Auteurs Ing. O.W.W. (Oscar) Nuijten, Edu4Install

Warmtapwatertemperatuur in woningen verlagen zonder legionellarisico

Een van de manieren om het energiegebruik voor warmtapwaterbereiding te verminderen is het verlagen van de temperatuur. Bij een lagere temperatuur stijgt de COP van warmtepompen, kan laagtemperatuur-stadsverwarming worden toegepast en verminderen de stilstands- en wachttijdverliezen. Volgens de Nederlandse norm voor leidingwaterinstallaties NEN 1006 geldt een minimumtemperatuur van 55 °C op het tappunt in woningen, mede i.v.m. het risico op legionellagroei. Afwijken van de regels is mogelijk. Daarvoor vereist het ministerie van BZK, dat verantwoordelijk is voor NEN 1006, een gelijkwaardigheidsverklaring. Daaruit moet blijken dat een nieuwe techniek effectief en (legionella)veilig is. Een van die nieuwe technieken is zoutelektrolyse na het leveringspunt in woningen van Sensiblue [1]. De kenmerken van deze gepatenteerde techniek, de testen bij KWR Waterresearch en de route naar een gelijkwaardigheidsverklaring worden in dit artikel nader toegelicht.

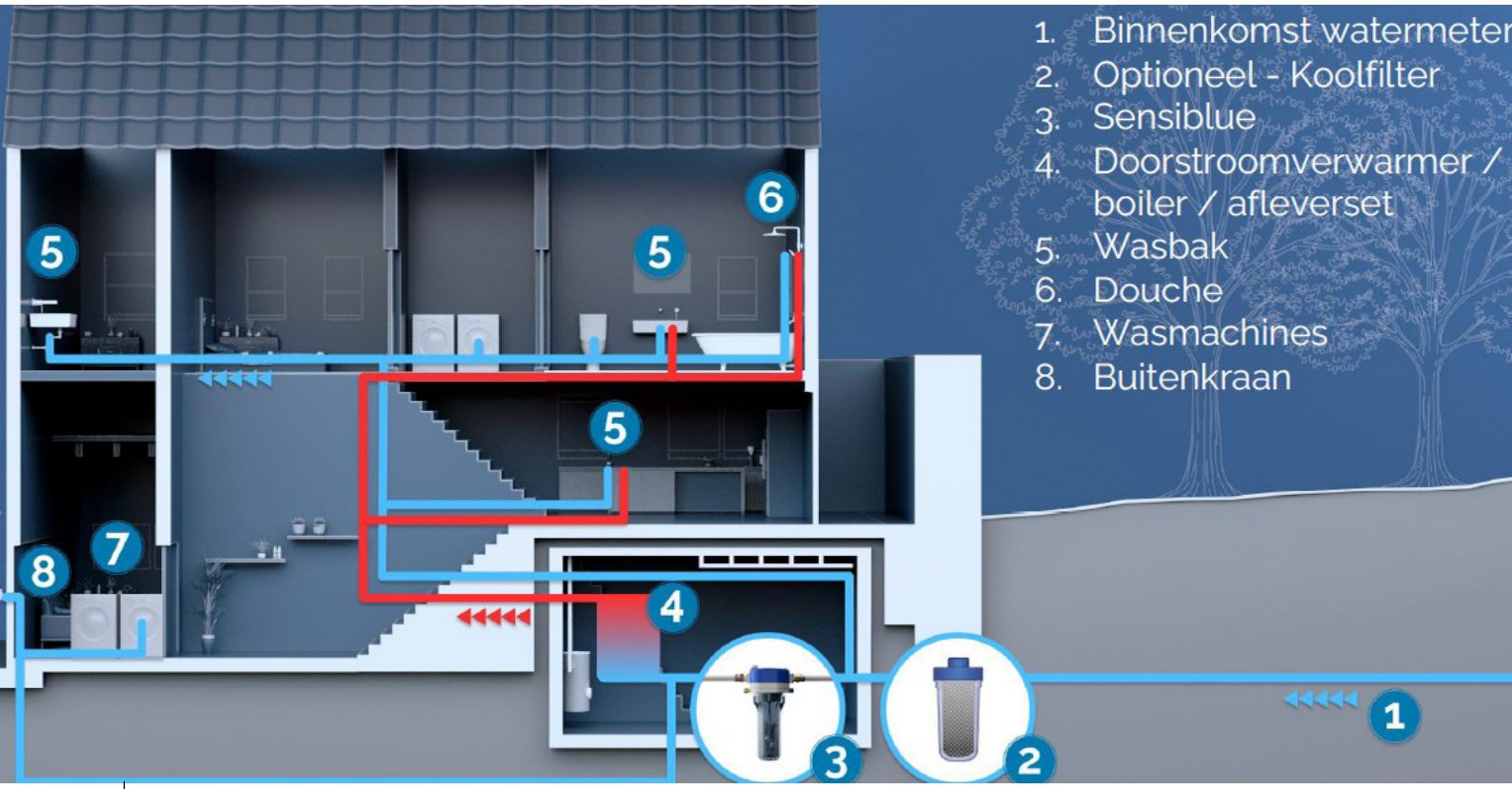
Op dit moment lopen er nog twee andere onderzoeken bij KWR waarbij sprake is van lagere warmtapwatertemperaturen dan 55 °C, te weten:

- Veilig en Innovatief warm Tapwater op Lage Temperatuur (TKI Urban Energy)
- Onderzoek naar de mogelijkheden van lage temperatuur warm tapwater in utiliteitsbouw (TKI RELOaDH)

TKI staat voor: Stichting Topconsortia voor Kennis en Innovatie.

Chloreren via 'in situ' elektrolyse van zout

Bij deze techniek wordt water met NaCl (keukenzout) door een elektrolyse-cel gevoerd. Aan de ene kant bevindt zich de kathode en aan de andere kant de anode. Er wordt een gelijkstroom met lage spanning aangelegd, waardoor elektrolyse plaatsvindt. Deze techniek wordt al geruime tijd wereldwijd toegepast [3,4]. In Nederland mag deze al



Figuur 1. *Zoutelektrolyse in woningen.*

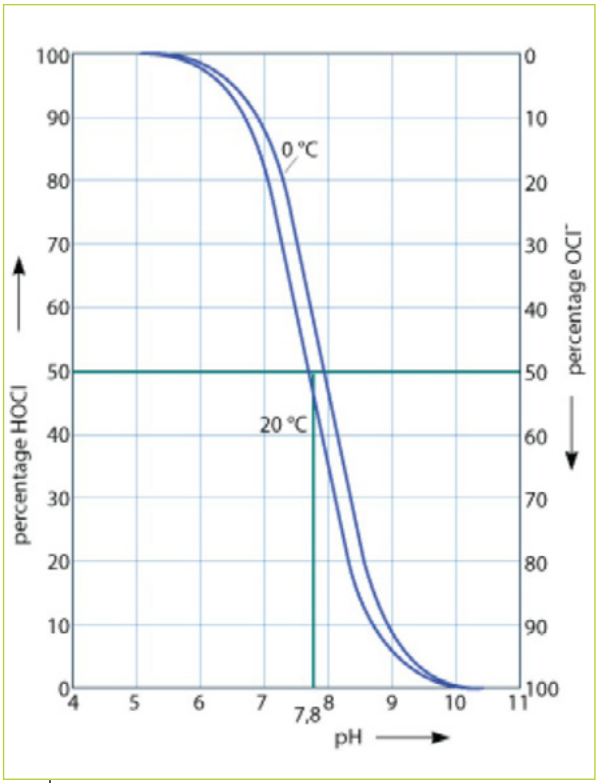
lang worden toegepast als een elektrochemische legionellapreventie-techniek in grotere prioritaire leidingwaterinstallaties. Het is daar een alternatief voor koper-zilver-ionisatie. Deze technieken worden uitgebreid beschreven in ISSO-publicatie 55.4, par. 7.2 [3]. Sinds kort mag ook in situ chloordioxidedosering worden toegepast in prioritaire situaties.
Bij de elektrolysetechniek wordt aan de anode in eerste instantie chloor (Cl^2) gevormd, dat in water direct reageert tot onderchlorig zuur volgens de vergelijking:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

