dezelfde voorwaarden. Maar gezien de effectiviteit van de andere beheerstechnieken komt het in de praktijk niet voor dat chemische beheerstechnieken toegepast worden [48]. Chemische reiniging mag onder bepaalde voorwaarden wel plaatsvinden, maar dit is een gecompliceerde operatie die vaak niet de oplossing is voor langdurige, terugkomende legionellaproblemen.

### 4.1 Samenvatting van de vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken

De rest van dit hoofdstuk bevat een korte samenvatting van de vijf verschillende beheerstechnieken. Alle informatie in dit hoofdstuk komt van RIVM (2016) [14], Schalk et al. (2012) [48], KWR (2006) [53] en Sernhed et al. (2017) [54] tenzij anders vermeld. Drinkwaterinstallaties mogen, onder bepaalde voorwaarden, op 50 °C met een lagere spoelfrequentie mag functioneren als fysische en elektrochemisch beheerstechnieken toegepast worden. Zie hoofdstuk 3.2 voor meer informatie over deze voorwaarden.

#### **Thermische beheerstechnieken**

Bij thermisch beheer staan twee gedachtes centraal:

1. Het voorkómen van gunstige groeitemperaturen in drinkwaterinstallaties; koud water wordt niet warmer dan 25 °C (bij voorkeur <20 °C) en warm water wordt niet kouder dan 50 °C (bij voorkeur >60 °C).

<sup>11</sup> Zoals eerder aangegeven, is een Beoordelingsrichtlijn (BRL) is een pakket van eisen waaraan een product of dienst kan voldoen om een zekere garantie van kwaliteit en wettigheid aan te tonen. BRL14010-1 betreft een richtlijn voor fysische, elektrochemische en chemische beheerstechnieken.



2. Het voorkómen van waterstilstand in leidingen door de gehele installatie minimaal wekelijks te gebruiken (doorstroming) of door continue watercirculatie.

Bij thermisch beheer wordt er onderscheid gemaakt tussen systemen met en zonder watercirculatie<sup>12</sup>:

- **Circulatiesystemen:** Bij dit soort systemen wordt water continu gecirculeerd op ten minste 60 °C en is er bij voorkeur sprake van zo kort mogelijke uittapleidingen. Er zijn ook zogeheten mengwatersystemen waarbij op een lagere temperatuur dan 60 °C wordt gecirculeerd;
- **Systemen zonder circulatie:** Bij dit soort systemen wordt water opgewekt door een doorstroomtoestel of in een voorraadtoestel gehouden op ten minste 55 °C (woningen) of 60 °C (andere gebouwen). Bij dit soort systemen is het van belang dat warmtapwaterleidingen na gebruik snel afkoelen tot een temperatuur onder de 25 °C en wekelijks gebruikt worden. Spoelen kan handmatig of automatisch plaatsvinden. Eventueel kan wekelijks gebruik handmatig of automatisch gesimuleerd worden. In gebouwen met een collectieve waterinstallatie wordt het simuleren van handmatig gebruik vaak uitgevoerd door de onderhouds- of schoonmaakdienst. Automatische systemen kunnen de temperatuur en het gebruik van tappunten monitoren en kunnen opgewarmd gebruik simuleren. Automatische systemen kunnen dat ook voor het hele systeem doen, ongeacht het tappuntverbruik. Dit soort automatische systemen hebben wel een hoger waterverbruik. In hoofdstuk 7 worden een aantal verschillende innovaties voor thermische desinfectie weergegeven die ook tot energiebesparing van warmte voor tapwater leiden.

De meningen over de effectiviteit van thermisch spoelen (thermische desinfectie) zijn verdeeld. Hoewel legionellabacteriën sneller afsterven bij blootstelling aan temperaturen boven de 60 °C [15], tonen sommige onderzoekers aan dat thermische beheersmaatregelen over de lange termijn minder effectief kunnen worden [48]. Legionellabacteriën zouden ongevoelig kunnen worden voor behandeling met hitte of kunnen een VBNC-stadium (slaapstand) in gaan waarin ze beter beschermd zijn tegen hitte [48]. Andere onderzoekers tonen aan dat je deze uitkomsten kunt vermijden door optimalere systeemontwerpen. Ook zijn er experts die suggereren dat, thermische desinfectie weliswaar effectief is in het vernietigen van bacteriën, maar dat het niet altijd effectief is in het verwijderen van *alle biofilm* in sommige drinkwaterinstallaties. Dit is omdat thermische desinfectie op een 'oppervlakkigere' manier biofilm verwijdert vergeleken met 'grondigere' methodes zoals borstels, geperste lucht en (elektro)chemische stoffen [14], [25], [48]. Vooral prioritaire instellingen met complexe collectieve drinkwaterinstallaties kunnen problemen hebben met terugkomende legionellabacteriën en biofilmvorming. In het onderzoek van Schalk et al. (2012) blijkt dat bij 80% van dit soort locaties met thermisch beheer regelmatig legionellabacteriën worden aangetoond.

### ***Fysische beheerstechnieken***

Fysische beheerstechnieken zijn technieken waarbij geen stoffen worden toegevoegd of gevormd in het drinkwater. Het betreft hier het toepassen van micro- en ultrafilters, ultraviolet (uv)-licht, ultrasone cavitatie (geluidsgolven) of pasteurisatie.

- **Micro- en ultrafiltratie:** Bij deze technieken worden legionellabacteriën tegengehouden door een filter. Bij onvoldoende periodieke controle en het niet tijdig vervangen van het filter, kan er verstopping en schade aan het filter ontstaan. Legionellabacteriën kunnen daardoor in het drinkwater terecht komen.
- **Uv-licht:** uv-licht met een golflengte van circa 254 nm veroorzaakt genoomschade en verstoort de celdeling van de legionellabacterie, die daardoor afsterft. Omdat amoeben of

<sup>12</sup> Voor een overzicht van de NEN 1006-eisen voor drinkwaterinstallaties met en zonder circulatiesystemen zie hoofdstuk 3.1.



kalkdeeltjes het uv-licht kunnen blokkeren, kunnen legionellabacteriën op deze manier niet altijd bestreden worden. Vóór de aanpassingen aan de BRL14010-1 (in 2021) moesten uv-technieken gecombineerd worden met voorfilters (micro- of ultrafilters). Dat is nu niet meer een vereiste. Uv-technieken zijn daardoor betaalbaarder in aanschaf en onderhoud, omdat de filters niet meer vervangen hoeven te worden. Sommige experts constateren dat dit zelfs tot een halvering van de totale kosten leidt. Een systeem met een capaciteit van > 4 m<sup>3</sup> zou daardoor twee jaar mee kunnen gaan. Een risico bij deze systemen is dat er geen beheersing meer plaatsvindt als de stroom uitvalt. Steeds meer innovators en systeemontwerpers lossen dit op door batterijen en back-upsystemen te integreren in hun technieken.

- **Ultrasone geluidsgolven (ultrasone cavitatie):** Ultrasone (geluids)golven kunnen afwisselend hoge en lage druk in het water genereren. Bij lage druk ontstaan vacuümbelletjes die bij hoge druk imploderen. Door implosies gaan de temperatuur en druk omhoog waardoor celwanden van de amoeben kapotgaan. Om eventueel aanwezige legionellabacteriën in de amoeben te vernietigen, wordt het systeem vaak gecombineerd met uv-licht. Ultrasone cavitatie valt niet onder de definitie van fysisch beheer in het Drinkwaterbesluit. Op grond van artikel 44 mag deze techniek dan ook niet worden toegepast.
- **Pasteurisatie:** In een pasteurisatiesysteem wordt water eerst vijf minuten lang verhit op minimaal 70 °C. Vervolgens wordt het afgekoeld naar 40-50 °C. Daarna kan het als tapwater worden gebruikt of opgeslagen. Pasteurisatie is vooral geschikt voor warmtapwater- en mengwaterleidingen omdat het gepasteuriseerde water onvoldoende kan afkoelen voor koud water.

Als eigenaren en beheerders fysische technieken in collectieve drinkwaterinstallaties willen gebruiken, dan moeten ze een meetprogramma volgen met extra legionellamonsters, zo stelt tabel IIId in de Drinkwaterregeling. Bij ultrafiltratie en uv-stralingsystemen gaat het om ten minste twee monsternames per jaar en bij pasteurisatiesystemen om ten minste vier monsternames per jaar [44].

Uv- en ultrafiltratiesystemen die bij de watermeter geplaatst zijn (zogenoemde 'poortwachtersystemen') kunnen effectief zijn in het tegenhouden van legionellabacteriën bij binnenkomst in de drinkwaterinstallatie. De effectiviteit is echter afhankelijk van het verwijderen van biofilm in de nageschakelde drinkwaterinstallatie, een goede monitoring van de integriteit van de beheerstechniek en het geregeld uitvoeren van onderhoud. Als de biofilm niet volledig wordt verwijderd, dan kan alsnog groei van *Legionella* optreden. Monitoring en het geregeld vervangen of reinigen van filters en uv-lampen zijn noodzakelijke maatregelen om de effectiviteit van deze technieken te waarborgen. Uv- en ultrafiltratiesystemen kunnen ook aan het tappunt geplaatst worden. De effectiviteit van dit soort systemen is ook afhankelijk van monitoring en geregelde vervanging of reiniging van filters en uv-lampen [14], [48], [53]. Ook pasteurisatiesystemen worden vaak als poortwachtersysteem geïnstalleerd. Pilots tonen aan dat dit succesvol kan zijn bij een eenvoudige, overzichtelijke installatie. Dan is de techniek robuust en is er relatief weinig beheer vereist [53].

### **Fotochemische beheerstechnieken**

Fotochemische beheerstechnieken worden sinds juli 2011 gecategoriseerd als fysische beheerstechnieken [55]. In Nederland gaat het bij fotochemische beheerstechnieken voornamelijk om Advanced Oxidation Technology (AOT). Bij AOT wordt drinkwater geleid door een apparaat met uv-licht in een behuizing met een laagje titaniumdioxide (TiO<sub>2</sub>). Doordat het TiO<sub>2</sub>-laagje in de buis met uv-licht wordt bestraald, ontstaat een fotochemische reactie waarbij watermoleculen worden omgezet in hydroxyl (OH)-radicalen. Deze OH-radicalen veroorzaken reacties waardoor micro-organismecelwanden vernietigd worden. Ook de uv-lamp zorgt voor bestrijding van bacteriën. Door de korte levensduur van de radicalen vindt de reactie alleen in de behuizing plaats en vindt er geen



restwerking in de nageschakelde installatie plaats. Als eigenaren en beheerders AOT-technieken in collectieve drinkwaterinstallaties willen gebruiken, dan moeten ze een meetprogramma volgen met ten minste vier monsternames per jaar, zo stelt tabel IIId in de Drinkwaterregeling [44]. Fotochemische beheerstechnieken zijn vaak bij de watermeter als poortwachtersysteem geïnstalleerd. Ook maken ze gebruik van uv-lampen. Hierdoor zijn de voor- en nadelen van dit soort systemen vergelijkbaar met die van de fysische beheerstechnieken die hierboven beschreven zijn.

### **Elektrochemische beheerstechnieken**

Als thermische of fysische beheerstechnieken niet voldoen, dan kan elektrochemisch beheer worden toegepast. Dit kan echter alleen in prioritaire instellingen, en alleen onder bepaalde voorwaarden en onderbouwd door een gecertificeerd adviseur (zie hoofdstuk 3.3). Bij elektrochemische beheerstechnieken worden desinfecterende chemische stoffen in het water gevormd of toegevoegd die bij een bepaalde concentratie schadelijk zijn voor (legionella)bacteriën. De chemische samenstelling van het water verandert daardoor. Omdat deze stoffen ook schadelijk kunnen zijn voor de volksgezondheid en het milieu mogen alleen door de Ctgb-goedgekeurde technieken en chemicaliën worden toegepast, en alleen door een bedrijf met een certificaat (BRLK14010-2). Het gaat hier met name om koper/zilver-ionisatie en anodische oxidatiesystemen.

- **Koper/zilver-ionisatie:** Bij koper/zilver-ionisatie komen koper en zilver-ionen in het water terecht. De koper-ionen tasten de micro-organismecelwanden aan waardoor de zilver-ionen de micro-organismen binnentreden. De zilverionen verstoren de celprocessen waardoor de micro-organismen afsterven. Bij een optimale concentratie werken de koper- en zilver-ionen nog enkele weken na de systeemuitschakeling door (restwerking), omdat ze in de biofilms accumuleren. De koper- en zilveragehaltes in het water kunnen bij een optimale dosering ver onder de toegelaten BRLK14010-2- normen<sup>13</sup> blijven.
- **Anodische oxidatie:** Bij anodische oxidatie worden geen stoffen aan het water toegevoegd, maar worden de in het drinkwater reeds aanwezige stoffen (voornamelijk vrij chloor -  $\text{OCl}^-$ ,  $\text{HOCl}$ ) door middel van elektrolyse omgezet in desinfecterende stoffen. Voor een effectieve werking moet soms het zoutgehalte in het drinkwater worden opgehoogd door keukenzout toe te voegen. De hoeveelheid chloor blijft ver onder de WHO-norm van maximaal 5 mg/l. Net als bij koper/zilver-ionisatie is er bij anodische oxidatie sprake van restwerking na de systeemuitschakeling. Deze restwerking is echter korter omdat vrij chloor relatief snel oplost.

Bij het gebruik van elektrochemische technieken moeten eigenaren en beheerders van collectieve drinkwaterinstallaties een aanzienlijk aantal extra watermonsters uitvoeren conform de Drinkwaterregeling tabel IIId. Er moeten twaalf monsternames per jaar plaatsvinden voor een controle op legionellabacteriën, koper en zilver (voor koper/zilver-ionisatiesystemen), trihalomethanen en vrij chloor (voor anodische oxidatiesystemen) [44].

Elektrochemische beheerstechnieken, en dan met name koper/zilver-ionisatiesystemen, zijn effectieve technieken voor de bestrijding van legionellabacteriën in complexe drinkwaterinstallaties. Deze technieken bestrijden legionellabacteriën in de hele drinkwaterinstallatie in tegenstelling tot fysische en fotochemische poortwachtersystemen. Hierdoor is het niet nodig dat de drinkwaterinstallatie van tevoren geheel schoon is. De technieken hebben een lange restwerking omdat de chemische stoffen diep in het biofilm terecht komen. De biofilm wordt hierdoor wel verwijderd, terwijl dat met bijvoorbeeld thermische desinfectie een stuk lastiger is. Door de restwerking werkt deze techniek nog even door als het systeem uitvalt [14], [48], [53].

<sup>13</sup> Voor koper 100-400 µg/l (norm: 1000 µg/l) en zilver 10-40 µg/l (norm: 50 µg/l).



### **Chemische beheerstechnieken**

In het buitenland wordt op sommige plekken gebruik gemaakt van een continue dosering van chemicaliën aan het drinkwater om micro-organismen te bestrijden. Vooral drinkwaterbedrijven voegen chloorhoudende desinfectiemiddelen toe voor distributie in het net. Daarom kan water in het buitenland soms een (lichte) chloorsmaak hebben. Dosering van deze desinfectiemiddelen kan tot de vorming van ongewenste bijproducten leiden en bij hoge concentraties kunnen die ook gezondheidsrisico's veroorzaken. Vandaar dat drinkwaterbedrijven in Nederland bewust geen desinfectiemiddelen toevoegen aan het drinkwater voor distributie. Drinkwater wordt verregaand (chemisch en) microbiologisch gezuiverd met meervoudige barrières. Tijdens de zuivering wordt biologische stabiliteit van het water nagestreefd zodat de nagroeipotentie tijdens de distributie beperkt blijft en desinfectie niet nodig is. Drinkwaterbedrijven staan dan ook wantrouwend tegenover lokale toepassing op gebouwniveau van chemische desinfectie.

Chemisch beheer mag in Nederland daarom alleen voor prioritaire instellingen worden ingezet als met thermische, fysische of elektrochemische beheerstechnieken de legionellabacteriën niet beheerst kunnen worden. Hiervoor is een schriftelijke en gemotiveerde verklaring nodig van een BRL6010-gecertificeerd bedrijf. Gezien de effectiviteit van de andere beheerstechnieken komt het in de praktijk echter niet voor dat chemische beheerstechnieken worden toegepast [48].

Terwijl chemische beheerstechnieken niet *structureel* worden toegepast, worden kortstondige *chemische reinigingsmaatregelen* wel ingezet om de biofilm in een drinkwaterinstallatie te verwijderen als er legionellabacteriën aanwezig zijn. Dit zijn complexe operaties die veel impact hebben op de gebruikers en de installatie. Het drinkwater moet tijdens de reiniging afgekoppeld worden van het openbare waternet en kan dan vaak minstens vier uur niet worden gebruikt. Met name binnen ziekenhuizen en verzorgingshuizen is dit vaak onmogelijk. Naast de praktische bezwaren is het meestal ook geen structurele oplossing, omdat de legionellabacteriën vaak binnen zes tot twaalf maanden terugkeren als er geen systeemaanpassingen worden gedaan [56].

Sommige gebouweigenaren en -beheerders constateren dat het kwaliteitsniveau van een chemisch reinigingsproces sterk kan verschillen per uitvoerder. In theorie moet een groot deel van de onderdelen van de drinkwaterinstallatie worden gedemonteerd, maar in de praktijk gebeurt dit niet altijd (goed). Toch geven adviseurs, gebouweigenaren en -beheerders aan dat chemische reiniging in de praktijk vaak wordt toegepast, zeker wanneer er sprake is van een grote hoeveelheid legionellabacteriën in de installatie. Het is echter wel belangrijk om de oorzaak van de besmetting te vinden, anders blijft de bacterie terugkeren.

## **4.2 De voor- en nadelen van de vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken**

Tabel 1 op de volgende pagina biedt een overzicht van de verschillende voor- en nadelen per legionellabeheerstechniek. Alle informatie in deze tabel komt van [14], [39], [48] en [53].





