

Auteur Ing. Oscar Nuijten, Edu4Install

Nieuwe chemische techniek voor legionellapreventie

Legionella in leidingwater proberen we in Nederland te voorkomen door thermisch beheer en wekelijks spoelen. Dat wil zeggen dat we de temperaturen in de koudwaterleidingen langdurig onder 25°C en in de warmwaterleidingen boven 60°C proberen te houden in combinatie met wekelijks spoelen op gebruikstemperatuur. De temperatuur onder 25°C houden blijkt in de praktijk moeilijk te verwezenlijken, vooral tijdens warme zomers en in de winter ook in sauna's en bejaardenhuizen. Daarnaast blijkt wekelijks spoelen met drinkwater zonder chemicaliën nauwelijks effectief. Er ontstaan daardoor ideale omstandigheden voor de geleidelijke groei van biofilm met legionella.

Alternatieve technieken

Als er herhaaldelijk sprake is van normoverschrijdingen legionella wordt bijvoorbeeld overgegaan op:

- preventief wekelijks thermisch desinfecteren van de vernevelende tappunten;
- of het jaarlijks vervangen of reinigen ervan;
- of het reinigen en desinfecteren van de gehele installatie nadat er sprake is van normoverschrijdingen (waarbij het leidingmateriaal kan worden aangetast!).

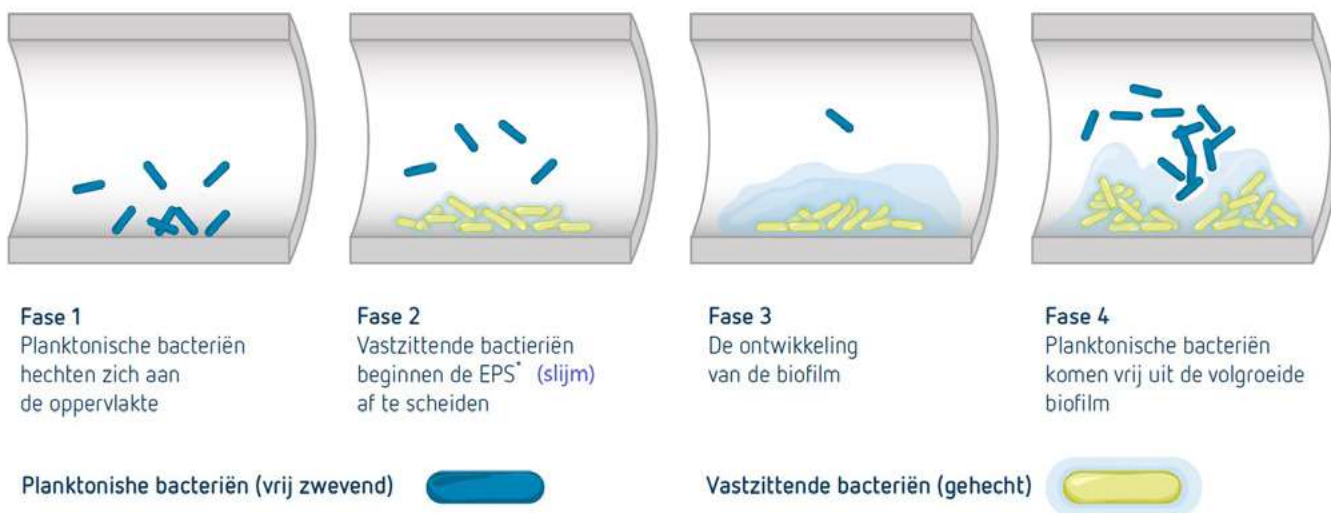
Ook kan een fysische techniek zoals UF-filtratie en/of UV-straling worden toegepast. Dat kan direct na het leveringspunt (point of entry) of op de tappunten (point of use). Als de normoverschrijdingen na verloop van tijd toch terugkomen, komt een elektrochemische techniek zoals koper-zilver-ionisatie in beeld voor alleen prioritaire installaties (ziekenhuizen, zorg e.d.). Over het algemeen zijn de normoverschrijdingen na installatie van een koper-zilver-techniek na verloop van tijd verdwenen of in ieder geval sterk gereduceerd.

Sinds kort is er ook een veelbelovende chemische techniek op de markt in Nederland, te weten chloordioxide-dosering. Deze mag vooralsnog worden toegepast voor alle collectieve leidingwaterinstallaties, zoals dat ook geldt voor fysische technieken.