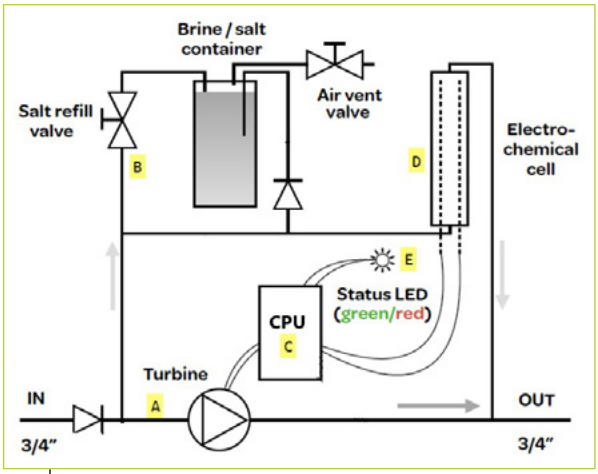
Vervolgens wordt HOCl deels omgezet in OCl^-. De reactievergelijking voor omzetting van HOCl naar OCl^- (en omgekeerd) luidt:

$$OH^- + HOCl \leftrightarrow H_2O + OCl^-$$

Het desinfecterend effect van vrij chloor (OCl^- plus HOCl) berust op de oxiderende werking ervan. Daarvoor is een veilige concentratie tussen 0,2 en 0,5 mg/l voldoende [4, 5]. Onderchlorig zuur (HOCl) is elektrisch neutraal en kan relatief eenvoudig celwanden passeren. Door reactie met enzymen (vervanging van waterstof door chloor) worden de celwanden dusdanig vervormd dat bacteriën worden uitgeschakeld. Bij een watertemperatuur van 15 °C en pH < 7,8 is HOCl de dominante vorm en bij pH > 7,8 is dat OCl^- (zie de grafiek in figuur 2). OCl^- is circa 50% minder effectief dan HOCl. De desinfectie verloopt dus effectiever bij lagere pH-waarden. Wordt OCl^- meer verbruikt dan HOCl, of andersom, dan herstelt het evenwicht zich overeenkomstig de verhouding in de grafiek. Bij pH-waarden tussen 7 en 8 is de desinfecterende werking van vrij chloor optimaal. Het drinkwater in Nederland heeft een pH tussen 7 en 8,5.



Figuur 2. *Percentages HOCl en OCl- bij verschillende pH-waarden en watertemperaturen (bron: ISSO 55.4).*



Figuur 3. *Processchema (a) en de afmetingen van de zoutelektrolyse-unit (b).*

Werking van de elektrolyse-unit

In figuur 3 is het processchema van de elektrolyse-unit gegeven.
De werking van de unit is samengevat als volgt:

1. De totale volumestroom drijft de turbine met dynamo (A) aan. Deze wekt een evenredig elektrisch vermogen op voor de elektrolyse en voedt ook de CPU.
2. Een kleine volumestroom water gaat via de zoutcontainer (B) naar de elektrolyse-cel (D).
3. De ingebouwde CPU (C) regelt stroom naar de elektrolyse-cel (D) om continu de juiste volumestroom vrij chloor te produceren.
4. Het vrije chloor keert na de turbine terug naar de hoofdstroom.
5. Een status-LED geeft aan of het proces correct verloopt (E).