Categorie	Voordelen	Nadelen	Innovatie-uitdagingen
<b>Thermisch</b>  Thermische desinfectie en installaties met en zonder warmtapwater-circulatiesysteem, gevoed door gasketels, doorstroom-toestellen, elektrische boilers, warmtepompen, e.d.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Thermisch beheer is de status quo. Installateurs en systeemontwerpers zijn bekend met de technieken en vertrouwen erop.</li> <li>✓ Geen toevoeging van chemische stoffen.</li> <li>✓ Handmatig spoelen is eenvoudig door iedereen uit te voeren.</li> <li>✓ Spoelen en beheersen is eenvoudig te automatiseren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hoog gelijktijdig elektriciteitsverbruik bij gebruik van elektrische doorstroomtoestellen en elektrische boilers. Kan tot hoge gelijktijdige piekbelasting van het elektriciteitsnet leiden.</li> <li>○ Warmtepompen met een voorraadvat zijn een efficiënt alternatief, maar COP's van veelvoorkomende lucht/water-warmtepompen verminderen met 0.1 bij elke graad opwarming. Warmtepompen voor collectieve circulatiesystemen hebben moeite om een continue waterstroom op 60 °C te leveren.</li> <li>○ Bestaande hogetemperatuurwarmtenetconcepten hebben hoge warmteverliezen (gemiddeld 27%). In de warme maanden, als er alleen warmtelevering voor warmtapwater plaatsvindt, zijn de verliezen nog hoger.</li> <li>○ Het wordt lastiger om water op de juiste temperatuur te houden (warm of koud) door warmere omgevingstemperaturen in gebouwen, warmere zomers, minder koudezones en warmere ondergronden.</li> <li>○ Biofilms zijn soms lastig te verwijderen met thermische desinfectie.</li> <li>○ Thermische desinfectie van koudwaterleidingen is meestal niet mogelijk.</li> <li>○ Handmatig spoelen vergt discipline en vaak veel tijd.</li> <li>○ Automatisch spoelen vergt monitoring en onderhoud. Monitoring vergt voldoende kennis op locatie.</li> <li>○ Het materiaal van de leidingen en onderdelen van de drinkwaterinstallatie moet bestand zijn tegen hoge temperaturen (bijvoorbeeld geen kunststof).</li> </ul>	Het ontwikkelen van duurzame, legionellaveilige drinkwaterinstallaties die: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ zonder problemen hoge temperaturen kunnen bereiken;</li> <li>➤ een lager gelijktijdig elektriciteitsverbruik hebben;</li> <li>➤ gebruik maken van duurzame warmtebronnen (lucht-, bodem- of zonnewarmte) of collectieve duurzame warmte (van LT-warmtenetten en bronnetten).</li> </ul>
<b>Fysisch (incl. fotochemisch)</b>  Micro- en ultrafiltratie, uv-licht, pasteurisatie, AOT	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gelijkgesteld aan thermisch beheer; mag in alle gebouwen toegepast worden.</li> <li>✓ Mag toegepast worden met lagere temperaturen (50 °C) en lagere spoelfrequenties met toestemming van bevoegd gezag (vaak gemeentes). Hierdoor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bij toepassing in collectieve drinkwaterinstallaties moeten extra legionellamonsters genomen worden, aldus tabel IIId in de Drinkwaterregeling.</li> <li>○ Bij plaatsing vlak na de watermeter (poortwachtersystemen), vindt er geen beheersing plaats in de nageschakelde drinkwaterinstallatie. Leidingen moeten biofilmvrij zijn (en blijven). Dit kan ingewikkeld en kostbaar zijn.</li> </ul>	Het ontwikkelen van slimme, goedkopere en onderhoudsarme fysische beheerstechnieken met bijvoorbeeld: slimme monitoring, automatische signalering van vervanging,



	<p>zijn er mogelijkheden voor energiebesparing.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Geen toevoeging van chemische stoffen.</li> <li>✓ Minder arbeidsintensief en gevoelig voor fouten dan handmatig thermisch beheer.</li> <li>✓ Sinds 2021 mogen uv-lichtsystemen zonder voorfilters toegepast worden.</li> <li>✓ Batterijen zijn steeds vaker een onderdeel van systemen met uv-licht, waardoor het beheer niet stilvalt bij stroomuitval.</li> <li>✓ 'Point-of-use'-technieken zoals filterdouchekoppen zijn eenvoudig in gebruik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bij de toepassing van uv-licht en filters, zijn periodieke monitoring, onderhoud en vervanging noodzakelijk. Filters kunnen verstopt raken en breken. Uv-lichten kunnen vies raken en uitvallen. Dit vergt discipline van beheerders.</li> <li>○ Niet de status quo: nieuwe gebouweigenaren en -beheerders moeten (na verhuizing) op de hoogte zijn van de vereiste monitoring en onderhoudsmaatregelen.</li> <li>○ Uv-lichten kunnen uitvallen bij stroomuitval. Als er geen back-upsystemen zijn, dan moet na uitval de hele installatie worden gereinigd en gedesinfecteerd.</li> <li>○ Sommige systemen zijn vooralsnog (te) duur voor toepassing op woningniveau.</li> </ul>	<p>automatische filterreiniging of vervanging, filterloze technieken, batterijen voor back-up elektriciteit en beheerinstallaties die in serie geplaatst zijn.</p>
<p><b>Elektrochemisch</b></p> <p>Koper/zilver-ionisatie en anodische oxidatie</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mag toegepast worden met lagere temperaturen (50 °C) en lagere spoelfrequenties met toestemming van bevoegd gezag (vaak gemeentes). Hierdoor zijn er mogelijkheden voor energiebesparing.</li> <li>✓ Werkt in de hele waterinstallatie.</li> <li>✓ Het is niet nodig dat installaties van tevoren geheel schoon zijn.</li> <li>✓ Verwijdert biofilm.</li> <li>✓ Door de lange restwerking (weken) biedt deze techniek nog steeds beheer als het systeem uitvalt.</li> <li>✓ Zeer geschikt voor complexe drinkwaterinstallaties met veel (terugkerende) legionellabacteriën.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alleen toegestaan in bepaalde utiliteitsbouwtypes (prioritaire instellingen) met onderbouwing van een BRL6010-gecertificeerd bedrijf, en alleen als thermische of fysische technieken legionellabacteriën niet kunnen beheersen. Toepassing moet aangemeld worden bij IL&amp;T.</li> <li>○ Er moet een aanzienlijk aantal extra legionellamonsters worden genomen conform tabel IIId in de Drinkwaterregeling.</li> <li>○ Vorming of toevoeging van stoffen aan (drink)water. Dit verandert de chemische samenstelling van het water.</li> <li>○ Monitoring en onderhoud van apparatuur is nodig. Goede monitoring is noodzakelijk i.v.m. het voorkomen van ion-concentraties die schadelijk zijn voor de volksgezondheid.</li> <li>○ Niet de status quo: nieuwe gebouweigenaren en -beheerders moeten (na verhuizing) op de hoogte zijn van de vereiste monitoring en onderhoudsmaatregelen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Het ontwikkelen van slimmere, goedkopere en onderhoudsarmere elektrochemische beheerstechnieken.</li> <li>➤ Het ontwikkelen en demonstreren van systemen die ook veilig zijn op niet-prioritaire locaties.</li> </ul>
<p><b>Chemisch</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mag toegepast worden met lagere temperaturen (50 °C) en lagere spoelfrequenties met toestemming van bevoegd gezag (vaak gemeentes). Hierdoor zijn er mogelijkheden voor energiebesparing.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alleen toegestaan in bepaalde utiliteitsbouwtypes (prioritaire instellingen) met onderbouwing van een BRL6010-gecertificeerd bedrijf, en als andere technieken legionellabacteriën niet kunnen beheersen. Gezien de effectiviteit van de andere beheerstechnieken komt toepassing in de praktijk niet voor.</li> <li>○ Toevoeging van stoffen aan (drink)water.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gezien de genoemde nadelen is reguliere toepassing onwaarschijnlijk (alleen in extreme gevallen). Op dit</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Werkt in de hele waterinstallatie.</li> <li>✓ Het is niet nodig dat installaties van tevoren geheel schoon zijn.</li> <li>✓ Verwijdert biofilm.</li> <li>✓ Zeer geschikt voor complexe drinkwaterinstallaties met veel (terugkerende) legionellabacteriën.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Goede monitoring van de biocide-concentraties en van de werking van het systeem is noodzakelijk.</li> <li>○ Kan de smaak en geur van het water veranderen.</li> <li>○ Bij chemische reiniging: drinkwater kan tijdens reiniging niet gebruikt worden (minimaal vier uur). Binnen ziekenhuizen en verzorgingshuizen is dit soms onmogelijk.</li> <li>○ Chemische reiniging is vaak niet de oplossing; legionellabacteriën komen vaak binnen zes tot twaalf maanden terug in de installatie.</li> </ul>	<p>moment is er weinig innovatie/research gewenst op dit gebied.</p>
--	--	--	--

**Tabel 1.** Een samenvatting van de voordelen, nadelen en innovatie-uitdagingen van de vijf categorieën van legionellabeheerstechnieken.



### 4.3 De huidige stand van zaken van legionellabeheerstechnieken in Nederland

#### ***De huidige stand van zaken van legionellabeheerstechnieken voor de woningbouw (gebouwen zonder collectieve drinkwaterinstallaties)***

De waterinstallaties van woningen in Nederland maken over het algemeen gebruik van thermische beheerstechnieken zonder circulatie [33]. Nederland heeft ruim 7,97 miljoen woningen, waarvan ongeveer 90% aardgas gebruikt voor verwarming, warmtapwater en koken. Naast combiketels zijn geisers en boilers bekende apparaten voor de bereiding van warmtapwater [57].

In een aantal grote steden zijn bestaande gebouwen aangesloten op hogetemperatuur (HT-) warmtenetten die zowel warmte voor ruimteverwarming als voor tapwater leveren. Warm water wordt vanuit een centrale bron door geïsoleerde buizen aan gebouwen geleverd. Via een afleverset in het gebouw kan de warmte gebruikt worden voor verwarming en warm water. In 2020 waren er bijna 366.000 gebouwen met een aansluiting op een groot warmtenet<sup>14</sup> en in 2018 waren er bijna 64.000 gebouwen aangesloten op een klein warmtenet<sup>15</sup> [58]. Voor meer informatie over de interacties tussen bestaande HT-warmtenetten, de warmtetransitie en het uitvoeren van de legionellaregelgeving, zie hoofdstuk 6.2.

De hoeveelheid vaste elektrische boilers in Nederland (50 liter en groter) wordt geschat op 500.000, en dat aantal neemt sterk toe [59]. Warmtepompboilers en warmtepompen in combinatie met voorraadtoestellen worden steeds vaker toegepast in woningen voor het verwarmen van tapwater (en ruimteverwarming). In 2020 waren er 78.250 woningen met een water/water-bodemwarmtepomp en 159.402 woningen met een lucht/water-warmtepomp [60]. Vorig jaar werden er 62.000 warmtepompen verkocht, wat een groei van 36% was ten opzichte van 2019 [58]. Een elektrische doorstroomer voor warmtapwater is voor de Nederlandse markt nog redelijk nieuw maar valt ook onder een systeem zonder circulatie. Verschillende experts geven aan dat elektrische doorstromers vaker in België worden toegepast dan in Nederland. Daarnaast is er ook een aantal soorten (kleine) boilers speciaal voor de keukens [61], [62]. Voor meer informatie over de interacties tussen elektrisch gedreven warmtapwaterbereiders, de warmtetransitie en het uitvoeren van de legionellaregelgeving, zie hoofdstuk 6.2.

Volgens het Waterwerkblad 4.4A voor warmtapwaterinstallaties komen warmtapwater-circulatiesystemen in woningen ook voor [33]. Het is alleen lastig om te achterhalen hoe vaak dit soort drinkwaterinstallaties voorkomen.

Als er verhoogde legionellaconcentraties in woningen zijn geconstateerd, dan worden fysische technieken tot nu toe incidenteel en kortdurend toegepast, als tijdelijke maatregel in afwachting van structurele maatregelen [39]. In de praktijk zal de toepassing van fysische beheerstechnieken weinig voorkomen omdat er in woningen niet regulier bemonsterd wordt op legionellabacteriën.

---

<sup>14</sup> Grote warmtenetten worden door TNO en CBS gedefinieerd als netten die primair warmte aan de gebouwde omgeving leveren en minimaal 150TJ aan warmte leveren aan eindgebruikers [103].

<sup>15</sup> De kleine warmtenetten worden door TNO en CBS gedefinieerd als netten die minder dan 150TJ aan warmte leveren aan eindgebruikers [103].



Bemonstering vindt naar verwachting het vaakst plaats tijdens brononderzoeken door de GGD nadat patiënten legionella-infecties hebben opgelopen.

Theoretisch gezien mogen fotochemische beheerstechnieken toegepast worden in woningen. Er zijn echter maar weinig gecertificeerde fotochemische beheerssystemen voor woningen verkrijgbaar op de markt. De meeste systemen zijn gericht op locaties met een collectieve warmtapwatervoorziening en dan voornamelijk prioritaire instellingen. Dit is waarschijnlijk wegens de grootte en prijs van dit soort systemen.

***De huidige stand van zaken van legionellabeheerstechnieken voor appartementen en de utiliteitsbouw (gebouwen met collectieve drinkwaterinstallaties)***

Net zoals bij de woningbouw, maken gebouw eigenaren van de utiliteitsbouwsector in de basis gebruik van thermische beheerstechnieken voor hun waterinstallaties. Toch worden in de utiliteitsbouw meer fysische of elektrochemische beheerstechnieken toegepast dan bij de woningbouw. Er is weinig openbare informatie beschikbaar over de hoeveelheid toepassingen van de verschillende beheerstechnieksoorten. Schalk et al. (2012) hebben een poging gedaan om deze toepassingen voor prioritaire instellingen in kaart te brengen, maar hun onderzoek is hierin niet compleet. Wel laten hun resultaten zien dat het grootste deel van de ondervraagde prioritaire instellingen (meer dan 95%) gebruik maakt van thermische beheerstechnieken [48].

Gebouwen met een collectieve warmtapwatervoorziening maken gebruik van zowel circulatiesystemen als beheerssystemen zonder circulatie. Circulatiesystemen worden al zeer lang toegepast in o.a. hotels, ziekenhuizen, sportfaciliteiten, zorgcomplexen en de gestapelde bouw. Bij dit soort circulatiesystemen wordt er per gebouw (soms voor meerdere gebouwen) op een centraal punt warmtapwater bereid en wordt dit via een circulatiesysteem tot bij de afzonderlijke woningen of ruimtes gevoerd. Per woning/ruimte takt een leiding af, meestal voorzien van een telwerk, dat zich vervolgens vertakt naar de afzonderlijke tappunten in de woning/ruimte. De warmte kan op uiteenlopende manieren centraal opgewekt worden. Traditionele verwarming maakt gebruik van ketels. Andere warmte-opwekkers zijn warmtekrachtsystemen, warmtepompen (beide meestal met ketels als bijstook) en stadsverwarming [63]. In appartementsgebouwen worden dit soort collectieve warmtesystemen ook wel blokverwarmingsnetten genoemd. Deze zijn meestal gevoed door een grote gasketel en leveren warmte aan meerdere woningen binnen hetzelfde gebouw. In 2019 ging het om circa 430.000 woningen [58].

Er bestaan ook collectieve circulatiesystemen voor enige tientallen tot honderden grondgebonden woningen waar op een centraal punt warmtapwater bereid wordt. Dit soort circulatiesystemen worden al minimaal tien jaar toegepast [63].

Als verhoogde concentraties legionellabacteriën in niet-prioritaire instellingen zijn aangetroffen, dan worden fysische technieken tot nu toe incidenteel en kortdurend toegepast, als tijdelijke maatregel in afwachting van structurele maatregelen. Fysische systemen worden hier vaak eerst toegepast in combinatie met thermische beheerstechnieken voordat ze als volledig systeem worden gebruikt. De meeste gebouwen passen van oudsher thermische beheerstechnieken toe en het is financieel niet gunstig om dit soort systemen helemaal om te bouwen [64]. Schalk et al. (2012) laten in hun onderzoek zien dat er in 2012 ten minste 42 zorginstellingen (prioritaire instellingen) waren met een uv- en ultrafiltratiesysteem [48]. Het is niet duidelijk hoeveel gebouwen in totaal fysische beheerstechnieken toepasten in 2021.



Fotochemische beheerstechnieken worden in utiliteitsbouwtypes toegepast, en dan met name in prioritaire instellingen. De meeste gecertificeerde fotochemische systemen zijn dan ook gericht op prioritaire instellingen, maar ze richten zich ook op niet-prioritaire gebouwen met een collectieve tapwatervoorziening. Het is niet duidelijk hoeveel gebouwen fotochemische beheerstechnieken toepasten in 2021.

Elektrochemische technieken mogen alleen in prioritaire instellingen worden toegepast en wanneer de andere beheerstechnieken niet effectief genoeg zijn. Dit soort beheerstechnieken zijn meestal geschikt voor complexe drinkwaterinstallaties met veel (terugkerende) situaties met verhoogde legionellaconcentraties. Schalk et al. (2012) tonen in hun onderzoek aan dat er in 2012 ten minste 44 zorginstellingen (prioritaire instellingen) waren met een koper/zilver-ionisatiesysteem en ten minste zes zorginstellingen met een anodische oxidatiesysteem [48]. Het is niet duidelijk hoeveel gebouwen in totaal elektrochemische beheerstechnieken toepasten in 2021.





## 5 Wie-is-wie in de wereld van de legionellaregelgeving

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de belangrijkste bedrijven en organisaties binnen de ‘wereld van de legionellaregelgeving’ **voor de gebouwde omgeving**. Verschillende partijen binnen het netwerk van TKI Urban Energy hebben aangegeven dat ze behoefte hebben aan een dergelijk overzicht.

### Opstellers van normen, wet- en regelgeving



Rijksoverheid

**De Nederlandse overheid:** Is verantwoordelijk voor het opstellen, aanpassen en uitvoeren van het Bouwbesluit, de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit. Dit zijn de belangrijkste wetten en besluiten die tot legionellaveilige drinkwaterinstallaties in gebouwen van de gebouwde omgeving leiden.



**Nederlands Normalisatie-instituut (NEN):** NEN begeleidt en stimuleert de ontwikkeling van normen op nationaal, Europees en mondiaal niveau. Normen zijn afspraken die marktpartijen vrijwillig met elkaar maken over de kwaliteit en veiligheid van hun producten, diensten en processen. NEN is onder andere verantwoordelijk voor het opstellen en het aanpassen van de NEN 1006, waaraan alle gebouwen met een drinkwaterinstallatie volgens het Bouwbesluit moeten voldoen (zie hoofdstuk 3). NEN biedt ook speciale cursussen en trainingen aan over de NEN 1006.

### Toeziethouders



**Inspectie Leefomgeving en Transport:** In Nederland ziet de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) toe op de naleving van de Regeling legionellapreventie, gericht op drinkwater. In de praktijk betekent dat de ILT toezicht houdt op eigenaren van collectieve drinkwaterinstallaties in ziekenhuizen, zorginstellingen, hotels, bungalowparken, pensions (met nachtverblijf voor meer dan vijf personen), jachthavens, badinrichtingen (zwembaden en sauna's), celinrichtingen, asielzoekerscentra en vrachtwagenparkeerplaatsen.

### Kennisorganisaties en -platformen



**ISSO:** ISSO is een onafhankelijke stichting die in 1974 is opgericht als stichting Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek, op het gebied van gebouwinstallaties. ISSO levert vakkennis aan professionals (installateurs) in de gebouwde omgeving. Dit doet ISSO door middel van publicaties, online tools, cursussen, trainingen, projecten en andere activiteiten. Zie het kader in hoofdstuk 3 voor meer informatie over de belangrijkste ISSO-publicaties met betrekking tot legionellaregelgeving.





**InfoDWI:** De samenwerkende drinkwaterbedrijven in Nederland hebben de meest relevante informatie over veilige en efficiënte drinkwaterinstallaties verzameld op de website van infoDWI. De informatie op deze site wordt namens de samenwerkende drinkwaterbedrijven beheerd door Kiwa Nederland B.V. Op de infoDWI-website staan de Waterwerkbladen. De Waterwerkbladen zijn een praktijkuitwerking van de verschillende artikelen in de NEN 1006, en daarmee een belangrijke informatiebron bij ontwerp, aanleg, ingebruikstelling en beheer van de leidingwaterinstallaties in gebouwen. De Waterwerkbladen zijn bedoeld voor architecten, installateurs, gebouweigenaren, toezichthouders en controleurs.



**TVVL:** TVVL is hét kennisplatform in de installatietechniek. De vereniging heeft een online kennisbank, biedt cursussen, workshops en trainingen, en publiceert het TVVL Magazine. Ze organiseert regelmatig evenementen, (regio)bijeenkomsten en congressen en verzorgt cursussen over legionellapreventie.



**KWR:** KWR is een kennisinstituut voor waterbeheer dat veel kennis genereert voor de watersector en, in de laatste jaren, steeds meer voor andere sectoren. Zo is het team Energie en Circulaire systemen bezig met onderzoek op het snijvlak van water, energie en de circulaire economie. KWR doet regelmatig onderzoek voor de ministeries en de resultaten van deze onderzoeken dienen dan vaak als basis voor het opstellen of aanpassen van de drinkwaterregelgeving<sup>16</sup>.