Chloordioxide

Sir Humphrey Day, een Brits scheikundige, ontdekte chloordioxide in 1814. Chloordioxide wordt gemaakt door natriumchloriet (NaClO_2) te laten reageren met zoutzuur (HCl) waarna gasvormig ClO_2 ontstaat ($5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} + 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$). Het is een geelgroen gas met een chloorachtige, prikkelende geur. Chloordioxide verschilt sterk van elementair chloor, zowel wat betreft zijn chemische structuur als zijn gedrag. Chloordioxide in gasvorm kan niet lang worden bewaard, omdat het uiteenvalt in chloor en zuurstof. Als de concentratie chloordioxide in lucht hoger is dan 10% is het explosief. Als gevolg van de instabiliteit van chloordioxide wordt het zelden vervoerd en wordt het ter plaatse (in situ) gemaakt. In een waterige oplossing is het gas stabiel en goed oplosbaar. Als chloordioxide opgelost in water uit elkaar valt, ontstaat chloride (Cl^-), chloriet (ClO_2^-) en chloraat (ClO_3^-).

Chloordioxide heeft het voordeel dat het minder schadelijke bijproducten produceert dan chloor in de vorm van ClO^- (zoals trihalomethanen). Het wordt al lang gebruikt voor desinfectie van medisch en laboratorium-gereedschap, oppervlakten, ruimtes en gereedschappen. Het is een zeer sterke oxidator en is effectief in het doden van ziekteverwekkende organismen als schimmels, bacteriën en virussen. Daarnaast bestrijdt het biofilm zeer effectief. Micro-organismen kunnen geen resistentie opbouwen tegen chloordioxide. Daarnaast reageert het met ijzer en mangaan in het aangeleverde drinkwater, twee bestanddelen die legionellagroei bevorderen. Bij concentraties van 0,2 mg/l heeft ClO_2 geen nadelig effect op smaak of geur en het is niet schadelijk voor het milieu. Het kan daarentegen wel leidingen van kunststof dat is opgebouwd uit polyolefinen, zoals PE, PEX, PP en PB op den duur aantasten.



Figuur 1: Biofilm met legionella (bron: Collaton Consultancy Limited, UK)

Hoe pakt chloordioxide (ClO₂) micro-organismen aan?

Als oxideermiddel is chloordioxide zeer selectief. Het heeft deze eigenschap dankzij unieke één-elektron uitwisselingsmechanismen. Hierbij valt chloordioxide de elektronenrijke kernen van organische moleculen aan. Een elektron wordt overgedragen en chloordioxide wordt teruggebracht tot chloriet (ClO₂⁻).

De cel-onderdelen van bacteriën behoren tot de organische moleculen waar chloordioxide mee reageert. Verschillende processen in de cellen van bacteriën worden onderbroken. ClO₂ reageert direct met aminozuren en het RNA in de cel. De productie van eiwitten wordt verhinderd. Het tast het celmembraan aan door de eiwitten en vetten van dit membraan te veranderen en belemmert de ademhaling van de cel. Bij het uitschakelen van bacteriën wordt de wand van de cellen door ClO₂ gepenetreerd. Ook virussen worden effectief gedood.

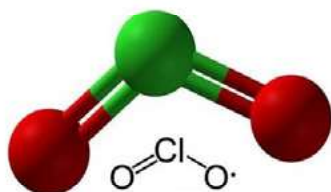
Eén leverancier in Nederland

De ClO₂-techniek wordt al sinds een tiental jaren in diverse landen toegepast. Zie o.a. het onderzoek naar de effectiviteit van continue ClO₂-dosering in een academisch ziekenhuis in Rome.[1] De resultaten aldaar toonden aan dat op 82% van de bemonsteringspunten Legionella nooit werd gedetecteerd na vier jaar monitoren.

Theo Görs, directeur en eigenaar van het bedrijf OnicBlue in Eindhoven, heeft het ClO₂-doseersysteem geïntroduceerd in Nederland. De ClO₂-generator wordt geleverd door pompfabrikant Grundfos. Het is de bedoeling dat de verkoop wordt uitgerold over Europa, nadat de techniek een toelating heeft voor de gehele EU. Die toelating zit eraan te komen volgens OnicBlue.