Overige details

De anode en kathode bestaan uit DSA-elektrodes van titanium met ruthenium-iridium coating, die om de drie uur worden omgepoold. DSA staat voor Dimensionally Stable Anodes met een hoge geleiding en corrosievastheid. De concentratie vrij chloor na de unit ligt tussen 0,2 en 0,45 mg/l en de maximale volumestroom daarbij is 16 l/min (∑TE = 10). Het drukverlies daarbij is 100 kPa.
Als het TOC-gehalte (Total Organic Carbon) in het water hoger is dan 1 mg C/l wordt een actief koolfilter geadviseerd. In Nederland ligt die tussen 0,5 en 2 mg C/l. De volumestroom vertaalt zich naar het toerental van de turbine en bepaalt hoeveel zout er wordt omgezet. Via de plus- en minpool wordt de geleiding van het water continu gemeten. Als het zout opraakt, wordt dat (eventueel met een geluid) gesignaleerd.
Het chloreren van water kan de associatie oproepen dat de smaak wordt beïnvloed. De dosering is zo laag dat je het niet of nauwelijks proeft of ruikt. Het zoutverbruik is ca. 20 gram per 1.000 l. De zoutinhoud is 1,1 kg of 2,2 kg. Dat houdt in dat men voor een tweepersoonshuishouden (250 l/dag) de container één of twee keer per jaar moet vullen met nieuw zout, als de unit direct na het leveringspunt is geplaatst.

Van idee tot implementatie

Om in Nederland een nieuwe toepassing in een drinkwaterinstallatie goedgekeurd te krijgen moeten er veel hindernissen worden overwonnen. Desondanks is de fabrikant er vol goede moed en doorzettingsvermogen aan begonnen.
Het idee voor deze toepassing is ontstaan, toen Warmtenet Muiderberg in het jaar 2020 overwoog een LT-warmtenet (50-40 °C) te gaan aanleggen. Daarbij loop je op tegen de eis van minimaal 55 °C op het tappunt in NEN 1006. Dat komt er in de praktijk op neer dat de temperatuur in het warmtapwatertoestel op een iets hogere temperatuur moet worden ingesteld. Daarnaast groeit legionella optimaal bij temperaturen die langdurig tussen 30 en 50 °C liggen. Bij 55 °C kan Legionella niet vermeerderen. Bij 60 °C is sprake van een desinfecterende werking.
De fabrikant heeft al vanaf 2014 een eerdere uitvoering van de elektrolyse-unit in het leveringsprogramma. Deze wordt wereldwijd al op grote schaal toegepast in hotels, pensions, jachten en bij campings, afgelegen locaties en dergelijke. Daar gaat het vaak niet alleen om Legionella, maar ook om andere ziekteverwekkende bacteriën, zoals E. coli en Salmonella typhi. Om het in Nederlandse woningen toe te passen moet een omvangrijk en kostbaar traject worden gevolgd. Daarvoor is in 2024 een samenwerking gestart met VDH watertechnology BV, marktleider op het gebied van grotere zoutelektrolyse-installaties en ook is een gemeentelijke ondernemerssubsidie verkregen.
Het traject is hieronder samengevat:

1. Ontwikkelen van een geoptimaliseerde versie van de unit (S4) [2025]
2. Verkrijgen drinkwaterkeur voor de EU (hygiënekeur materialen) [2026]
3. Verkrijgen van een voorlopige biocide-toelating voor drinkwater [2026]
4. Verkrijgen van een biocide-toelating voor drinkwater (PT5) in de EU [2028]
5. Verkrijgen van een landelijke gelijkwaardigheidsverklaring NEN 1006 [2028]

Voor het verkrijgen van een landelijke gelijkwaardigheidsverklaring moeten volgens het ministerie van BZK de volgende stappen worden doorlopen:

a. Laboratoriumonderzoek naar de effectiviteit;
b. Veldtest in “The Green Village” van TU Delft (een praktijkomgeving om innovaties te testen;zie foto 1);
c. Test met (> 100) woningen aangesloten op een LT Warmtenet (b.v. Muiderberg);
d. Verkrijgen van de gelijkwaardigheidsverklaring bij Bureau CRG.