## Brancheverenigingen



**Vewin:** Vewin is de Vereniging van de tien waterbedrijven in Nederland. Dit zijn ondernemingen met gemeentes en provincies als aandeelhouders, die ervoor zorgen dat overal in Nederland 24/7 kwalitatief hoogwaardig drinkwater geleverd wordt. De belangrijkste taak van Vewin is het in Den Haag en Brussel behartigen van de belangen van haar leden, met als doel om gunstige condities tot stand te brengen en te houden voor de continue productie van goed drinkwater. Op de site van Vewin staat een aantal standpunten geformuleerd. Een paar van deze standpunten hebben te maken met het thema energie en de circulaire economie.



**ENVAQUA:** ENVAQUA is de branchevereniging van water- en milieutechnologiebedrijven. De branchevereniging zet zich in voor een schone buitenlucht, water, bodem en grondstoffen. De leden van ENVAQUA zijn verenigd in inhoudelijke expertgroepen, die samenwerken in de diepte van deze vier sectoren en op de onderlinge snijvlakken ertussen. Een van deze

<sup>16</sup> In 2000 heeft KWR onderzoek gedaan naar de risico's van koelwatersystemen en luchtbevochtigers, als basis voor specifieke regelgeving op dat gebied. In 2005 heeft KWR praktijktesten uitgevoerd met fysische en elektrochemische beheerstechnieken voor legionellapreventie in opdracht van het Ministerie van VROM, eveneens als basis voor de ontwikkeling van regelgeving op dit gebied. En in 2021 heeft KWR samen met Berenschot en in opdracht van het ministerie van IenW, een evaluatie uitgevoerd van de bestaande legionellaregelgeving op drinkwatergebied, gebaseerd op de wetenschappelijk inzichten in de afgelopen twintig jaar. Voor meer informatie hierover zie hoofdstuk 3.5.



expertgroepen is de Expertgroep Legionella. Als expertgroep delen zij hun ervaringen en kennis met brancheverenigingen, overheden en kennisinstituten. De expertgroep adviseert en bemiddelt actief in relatie tot wet- en regelgeving op het gebied van legionellapreventie in Nederland en Europa. Het is gefocust op het toepassen en verbeteren van alle mogelijke preventietechnieken.



**Techniek Nederland:** Techniek Nederland is de ondernemersvereniging van technisch dienstverleners, installatiebedrijven en de technische detailhandel. Ze vertegenwoordigt ongeveer 6.000 bedrijven. Techniek Nederland zet in haar lobby voor veilige leidingwaterinstallaties zwaar in op legionellapreventie. Zij houdt haar leden op de hoogte van de laatste ontwikkelingen op het gebied van legionellapreventie, met onderwerpen zoals de juiste aanleg van drinkwaterinstallaties, controle en onderhoud aan drinkwaterinstallaties en inzichten in de laatste wet- en regelgeving. Techniek Nederland biedt een aantal handboeken en specifieke trainingen over legionellapreventie en beheer en onderhoud van drinkwaterinstallaties.

#### Organisaties voor legionellapreventiecertificering



**InstallQ:** InstallQ is de stichting die certificatieregelingen beheert, actualiseert en onderhoudt. De beoordelingsrichtlijn 6010 over legionellapreventie is aangewezen door het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat. Dit betekent dat legionella-adviseurs behoren te voldoen aan de BRL van InstallQ. Op dit moment zijn Kiwa en Dekra de enige instanties met een volmacht om BRL6010-certificaten uit te delen aan legionellapreventie-adviesbureaus.



**Kiwa:** Kiwa houdt zich bezig met services op het gebied van certificering, inspectie, testen, training en (strikt gescheiden) consultancy. Kiwa heeft [een overzicht van ongeveer zeventig BRL6010-gecertificeerde bedrijven](#) die gebouweigenaren en -beheerders kunnen inschakelen om risico-analyses uit te voeren, beheersplannen op te stellen en/of onderbouwingen te formuleren om fysische en elektrochemische beheerstechnieken toe te passen, in combinatie met een lagere spoelfrequentie en een lagere aanvoertemperatuur.



**Dekra:** DEKRA toetst en certificeert kwaliteits-, arbo- en milieuzorgsystemen tegen internationale of lokale normen. Dekra heeft ongeveer dertig legionellapreventie-adviesbureaus gecertificeerd.



## 6 De interacties tussen de legionellaregelgeving en de warmtetransitie

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de interacties tussen de legionellaregelgeving en de warmtetransitie. Het uitvoeren van de warmtetransitie – de grootschalige overgang van het gebruik van aardgas naar duurzame alternatieven voor koken, het verwarmen van woningen en het bereiden van warmtapwater – kan namelijk invloed hebben op het uitvoeren van de legionellaregelgeving, en andersom.

### 6.1 Het uitvoeren van de warmtetransitie heeft invloed op het uitvoeren van de legionellaregelgeving

In Nederland is er veel aandacht voor het voorkomen van legionellagroei in drinkwaterinstallaties. Omdat de temperatuur van het water een van de belangrijkste criteria is om de groei van *Legionella* te beperken, is een belangrijk uitgangspunt in de legionellaregelgeving om koud water koud te houden (onder de 25 °C) en warm water warm te houden (tenminste 55 of 60 °C). Door de warmtetransitie wordt het lastiger om aan dit criterium te voldoen. Uit een onderzoek van ISSO uit 2017 komt naar voren dat in koudwaterleidingen opvallend vaker verhoogde legionellaconcentraties worden aangetroffen dan warmtapwaterleidingen (en onderdelen). Gebouweigenaren geven aan dat, wanneer ze legionellabacteriën in hun drinkwaterinstallaties treffen, dat ze dit in 88% van de gevallen in de koudwaterleidingen treffen en 29% van de gevallen in de warmtapwaterleidingen (en onderdelen) treffen. In 17% van de gevallen treffen gebouweigenaren dus *Legionella* in zowel de koudwater- als warmtapwaterleidingen [65], [66]. Legionellagroei in koudwaterleidingen ontstaat vaak door de ongewenste opwarming van koud water. Plaatsen waar ongewenste opwarming van drinkwater tot boven de 25 °C optreedt, noemt men ook wel ‘hotspots’ (zie hoofdstuk 3.1).

Verschillende experts waarschuwen dat het uitvoeren van de warmtetransitie invloed kan hebben op het uitvoeren van de legionellaregelgeving. Uitdagingen zitten vooral bij het ontstaan van ‘nieuwe hotspots’ (zie hoofdstuk 3.1) en bij plaatsen in de drinkwaterleidingen waar water (te lang) stilstaat. Zie onderstaand een overzicht van de belangrijkste mogelijke hotspots en legionellagroerisico's.

#### Nieuwe hotspots en minder koudezones na (energie)renovaties

Om legionellagroei te voorkomen is belangrijk dat koudwaterleidingen door ‘koudezones’ in het gebouw worden geleid. Koudezones zijn plaatsen waar hotspots niet voor kunnen komen. Door nieuwe ruimteverwarmingstechnieken (zoals vloerverwarming) warmen gebouwen over een groter oppervlak op waardoor er minder koudezones overblijven om koudwaterleidingen aan te leggen. Radiatoren, convectoren en aan- en afvoerleidingen kunnen ook hotspots veroorzaken als ze langs koudwaterleidingen lopen of als deze leidingen elkaar kruisen. Dit is vooral een risico bij gebouwen waar de koudwaterleidingen niet goed in kaart gebracht (kunnen) worden. Een ander punt van aandacht is het aansluiten van bestaande woningen op een warmtenet. Daardoor is aanpassing van de (verouderde) meterkasten vereist, zodat er een scheiding tussen koude en warme leidingen ontstaat. Wanneer dit niet gebeurt kunnen in de meterkast hotspots ontstaan als gevolg van de aanwezigheid van stijgleidingen, warmteproducerende apparatuur (zoals afleversets) en andere leidingen. Stijgleidingen voor koud water zijn tegenwoordig niet meer toegestaan in de meterkast



(volgens de NEN 2768 en NEN 1006), maar ze komen wel voor in oude meterkasten. Installateurs moeten hier dus voldoende van op de hoogte zijn [35], [67], [68]. Experts suggereren dat het verlagen van de warmtapwatertemperatuur ook het risico voor opwarming van koud water kan verminderen. Dit zou vooral gelden voor leidingkokers, schachten en meterruimtes.



**Figuur 8.** Voorbeelden van hotspots, locaties in de drinkwaterinstallatie waar het drinkwater kan opwarmen tot boven 25 °C of niet kan afkoelen tot ten hoogste 25 °C. Deze figuren laten drinkwaterleidingen zien die met andere (warme) leidingen kruisen of dichtbij (warme) leidingen (en schachten) liggen. Bron: Oasen (2013) [69].

### Hogere omgevingstemperaturen door een verbeterde gebouwisolatie

Gebouwisolatie, oftewel het isoleren van gebouwonderdelen zoals het dak, de vloer, muren en ramen, wordt tegenwoordig veel toegepast. Met de term gebouwisolatie wordt **niet** het isoleren van warmtapwaterleidingen bedoeld. De combinatie van een verbeterde gebouwisolatie met warmere, langere zomers door klimaatverandering kan ervoor zorgen dat er in gebouwen hotspots en temperatuuroverschrijdingen ontstaan. Door isolatiemaatregelen blijft warmte langer in gebouwen en kunnen deze gebouwen in de nacht onvoldoende afkoelen. Ook gebouwonderdelen waar drinkwaterleidingen doorheen lopen blijven langer warm, zoals muren, leidingschachten, verlaagde plafonds en koven. In gebouwen die in de koude maanden opwarmen tot meer dan 20 °C, is het eenvoudiger om drinkwater op te warmen tot boven de 25 °C, maar kan het water ook onvoldoende afkoelen na gebruik. In de warme maanden kan het aangeleverde water al 15 tot 20°C zijn, en dan kan het in het gebouw nog verder opwarmen. Experts laten zien dat er nu al sporadische temperatuuroverschrijdingen in gebouwen plaatsvinden. De verwachting is dat deze overschrijdingen door warmere zomers en klimaatverandering vaker voor zullen komen [70], [67].

### Dode leidingen na (energie)renovaties

Bij een onzorgvuldige uitvoering van een (energie)renovatie kan het voorkomen dat installateurs of particulieren onbewust of soms bewust loze of dode waterleidingen achterlaten. Dit is onder andere een risico bij gebouwen waar de drinkwaterleidingen niet goed in kaart gebracht zijn. Verschillende experts constateren dat het aanleggen van dode leidingen eigenlijk een non-argument is (of in ieder geval moet zijn); als een goede renovatie uitgevoerd wordt volgens de NEN 1006 dan ontstaan dode





leidingen niet. Maar verhalen uit de praktijk laten zien dat er in Nederlandse gebouwen nog steeds dode waterleidingen te vinden zijn of soms aangelegd worden. Een onderzoeker van het RIVM beschrijft in een artikel een goed voorbeeld van een installateur die bij een woningrenovatie dode leidingen wil aanleggen, want 'dode leidingen in een installatie, daar ontkom je niet aan' [71]. Er zijn ook websites en fora te vinden waar doe-het-zelf-klussers wordt verteld om op te passen voor dode waterleidingen [72], [73]. Experts geven aan dat dit soort problemen goed opgelost kunnen worden door kwaliteitsborging, certificering en het goed opleiden van installateurs.



**Figuur 9.** Voorbeeld van een drinkwaterinstallatie met dode leidingen. Bron: Van Hofweegen, KWA Bedrijfsadviseurs (2016) [74].

### Nieuwe technieken en innovaties voor warmtapwater

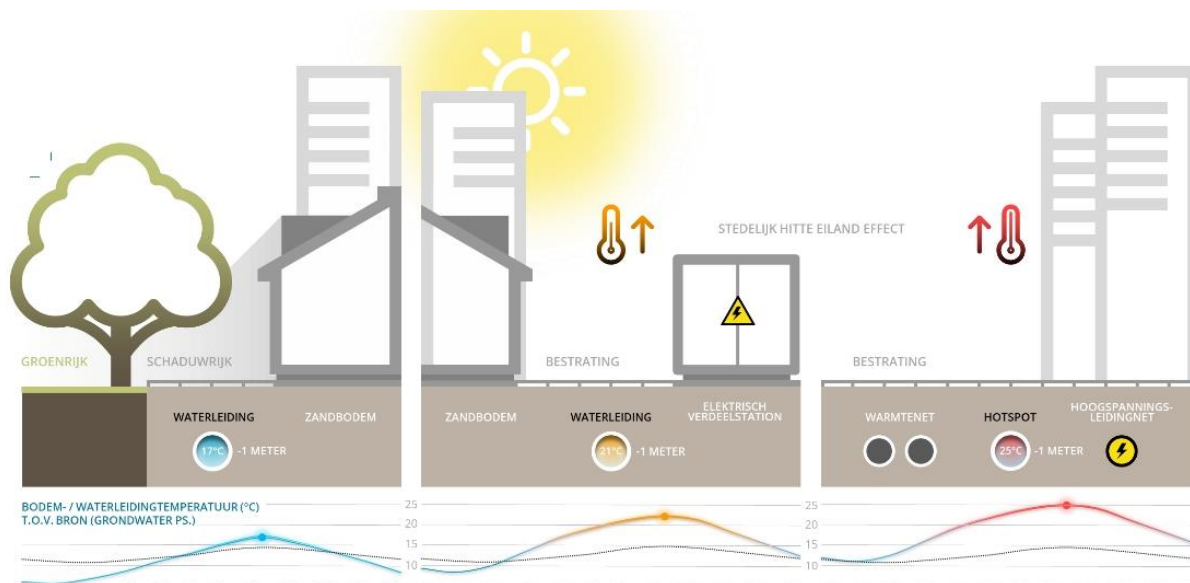
Tijdens (energie)renovaties worden er soms nieuwe technieken en innovaties toegepast voor warmtapwater. Deze technieken bevatten soms nieuwe leidingen, bochten en andere plekken waar legionellabacteriën kunnen groeien. Als deze installaties volgens de juiste technische eisen en normen geïnstalleerd worden dan is er in principe geen gevaar voor legionellagroei. Het is dus van belang dat installateurs en particulieren deze eisen en normen ook goed volgen. Een voorbeeld is de douche-wtw die met een warmtewisselaar aanvoerwater tot boven de 25 °C voorverwarmt en met leidingen werkt waarin water kan stilstaan aan het einde van gebruik. Het risico op legionellagroei is in 2002 al in opdracht van Novem door TNO onderzocht en de conclusie van dit onderzoek was dat een douche-wtw geen legionellarisico oplevert, mits de warmtewisselaars aan een aantal technische eisen voldoen [75]. Zo moet de volume-inhoud van de warmtewisselaars bij voorkeur minder dan 1 liter zijn en moeten de leidingen niet geïsoleerd worden zodat er voldoende afkoeling plaats kan vinden [75]. Ook in 2020 en 2021 verschijnen er nog rapporten waarin deze technische eisen verder worden uitgewerkt [76].

### Nieuwe hotspots in de ondergrond

Als de zomers warmer worden, dan wordt ook de bodem warmer. Studies van KWR hebben laten zien dat er in het drinkwaterdistributienet ('drinkwaternet') hotspots zijn waar het warmer dan gemiddeld is. Dit zijn bijvoorbeeld locaties die altijd in de volle zon liggen, onder asfalt of in de buurt van warmtebronnen, zoals warmtenetten en elektriciteitskabels. In deze hotspots is er een risico dat de temperatuur van het drinkwater af en toe hoger is dan 25 °C. In het huidige klimaat is dat hooguit incidenteel, maar rond 2050 en daarna kan dit veranderen tot een aantal weken per jaar [5].







**Figuur 10.** Klimaatverandering, het stedelijke hitte-eilandeffect en de energietransitie kunnen invloed hebben op het opwarmen van drinkwater in de ondergrond. Mogelijke oplossingen zijn meer groen en meer water in de stad en goed bodembeheer om ongewenste opwarming te voorkomen. Bron: KWR (2021) [5].

Door de ontwikkelingen rond de energietransitie komen er potentiële hotspots in de ondergrond bij in de vorm van warmtenetten en elektriciteitskabels. Conventionele, bestaande warmtenetten hebben een aanvoertemperatuur tussen de 70 en 120 °C en leveren warmte aan gebouwen boven de 70 °C. Om deze redenen worden dit soort warmtenetten hogetemperatuur- (HT-) warmtenetten genoemd. Opvolgers van de HT-warmtenetten zijn:

- Middentemperatuur-warmtenetten (MT); warmtelevering tussen de 55 en 70 °C;
- Lagetemperatuur-warmtenetten (LT); levering tussen de 30 en 55 °C;
- Zeer lagetemperatuur-warmtenetten (ZLT); levering tussen de 10 en 30 °C.

HT- en MT-warmtenetten kunnen warmteverliezen hebben tot gemiddeld 30% (zie hoofdstuk 6.2), en deze verliezen kunnen hotspots in de ondergrond veroorzaken [5]. LT- en ZLT-warmtenetten zijn efficiënter waardoor er bij dit soort systemen minder warmteverliezen en risico's op hotspots optreden.



**Figuur 11.** De ondergrond wordt steeds drukker met verschillende soorten kabels en leidingen. Door de ontwikkelingen rond de energietransitie komen er, in de vorm van warmtenetten en elektriciteitskabels, potentiële hotspots bij die het water in het drinkwaternet ongewenst kunnen opwarmen [77].

Er gelden richtlijnen voor de afstand tussen waternetleidingen en drinkwaterleidingen om het effect van hotspots te minimaliseren. Maar omdat de ondergrond steeds voller wordt met warmtenetleidingen en elektriciteitskabels, wordt het lastiger om netwerken aan te leggen waarbij de wettelijke verplichte afstand van anderhalve meter tot drinkwaternetleidingen wordt gewaarborgd [5]. Warmtenetten hebben twee leidingen: een voor de aanvoer van warm water en een retourleiding voor het gekoelde water. Ook zijn ze voorzien van een isolatielaag. Ze zijn daardoor vaak groter in diameter dan drinkwaternetleidingen – warmteleidingen zijn gemiddeld 160 tot 600 mm breed, terwijl drinkwaterleidingen gemiddeld 40 tot 200 mm zijn. [78]. Door de grootte van de warmteleidingen wordt het minder eenvoudig om warmtenetten (en nieuwe drinkwaternetten) te ontwerpen en aan te leggen met waarborging van wettelijk verplichte afstanden die nodig zijn om de uitstraling van warmte te vermijden. Het aanleggen van ZLT-warmtenetten met minder warmteverliezen kan het risico op hotspots in de ondergrond verminderen (zie hoofdstuk 7.3). Een andere mogelijke oplossing is het plaatsen van warmteleidingen in de straat naast de rioolleidingen in plaats van de berm of het trottoir waar drinkwaterleidingen zich meestal bevinden [77].

## 6.2 Het uitvoeren van de legionellaregelgeving heeft invloed op het uitvoeren van de warmtetransitie

Omgekeerd heeft ook het uitvoeren van de legionellaregelgeving invloed op de warmtetransitie. Experts geven aan dat de huidige eisen en normen, zoals die voor de minimale tapwatertemperaturen, een directe invloed hebben op de energieprestaties en energiekosten van aardgasvrije systemen. Dit heeft vervolgens een indirecte invloed op de (financiële) aantrekkelijkheid en de snelheid van de ontwikkeling en toepassing van deze systemen. Dit vormt een uitdaging voor het behalen van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord.

In hoofdstuk 3.5 gaat dit kennisdossier verder in op de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater* die in november 2021 gepubliceerd is. De adviezen uit deze evaluatie betreffen onder andere het verhogen en aanscherpen van warmtapwatertemperaturen voor drinkwaterinstallaties in alle gebouwen (zowel in de woning- als de utiliteitsbouw). TKI Urban Energy moedigt partijen aan om, naast het effect van deze adviezen op de drinkwaterveiligheid, ook het (mogelijk) effect van deze adviezen op de energieprestaties, energiekosten en (de snelheid van) de implementatie van aardgasvrije systemen te onderzoeken.

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste uitdagingen voor de warmtetransitie.