Wat is chloordioxide?

- ClO₂ is een onstabiel gas
- ClO₂ moet in situ bereid worden
- ClO₂ is goed oplosbaar in water
- ClO₂ heeft een groen-gele kleur
- ClO₂ heeft een zeer hoge desinfecterende werking
- ClO₂ opgelost in water bij lage concentraties kan gedurende dagen worden opgeslagen zonder degradatie



Figuur 2: Eigenschappen van chloordioxide samengevat.

Ctgb-toelating

Om de techniek te mogen toepassen is in de eerste plaats een toelating vereist van het College Toelating Gewas-Bestrijdingsmiddelen (Ctgb) en moesten er een aantal pilotprojecten worden uitgevoerd. Dit heeft een grote investering van het bedrijf vereist. Die fase is inmiddels achter de rug en op 7 mei 2021 is de techniek toegelaten onder nr. 16197 N en het gebruik in NL is toegestaan onder een aantal voorwaarden, die hierna zijn samengevat:

- De techniek mag alleen worden gebruikt voor bestrijding van bacteriën (incl. Legionella) in collectieve drinkwatersystemen. (De toepassing is niet beperkt tot prioritaire installaties en mag dus ook worden toegepast in bijvoorbeeld woon- of sportgebouwen.)
- De ClO_2 moet in situ worden bereid m.b.v. een OnicBlue Generator.
- Aansluiting van de chemicaliën, aansluiting op het drinkwatersysteem en bediening van de generator mogen uitsluitend plaatsvinden door de toelatinghouder of door hem opgeleide en aangewezen personen.
- Vóór gebruik moet het waterleidingsysteem grondig gereinigd en gedesinfecteerd worden met een specifiek mengsel van waterstofperoxide (H_2O_2) en melkzuur ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$).
- De inwerkingsstelling moet bij ILT worden aangemeld. (Volgens OnicBlue geldt dit in de praktijk alleen voor prioritaire gebouwen)
- Er moet een beheersplan worden opgesteld specifiek voor de installatie met deze techniek.
- Er moet worden voldaan aan Kiwa-Beoordelingsrichtlijn BRL K-14010 voor chemische technieken.
- Er moet elke 6 maanden worden bemonsterd op chloriet- en chloraatgehalte. Deze moeten volgens beide lager zijn dan 0,25 mg/l.
- De gebruiksaanwijzing bij de Ctgb-toelating moet worden aangehouden.

Kiwa-Certificering

De verwachting is dat chloordioxide-dosering binnenkort wordt gecertificeerd volgens beoordelingsrichtlijn 14010-3.[2] Op 18 december 2023 is de BRL voor een periode van 6 weken ter kritiek gepubliceerd. Daarna zal de kritiek nog moeten verwerkt. Er zijn desondanks inmiddels al een twintigtal gebouwen voorzien van deze techniek met toestemming van Inspectie Leefomgeving en Transport. In de beoordelingsrichtlijn wordt een aantal aanvullende eisen gesteld, zoals m.b.t. de vergrendeling, signalering, voorkomen van terugstroming, geschiktheid van het leidingmateriaal en veilige opslag van de chemicaliën.

De situaties waarbij een alarm moet worden genereerd zijn:

- Stroomuitval
- Storing van een van de drie toevoerpompjes
- Leegmelding HCl of NaClO_2