Laboratoriumonderzoek KWR Waterresearch

Bij KWR worden momenteel testen uitgevoerd, waarbij duidelijk moet worden dat de zoutelektrolyse-techniek zodanig werkt dat ook bij lagere warmtapwatertemperaturen dan 55 oC de biofilm wordt geïnactiveerd en er daarin geen legionella groeit. In figuur 4 is het processchema van de opstelling gegeven (zie ook foto’s 2 en 3).
In buizen A en B worden voor de test-runs PE monitor-ringen aangebracht. Er is voor PE gekozen omdat dit materiaal vaak voorkomt in woninginstallaties en een vrij hoge biofilmproductiepotentie (BPP-waarde) heeft om het worst-case scenario na te bootsen. Zowel de watertemperatuur na de mengkraan als de luchttemperatuur in de kast met de twee buizen wordt op één bepaalde waarde geregeld.
De volgende acties worden stapsgewijs uitgevoerd:

- In buis A worden PE monitor-ringen aangebracht waar eerst biofilm op wordt gevormd die vervolgens wordt besmet met Legionella pneumophila sg1.
- In buis B worden niet-besmette PE ringen aangebracht.
- De eerste acht weken wordt er een periodiek spoelregime op buis A aangebracht zonder dat de elektrolyse-unit is ingeschakeld. De biofilm met legionella in buis A gaat zich vermeerderen.
- Daarna wordt de elektrolyse-unit gedurende 14 weken ingeschakeld bij de maximale koudwatertemperatuur van 23 °C en gedurende 18 weken bij warm water van 37 °C.

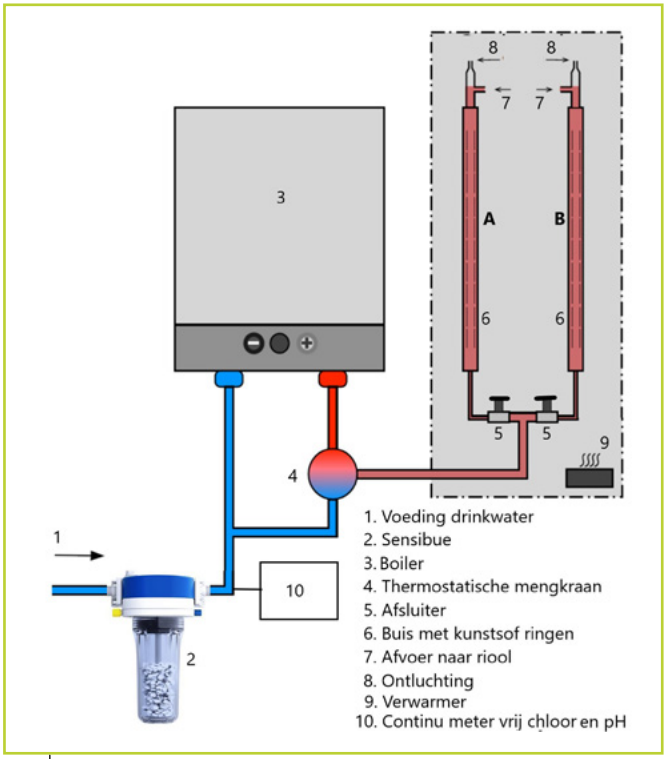


Foto 1. *The green village bij TU Delft.*

- Na inschakeling daarvan wordt ook buis B gevuld met ringen en besmet met L. pneumophila waarbij zodoende naar preventie wordt gekeken.
- Na vier weken wordt elke twee weken een monster genomen van het water en van twee PE-ringen wordt gemeten hoeveel L. pneumophila op de ringen en in het water zit. De biofilm wordt ook gemeten op de ringen en in het water.
- Vervolgens worden de PE-ringen verwijderd en onderzocht op biofilm (ATP-gehalte) en L. pneumophila sg1 volgens NEN-EN-ISO 11731. Dit onderzoek duurt ca. tien dagen.