### **Piekbelasting door warmtapwaterproductie van doorstromers en elektrische boilers**

In het rapport *Flexibiliteit en warmte in de gebouwde omgeving*, opgesteld door TenneT en een aantal marktpartijen, wordt een analyse gemaakt van de kansen en randvoorwaarden voor systeemintegratie van duurzame warmte in de gebouwde omgeving [79]. Een van de grootste uitdagingen, volgens het rapport, is dat het elektrificeren van warmte tot nieuwe gelijktijdige piekbelasting leidt in lokale elektriciteitsnetwerken die daar nog niet voor ontworpen zijn. Het bestaande elektriciteitsnet in woonwijken van voor 2010 is vaak ontworpen op een gelijktijdig



elektriciteitsverbruik van circa 1,5 kWe, toen verwarming op gas de norm was. Meerdere ontwikkelingen kunnen ervoor zorgen dat deze netten in de komende jaren verzwaard moeten worden: zonnepanelen, laadpunten voor elektrische auto's en bepaalde elektrische warmte- en koude-installaties (voor ruimteverwarming, -koeling en tapwater) [79]. Maar de netbeheerders waarschuwen dat verzwaren tijd, geld en ruimte kost. Dit is een enorme opgave die gefaseerd over vele jaren uitgevoerd moet worden [79]. Daarom is het van belang om scherp te zijn op de gelijktijdige vermogensvraag van de installaties die we in onze gebouwen installeren.

Elektrische doorstromers en elektrische boilers zijn 'all-electric' alternatieven voor de warmtapwaterinstallaties die aardgas verbruiken. Doorstromers en elektrische boilers laten in de praktijk zien dat ze de tapwatertemperaturen van de legionellaregelgeving kunnen bereiken. Maar de hoge gelijktijdige vermogensvraag kan een uitdaging vormen voor het (lokale) elektriciteitsnet. Dit geldt met name voor doorstromers en, in mindere mate, elektrische boilers. Elektrische doorstromers zijn voor de Nederlandse markt nog redelijk nieuw. Verschillende experts geven aan dat deze technieken al regelmatig toegepast worden in België. Bij een doorstroomer wordt water direct verwarmd door middel van een elektrisch verwarmingselement om binnen een aantal seconden warm water te genereren. Dit soort apparaten zijn (met een COP van 1) inefficiënter dan warmtepompen. Het voordeel bij een doorstroomer is dat er geen opslag (buffering) van warm water nodig is. In sommige gevallen, vooral bij een laag warmtapwaterverbruik, kunnen doorstromers dus efficiënter zijn dan cv-ketels. Helaas vraagt dit een hoog vermogen en is voor een doorstroomer in de keuken en/of douche een krachtstroomaansluiting nodig (3-fase, 400 Volt). Deze vermogensvraag kan dus voor gelijktijdige piekbelasting op het elektriciteitsnet zorgen. Het zorgt er ook voor dat in de meeste woningen (dure/kostbare) aanpassingen in de meterkast gedaan moeten worden [61]. Mogelijke oplossingen voor het verminderen van gelijktijdige vermogensvragen van doorstromers worden beneden in het oranje kader gegeven.

Bij een elektrische boiler wordt elektriciteit ook met een verwarmingselementen direct omgezet in warmte. Een verschil met doorstromers is dat het warmtapwater in een (geïsoleerd) voorraadvat opgeslagen wordt. Door de hoge vermogensvraag (ten opzichte van warmtepompen) worden deze apparaten op diverse sites beschreven als grootgebruikers [80], [81]. Door de aanwezigheid van een voorraadvat is het mogelijk om over een langere periode warmtapwater te bereiden en kan de gelijktijdige piekbelasting beter gestuurd worden dan bij een doorstroomer. De combinatie warmtepomp met voorraadvat is door een lagere elektriciteitsvraag nog efficiënter (zie beneden).

**Mogelijke (demand-side management) oplossingen voor het verminderen van gelijktijdige vermogensvragen van doorstromers en elektrische boilers zijn:**

- Het integreren van elektrische batterijsystemen om pieken op het elektriciteitsnet te voorkomen.
- Het verminderen van de vermogensvraag door warmtapwater voor te verwarmen met warmtewisselaars i.c.m. een buffervat (die eventueel opgewarmd is door een warmtepomp).
- Het "slim sturen" van energieverbruik (van vooral elektrische boilers) zodat dit plaatsvindt op tijdstippen met een lage elektriciteitsvraag doormiddel van smart-grids.

Als er in een wijk meerdere doorstromers en elektrische boilers aanstaan (in combinatie met andere huishoudelijke apparaten) en er geen demand-side managementoplossingen toegepast worden, dan kan er een gelijktijdige piekbelasting van het lokale elektriciteitsnet ontstaan. Deze piekbelasting kan dus gemitigeerd worden door slimme sturing van de elektriciteitsvraag (zie bovenstaande oranje





kader) en door het toepassen van warmtepompen en andere efficiënte en slimme innovaties (zie hoofdstuk 7).

***De toepassing van efficiënte warmtepompen gaat niet zonder uitdagingen***

Huidige veelvoorkomende compressiewarmtepompen laten zien dat ze, in combinatie met voorraadtoestellen, aanzienlijk energie-efficiënter zijn dan doorstromers en elektrische boilers om warmtapwater van 55 °C te bereiden. Hierdoor is het aandeel van de energiekosten voor warmtapwaterbereiding vaak ook lager [82].



***Figuur 12.*** Huidige veelvoorkomende compressiewarmtepompen laten zien dat ze, in combinatie met voorraadtoestellen, aanzienlijk energie-efficiënter zijn dan doorstromers en elektrische boilers om warmtapwater van 55 °C te bereiden. Bron: De Groene Hoed/ELDOM (2021) [83].

Maar verschillende experts duiden aan dat het grootschalig toepassen van warmtepompen niet zonder uitdagingen gaat. Door de tapwatertemperaturen die bereikt moeten worden, gaat warmtapwaterbereiding gepaard met een lagere energie-efficiëntie (COP) dan ruimteverwarming [84]. Een belangrijk factor in het bepalen van de COP is namelijk het temperatuurverschil tussen de warmtebron en de gevraagde afgifte- of tapwatertemperatuur; hoe kleiner het verschil, hoe hoger het rendement [85]. Experts geven aan dat de COP van sommige warmtepompen met 0.1 punt daalt per graad warm water dat opgewarmd moet worden. Hierdoor kan de COP voor warmtapwaterbereiding al snel 2 of lager zijn, terwijl die voor ruimteverwarming 3.5 à 4 of hoger is. Een onderzoek uit 2019 laat zien dat het (verantwoord) verlagen van de tapwatertemperatuur in kleine woningen gunstige gevolgen kan hebben voor de energieprestatie (en besparingsmogelijkheden) van warmtepompsystemen [39].



**Veelvoorkomende compressiewarmtepompen maken gebruik van een legionellaprogramma:**

In een warmtapwatervoorraadtoestel moet continu op alle plaatsen een temperatuur van tenminste 60 °C heersen, en bij een woninginstallatie zonder circulatiesysteem moet dat 55 °C zijn. Als dat niet het geval is, dan moet het toestel ter voorkoming van bacteriologische nagroei minimaal wekelijks thermisch gedesinfecteerd worden op 60 °C (minimaal 20 minuten), 65 °C (minimaal 10 minuten) of 70 °C (minimaal 5 minuten). Om deze temperaturen te bereiken wordt er vaak gebruik gemaakt van een elektrisch verwarmingselement [86]. De ordegrootte van deze vermogensvraag kan een korte tijdelijke piekbelasting van het elektriciteitsnet veroorzaken. Maar het betreft vaak één uur per week en de piekbelasting kan gemakkelijk gespreid worden door het programma in te stellen buiten de perioden waarin het elektriciteitsnet zwaar belast is en/of op momenten dat er een overschot aan duurzame energie is. Het totale elektriciteitsverbruik voor deze laatste verwarmingsstap is vrij laag ten opzichte van het totale energieverbruik voor warmtapwater (zie [voorbeeldberekeningen](#)) [87]. Zie ook hoofdstuk 3.1.

De daling in efficiëntie voor de productie van hoge tapwatertemperaturen geldt ook voor hogetemperatuurwarmtepompen [88]. Deze kunnen een aanvoertemperatuur van 70 °C bereiken en minder goed geïsoleerde woningen via de bestaande radiatoren verwarmen. Dit wordt onder andere mogelijk gemaakt door het gebruik van (natuurlijke) koudemiddelen als propaan (R290) en CO<sub>2</sub> (R744). Bij hogetemperatuurverwarming kan de COP van het tapwater juist hoger zijn dan het water voor de radiatoren, dat tussen de 60 en 80 °C moet zijn [84]. Ook voor hogetemperatuurwarmtepompen geldt de regel: hoe kleiner het temperatuurverschil tussen de warmtebron en het warmtapwater, hoe hoger het rendement [88]. Hierdoor liggen de gemiddelde COP's van hogetemperatuurwarmtepompen tussen de 1.5 en 3, afhankelijk van de brontemperatuur.

**De combinatie met warmtenetten biedt veel kansen voor warmtepompen:** De combinatie van warmtepompen met (zeer) lagetemperatuur ((Z)LT-) warmtenetten kan helpen om de COP van warmtepompen hoog te houden (en de vermogensvraag te verminderen). Voor meer informatie zie hoofdstuk 7.3.

Collectieve drinkwaterinstallaties worden in Nederland in appartementsgebouwen geplaatst als blokverwarmingsnetten, maar ook in utiliteitsgebouwen. Sommige collectieve drinkwaterinstallaties maken gebruik van circulatiesystemen waar water continu gecirculeerd wordt op ten minste 60 °C. Steeds meer experts raden zulke collectieve circulatiesystemen af vanwege de grote warmteverliezen. Daarnaast hebben collectieve warmtepompsystemen moeite met het leveren van de continue warmtapwatervraag op deze temperaturen [89], [90], [91]. Dit komt door de COP-verlaging voor hogere warmtapwatertemperaturen, maar ook omdat de warmtapwaterbereiding bij een warmtepomp langzamer is dan bij een collectieve cv-ketel op aardgas. Steeds meer experts raden aan om collectieve drinkwaterinstallaties met grote voorraadtoestellen (zonder circulatiesystemen) in appartement- en utiliteitsgebouwen toe te passen. Of, als er toch voor een circulatiesysteem gekozen wordt, dan een lagetemperatuurvariant voor warmtelevering voor ruimteverwarming in combinatie met lokale warmtapwaterboosters in de woningen [91].

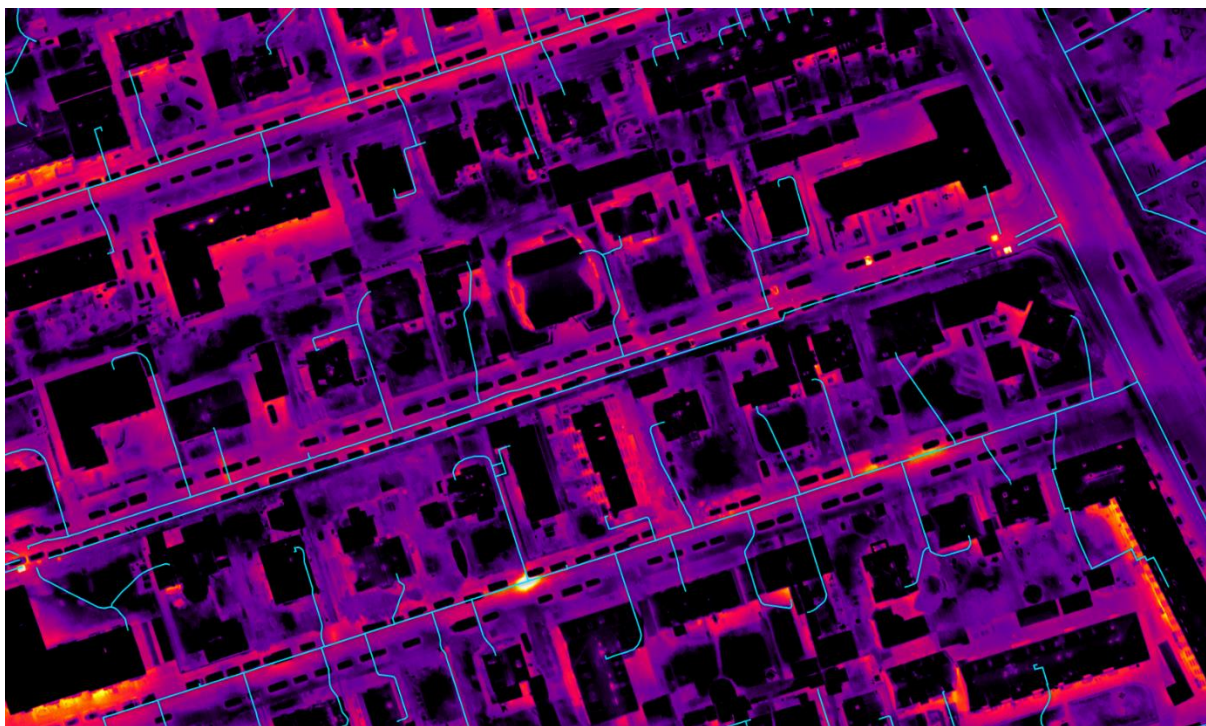
**Warmteverliezen in bestaande HT-warmtenetten door warmtelevering voor de tapwatervraag**

Veel bestaande warmtenetten hebben een aanvoertemperatuur tussen de 70 en 120 °C. De redenen hiervoor zijn divers; meestal hebben die te maken met de relatief hoge leveringstemperaturen van



aftap- en restwarmtebronnen en de historische vraag naar hoge temperaturen voor het verwarmen van matig geïsoleerde woningen. Vandaag de dag zijn verreweg de meeste warmtenetten daarom zogeheten hogetemperatuur- (HT-) warmtenetten [92].

Naast warmte voor de ruimteverwarmingsvraag leveren deze bestaande warmtenetten ook warmte voor de tapwatervraag. Bij goed geïsoleerde woningen is tapwater dan de belangrijkste post voor de totale warmtevraag. Om te kunnen voldoen aan de tapwatertemperatureisen van de legionellaregelgeving, vindt de warmtelevering aan gebouwen op minimaal 70 °C plaats. Omdat grote hoeveelheden warmte op hoge temperaturen worden getransporteerd vinden er warmteverliezen plaats in het warmtenet. Deze warmteverliezen zijn hoger naarmate de temperatuur van het warmtenet hoger is. De warmteverliezen van de huidige Nederlandse warmtenetten (groot, met hoge temperaturen) waren in 2020 gemiddeld 27% [93]. Maar bij sommige bestaande warmtenetten kunnen de warmteverliezen zelfs oplopen tot 35% [92]. Warmteverliezen zijn in de zomer hoger dan in de winter, omdat er in de zomer weinig afzet van warmte is. Dan moet er dus, ondanks de lage warmtevraag, water getransporteerd worden op hoge temperaturen met dito verliezen om aan de tapwatertemperatureisen van de legionellaregelgeving te voldoen [94]. Volgens experts zijn er ook een paar bestaande warmtenetten in Nederland met een aparte leiding voor tapwater.



**Figuur 13.** In Denemarken worden drones met infraroodcamera's gebruikt om de warmteverliezen van warmtenetten te visualiseren. In dit voorbeeld komen de rode en gele strepen in de straat van warmteverliezen overeen met de locaties van de warmtenetleidingen (gevisualiseerd in blauw). Bron: Thermal Capture, TeAx Technology (2021) [95].

Naast de warmteverliezen hebben bestaande HT-warmtenetten ook als nadeel dat de bronnen die momenteel de hoge temperatuur leveren (zoals elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties) in de toekomst zullen afnemen [96]. Veel elektriciteitscentrales die nu





warmte aan warmtenetten leveren verbruiken aardgas – in de toekomst zal de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen komen (wind, zon, e.d.). Met de opkomst van recycling en de circulaire economie zullen steeds meer afvalverbrandingsinstallaties verdwijnen. Industriële restwarmte kan een potentiële toekomstige HT-warmtebron zijn, maar dit is plaatsafhankelijk en is niet altijd toekomstbestendig. Restwarmtelevering kan onzeker zijn als bedrijven hun eigen restwarmtestromen gebruiken of de stap maken naar energiezuinigere productiemethodes met hernieuwbare energie.

Vanwege de grote warmteverliezen van HT-warmtenetten en de beperkte lokale beschikbaarheid van HT-warmtebronnen, ontwikkelen steeds meer partijen nieuwe warmtenetten op lagere temperaturen. Voor meer informatie over middentemperatuur- (MT-), lagetemperatuur- (LT-) en zeer lagetemperatuur- (ZLT-) warmtenetten zie hoofdstuk 7.3.

**Waterstof gaat tot 2030 geen significante rol spelen in de gebouwde omgeving:** Waterstofgas is een energiedrager die aardgas kan vervangen, zonder grote aanpassingen aan het gasnet en de apparatuur. De duurzaamheid van waterstof hangt sterk af van de (toekomstige) productiewijze. Waterstof wordt in dit kennisdossier niet meegenomen omdat verschillende experts aangeven dat waterstof in de periode tot 2030 geen significante rol in de verduurzaming van de gebouwde omgeving gaat spelen. Het kost veel elektriciteit om waterstof te maken en voorlopig heeft Nederland hernieuwbare elektriciteit nog hard nodig om de elektriciteitsvoorziening te verduurzamen. Alles wijst erop dat de techniek tot 2030 in de gebouwde omgeving alleen nog in pilots wordt toegepast om ervaring op te doen [97]. Het Nationaal Waterstof Programma zegt dat 'het doel van het huidige beleid is onderzoek doen naar de benodigde randvoorwaarden en ervaring opdoen met demonstratie en pilotprojecten om zo in 2030 klaar te zijn voor eventuele opschaling' [98]. Voor meer informatie zie deze webpagina's van het [Expertise Centrum Warmte](#) en het [Nationale Waterstofprogramma](#).



## 7 Innovaties voor legionellaveilig en duurzaam warmtapwater

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de ons bekende Nederlandse en buitenlandse innovaties voor duurzaam en legionellaveilig warmtapwater in woningen, appartementen en utiliteitsgebouwen. Het gaat hier om innovaties om legionellaveilig warmtapwater op een duurzame manier te produceren, innovaties om (bestaande) drinkwaterinstallaties legionellaveiliger te maken en innovaties om het energiegebruik van (bestaande) drinkwaterinstallaties te verminderen. De kansen voor warmtapwaterlevering door innovatieve (zeer) laagtemperatuurwarmtenetten worden ook later in dit hoofdstuk besproken.

TKI Urban Energy wil duidelijk maken dat het bij deze lijst met innovaties om **voorbeelden** gaat die bedoeld zijn om innovators, fabrikanten, systeemontwerpers, installateurs e.d. te inspireren om aan de slag te gaan met legionellaveilige, aardgasvrije drinkwaterinstallaties. Sommige innovaties zijn voor de lezers misschien niet nieuw, maar ze worden voorsnog minder vaak toegepast dan systemen op aardgas. TKI Urban Energy erkent dat deze lijst niet volledig is en lezers mogen gerust contact opnemen om deze lijst te updaten met hun innovatieve oplossingen.

**Neem een kijkje op Uptempo.nu voor meer innovaties:** [De Uptempo!-website](#) biedt een overzicht van relevante innovaties voor het duurzaam renoveren van woningen en utiliteitsgebouwen. Uptempo! ontwikkelt momenteel een speciale matchingtool om woningcorporaties, gebouw- en woningeigenaren te koppelen aan aanbieders van deze innovaties. Innovatieve aanbieders worden aangemoedigd om hun marktrijpe innovaties via deze site aan te melden.



## 7.1 Innovaties voor veilig en duurzaam warmtapwater in woningen (met niet-collectieve drinkwaterinstallaties)

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de ons bekende Nederlandse en buitenlandse innovaties voor duurzaam en legionellaveilig warmtapwater in woningen met niet-collectieve drinkwaterinstallaties.