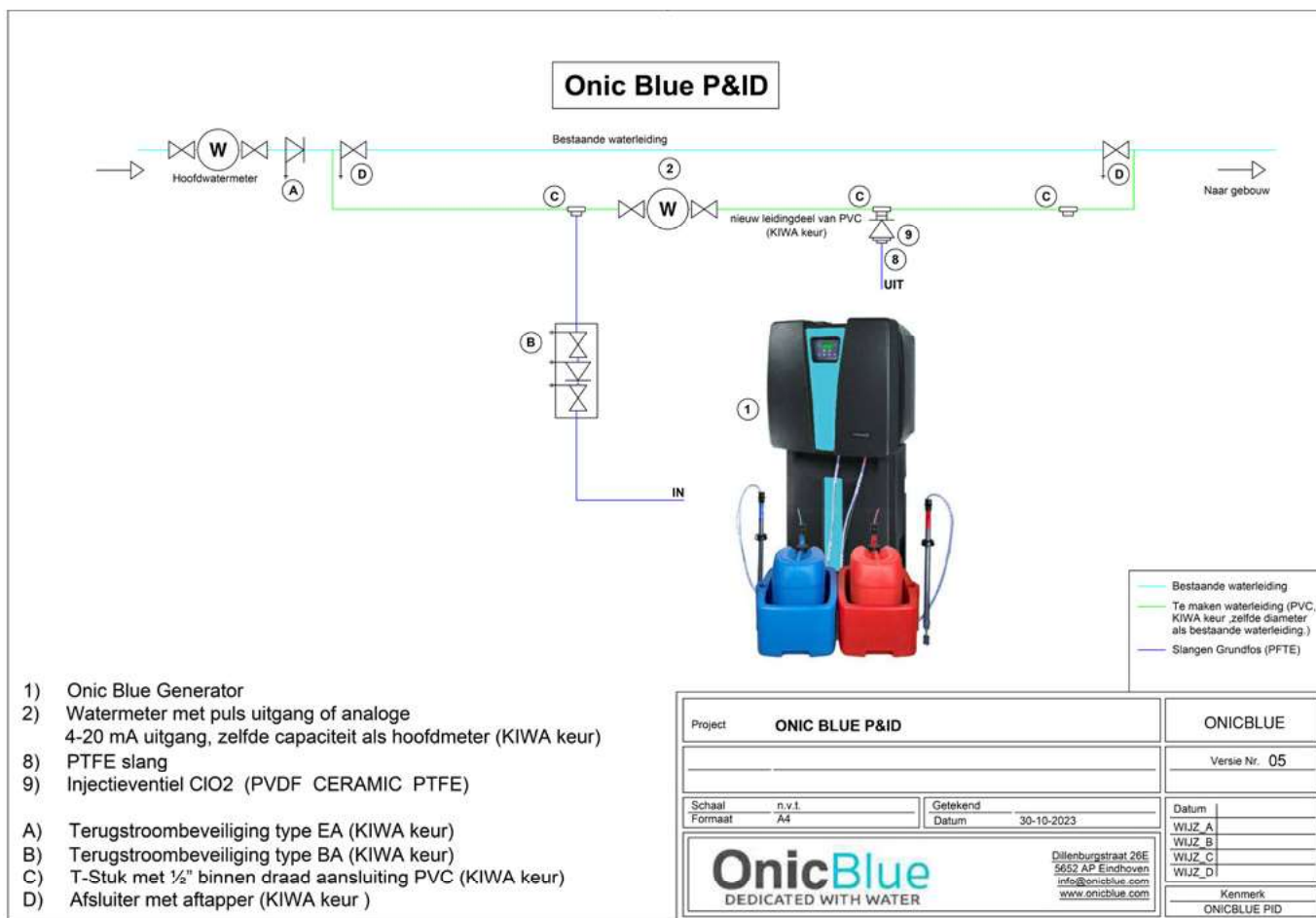
Het systeem moet vergrendelen als het gehalte ClO_2 te hoog is.

In de aftakking naar de ClO_2 -installatie moet een terugstroombeveiliging type BA worden geplaatst.

Met betrekking tot het leidingmateriaal moet eerst worden vastgesteld of een continue doseerhoeveelheid van 0,2 mg/l chloordioxide aan het drinkwater mogelijk problemen oplevert voor de materialen in de nageschakelde installatie.



Figuur 3: Concept-Beoordelingsrichtlijn K-14010-3 ter kritiek.



Figuur 4: Schema van een ClO₂-installatie.

Betreffende transport van HCl en NaClO₂ moet in de beheerinstrucatie worden verwezen naar de relevante eisen in het ADR (Overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg). Voor de veilige opslag van HCl en NaClO₂ moet worden voldaan aan publicatie PGS 15 "Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen"

De bij het doseersysteem behorende vaten, één met zoutzuur (7%) en één met natriumchloriet (9%), moeten worden geplaatst in aparte dubbelwandige lekbakken, opdat ze bij een eventuele lekkage niet met elkaar kunnen reageren.