De eerste testrun

De eerste testrun bij een temperatuur van 23 °C is inmiddels afgerond. Het blijkt dat in buis A de legionellagroei is stopgezet en het ATP-gehalte (biofilm) stabiel is (zie tabel 1a). In buis B is de kolonisatie van legionella voorkomen (zie tabel 1b). De lage temperatuur en de afwezigheid van biofilm kunnen daarop mede van invloed zijn geweest.
De tweede testrun bij 37 °C, de ideale temperatuur voor legionellagroei, is gestart op 7 augustus 2026 en is nog in uitvoering.



Figuur 4. *Processchema van de testopstelling bij KWR.*

Datum	Looptijd	Temp.	ATP	L. pn sg1	ATP	L. pn sg 1
monster	[dagen]	[°C]	[pg /ml]	[kve/l]	[pg/cm²]	[kve/cm²]
03-04-2026	28	19,1	3,2	<100	262 ± 73	844 ± 298
17-04-2026	42	21,3	8,4	1333	309 ± 73	16,5 ± 14,2
01-05-2026	56	20,5	10,8	167	349 ± 100	4,1 ± 0,1
13-05-2026	68	21,4	5,4	167	122 ± 77	<4
29-05-2026	84	20,6	3,3	<100	94 ± 33	<4
12-06-2026	98	21,9	4,2	<100	222 ± 54	<4
24-06-2026	110	22,3	4,1	<100	266 ± 85	<4
09-07-2026	125	22,9	4,3	<100	474 ±16	<4
24-07-2026	140	21,0	9,5	<100	321 ± 46	<4
06-08-2026	153	23,0	14,7	<100	262 ± 66	<4

Tabel 1a. *Resultaten bij 23 °C (buis A met vooraf gekweekte biofilm).*

Datum	Looptijd	Temp.	ATP	L. pn sg1	ATP	L. pn sg 1
monster	[dagen]	[°C]	[pg /ml]	[kve/l]	[pg/cm²]	[kve/cm²]
13-05-2026	12	20,2	5,1	<100	8,7 ± 1,0	4,2 ± 3,0
29-05-2026	28	20,2	1,4	333	10,3 ± 2,5	<4
12-06-2026	42	22,0	4,0	<100	187 ± 8,3	<4
24-06-2026	54	22,4	4,9	<100	148 ± 24	<4
09-07-2026	69	22,6	4,5	<100	231 ± 86	<4
24-07-2026	84	20,8	9,4	<100	247 ± 8,6	<4
06-08-2026	97	22,8	64,9	<100	329 ± 160	<4

Tabel 1b. *Resultaten bij 23 °C (buis B zonder vooraf gekweekte biofilm).*



Foto 2. *De complete testopstelling met Dr. Frits van Charante van KWR (links) en directeur Wirijn Tholen (rechts).*