### Innovaties om legionellaveilig warmtapwater op een duurzame manier te produceren

#### All-electric combiwarmtepompen



Bron voor foto: Panasonic

Combiwarmtepompen leveren zowel ruimteverwarming als warmtapwater. Een warmtepomp met een voorraadtoestel is een energie-efficiënte bereider van warmtapwater op 55°C. Een legionellaprogramma (thermische desinfectie) kan wekelijks plaatsvinden met een elektrische naverwarmer.

**Voorbeelden:** Diverse leden van de [Vereniging Warmtepompen](#)

#### All-electric hogetemperatuurwarmtepompen



Bron voor foto: Daikin

Hogetemperatuurwarmtepompen, voor zowel ruimteverwarming als warmtapwater, kunnen een aanvoertemperatuur van 70 °C bereiken. Hierdoor zijn ze geschikt voor warmtapwaterproductie boven de 55 °C en is er mogelijk geen thermische desinfectie van het voorraadtoestel nodig.

**Voorbeelden:** Diverse leden van de [Vereniging Warmtepompen](#)



### Hybride warmtepompen



Bron voor foto: Verbeterjehuis/Milieu Centraal

Hybride warmtepompen werken naast een cv-ketel. De warmtepomp zorgt voor een groot deel van de ruimteverwarming in het gebouw. De cv-ketel springt bij als de buitentemperatuur laag is en levert het warmtapwater voor de douche en de keuken. Het tapwater wordt dus nog wel met aardgas bereid.

**Voorbeelden:** Diverse leden van de [Vereniging Warmtepompen](#)

### Warmtepompboilers



Bron voor foto: Vaillant

Warmtepompboilers worden al sinds de jaren 70 toegepast. Warmtepompboilers gebruiken de afgevoerde ventilatielucht uit een gebouw als warmtebron om tapwater te verwarmen. Meestal is naverwarming nodig via een elektrische naverwarmer of via een cv-installatie.

**Voorbeelden:** Diverse leden van de [Vereniging Warmtepompen](#)

### Zonneboilers



Bron voor foto: Zonneboiler Advies

Bij een zonneboilersysteem wordt vloeistof in een zonnecollector (op het dak) opgewarmd en gepompt naar een voorraadvat waar het via een warmtewisselaar het drinkwater opwarmt. Op koude, bewolkte dagen is er minder warmteproductie. Daarom worden zonneboilers met cv-ketels en (steeds vaker) warmtepompen gecombineerd.

**Voorbeelden:** Diverse aanbieders. Enkele innovatieve voorbeelden zijn [SunRidge](#), [Sun Tanks](#) en [SOWISE](#).

### Verswatersystemen



Bron voor foto: Heliotherm

Deze systemen worden in Duitsland en Oostenrijk toegepast. Combiwarmtepompen houden een voorraadtoestel warm. Warmte uit dit voorraadtoestel wordt gebruikt om, via een warmtewisselaar, het verse drinkwater na te verwarmen. Verswatersystemen zijn dus een energie-efficiënt alternatief voor geisers en elektrische naverwarmers.

**Voorbeelden:** [Heliotherm](#) en [Ratiotherm](#)



### Compacte PCM-warmteopslagsystemen

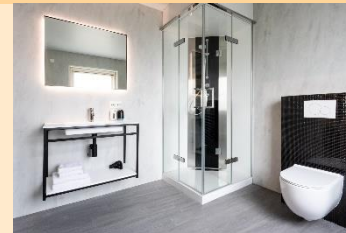


Bron voor foto: Flamco

Met de FlexTherm Eco wordt zout via een elektrische spiraal tot 70 °C opgewarmd (en vloeibaar gemaakt). Bij een warmtapwatervraag koelt het zout af. De vrijgekomen warmte wordt afgegeven aan de met water gevulde warmtewisselaars, die warmtapwater genereren. Deze systemen zijn een compact en efficiënt alternatief voor elektrische boilers.

**Voorbeelden:** Flextherm Eco (Flamco)

### All-electric oplossingen voor douche of keuken



Bron voor foto: MEED Sustainable Shower Solutions

Er zijn all-electric oplossingen die, met alleen een koudwateraansluiting, warmtapwater bereiden voor de douche en de keuken. Het compacte, plug-and-play Meed Energyser douchesysteem combineert een kleine elektrische boiler met een zeer efficiënte warmtewisselaar. In de keukens worden kleine elektrische boilers voor warmtapwater populairder.

**Voorbeelden:** o.a. MEED Energyser (douche) en Quooker (keuken)

### Innovaties om (bestaande) drinkwaterinstallaties legionellaveiliger te maken

#### (Ultra)filtratie- (uf-) en uv-systemen (fysische beheerstechnieken)



Bron voor foto: Drop2Drink/H2O-Waternetwerk

Verschillende aanbieders verkopen gecertificeerde waterdesinfectiesystemen voor particulieren. Voorbeelden zijn douchekoppen met legionellafilters en (gecombineerde) uf- en uv-systemen. Particulieren dienen zich te houden aan de juiste gebruikswijze van de systemen (vervanging, schoonmaken, e.d.)

**Voorbeelden:** D2D Water Solutions (integraal), Mijn Waterfabriek (uf en uv), Blue Lagoon (uv), ProMinent (uv), Sansidor en Safe Water Products (douchekoppen)

#### Elektrische verwarmingslinten (warmtelint)



Bron voor foto: Schalk et al. (RIVM)

Warmtelint kunnen koudwaterleidingen thermisch desinfecteren. Een lint van rvs of teflon wordt door de drinkwaterleiding getrokken. Elektriciteit verwarmt het lint waardoor het water opwarmt naar minimaal 60°C (voor thermische desinfectie). Het warme water kan vervolgens doorgespoeld worden met koud water.

**Voorbeelden:** Waterkluis (Installatietechniek Hans Korstanje), Magnum Heating, Enon/Tracingkabel



## Innovaties om het energieverbruik van (bestaande) drinkwaterinstallaties te verminderen

### Waterbesparende douche- en kraankoppen



Bron voor foto: Altered Company

De helft van de Nederlandse huishoudens heeft al een waterbesparende douchekop. Hier is dus misschien minder sprake van een 'innovatie'. Doordat lucht bij het water wordt gemengd, laat de douchekop maximaal 7,2 liter water per minuut door. Er bestaan ook plug-and-play waterbesparende koppen voor warmtapwater uit de kraan.

**Voorbeelden:** Zie overzicht [Milieu Centraal van waterbesparende douchekoppen](#).

Voorbeeld waterbesparende kraankop: [Altered Company](#)

### Douche-wtw's



Bron voor foto: Sanura

Een douche-wtw gebruikt de warmte van het wegstromende douchewater om het koude douchewater (via een warmtewisselaar) op te warmen. Hierdoor is er minder gas of elektriciteit nodig om het water verder op temperatuur te brengen. Er is ook een minder groot voorraadtoestel nodig. Er bestaan douchepijp-, douchegoot- en douchevloer-wtw's.

**Voorbeelden:** Diverse aanbieders voor douchepijp- en douchegoot-wtw's.

Voorbeeld van een plug-and-play douchevloer-wtw: [Sanura Flatmate](#)

### Plug-and-play douchesystemen met douche-wtw



Bron voor foto: Hamwells

Er bestaan ook douchesystemen met ingebouwde douche-wtw's. Deze systemen werken hetzelfde als douches met een douchepijp-, douchegoot- of douchevloer-wtw. Ze hebben onder andere als voordeel dat ze eenvoudig te installeren zijn bij een (energie)renovatie.

**Voorbeelden:** [De Blue \(van Hamwells\)](#) en de [MEED Energieyser](#)

### Plug-and-play circulatiedouches met warmwaterterugwinning



Bron voor foto: Upfallshower

Bij dit systeem wordt het gebruikte douchewater naar boven gepompt en gereinigd door een filter en uv-lichten. Vervolgens wordt het lauwe water aangelengd met warm water om als een regendouche terug te vallen. Omdat het teruggewonnen water warm is, is het wtw-rendement hoger dan een douche-wtw.

**Voorbeelden:** [Upfallshower](#)





### Warmteterugwinningsystemen voor afvalwater



Bron voor foto: De Warmte/Installateurs Zaken

Sinds recent is er een systeem op de Nederlandse markt verschenen waarbij warmte uit afvalwater van de douche, afwasmachine en wasmachine hergebruikt kan worden als warmtebron voor de warmtepomp. De warmteterugwinunit komt in de kruipruimte of kelder, de rest van de installatie (warmtepomp en voorraadtoestel) wordt in de woning geplaatst.

**Voorbeelden:** De HeatCycle (van De Warmte)

### Waterrecyclingsystemen



Bron voor foto: HydraLoop

Dit soort systemen desinfecteert afvalwater voor hergebruik in de woning. Systemen die binnenshuis worden geplaatst kunnen indirecte energiebesparingen leveren. Het opgeslagen water kan de resterende warmte via straling afgeven aan de omliggende ruimtes. In de winter hoeft het hergebruikte (lauwe) water minder vaak opgewarmd te worden dan drinkwater.

**Voorbeelden:** HydraLoop

## 7.2 Innovaties voor veilig en duurzaam warmtapwater in appartementen en de utiliteitsbouw (met collectieve drinkwaterinstallaties)

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de ons bekende Nederlandse en buitenlandse innovaties voor duurzaam en legionellaveilig warmtapwater in appartement- en utiliteitsgebouwen met collectieve drinkwaterinstallaties. De innovaties uit het vorige hoofdstuk kunnen uiteraard ook van toepassing zijn bij deze gebouwen.



## Innovaties om legionellaveilig warmtapwater op een duurzame manier te produceren

### Collectieve (industriële) hogetemperatuurwarmtepompen



Bron voor foto: Servex/Installatie Journaal

Grote industriële hogetemperatuurwarmtepompen worden al een tijd gebruikt voor verwarming in de utiliteitsbouw. Sinds kort worden ze ook toegepast in projecten in appartementsgebouwen. Veel warmtepompen kunnen, in combinatie met (collectieve) voorraadtoestellen, warmtapwater op 70 °C leveren.

**Voorbeelden:** [Servex \(in project Wonen Limburg\)](#), [HCS Building Automation & Global-E-Systems \(Caldameg\)](#), [Energie Totaal Projecten](#), [Qbox](#)

### Collectieve hybride warmtepompen



Bron voor foto: Breman Woningbeheer/Itho Daalderop/Woningcorporaties.nl

Er zijn collectieve warmtepompen in een hybride opstelling met cv-ketels. Warmtepompen leveren de ruimteverwarming terwijl cv-ketels het tapwater en de extra ruimteverwarming leveren als het koud is. De cv-ketels kunnen centraal geïnstalleerd worden, maar de systemen kunnen ook gebruik maken van bestaande cv-ketels in de woning.

**Voorbeelden:** [Breman Woningbeheer en Itho Daalderop \(Collectief Hybride Systeem\)](#), [Viessmann](#)

### All-electric lage temperatuur blokverwarmingssystemen met decentrale warmtapwaterproductie

Nog geen foto beschikbaar

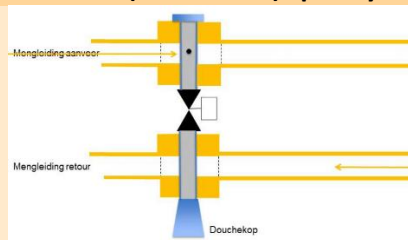
In een aantal projecten wordt gewerkt aan blokverwarmingssystemen die lagetemperatuurwarmte aan (woon)ruimtes leveren. De warmte is vaak geschikt voor ruimteverwarming maar niet voor warmtapwater. Daarom moet een elektrische boiler, booster-warmtepomp of een andere boosterfunctie gebruikt worden.

**Voorbeelden:** [Schouten Installatietechniek \(LTTS-systeem\)](#)



## Innovaties om (bestaande) drinkwaterinstallaties legionellaveiliger te maken

### Automatische (thermische) spoelsystemen



Bron voor foto: Aquador

Er zijn verschillende aanbieders van automatische spoelsystemen. De Markstreamer- en Markshower-systemen zijn voorbeelden waarbij de hele drinkwaterinstallatie (koud- en warmtapwaterleidingen) dagelijks thermisch gedesinfecteerd kan worden zonder waterverlies.

**Voorbeelden:** Aquador (Markshower en Markstreamer system) en andere leden van de branchevereniging ENVAQUA

### Slimme (thermische) spoelsystemen



Bron voor foto: Viega/E&W Installatietechniek

Er zijn ook verschillende aanbieders van slimme spoelsystemen. Deze systemen gebruiken monitors om te meten hoe vaak bepaalde leidingen en tappunten gebruikt zijn. Alleen de leidingen en tappunten die niet gebruikt zijn kunnen dan tijdens een spoelprogramma gespoeld worden.

**Voorbeelden:** Diverse leden van de branchevereniging ENVAQUA.

### Fysische beheerstechnieken



Bron voor foto: Blygold

Verschillende leden van ENVAQUA bieden fysische beheerstechnieken aan. Meestal betreffen dit (uv- en uf-) poortwachters en legionellafilters voor douches. Met toestemming van bevoegd gezag (gemeentes) mogen deze technieken met een lagere temperatuur en spoelfrequentie toegepast worden.

**Voorbeelden:** Blygold (voor fotochemisch beheer) en andere leden van de branchevereniging ENVAQUA (voor fysisch beheer)

### Koudwatercirculatiesystemen



Bron voor foto: Kemper

Bij deze systemen worden kunstmatige koudezones gecreëerd. Koel drinkwater wordt gekoeld en gecirculeerd om opwarming te voorkomen. Omdat het temperatuurverschil tussen het water en de omgeving laag is, zijn dit soort systemen veel energiezuiniger dan warmtapwatercirculatiesystemen.

**Voorbeelden:** Kemper (KHS CoolFlow) en Oventrop



### Simulatiemodellen voor slim thermisch beheer



Bron voor foto: LoWatter

LoWatter heeft een voorspellend simulatiemodel om casespecifieke legionellaconcentraties te berekenen. Met hun berekeningen kunnen ze duurzame en (kost)effectieve beheersplannen opstellen. Zij laten zien dat met lagere spoelfrequenties waterveiligheid gewaarborgd kan worden.

**Voorbeelden:** LoWatter (dienstverlening van de Universiteit Gent)

### Elektrochemische beheerstechnieken (alleen prioritaire instellingen)



Bron voor foto: Holland Water/Installatie.nl

Onder bepaalde voorwaarden, onderbouwd door gecertificeerde adviseurs, mag bij prioritaire instellingen elektrochemisch beheer worden toegepast. Met toestemming van bevoegd gezag (gemeentes) mogen installaties met lagere temperaturen en spoelfrequenties bedreven worden.

**Voorbeelden:** Holland Water (koper/zilver) en Normec Kalsbeek (anodisch)

### Innovaties om het energieverbruik van (bestaande) drinkwaterinstallaties te verminderen

#### Grootschalige warmteterugwinningssystemen voor afvalwater

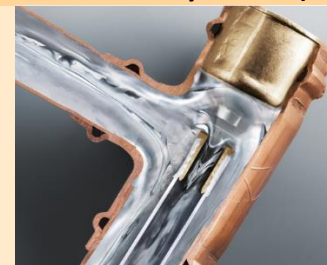


Bron voor foto: Menerga Klimatechnologie

Verschillende aanbieders hebben systemen om de warmte uit afvalwater te hergebruiken voor het verwarmen van ruimtes en warmtapwater. Meestal dient de warmte als warmtebron voor een collectieve warmtepomp. Meeste systemen zijn gericht op de industrie maar een aantal zijn ook gericht op de utiliteitsbouw.

**Voorbeelden:** Menerga Klimatechnologie (Aquacond), ACO (LipuTherm), SHARC Energy en meer aanbieders voor de industrie.

#### Buis-in-buisleidingen voor circulatiesystemen (inlinercirculatiesystemen)



Bron voor foto: Viega

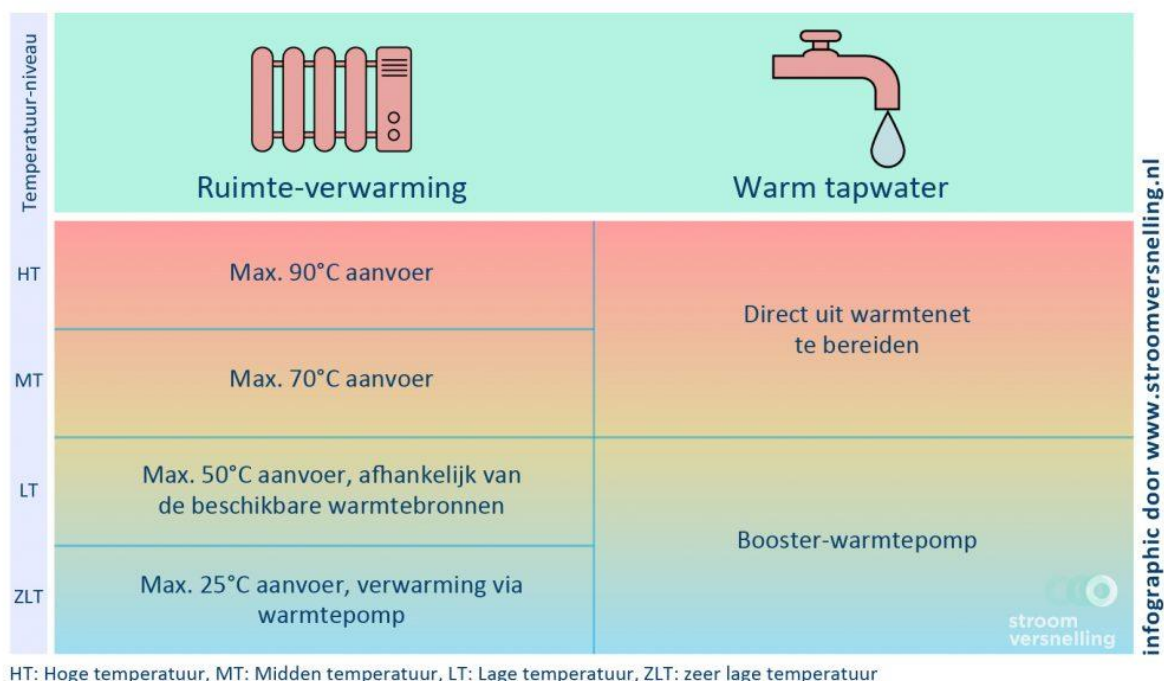
Bij circulatiesystemen met buis-in-buisleidingen (in Duitsland: inliner-circulatiesystemen), lopen de retourleidingen via in de stijgbuis getrokken leidingen. Het water wordt op de retourweg dus opgewarmd. Voordelen: minder materialen, minder ruimtebeslag en een mogelijk verlaagde aanvoertemperatuur.

**Voorbeelden:** Viega (Smartloop Inlinertechniek), Geberit, Kemper (Venturi-Strömungsteiler), Water Kinetics (EcoDuo)



### 7.3 Innovatieve warmtenetconcepten voor veilig en duurzaam warmtapwater op wijkniveau

In hoofdstuk 6.2 leggen we uit dat bestaande HT-warmtenetten grote warmteverliezen hebben en eenvoudiger gebruik kunnen maken van de beperkte hoeveelheid lokale HT-warmtebronnen in Nederland. Opvolgers van de HT-warmtenetten zijn middentemperatuur- (MT-; warmtelevering tussen de 55 en 70 °C), lagetemperatuur- (LT-; levering tussen de 30 en 55 °C) en zeer lagetemperatuurwarmtenetten (ZLT-; levering tussen de 10 en 30 °C) [99]. Deze warmtenetconfiguraties hebben over het algemeen lagere warmteverliezen dan bestaande HT-warmtenetten en bieden meer mogelijkheden voor de aansluiting op lokaal aanwezige LT-warmtebronnen. (Z)LT-warmtenetten kunnen ook extra flexibiliteit aan het elektriciteitsnet leveren, de efficiëntie van gebouwgebonden warmtepompen verhogen en, naast warmte, ook koude leveren.