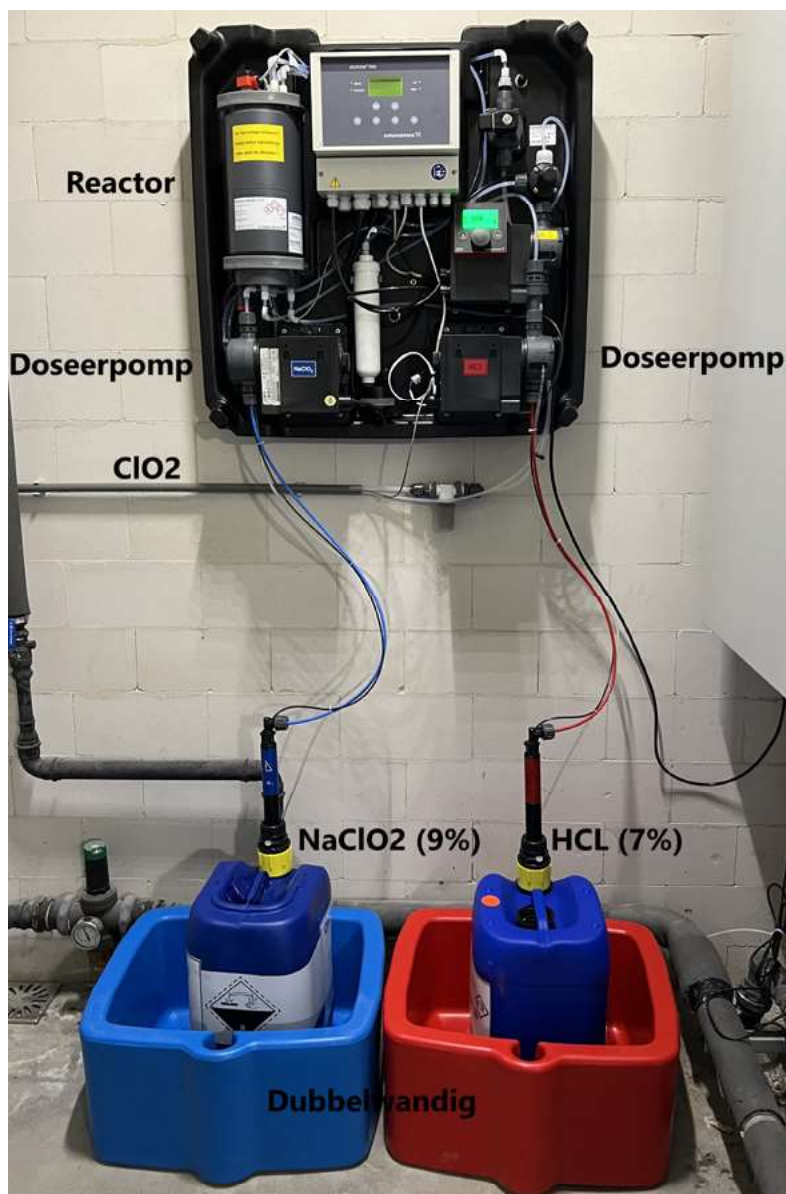
De certificering effent de weg naar een meer grootschalige toepassing in leidingwaterinstallaties in situaties waarin er sprake is van terugkerende normoverschrijdingen legionella.

Vorbereiding, installatie en beheer van het systeem

Om aan de voorwaarden in de Ctgb-verklaring en het omgaan met de chemicaliën te kunnen voldoen is OnicBlue een samenwerking aangegaan met het bedrijf HOW (Helderheid Over Water) in Wormer, dat BRL-6010 gecertificeerd is.[3] HOW formuleert het advies om de ClO₂ toe te passen als er sprake is van herhaalde

terugkerende normoverschrijdingen, stelt het beheersplan op, reinigt de installatie, verwijdert de eventuele dode leidingen, meldt de installatie aan bij ILT (Inspectie Leefomgeving en Transport), voert alle installatie- en onderhoudswerkzaamheden uit en zorgt ervoor dat de monsters worden genomen. Voorts houdt HOW contact met de gebouweigenaar over de spoelingen. Deze blijven noodzakelijk omdat ClO₂ haar werk moet kunnen doen in elk tappunt. De vernevelende tappunten moeten daarom minimaal twee keer per week worden gebruikt of gespoeld, liefst meer. De prestaties van de generator worden op afstand gemonitord o.a. door het continu meten van de Redox-potentiaal (Reductie en Oxidatie).