Foto 3. *De kast met de buizen met PE monitor-ringen en verwarmer.*

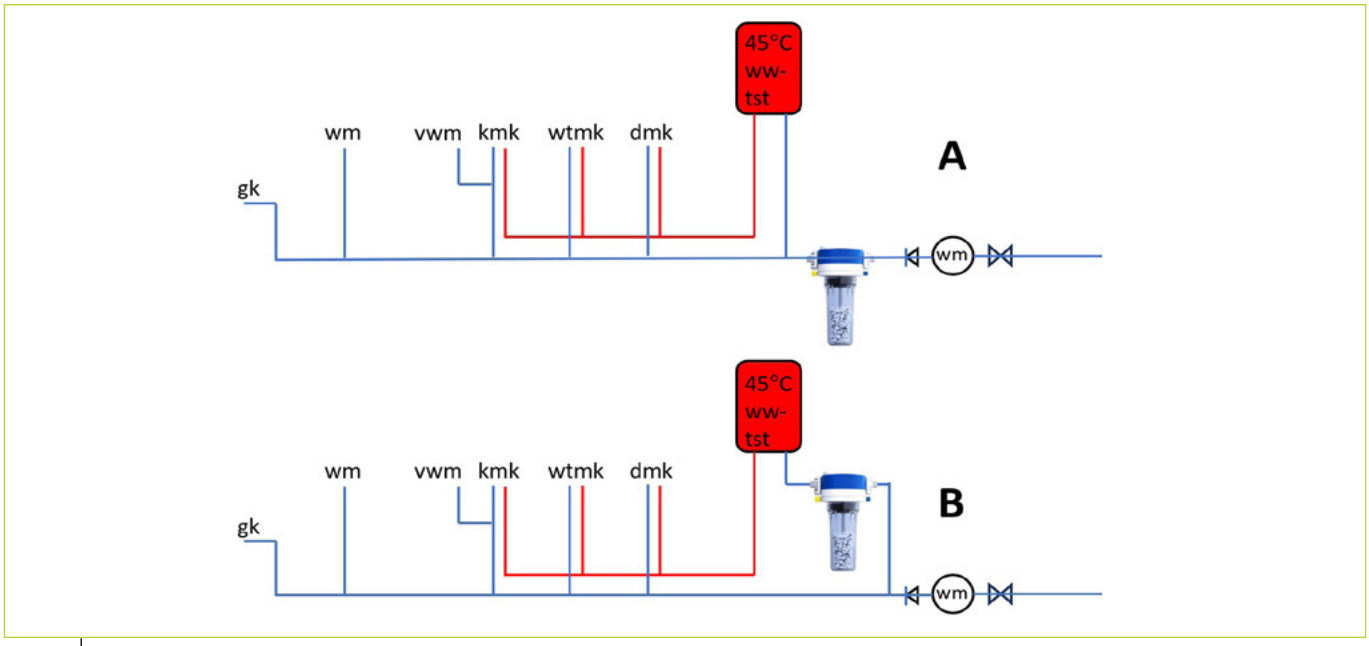
Energiebesparing

Het hoofddoel van deze toepassing in woningen is het behalen van een energiebesparing in de opwekking en distributie van warmtapwater. Bij warmtepompen kan een aanzienlijke verhoging van de COP worden bereikt. Bij een verlaging van de condensor-temperatuur van 55 naar 45 °C bij een gemiddelde verdampertemperatuur van 10 °C wordt de theoretische warmtefactor van Carnot verhoogd van 7,3 naar 10,4, hetgeen theoretisch een verlaging van het energiegebruik van ca. 40% betekent. De wekelijkse desinfectie op 60 °C met een elektrisch element kan achterwege blijven. Daarnaast geldt voor alle warmtapwatersystemen met een voorraadvat dat de stilstandsverliezen met ongeveer 30% afnemen. Hetzelfde geldt ook voor de wachttijdverliezen.

Veiligheid voor de volksgezondheid

Legionella:

Als is aangetoond dat het toepassen van zout-elektrolyse in woningen gelijkwaardig is aan het handhaven van een warmwatertemperatuur van iets meer dan 55 °C in de boiler, dan kan de techniek met betrekking tot warmtapwater als even legionellaveilig worden beschouwd. Groei van Legionella kan echter ook ontstaan in koudwater- en mengwaterleidingen. Dit is gemiddeld in ca. 20% van de woningen in Nederland het geval. Het gaat daarbij meestal om L. non-pneumophila. In situaties zonder een desinfecterende techniek zal deze niet worden aangepakt. In situaties met een desinfecterende techniek wel. Als de unit direct na het leveringspunt wordt aangebracht (zie figuur 5-A), zal de totale microbiologische veiligheid in woningen daardoor, naar verwachting, verbeteren. Vooral voor bewoners met een ernstig verzwakt immuunsysteem, bijvoorbeeld na een kankerbehandeling, kan dit een oplossing bieden. Deze kunnen namelijk ook besmet raken met L. non-pneumophila. De unit kan ook worden aangebracht in de leiding die alleen het warmtapwatertoestel voedt (zie figuur 5-B). In dat geval wordt de legionellagroei in het warme water voorkomen en daarmee ook de kans op het ontstaan van L. pneumophila. Een ander voordeel daarvan is dat de volumestroom door de unit lager is, waardoor er minder zout wordt verbruikt en er een kleiner drukverlies ontstaat.