Figuur 14. Een overzicht van de eigenschappen van HT-, MT-, LT- en ZLT-warmtenetten. Voor dit kennisdossier worden de temperatuurniveaus van 'Warmtenetten ontrafeld' gehanteerd. Deze temperatuurniveaus wijken een klein beetje af van de temperatuurniveaus die deze figuur laat zien. Bron: Energieling/Stroomversnelling (2020) [96].

MT-warmtenetten hebben nog steeds hoge gemiddelde warmteverliezen in vergelijking tot LT- en ZLT-warmtenetten. (Z)LT-warmtenetten opereren op lagere temperaturen waardoor de warmteverliezen ten opzichte van HT- en MT-warmtenetten vaak aanzienlijk lager zijn. Een warmtenet dat nu draait op een temperatuurregime van 70 °C voor de aanvoer en 40 °C retour, kan bij een regime van 40°C aanvoer en 25°C retour het warmteverlies met wel 50% verlagen [92]. Zoals eerder aangegeven, zorgen de lagere warmteverliezen van LT- en ZLT-warmtenetten er ook voor dat er minder hotspots in de ondergrond ontstaan.



Een aandachtspunt bij (Z)LT-warmtenetten is dat de warmtapwaterbereiding aan de eisen van de legionellaregelgeving moet voldoen. Omdat de warmtelevering plaatsvindt op temperaturen onder de 55 °C, moeten aanvullende installaties zorgen voor een tapwaterproductie die wel aan de eisen voldoet. All-electric voorbeelden van zulke installaties zijn (booster)warmtepompen, elektrische boilers en elektrische doorstromers.

De combinatie van gebouwgebonden warmtepompen met (zeer) lage temperatuur ((Z)LT-) warmtenetten kan helpen om de COP van warmtepompen hoog te houden (en de vermogensvraag te verminderen):

- Bij LT-warmtenetten is de warmtelevering aan gebouwen tussen de 30 en 55 °C. Veel LT-warmtenetten maken gebruik van een boosterwarmtepomp om het warmtapwater naar 55 tot 60 °C te krijgen. Omdat het temperatuurverschil tussen het aangeleverde water en het warmtapwater klein is, is de boosterwarmtepomp zeer efficiënt. Dit betekent dat de boosterwarmtepomp ook minder elektrisch vermogen vraagt.
- Bij ZLT-warmtenetten (ook wel 'bronnetten' genoemd) is de warmtelevering aan gebouwen tussen de 10 en 30 °C. Deze warmte dient als een stabiele warmtebron voor een water/water-warmtepomp om het hele jaar door ruimteverwarming te leveren en warmtapwater van 55 tot 60 °C te produceren. Omdat de warmtebron het hele jaar door stabiel en hoog blijft, blijft de COP van de warmtepomp ook het hele jaar hoog. Dit betekent dat de warmtepomp minder elektrisch vermogen vraagt.

Voor meer informatie en voorbeelden over (Z)LT-warmtenetten zie het bestand [Warmtenetten ontrafeld](#), [Warmtenetten georganiseerd](#), de [TKI Urban Energy kennisbank](#) en de [TSE projectenapplicatie](#).

**Thermische energie uit drinkwater is geen oplossing voor de ongewenste opwarming van drinkwater in de ondergrond:** KWR heeft veel onderzoek gedaan naar de potentie van thermische energie uit drinkwater (TED) als warmtebron voor warmtenetten. In de zomer kan warmte onttrokken worden uit het drinkwaternet en opgeslagen worden in een warmte/koudeopslag (WKO). De warmte kan dan door een warmtenet gebruikt worden om in de winter gebouwen te verwarmen. KWR heeft ook onderzoek gedaan naar de potentie om ongewenste opwarming (en hotspots) in het drinkwaternet in de zomer te voorkomen met TED. Hun onderzoek laat zien dat de toepassing van TED geen beslissende oplossing is voor de ongewenste opwarming van drinkwater in de ondergrond in de zomer. Als het drinkwater afgekoeld is, wordt het in een redelijke korte tijd namelijk alweer opgewarmd door de warme ondergrond. Voor meer informatie [klik op deze link](#).





## 8 De belangrijkste discussiepunten rondom de legionellaregelgeving

TKI Urban Energy heeft van verschillende bedrijven en organisaties uit haar netwerk de behoefte vernomen om een eenvoudig en neutraal overzicht van de legionellaregelgeving en de belangrijkste discussiepunten te maken. Voor het opstellen van dit kennisdossier heeft TKI Urban Energy met bijna dertig experts uit zowel de energie- als watersector contact gehad. Op basis van gesprekken met deze experts en aanvullend onderzoek, heeft TKI Urban Energy een aantal veelvoorkomende discussiepunten over de legionellaregelgeving geïnventariseerd.

TKI Urban Energy probeert verschillende standpunten aan bod te laten komen; zowel voor- als tegenstanders van bepaalde regelgevingen en technische afspraken. De lezers van dit hoofdstuk kunnen de inhoud gebruiken als een leidraad om constructieve discussies aan te gaan. Beleidsmakers worden aangemoedigd om zich in deze kwesties te verdiepen. Zo kunnen ze een beeld krijgen van de discussies en, indien nodig, aanscherpingen van de regelgeving overwegen.

### 1) Harmonisatie van legionellaregelgeving op Europees niveau

In hoofdstuk 6.2 leggen we uit hoe het uitvoeren van de Nederlandse legionellaregelgeving invloed heeft op de warmtetransitie. Meerdere experts maken zich zorgen over de Nederlandse legionellaregelgeving, omdat die momenteel de implementatie van aardgasvrije warmtapwaterinnovaties minder eenvoudig maakt, of zelfs hindert. Zij constateren dat de regelgeving verschilt met die van andere EU-landen en pleiten daarom voor de harmonisatie van legionellaregelgeving op Europees niveau. Ook zouden buitenlandse aspecten van die regelgeving, die gunstig zijn voor het implementeren van aardgasvrije warmtapwaterinnovaties én die bewezen legionellaveilig zijn, moeten worden overgenomen in Nederlandse regelgeving. Sommige experts denken dat de adviezen van de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater*, die in november 2021 gepubliceerd is<sup>17</sup>, een stap in de verkeerde richting is met betrekking tot het harmoniseren van regelgevingen.

Andere experts nuanceren dit beeld en merken op dat het verschil tussen de Nederlandse buitenlandse regelgeving niet groot is. Als er verschillen zijn, dan zijn die grotendeels te verklaren door 'cultuurverschillen' op het gebied van drinkwaterkwaliteit en legionellapreventie. In Nederland wordt veel gebruik gemaakt van thermische legionellabeheerprincipes (thermisch spoelen, circulatiesystemen, cv-ketels, HT-warmtenetten, e.d.), terwijl er in andere landen vaak desinfectiemiddelen (zoals chloor) aan het drinkwaternet worden toegevoegd. Deze experts benadrukken dat we de positieve aspecten van de Nederlandse legionellaregelgeving (voor legionellaveiligheid) in stand moeten houden. Nederland moet alleen aspecten van de buitenlandse regelgeving overnemen als deze bewezen legionellaveilig zijn. Sommige experts stellen vast dat Nederland vooroploopt met betrekking tot regelgeving voor drinkwaterkwaliteit en -veiligheid. Sommige experts staan daarom positief tegenover de adviezen van de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater*.

---

<sup>17</sup> Voor meer informatie over dit onderzoek zie hoofdstuk 3.5.



In reactie op deze argumenten, constateren andere experts dat het verschil tussen de verschillende legionellaregelgevingen en de kansen voor aardgasvrije warmtapwaterproductie juist in de nuances ligt.

Een paar van de regelgevingsaspecten die binnen deze discussies aan bod komen zijn:

- **Verschillen tussen landen in temperatuurniveaus voor drinkwaterinstallaties:** In een aantal Europese en internationale studies is een overzicht gemaakt van de overeenkomsten en verschillen tussen de legionellaregelgevingen. Voorbeelden zijn de studies van de [Heat Pumping Technology \(HPT\) Annex 46](#) (een afgerond onderzoeksprogramma van de International Energy Agency), het [COOL DH consortium](#) (een lopend project dat onderdeel van HORIZON 2020 is) en [dit wetenschappelijke onderzoek van de Universiteit Gent](#). Tabel 2 van de HPT Annex 46 studie geeft een goed overzicht van de verschillende temperatuurniveaus die een aantal landen hanteert.

Country	Cold water T	Min. system T	Min. tank T	Min. tap T	Max. tap T
Sweden		50 °C	60 °C	50 °C	60 °C/ 38 °C*
Denmark		55 °C (45 °C)	55 °C (up to 60)	> 50 °C	
Finland	<20 °C		60 - 65 °C	55 °C	65 °C
Germany		50 °C	60 °C	> 45 °C	
France		50 °C, unless V < 3 liters	55 °C		
Netherlands	≤ 25 °C	60 °C	60 °C (55°C*)	60 °C (55°C*)	65 °C
United Kingdom	<20 °C		60 °C	> 50 °C	
Switzerland	≤ 25 °C	55 °C	60 (≥ 55 °C)	55 °C	65 °C
Spain	<20 °C		55 °C	55 °C	
Belgium	<25 °C		60 °C	55 °C	
Italy			60 °C	45 - 48 °C	

Tabel 2. Een overzicht van de temperatuurniveaus voor drinkwaterinstallaties die in verschillende Europese landen worden gehanteerd.

Deze tabel laat zien dat meeste landen minimumtemperaturen tussen de 50 en 60 °C hanteren. In Denemarken en Frankrijk gelden uitzonderingen op de temperatuureis van minimaal 50 °C; in Denemarken worden tijdens piekstroomtijden temperaturen van 45 °C geaccepteerd en in Frankrijk gelden geen minimumtemperatuureisen voor drinkwaterinstallaties (als de leidinginhoud vanaf de watermeter tot het tappunt minder dan 3 liter is). Gebouweigenaren worden in Frankrijk wel geadviseerd om warmtapwatertemperaturen van minimaal 50 °C te hanteren [91].

Sommige experts trekken uit tabel 2 de conclusie dat de legionellaregelgeving tussen landen vergelijkbaar is. Andere experts duiden aan dat het verschil juist in de nuances ligt.

- **Het nut van warmtapwater van 55 °C aan het tappunt (discussie over de ‘functionele eis’ van deze temperatuur):** In Nederland moet de temperatuur aan het mengtoestel of aan het tappunt bij gebruik conform de ontwerpcondities ten minste 55 °C (woningen zonder circulatiesysteem) of 60 °C zijn. Uit de toelichting bij de NEN 1006 blijkt dat ‘...de temperatuur van het water geschikt moet zijn voor alle voorkomende huishoudelijke gebruiken waaronder die van schoonmaak en vaatwas (55 °C)’ [39]. Dit betekent dat de temperatuureis van 55 of 60 °C voornamelijk een ‘functionele eis’ betreft. Het is namelijk al



toegestaan dat de temperatuur aan het tappunt bij gebruik conform de ontwerpcondities, lager mag zijn als het tappunt voor persoonlijke hygiëne wordt gebruikt (37 tot 40 °C).

Tabel 2 laat tevens zien dat er landen zijn met een minimale temperatuur aan het tappunt van onder de 55 tot 60 °C. Meerdere experts geven aan dat de minimale temperatuur van 55 of 60 °C aan het tappunt in Nederland niet nodig is, en dat het zelfs gevaarlijk is in verband met brandwonden. Deze experts vinden dat schoonmaken en vaatwassen met de huidige schoonmaakmiddelen op temperaturen lager dan 55 °C kan worden gedaan.

Andere experts zeggen juist dat de temperatuureis van 55 tot 60 °C aan het tappunt er juist voor zorgt dat er in de warmtapwaterleidingen altijd een bepaalde (minimale) thermische desinfectie optreedt.

- **Verschillen tussen landen over de legionellaveilige leidinginhouden voor drinkwaterinstallaties:** De temperatuur aan het tappunt in een installatie met uittapleidingen mag van de NEN 1006 afwijken indien de warmtapwaterbereider een geiser (of elektrisch doorstroomtoestel) betreft zonder interne voorraad warmtapwater, en indien de leidinginhoud achter de geiser maximaal 1 liter is en het aantal tappunten beperkt is (zie hoofdstuk 3.2). In de praktijk is een leidinginhoud van 1 liter te vinden in een warmtapwaterleiding van ongeveer 5 meter lang. Omdat de leidinginhoud maar 1 liter mag zijn, wordt dit door sommige experts in de wandelgangen ook wel de ‘één-liter-regel’ genoemd.

Sommige experts merken op aan dat er in Frankrijk en Duitsland een ‘drie-liter-regel’ wordt gehanteerd [54], [91]. Omdat er meer mogelijkheden zijn voor aardgasvrije warmtapwaterconfiguraties als er een ‘drie-liter-regel’ gehanteerd wordt, pleiten deze experts voor een harmonisatie binnen de EU voor legionellaregelgeving op dit gebied. In de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater* wordt geadviseerd om de ‘één-liter regel’ in Nederland af te schaffen [52].

- **Verschillen met betrekking tot eisen voor dubbele scheidingswanden voor warmtewisselaars:** Verschillende warmtewisselaars gebruiken verschillende vloeistoffen om te opereren. Het tussenmedium mag niet toxisch zijn. Indien hiervoor een vloeistof wordt gebruikt, dan is drinkwater of een voor het doel geëigende vloeistof toegestaan. Bij een enkele scheiding is het drinkwater door één wand gescheiden van een andere vloeistof. De andere zijde is in contact met een andere vloeistof dan drinkwater. Bij een dubbele scheiding zijn het drinkwaterdeel en de andere vloeistof permanent gescheiden door een neutrale zone. De neutrale zone kan een vloeistof, gas of inert poreus materiaal bevatten. Volgens het waterwerkblad 4.4B mogen in warmtewisselaars met een enkele scheiding de vloeistofklassen 1, 2 en 3 worden toegepast, terwijl in warmtewisselaars met een dubbele scheiding de vloeistofklassen 1, 2, 3, 4 en 5 mogen worden toegepast [100].

Deze eisen voor het toepassen van warmtapwatertechnieken met warmtewisselaars hebben niet te maken met legionellagroei, maar met de beveiliging tegen verontreiniging door vreemde stoffen. Meerdere experts constateren dat deze eisen in Nederland strenger zijn dan in andere EU-landen, zoals Denemarken. Zij waarschuwen dat dit invloed heeft op het



toepassen van innovaties die in het buitenland bewezen duurzaam, legionellaveilig en drinkwaterveilig zijn.

## **2) Het toepassen van thermische beheerprincipes met lagere temperaturen en spoelfrequenties**

Als fysische of elektrochemische beheerstechnieken worden toegepast, dan is het toegestaan om van de NEN 1006-temperatuureisen af te wijken, maar alleen onder de voorwaarden van artikel 1.3 van het Bouwbesluit. Dan kan een minimumwarmtapwatertemperatuur van 50 °C worden gehanteerd (zie hoofdstuk 3.2). Met een goede onderbouwing van de leverancier kan hiervoor bij bevoegd gezag (meestal de gemeente) een gelijkwaardigheidsverklaring worden aangevraagd [41], [42]. Sinds 2017 mogen gebruikers van deze beheerstechnieken met een gelijkwaardigheidsverklaring ook de spoelfrequentie verminderen [43].

Sommige experts constateren dat drinkwaterinstallaties hun thermisch beheer ook met lagere temperaturen en spoelfrequenties op een legionellaveilige manier kunnen uitvoeren, dankzij nieuwe maatregelen zoals bewezen effectieve beheersplannen, nieuwe thermische beheerstechnieken, sensoren en monitors. Deze experts pleiten voor het aanpassen van artikel 1.3 van het Bouwbesluit om de gelijkwaardigheidsverklaring uit te breiden voor thermische beheerstechnieken.

## **3) De energiezuinigheid van warmtapwatercirculatiesystemen**

Verschillende energie-experts suggereren dat warmtapwatercirculatiesystemen op 60 °C niet meer gestimuleerd zouden moeten worden vanwege de hoge warmteverliezen [89], [90], [91]. Warmteverliezen zijn niet alleen onwenselijk omdat er energie verloren gaat, maar ook omdat het voor collectieve warmtepompen lastig is om een continue warmtapwaterstroom op deze temperaturen te leveren. Dit komt onder andere door een COP-verlaging op hogere warmtapwatertemperaturen (zie hoofdstuk 6.2), en omdat de warmtapwaterbereiding van een warmtepomp langzamer is dan bij een collectieve cv-ketel op aardgas.

Voor hun argumenten wijzen deze experts vaak op clausules uit [het Waterwerkblad 4.4A](#) waarin staat dat [33]:

- ‘In NEN 1006 worden... eisen gesteld aan het voorkomen van verspilling van energie alsmede leidingwater’;
- ‘Een leidingwaterinstallatie moet zo zijn uitgevoerd dat... deze geen aanleiding geeft tot verspilling van leidingwater en/of energie.’

De experts concluderen dat het uitvoeren van deze eisen en het stimuleren van circulatiesystemen tegenstrijdig met elkaar zijn. Ze waarschuwen dat het implementeren van uitgebreide drinkwaterinstallaties meer risico's met zich meebrengt voor legionellagroei.

Steeds meer experts raden daarom aan om collectieve drinkwaterinstallaties met grote voorraadtoestellen, zonder circulatiesystemen, in appartement- en utiliteitsgebouwen toe te passen. Of, als er toch voor een circulatiesysteem wordt gekozen, dan een lagetemperatuurvariant voor ruimteverwarming in combinatie met lokale warmtapwaterboosters in de woningen [91].

## **4) Uitvoerders van legionellaveilige, energiezuinige fysische en elektrochemische beheerstechnieken ervaren meer weerstand van toezichthouders en bevoegd gezag dan uitvoerders van thermische beheerstechnieken**

Zoals eerder aangegeven mogen fysische en elektrochemische beheerstechnieken, op grond van artikel 1.3 van het Bouwbesluit, met lagere temperaturen en spoelfrequenties worden toegepast.



Verschillende experts geven aan dat uitvoerders in de praktijk geen toestemming van bevoegd gezag (gemeentes) krijgen om dit te doen. Deze experts leggen uit dat gemeentes zich vaak niet bewust zijn van hun rol als toestemminggever en, als ze dat wel zijn, dat ze dan huiverig zijn om toestemming te geven. Dit laatste is vermoedelijk vanwege een gebrek aan kennis over de prestaties en regelgeving van deze technieken.

Sommige experts ervaren deze last om fysische en elektrochemische beheerstechnieken toe te passen als een geïnstitutionaliseerde weerstand. Sommigen zeggen deze weerstand ook bij toezichthouders te ervaren. Deze experts zien deze weerstand als een belemmering voor innovatie en het ontwerpen van nieuwe systemen. Ze geven soms als voorbeeld het verhaal van de Upfallshower. Dit is een circulatiedouche die douchewater desinfecteert met filters en uv-lichten om het vervolgens te hergebruiken [101]. Dit leidt vaak tot hogere water- en energiebesparingen dan een douche-wtw-systeem. De Upfallshower kwam in 2015 op de markt en was voor particulier gebruik beschikbaar. Van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) mocht het systeem echter niet toegepast worden in gebouwen met collectieve drinkwaterinstallaties, zoals hotels. De ILT was van mening dat het water dat uit de douche komt van drinkwaterkwaliteit moet zijn. Na een vierjarige rechtszaak heeft de rechter in maart 2020 besloten dat het systeem, volgens de huidige systeemontwerpen, voldoet aan de huidige regelgeving [101].

Andere experts duiden aan dat het juist de bedoeling (en goed) is om een kritische houding te nemen op de effectiviteit van beheerstechnieken. Toezichthouders hebben de verantwoordelijkheid om te voorkomen dat technieken worden geïmplementeerd die een gevaar voor de volksgezondheid kunnen zijn. Gebouweigenaren en -beheerders voelen deze verantwoordelijkheden ook en daarom zijn ze soms huiverig om beheerstechnieken toe te passen die minder veelvoorkomend zijn.

Voordat nieuwe drinkwaterinnovaties op de markt verschijnen moeten ze bewezen effectief legionella- en milieuveilig zijn. Sommige experts tonen aan dat er onduidelijkheid heerst over welke partijen verantwoordelijk zijn voor het controleren van deze bewezen effectiviteit. Zij zijn niet zeker of dit de ILT, het Ministerie van IenW of een ander overheidsorgaan is.

### **5) (Leiding)materialen met een lage biofilmvormingspotentie (BVP)**

In hoofdstuk 2 leggen we uit dat het leidingmateriaal en de ruwheid van het soort leidingmateriaal een belangrijke rol spelen bij de mate van biofilmvorming. Afdichtingen en (douche)slangen van rubber en leidingen van zacht PVC en bepaalde PE-soorten hebben bijvoorbeeld een zeer hoge biofilmvormingspotentie (BVP) in vergelijking tot RVS, koper of hard PVC [10].

Verschillende experts en bronnen vinden dat de Nederlandse overheid een belangrijke rol zou kunnen nemen in legionellapreventie door, in de gehele drinkwaterinstallatie (leidingen, voorraadvaten, e.d.), alleen materialen toe te laten die niet de groei van biofilm en *Legionella* bevorderen [102]. Sommige experts kennen dit concept als het 'Clean design label'-concept; een term die ooit door TNO geopperd is. Verschillende experts binnen de watersector leggen uit dat deze discussie al lange tijd plaatsvindt. Sommige experts vertellen dat een sterke lobby van de leidingmaterialenfabrikanten en -leveranciers een rol speelt in de vertraging van dit proces.

In de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater*", die in november 2021 gepubliceerd zijn, wordt geadviseerd om in de wetgeving op te nemen dat de



biomassaproductiepotentie<sup>18</sup> (BPP) van de leidingmaterialen niet boven de 400 pg ATP/cm<sup>2</sup> mag zijn bij nieuwbouw en renovatie van drinkwaterinstallaties van prioritaire gebouwen [52].

Experts suggereren dat het verplicht maken van lage BPP-(leiding)materialen veel kansen kan bieden voor het (verantwoord) verlagen van warmtapwatertemperaturen. Dit is omdat de drinkwaterinstallatie vanaf het ontwerp al een stuk veiliger is. Een temperatuurverlaging kan positieve gevolgen hebben voor energieverbruik en de implementatie van nieuwe drinkwaterinnovaties. Verhalen uit de praktijk ondersteunen deze gedachte. Verschillende gebouweigenaren en -beheerders die in de praktijk (leiding)materialen met een lage BPP toepassen, constateren dat dit effectieve maatregelen zijn om legionellagroei te beheersen. Deze partijen geven aan dat de kosten van lage BPP-materialen niet aanzienlijk hoger zijn dan van gangbare hoge BPP-materialen. Wel ervaren ze bouwfysische uitdagingen bij renovaties; in veel bestaande gebouwen zijn drinkwaterleidingen in beton gegoten en is het een duur en lang proces om deze leidingen te vervangen. Daarnaast ervaren gebouweigenaren en -beheerders uitdagingen bij de aanbidders en installateurs van leidingmaterialen. Deze partijen willen (of kunnen) in sommige gevallen geen lage BPP-materialen toepassen omdat ze deze materialen niet beschikbaar hebben, het nut er niet van inzien of weinig kennis en ervaring hebben met dit onderwerp.

#### **6) De administratieve lasten voor installateurs, gebouweigenaren en -beheerders om te voldoen aan de huidige legionellaregelgeving**

Verschillende experts geven aan dat installateurs, gebouweigenaren en -beheerders veel werkuren en geld moeten spenderen om te laten zien dat ze voldoen aan de huidige legionellaregelgeving. Zij denken dat er veel te halen valt op het gebied van sneller, efficiënter en minder vaak rapporteren en monitoren.

Anderen suggereren dat de hoeveelheid eisen vanuit de legionellaregelgeving wel meevalt, vooral ten opzichte van de hoeveelheid eisen die er voor drinkwaterveiligheid in het algemeen zijn. Overigens zijn dit wel vaak de experts die veel ervaring op het gebied van (het uitvoeren van) de legionellaregelgeving hebben.

#### **7) Het aanpassen van de huidige Warmtewet voor innovatieve warmtenetconcepten die (naast ruimteverwarming en -koeling) legionellaveilig en duurzaam drinkwater op wijkniveau leveren**

In hoofdstuk 7.3 leggen we uit dat innovatieve (Z)LT-warmte- en koudnetten veel kansen bieden voor het leveren van legionellaveilig en duurzaam drinkwater op wijkniveau. Veel experts uit de energie- en watersector met wie TKI Urban Energy gesproken heeft zijn daarom bezig met het onderzoeken en (door)ontwikkelen van deze collectieve concepten. Deze experts scharen zich achter andere partijen die al een lange tijd aangeven dat de Warmtewet aangepast moet worden om de grootschalige toepassing van innovatieve collectieve warmte- en koudesystemen (met nieuwe organisatievormen) te versnellen.

#### **8) Mogelijke hervorming van het huidige 'legionellaveilig-as-a-must'-beleid naar een 'legionellaveilig-as-a-service'-beleid**

Een aantal experts heeft interesse om, als een watersector, richting een 'legionellaveilig-as-a-service'-aanpak te gaan in plaats van 'legionellaveilig-as-a-must'. Hun redenering: 'Laat bedrijven bewijzen

---

<sup>18</sup> In dit kennisdossier worden de termen biofilmvormingspotentie en biomassaproductiepotentie als gelijk beschouwd.





dat ze (collectieve) drinkwaterinstallaties gegarandeerd legionellaveilig kunnen houden, door middel van bijvoorbeeld monitoring en/of periodieke monsters. En geef ze de vrijheid om te kiezen hoe ze dit doen.' Sommige experts beweren dat ze met deze aanpak goedkopere, minder complexe en aardgasvrije drinkwaterinstallaties kunnen ontwerpen die gegarandeerd legionellaveilig zijn. Ze vinden dat de huidige smart monitoring-, monster- en modelleringstechnieken het mogelijk maken om dit soort systemen te ontwerpen.

Andere experts zijn het daar totaal niet mee eens. Zij pleiten voor een beheersing van de huidige legionellaregelgeving omdat de overheid een verantwoordelijkheid voor de volksgezondheid en het milieu heeft. Deze experts leggen uit dat ze, op basis van ervaringen en verhalen uit de markt, niet genoeg vertrouwen hebben in marktpartijen om de 'legionellaveilig-as-a-service'-aanpak op een verantwoorde manier uit te voeren. Sommige experts waarschuwen dat de betrouwbaarheid en kostbaarheid van watermonsters ook voor uitdagingen bij deze aanpak zorgen. Watermonsters zijn namelijk plaats- en tijdsafhankelijk en met deze aanpak zouden ze vaak uitgevoerd moeten worden.



## 9 Een oproep voor innovaties voor duurzame en legionellaveilige drinkwaterinstallaties

Met dit kennisdossier wil TKI Urban Energy een oproep doen aan verschillende stakeholders om duurzame<sup>19</sup> en legionellaveilige drinkwaterinstallaties te ontwerpen, toe te passen en te stimuleren.

- **Innovators en fabrikanten:** ga verder met het (door)ontwikkelen van duurzame drinkwaterinnovaties die aan de legionellaregelgeving voldoen. TKI Urban Energy moedigt deze partijen aan om:
  - drinkwaterinstallaties te (door)ontwikkelen die: lage biomassaproductie-materialen gebruiken (hoofdstuk 2), met een lagere temperatuur of spoelfrequentie mogen werken (hoofdstukken 3 en 4), die een lage vermogensvraag hebben, de COP's van warmtepompen hooghouden en/of geïntegreerd kunnen worden met (Z)LT-warmtenetten (hoofdstukken 6 en 7);
  - deze innovaties verder uit te werken binnen (gesubsidieerde) innovatie-, pilot- en demonstratieprojecten. Via deze projecten kan kennis over deze technieken verder worden ontwikkeld en kan praktijkervaring worden opgedaan. Deze kennis en ervaring kunnen vervolgens worden gedeeld met verschillende stakeholders, waaronder toezichthouders en bevoegd gezag. Vooral pilot- en demonstratieprojecten met monitoring dragen bij aan het opbouwen van (maatschappelijk) vertrouwen in de legionellaveiligheid en energetische prestaties van nieuwe drinkwaterinstallaties;
  - marktrijpe innovaties aan te melden op [de site van Uptempo!](#) Via deze website kunnen woningcorporaties, gebouw- en woningeigenaren aanbieders vinden van innovaties die het duurzaam renoveren van woningen en utiliteitsgebouwen mogelijk maken.

**Contact opnemen met TKI Urban Energy:** Innovators en fabrikanten kunnen contact opnemen met TKI Urban Energy om ideeën voor innovatie-, pilot- en demonstratieprojecten verder te ontwikkelen en om consortiumpartners (bedrijven, kennisinstellingen, pilotlocaties, e.d.) te vinden.

- **Systeemontwerpers, installateurs, architecten, adviesbureaus, EScO's, warmtenetontwikkelaars, gebouweigenaren en -beheerders:** ga verder met het koppelen en integreren van duurzame drinkwaterinnovaties om nieuwe drinkwatersystemen te ontwerpen die aan de legionellaregelgeving voldoen. TKI Urban Energy moedigt deze partijen aan om:
  - de innovaties uit hoofdstuk 7 te bestuderen en te integreren in hun huidige en nieuwe systemen;

<sup>19</sup> Met 'duurzame drinkwaterinstallaties' bedoelen we voornamelijk energiezuinige installaties die (zoveel mogelijk) hernieuwbare energiebronnen gebruiken en een zo laag mogelijke vermogensvraag hebben.



- innovatieve systemen met innovators en fabrikanten verder uit te werken binnen (gesubsidieerde) innovatie-, pilot- en demonstratieprojecten;
- [de site van Uptempo!](#) te bezoeken. Deze website biedt een overzicht van relevante innovaties voor het duurzaam renoveren van woningen en utiliteitsgebouwen. Uptempo! ontwikkelt nu een speciale matchingtool om woningcorporaties, gebouw- en woningeigenaren te matchen met aanbieders van deze innovaties.

**Contact opnemen met TKI Urban Energy:** Systeemontwerpers kunnen contact opnemen met TKI Urban Energy en Uptempo! om nieuwe innovaties te vinden, kennis op te halen, projectideeën verder te ontwikkelen en consortiumpartners te vinden.

- **Lokale en nationale beleidsmakers:** ga verder met het onderzoeken, bevragen, evalueren en aanscherpen van de huidige legionellaregelgeving en het stimuleren van zowel drinkwaterveiligheid als de energietransitie. TKI Urban Energy moedigt deze partijen aan om:
  - rekening te houden met de effecten van het uitvoeren van de warmtetransitie op het uitvoeren van de legionellaregelgeving en andersom (hoofdstuk 6);
  - zich te verdiepen in de belangrijkste discussiepunten rondom de huidige legionellaregelgeving die in hoofdstuk 8 worden gepresenteerd;
  - verder onderzoek te stimuleren aan de hand van de adviezen uit de *Evaluatie van de regelgeving legionellapreventie in leidingwater* die in november 2021 gepubliceerd is. Naast het onderzoeken van het effect van deze adviezen op de drinkwaterveiligheid, moedigt TKI Urban Energy ook aan om het (mogelijk) effect van deze adviezen op de energieprestaties, energiekosten en (de snelheid van) de implementatie van aardgasvrije systemen te onderzoeken.

**Contact opnemen met TKI Urban Energy:** Beleidsmakers kunnen contact opnemen met TKI Urban Energy voor meer informatie, inzichten en contactpersonen over dit onderwerp.



## 10 Colofon

Voor het opstellen van dit kennisdossier heeft TKI Urban Energy met bijna dertig experts uit zowel de energie- als watersector contact gehad. TKI Urban Energy wil graag de volgende personen bedanken voor het delen van hun kennis en feedback voor dit kennisdossier:

Monique Bastmeijer (Hydroscope), Eric van der Blom (Techniek Nederland), Lex Bosselaar (RVO), Peter Centen (Nathan), Charles Geelen (Infinitus & Vereniging Warmtepompen), Stefan van 't Hof (Rijksvastgoedbedrijf), Mascha van Hofweegen (KWA Bedrijfsadviseurs), Arran Kassens (PB International), Kevin Kanter (Hydroscope), Elisa van Kenhove (Universiteit Gent), Hans Kerkhof (BAM), Onno Kleefkens (Phetradico), Sjoerd Klijn Velderman (Endule & Stroomversnelling), Rick Langen (Evides), Egbert Leiting (Normec Kalsbeek & ENVAQUA), Peter van der Linde (Holland Water), Folkert Linnemans (Bouwgroep Dijkstra Draisma), Jan Willem Meisen (Van Remmen UV Technology), Andreas Moerman (KWR Water Research Institute), Frank Oesterholt (KWR Water Research Institute), Coos Schouten (Schouten Techniek), Mark Setzpfand (Infinitus), Mark de Vaal (Holland Water), Harm Valk (Nieman Raadgevende Ingenieurs), Irene van Veelen (ISSO), Wick Wesseling (Unica), Hans van Wolferen (Van Wolferen Research) en Leo de Zeeuw (Holland Water).

Bij vragen over dit kennisdossier, of als u een toelichting wilt, kunt u contact opnemen met David van Petersen, innovatieanalist Duurzame Warmte en Koude ([david@tki-urbanenergy.nl](mailto:david@tki-urbanenergy.nl)) of Robert Jan van Egmond, programmamanager Duurzame Warmte en Koude ([robertjan@tki-urbanenergy.nl](mailto:robertjan@tki-urbanenergy.nl)).



## 11 Literatuur

- [1] NOS, „Conclusies, reacties, de achtergrond: het IPCC-rapport in een notendop,” 2021. [Online]. Available: <https://nos.nl/collectie/13871/artikel/2393291-conclusies-reacties-de-achtergrond-het-ipcc-rapport-in-een-notendop>.
- [2] Wuijts et al., RIVM, „Effecten klimaat op gezondheid,” 2016. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0044.pdf>.
- [3] van der Steenhoven, RIVM, „Klimaatverandering,” 2019. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2019-04/Gerard%20van%20Steenhoven%20-%20De%20ontwikkeling%20van%20ons%20klimaat.pdf>.
- [4] RIVM, „Legionellose,” 2021. [Online]. Available: <https://lci.rivm.nl/richtlijnen/legionellose>.
- [5] KWR, „Drinkwater en temperatuur: niet te koud, niet te warm, maar precies goed,” 2021. [Online]. Available: <https://www.kwrwater.nl/projecten/drinkwater-klimaatbestendig-nu-en-in-de-toekomst/>.
- [6] van Vossen & Agudelo-Vera, KWR, „Hittestress: ook ondergronds,” 2019. [Online]. Available: [http://api.kwrwater.nl/uploads/2019/07/van-Vossen-Agudelo-Vera-Hittestress-ook-ondergronds-Stadswerk-magazine-\(2019\)juni-p.14-15.pdf](http://api.kwrwater.nl/uploads/2019/07/van-Vossen-Agudelo-Vera-Hittestress-ook-ondergronds-Stadswerk-magazine-(2019)juni-p.14-15.pdf).
- [7] CBS, „Warmtemonitor 2019,” 2020. [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019>.
- [8] Klimaatakoord, „Klimaatakoord hoofdstuk Gebouwde Omgeving,” 2019. [Online]. Available: <https://www.klimaatakoord.nl/gebouwde-omgeving/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakoord-hoofdstuk-gebouwde-omgeving>.
- [9] De Kluizenaar et al., TNO, „Literatuurstudie gebruikersgedrag en energiegebruik,” 2016. [Online]. Available: [https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2016/11/14/tno-rapporten-building-future/Literatuurstudie+gebruikersgedrag+en+energiegebruik+KEF\\_LK+report.pdf](https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2016/11/14/tno-rapporten-building-future/Literatuurstudie+gebruikersgedrag+en+energiegebruik+KEF_LK+report.pdf).
- [10] Vewin, „Kerngegevens drinkwater 2020,” 2021. [Online]. Available: <https://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Vewin-Kerngegevens-Drinkwater-2020.pdf>.
- [11] Loonen, TKI Urban Energy, „Kennisdokument verduurzaming utiliteitsbouw,” 2020. [Online]. Available: [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/Kennisdokument%20verduurzaming%20utiliteitsbouw%20\(007%20openbaar\).pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/Kennisdokument%20verduurzaming%20utiliteitsbouw%20(007%20openbaar).pdf).
- [12] Van Kenhove, Universiteit Gent, „Legionellabeheersing bepalend voor energiebesparing sanitair warm water,” 2016. [Online]. Available: [https://pixii.be/sites/default/files/pixii\\_elisavankenhove.pdf](https://pixii.be/sites/default/files/pixii_elisavankenhove.pdf).
- [13] Kanters, Hydroscope, „Kennisdokument legionella in afvalwater,” 2021. [Online]. Available: <https://www.hydroscope.nl/app/uploads/sites/2/2021/02/2021-02-22-Legionella-in-afvalwater-V11.pdf>.
- [14] RIVM, „Preventie en melding van legionellabacteriën in water (Deel C: Legionellapreventie: regelgeving, beheersmethoden en monsternamen),” 2016. [Online].



- Available: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2019-03/Preventie%20en%20melding%20van%20legionellabacteri%C3%ABn%20in%20water%2C%20Deel%20C%20preventie%20-%20mei%202016.pdf>.
- [15] Agentschap Zorg en Gezondheid, afdeling Preventie (Vlaanderen), „Folder Legionellabeheersplan natte koeltoren,” 2020. [Online]. Available: [https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/Folder%20Legionellabeheersplan%20Koeltorens\\_202004.pdf](https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/Folder%20Legionellabeheersplan%20Koeltorens_202004.pdf).
- [16] Nuijten, Edu4Install, „Nederlandse regels legionellapreventie niet effectief,” 2019. [Online]. Available: <https://tvvlconnect.nl/?file=1338&m=1560429129&action=file.download>.
- [17] RIVM, „Legionella,” 2021. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/legionella>.
- [18] Hydroscope, „Legionella: ziekte, soorten, wetgeving, preventie,” 2021. [Online]. Available: <https://www.hydroscope.nl/regelgeving/legionella/>.
- [19] Rijksoverheid, „Modelbeheersplan legionellapreventie in leidingwater,” 2009. [Online]. Available: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/brochures/2009/06/11/modelbeheersplan-legionella-preventie-in-leidingwater/11fd2001g023.pdf>.
- [20] Westfries Archief, „De Westfriesse Flora,” [Online]. Available: <https://www.westfriesarchief.nl/historie/thema-s/geld-en-handel/de-westfriesse-flora>.
- [21] VROM, „Legionella: Antwoorden op de 25 meest gestelde vragen,” 2001. [Online]. Available: <https://www.infomil.nl/publish/pages/116779/legionella-25-vragen.pdf>.
- [22] Flemming, Biofilm Centre en IWW Zentrum Wasser, „Erkenntnisse aus dem Projekt "Biofilm-Management",” [Online]. Available: <http://www.wassermanufaktur.com/media/pdf/76/19/51/Thesenpapier-1-1-Biofilm-Management.pdf>.
- [23] Flemming, IWW Zentrum Wasser, „Vermeidung und Sanierung von Trinkwasser-Kontaminationen durch hygienisch relevante Mikroorganismen aus Biofilmen der Hausinstallation,” 2010. [Online].
- [24] Hambsch et al., DVGW-Technologiezentrum Wasser, „Pseudomonas aeruginosa in Trinkwassersystemen-Wachstumsansprüche und nachhaltige Gegenmaßnahmen,” 2016. [Online].
- [25] Brekelmans, C-mark & Bureau de Wit, „Handboek Reiniging en Desinfectie Leidingwaterinstallaties,” 2019. [Online]. Available: <http://bdwdownload.nl/download/waterveiligheid/Werkinstructies/Handboek%20Reiniging%20en%20Desinfectie.pdf>.
- [26] Hydroscope, „Legionella en biofilm,” 2015. [Online]. Available: <https://www.hydroscope.nl/nieuws/legionella-en-biofilm/>.
- [27] Ministerie BZK, „Bouwbesluit 2012,” 2021. [Online]. Available: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>.
- [28] Overheid.nl, „Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater,” [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030166/2019-01-01>.
- [29] ISSO, „Zorgplicht legionellapreventie in Drinkwaterwet en -besluit,” [Online]. Available: <https://www.zorgplicht-legionella.nl/overig/wetgeving/>.
- [30] Overheid.nl, „Drinkwaterwet, Hoofdstuk 3,” [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0026338/2021-07-01#HoofdstukIII>.