Figuur 5. *Unit direct na leveringspunt (A) of direct voor warmtapwatertoestel (B).*

Andere bacteriën:
Een bijkomend voordeel is dat ook andere schadelijke bacteriën die in drinkwater kunnen voorkomen worden afgedood. Denk hierbij aan soorten als Pseudomonas en Mycobacterium avium die kunnen voorkomen in kranen, doucheslangen en douchekoppen.

Verbranding:
Naarmate de watertemperatuur hoger is dan 45 °C kan de huid sneller verbranden en kunnen ook schrikreacties ontstaan. Vooral bij ouderen en gehandicapten kan dit tot ongelukken leiden. Hoe lager de warmtapwatertemperatuur, des te lager zal het risico zijn.

Aantasting leidingmaterialen:
Diverse onderzoeken bevestigen dat leidingmaterialen voor drinkwater met een pH > 7,5 nauwelijks worden aangetast door vrij chloor met een concentratie tussen 0,2 en 0,5 mg/l bij het leveringspunt [6,7].
Vanaf 31 december 2026 geldt in de EU dat drinkwatermaterialen alleen nog een drinkwaterkeur krijgen als ze bij 23 °C in contact met 1,0 ± 0,2 mg/l vrij chloor geen ontoelaatbare migratie vertonen.

Temperatuurregeling mengkranen

Kunnen mengkranen goed regelen met een warmtapwatertemperatuur van 45 °C?
Bij niet-thermostatische mengkranen hoeft dat geen probleem te zijn, mits de gebruiksdruk op de aansluitpunten stabiel is. Bij thermostatische mengkranen kan het wel een probleem zijn. Dat moet men navragen bij de fabrikant. Daarnaast geldt dat, als men de warmtapwatertemperatuur verlaagt, de volumestroom van het warmtapwater en het drukverlies aanzienlijk toenemen. De diameter van de warmtapwaterleiding moet daarom worden gecontroleerd.

Conclusie

De techniek van zout-elektrolyse in woningen lijkt vooralsnog veelbelovend m.b.t. energiebesparing door het verlagen van de warmtapwatertemperatuur. Op dit moment kunnen echter nog geen algemene conclusies worden getrokken, omdat de testrun bij 37 °C en ook de praktijktesten nog moeten worden uitgevoerd. De installateur moet rekening houden met de gewijzigde volumestroom warmwater en het merk en type mengkraan dat wordt toegepast. ■

Referenties

[1] U. Reinders en S. Jacobsen, artikel in Vakblad Warmtepompen, Apparaatje maakt thermische legionellapreventie in boilervat overbodig, feb. 2026;
[2] S. Rispens, artikel in Warmte 365, Onderzoek moet leiden tot nieuwe concepten voor collectieve installaties met warm tapwater, aug. 2024;
[3] ISSO-publicatie 55.4, Alternatieve technieken voor legionellapreventie in collectieve leidingwaterinstallaties, 2014;
[4] WHO, Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda, June 2026
[5] Hao Xi, K. E. Ross, J. Hinds, P. J. Molino, H. Whiley, Artikel, Efficacy of chlorine-based disinfectants to control Legionella within premise plumbing systems, juni 2024;
[6] Uitvoeringsbesluit (EU) 2024/368, bijlage I par. 3.1.4 en bijlage III par. 3.1.1;
[7] Guidance on Controlling Corrosion in Drinking Water Distribution Systems, C3, Government of Canada.