- [31] InfoDWI, „<https://www.infodwi.nl/wet-en-regelgeving/woningwet-en-bouwbesluit>,” [Online]. Available: <https://www.infodwi.nl/wet-en-regelgeving/woningwet-en-bouwbesluit>.
- [32] Nieman Raadgevende Ingenieurs, „Warmtapwater in woningen – eisen en richtlijnen,” 2017. [Online].
- [33] KIWA, InfoDWI, „Waterwerkblad 4.4A,” 2018. [Online]. Available: <https://www.infodwi.nl/IDWI/media/infodwi/WB-4-4-A-DEF-OKT-2018.pdf>.
- [34] Scheffer en Van der Blom, TVVL, „NEN 1006:2015 bevat voorschriften voor een legionellaveilige installatie,” 2017. [Online]. Available: [https://www.tvvl.nl/library/download/9181/tm0217-nen+1006-2015.pdf?format=save\\_to\\_disk&ext=.pdf](https://www.tvvl.nl/library/download/9181/tm0217-nen+1006-2015.pdf?format=save_to_disk&ext=.pdf).
- [35] ISSO, „Checklist 'hotspots' in waterleidingen,” 2013. [Online]. Available: <https://documenten.isso.nl/s/XTuUsv6H1UjAnmYmmDKYTrFDgm1uLvD6/Checklist-hotspots-bewerkt.pdf>.
- [36] Vitens, „Terug van vakantie? Spoel je kranen door!,” [Online]. Available: <https://www.vitens.nl/over-water/spoel-uw-kranen-door>.
- [37] RIVM, „Spoelen waterleidingen na de vakantie,” 2012. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/nieuws/spoelen-waterleidingen-na-vakantie>.
- [38] NEN, „Persbericht - Wijzigingen NEN 1006 'Leidingwaterinstallaties' gepubliceerd,” 2018. [Online]. Available: <http://persberichten.deperslijst.com/89330/persbericht-wijzigingen-nen-1006-leidingwaterinstallaties-gepubliceerd.html>.
- [39] Van Wolferen, Van Wolferen Research, „Mogelijkheden voor het verlagen van de vereiste temperatuur van warm tapwater - onderzoek t.b.v. motie Van der Lee (34 902),” 2019. [Online]. Available: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-917435.pdf>.
- [40] Wilms, Gawalo, „Richtlijnen temperatuur warm tapwater versoepeld,” 2018. [Online]. Available: <https://www.gawalo.nl/sanitair/nieuws/2018/06/richtlijnen-temperatuur-warm-tapwater-versoepeld-1016372>.
- [41] Ministerie BZK, „Artikel 1.3. Gelijkwaardigheidsbepaling,” [Online]. Available: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd1/par1-1/art1-3>.
- [42] Hydroscope, „Duurzaam warm tapwater,” 2018. [Online]. Available: <https://www.hydroscope.nl/nieuws/duurzaam-warm-tapwater/>.
- [43] Staatscourant, „Regeling van de Minister van Infrastructuur en Milieu van 8 september 2017, nr. IENM/BSK-2017/214358, tot wijziging van de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater (vermindering spoelfrequentie bij toepassing alternatieve techniek),” 2017. [Online]. Available: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2017-51759.pdf>.
- [44] Overheid.nl, „Drinkwaterregeling,” [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030152/2021-10-07>.
- [45] ILT, „Legionella, uw zorg?!” 2019. [Online]. Available: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/legionella/documenten/publicaties/2013/02/01/legionella-uw-zorg>.
- [46] Overheid.nl, „Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater,” [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030166/2019-01-01>.
- [47] Overheid.nl, „Drinkwaterbesluit, Hoofdstuk 4,” [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/2018-07-01#Hoofdstuk4>.



- [48] Schalk et al., RIVM, „Effectiviteit van beheerstechnieken voor legionella in drinkwaterinstallaties,” 2012. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/703719078.pdf>.
- [49] Rijksoverheid, „Wat moet ik als eigenaar van een bedrijf doen om legionella te voorkomen?,” [Online]. Available: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/legionella/vraag-en-antwoord/wat-moet-ik-als-eigenaar-van-een-instelling-doen-om-legionella-te-voorkomen>.
- [50] Rijksgebouwendienst, „Brochure Zorgplicht legionella,” 2011. [Online]. Available: [https://www.legionellavraagbaak.nl/fileadmin/legzorg/pdfs-bij-infobladen/Folder\\_Zorgplicht\\_Legionella\\_dec\\_2011.pdf](https://www.legionellavraagbaak.nl/fileadmin/legzorg/pdfs-bij-infobladen/Folder_Zorgplicht_Legionella_dec_2011.pdf).
- [51] ILT, „Geef legionella geen kans tijdens de coronacrisis,” 2021. [Online]. Available: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/coronavirus-en-water-bodem-en-legionella/legionella>.
- [52] Ministerie I&W, KWR, Berenschot, Tweede Kamer der Staten-Generaal, „Evaluatie regelgeving legionellapreventie in leidingwater,” 2021. [Online]. Available: [https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven\\_regering/detail?id=2021Z20579&did=2021D43894](https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2021Z20579&did=2021D43894).
- [53] KWR, „Evaluatie van praktijktesten met alternatieve technieken voor legionellapreventie,” 2006. [Online]. Available: <https://adoc.pub/evaluatie-van-praktijktesten-met-alternatieve-technieken-voo.html>.
- [54] Sernhed et al., COOL DH-project with Lund University & COWI, „Cool ways of using low grade Heat Sources from Cooling and Surplus Heat for,” 2017. [Online]. Available: <http://www.cooldh.eu/wp-content/uploads/2018/11/Report-on-solutions-for-avoiding-risk-of-legionella.pdf>.
- [55] Van der Blom, Uneto-VNI, „Grote veranderingen voor Legionellapreventie,” 2011. [Online]. Available: <https://tvvlconnect.nl/?file=1941&m=1567376477&action=file.download>.
- [56] ATECA, „Legionella Preventie Technieken Vergelijking,” [Online]. Available: <https://ateca.nl/2018/07/30/legionella-preventie-technieken-vergelijking/>.
- [57] Haytink & Valk, Nieman Raadgevende Ingenieurs, „Energie neutrale toekomst sociale woningsector,” 2017. [Online]. Available: <https://dkvvg750av2j6.cloudfront.net/m/534ad9a645872948/original/20160887-Rapport-energiezuinige-woningbouw-en-renovatie-Definitief-2017.pdf>.
- [58] Natuur & Milieu, „Gasmonitor 2021,” 2021. [Online]. Available: <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2021/10/NM-Gasmonitor-2021.pdf>.
- [59] Peeeks, Eneco, „Onbalansreductie door energy pooling e-boilers,” 2017. [Online]. Available: <https://projecten.topsectorenergie.nl/storage/app/uploads/public/5a6/711/a2a/5a6711a2a5c07263807076.pdf>.
- [60] CBS, „Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen,” 2021. [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82380NED/table>.
- [61] Duurzaam Bouwloket, „Doorstroomboiler,” [Online]. Available: <https://www.duurzaambouwloket.nl/maatregel/doorstroomboiler>.
- [62] Milieu Centraal, „Close in boiler of kokendwaterkraan,” 2021. [Online]. Available: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-warm-water/close-in-boiler/>.



- [63] Van Wolferen, TNO, „Onderbouwing voor folder Collectief warmtapwater voor woningen,” 2009. [Online]. Available: <https://docplayer.nl/13899621-Onderbouwing-voor-folder-collectief-warmtapwater-voor-woningen.html>.
- [64] Xigna, „Alternatieve technieken legionella,” [Online]. Available: <https://www.xigna.nl/kennisbanken/alternatieve-techniek-legionella-preventie/>.
- [65] ISSO, ISSUU, „Nieuwsbrief ISSO - Info 62,” 2018. [Online]. Available: [https://issuu.com/stichtingisso/docs/isso\\_info\\_62def](https://issuu.com/stichtingisso/docs/isso_info_62def).
- [66] ISSO, ISSUU, „Rapport Integron onderzoek Drinkwaterveiligheid en legionella,” 2017. [Online]. Available: [https://issuu.com/stichtingisso/docs/20170809\\_rapportage\\_isso](https://issuu.com/stichtingisso/docs/20170809_rapportage_isso).
- [67] C-mark, „Hoe voorkom ik legionella bij warm weer en sluitingsperiodes?,” [Online]. Available: <https://www.c-mark.nl/nieuws/artikelen-nieuwsbrief/hoe-voorkom-ik-legionella-bij-warm-weer-en-sluitingsperiodes/>.
- [68] Van Veelen, ISSO, TVVL, „ISSO-Publicatie leidingwaterinstallaties in woningen op de schop,” 2017. [Online]. Available: [https://www.tvvl.nl/l/library/download/11558/isso-publicatie+leidingwaterinstallaties+in+woningen+op+de+schop+tm0917.pdf?format=save\\_to\\_disk&ext=.pdf](https://www.tvvl.nl/l/library/download/11558/isso-publicatie+leidingwaterinstallaties+in+woningen+op+de+schop+tm0917.pdf?format=save_to_disk&ext=.pdf).
- [69] Oasen, „Aandachtspunten voor veilig drinkwater in huis,” 2013. [Online]. Available: <https://www.oasen.nl/nieuws/aandachtspunten-voor-veilig-drinkwater-huis>.
- [70] Blokker et al., KWR, TVVL, „Drinkwatertemperatuur, bedreigingen en kansen,” 2017. [Online]. Available: [https://www.tvvl.nl/l/library/download/9029/tm0117+-drinkwatertemperatuur%2C+bedreigingen+en+kansen.pdf?format=save\\_to\\_disk&ext=.pdf](https://www.tvvl.nl/l/library/download/9029/tm0117+-drinkwatertemperatuur%2C+bedreigingen+en+kansen.pdf?format=save_to_disk&ext=.pdf).
- [71] van der Aa, RIVM, „Fouten bij de aanleg van een nieuwe leidingwaterinstallatie,” 2011. [Online]. Available: <https://edepot.wur.nl/339626>.
- [72] Oasen, „Veilig klussen aan de drinkwaterleiding,” 2021. [Online]. Available: <https://www.oasen.nl/drinkwater/water-huis/veilig-klussen-aan-de-drinkwaterleiding>.
- [73] Fok!, „Dode aftakking waterleiding gevaarlijk,” 2016. [Online]. Available: <https://forum.fok.nl/topic/2303740>.
- [74] Van Hofweegen, KWA Bedrijfsadviseurs, „Legionella verschil tussen theorie en praktijk,” 2016. [Online]. Available: <https://www.arbeidshygiene.nl/-uploads/files/insite/hofweegen-mascha-van-def1.pdf>.
- [75] van Wolferen, TNO, „Legionella risicoanalyse van douchewater warmteterugwinning,” 2002. [Online]. Available: [https://www.technea.nl/wp-content/uploads/2017/07/tno\\_rapport\\_douche\\_wtw\\_is\\_legionella\\_veilig6.pdf](https://www.technea.nl/wp-content/uploads/2017/07/tno_rapport_douche_wtw_is_legionella_veilig6.pdf).
- [76] KIWA, InfoDWI, „Overzicht beveiliging gevaarlijke toestellen,” 2020. [Online]. Available: [https://www.infodwi.nl/IDWI/media/infodwi/WBT-20-48-Overzicht-beveiliging-gevaarlijke-toestellen-versie-02-12-2020-\(3\).pdf](https://www.infodwi.nl/IDWI/media/infodwi/WBT-20-48-Overzicht-beveiliging-gevaarlijke-toestellen-versie-02-12-2020-(3).pdf).
- [77] Drinkwaterplatform, „Warmtenetten: een risico voor drinkwaterleidingen?,” 2020. [Online]. Available: <https://www.drinkwaterplatform.nl/warmtenetten-een-risico-voor-drinkwaterleidingen/>.
- [78] Taselaar, COB, „Inleiding Kabels & leidingen,” 2020. [Online]. Available: [https://www.cob.nl/wp-content/uploads/2020/08/COB\\_O22-Inleiding-Kabels-en-leidingen.pdf](https://www.cob.nl/wp-content/uploads/2020/08/COB_O22-Inleiding-Kabels-en-leidingen.pdf).



- [79] TenneT, „Flexibiliteit en Warmte in de Gebouwde Omgeving,” 2021. [Online]. Available: [https://www.atriensis.nl/file/download/default/163A19A64FA6B4BF809174AD964C545A/Warmte\\_5fen\\_5fFlexibiliteit\\_5fAnalyserapport\\_5fTenneT\\_5fETOP.pdf](https://www.atriensis.nl/file/download/default/163A19A64FA6B4BF809174AD964C545A/Warmte_5fen_5fFlexibiliteit_5fAnalyserapport_5fTenneT_5fETOP.pdf).
- [80] Milieu Centraal, „Grote energieslurpers,” 2021. [Online]. Available: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/apparaten-in-huis/grote-energieslurpers/>.
- [81] Duurzaam Bouwloket, „Zuinige apparatuur,” [Online]. Available: <https://www.duurzaambouwloket.nl/maatregel/zuinige-apparatuur>.
- [82] Warmtepomp-info, „Tapwater kosten,” [Online]. Available: <https://www.warmtepomp-info.nl/tapwaterkosten/>.
- [83] De Groene Hoed, „ELDOM Green Line Lucht-water Warmtepompboiler 150 liter met extra warmtewisselaar, voor tapwater,” 2021. [Online]. Available: <https://www.groenehoedduurzaam.nl/tapwater-warmtepomp-met-extra-warmtewisselaar150l.html>.
- [84] Klimaatexpert, „COP, SCOP en rendement van een warmtepomp,” 2019. [Online]. Available: <https://www.klimaatexpert.com/warmtepomp/technisch/cop-scop-en-rendement>.
- [85] Gasvrij, „De COP van een warmtepomp uitgelegd,” [Online]. Available: <https://www.gasvrij.nu/de-cop-van-een-warmtepomp-uitgelegd/>.
- [86] Milieu Centraal, „Warmtepomp: duurzaam elektrisch verwarmen,” 2021. [Online]. Available: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/warmtepomp-duurzaam-elektrisch-verwarmen/>.
- [87] Warmtepomp-info, „Warmtepomp kosten berekenen,” [Online]. Available: <https://www.warmtepomp-info.nl/rekenen/>.
- [88] Warmtepomp-tips, „Hoog Temperatuur Warmtepomp (HT),” [Online]. Available: <https://warmtepomp-tips.nl/type/ht-warmtepomp/>.
- [89] Van Bruggen en Janssen, De Energiemanager en Nathan, TVVL, „Innovatieve warmtapwatersystemen,” 2015. [Online]. Available: <https://tvvlconnect.nl/?file=1475&m=1563749776&action=file.download>.
- [90] Installateurs Zaken, „MAG HET EEN GRAADJE LAGER?,” 2021. [Online]. Available: <https://installateurszaken.nl/legionella-2/>.
- [91] Kleefkens, HPT-Annex 46, IEA, „Legionella and Heat Pump Water Heaters,” 2020. [Online]. Available: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex46/wp-content/uploads/sites/53/2020/10/hpt-an46-03-task-1-legionella-and-heat-pumps-1.pdf>.
- [92] Energielinq, „Warmtenetten: verhoog je kansen met temperatuurverlaging,” 2020. [Online]. Available: <https://energielinq.stroomversnelling.nl/warmtenetten/warmtenetten-temperatuurverlaging/>.
- [93] ECW, „Duurzaamheid van bestaande warmtenetten,” 2021. [Online]. Available: <https://expertisecentrumwarmte.nl/themas/marktordening+en+financiering/duurzaamheid+van+bestaande+warmtenetten/default.aspx>.
- [94] Dijkstra et al., TNO, „Duurzaamheid van geothermie in warmtenetten,” 2020. [Online]. Available: <https://publications.tno.nl/publication/34637523/9q8lcQ/TNO-2020-duurzaamheid.pdf>.
- [95] ThermalCapture, TeAx Technology, „Thermal Mapping – Inspection of District Heating,” 2021. [Online]. Available: <https://thermalcapture.com/thermal-mapping-inspection-of-district-heating/>.



- [96] Energielinq, Stroomversnelling, „Lage temperatuur warmtenetten: voor- en nadelen,” 2020. [Online]. Available: <https://energielinq.stroomversnelling.nl/wijktransitie/lage-temperatuur-warmtenetten-voordelen-nadelen/>.
- [97] ECW, „Waterstof,” 2020. [Online]. Available: <https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/technische+oplossingen/techniekfactsheets+energiebronnen/waterstof/default.aspx>.
- [98] Nationaal Waterstof Programma, „Gebouwde omgeving - Beleid,” 2021. [Online]. Available: <https://nationaalwaterstofprogramma.nl/cms/view/9dc34e55-0c95-4d89-8211-a159555511bc/beleid-gebouwde-omgeving>.
- [99] Kirch et al., DWA, TKI Urban Energy, „Warmtenetten ontrafeld,” 2020. [Online]. Available: [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/TKI\\_WarmtenettenOntrafeldUpdate2021.pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/TKI_WarmtenettenOntrafeldUpdate2021.pdf).
- [100] KIWA, InfoDWI, „Waterwerkblad 4.4B WARMTAPWATERINSTALLATIES Beveiligingen,” 2018. [Online]. Available: <https://www.infodwi.nl/IDWI/media/infodwi/WB-4-4-B-CONCEPT-Juli-2018.pdf>.
- [101] Van der Zee, Installatie.nl, „Rechter staat Upfall Shower in hotels toe,” 2020. [Online]. Available: <https://www.installatie.nl/nieuws/rechter-staat-upfall-shower-in-hotels-toe/>.
- [102] Van der Wielen, KWR, „Leidingmaterialen bevorderen,” 2017. [Online]. Available: [https://www.tvvl.nl/l/library/download/12373/leidingmaterialen+bevorderen+microbiele+groei+tm11+2017.pdf?format=save\\_to\\_disk&ext=.pdf](https://www.tvvl.nl/l/library/download/12373/leidingmaterialen+bevorderen+microbiele+groei+tm11+2017.pdf?format=save_to_disk&ext=.pdf).
- [103] Segers et al., CBS, TNO, „Warmtemonitor 2019,” 2020. [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019>.





**Adres**

Arthur van Schendelstraat 550d  
3511 MH Utrecht

**T** +31 30 747 00 27

**E** [info@tki-urbanenergy.nl](mailto:info@tki-urbanenergy.nl)

**T** [www.tki-urbanenergy.nl](http://www.tki-urbanenergy.nl)

## 12 Contact