Door bovenstaande manier van werken wordt het legionellavrij houden van de installatie gecontroleerd. In figuren 4 en 5 zijn het schema en de opstelling van een ClO₂-generator te zien. In de waterleiding moet een extra watermeter (met pulsteller) worden opgenomen. Alleen daartoe aangewezen en opgeleide medewerkers van HOW hebben toegang tot de unit. De chemicaliën-tanks moeten afzonderlijk in dubbelwandige bakken worden opgesteld, opdat HCl en NaClO₂ bij een eventuele lekkage niet met elkaar kunnen reageren.



Figuur 5: Opstelling van een ClO₂-generator.

De techniek is vooral bedoeld voor het biofilm- en legionellavrij houden van de koudwaterleidingen en de tappunten (koud water en mengwater). Er is (nog) geen toestemming om de warmwatertemperatuur te verlagen tot onder 60°C, wat bij andere alternatieve technieken, zoals de koper-zilver-techniek, wel het geval is. De oplosbaarheid van ClO₂ in warmwater is prima, dus het zal naar verwachting ook in het warmwatersysteem werkzaam zijn.

Onzekerheid over resistentie van leidingmaterialen

Het is bekend dat het herhaaldelijk correctief desinfecteren van leidingen met chemische middelen na verloop van tijd kan leiden tot aantasting van leidingmaterialen, zoals koper, messing en rubber. Bij correctief (niet-continu) desinfecteren worden vrij hoge concentraties van chloorhoudende middelen of waterstofperoxide toegepast. De vraag is of leidingen aangetast kunnen

worden als er continu water met een lage concentratie chloordioxide (< 0,2 mg/l) in zit. Diverse onderzoeken en ook BRL 14010-3 geven aan dat PE en PP matig bestand zijn tegen chloordioxide.

Onderzoeken

Er zijn diverse onderzoeken gedaan naar de mogelijke aantasting van leidingmaterialen door ClO₂. [4-7] Deze zijn gedaan bij hogere concentraties (2,5 tot 25x zo hoog), bij hogere temperaturen en/of drukken en gedurende een relatief korte periode. Alle onderzoeken laten zien dat er een zekere degradatie ontstaat van de binnenzijde van zowel kunststof (PE en PP) als metalen leidingen waaronder koper. Bij kunststof uit zich dat door verbrossing en scheurtjes in de binnenzijde van de buis (zie figuur 6). De hoogte van de temperatuur en druk hebben daarbij een versterkende invloed.

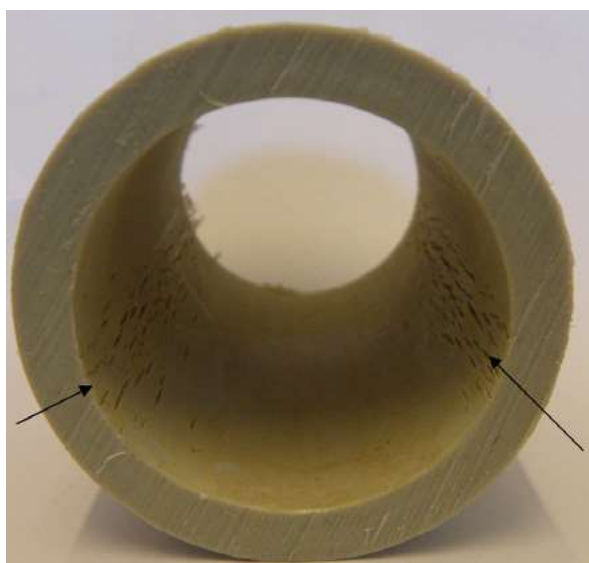
Er zijn geen langeduur-onderzoeken bekend waarbij met een zeer lage concentratie ClO₂ en lage temperaturen is gewerkt.

Er is wel onderzoek gedaan naar de concentratie-afname van ClO₂ in waterleidingen van koper. [8]

Fabrikanten

Navraag bij enkele fabrikanten van leidingssystemen en een drinkwaterbedrijf leverde wisselende resultaten op:

- Wavin (PE-X) geeft aan dat dit voor koudwater niet wordt afgeraden, maar dat er wellicht een verkorting van de te verwachten levensduur (50 – 100 jaar) te verwachten is.
- Rehau (PE-Xa) houdt zich aan een maximale duur van 4 maanden. De maximaal toelaatbare temperatuur daarbij is 60°C.
- Tece (PE-Xc) geeft aan dat bij continue dosering de levensduur mogelijk kan worden verkort en geeft daarom geen garantie.
- GeorgFischer (PE-100, PE-RT, PP-H, PVC-U en PVC-C) heeft een online chemische resistentielijst. Deze geeft voor PE en PP bij 0,1 mg/l ClO₂ en 20°C een beperkte aanbeveling. Daarboven geldt mogelijk een beperkte levensduur van het leidingstelsel. Hard PVC wordt aanbevolen. Gebruik van EPDM rubber (bijv. in rubber ringen, appendages en persfittingen) wordt afgeraden.
- Geberit (Koper, RVS, PE-RT) geeft geen garantie op haar leidingssystemen als er langer dan 6 maanden



Figuren 6a en 6b:
Scheurvorming in
PP-buis na 8 jaar
gebruik bij 55°C.

continu wordt gedoseerd. Op de vraag waarop dit is gebaseerd, is het antwoord: "Het kan zijn dat de periode uit voorzorg gelimiteerd is, omdat er geen algemeen erkende langeduur-testen bestaan om de impact van deze lage chloordioxide-concentraties te voorspellen."

- Sanco (koper) en Viega (koper, brons/siliciumbrons, RVS, PE-Xc, PPSU), geven aan dat hun leidingsystemen geschikt zijn voor continue dosering met onbeperkte duur tot max. 0,3 mg/l.
- Halcor (koper) meldt dat voor hen max. 0,5 mg/l toelaatbaar is.
- Waterbedrijf Evides doseert continu 0,05 mg/l ClO_2 en hun PVC distributieleidingen en PE dienstleidingen worden er niet door aangetast.

Conclusies en aanbevelingen

- De ClO_2 -techniek is een techniek die de gebouweigenaar kan overwegen als er sprake is van terugkerende normoverschrijdingen legionella in prioritaire installaties zoals zorginstellingen en in niet-prioritaire situaties waar er sprake is van gebruikers met een zeer kwetsbare gezondheid.

- Door de gedwongen samenwerking tussen de leverancier en het BRL 6010 gecertificeerde bedrijf dat de voorbereiding, installatie en het beheer verzorgt, kan worden gesteld dat er een soort garantie is op een legionellaveilige installatie.
- Door deze constructie kun je echter niet spreken van een geheel onafhankelijk advies.
- Als gebouweigenaar neem je een risico dat de levensduur van de leidingmaterialen wordt verkort. Pas dus in ieder geval geen kunststof buis toe voor warmwater met ClO_2 .
- Het is aan te bevelen om de mogelijke degradatie van de meest gebruikte leidingmaterialen ten gevolge van continue ClO_2 -dosering in een project te laten monitoren met corrosiemeetinstrumenten zoals corrosieprobes en corrosiecoupons, begeleid door een onafhankelijk adviesbureau.

Referenties

1. Environmental surveillance of Legionella spp. colonization in the water system of a large academic hospital: Analysis of the four-year results on the effectiveness of the chlorine dioxide disinfection method (Sara Vincenti, Chiara de Waure, a.o.).
2. BRL K-14010-3: Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa attest-met-productcertificaat voor legionellapreventie met chemische technieken, Deel 3: Chemische doseertechniek inclusief de beheerinstructie voor het product en de installatie (concept-kritiekversie).
3. BRL 6010: Nationale Beoordelingsrichtlijn voor het InstallQ-procescertificaat voor legionellarisicoanalyses en -beheersplannen voor collectieve leidingwaterinstallaties.
4. Chlorine Dioxide Degradation Issues on Metal and Plastic Water Pipes Tested in Parallel in a Semi-Closed System (Prof. Alberto Vertova, Department of Chemistry, Università di Milano, Italy, a.o.).
5. Chlorine Dioxide Deterioration of polyethylene pipes exposed to water containing chlorine dioxide (W. Yu, B. Azhdar, Fibre and Polymer Technology, School of Chemical Science and Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, a.o.).
6. Polyethylene pipes exposed to chlorine dioxide in drinking water supply system: A critical review of degradation mechanisms and accelerated aging methods (Nicola Lancioni, Marco Parlapiano, a.o., Department of Science and Engineering of Materials, Environment and Urban Planning-SIMAU, Marche Polytechnic University, Ancona, Italy).
7. Corrosion of plastic pipes used in contact with chlorinated water (Karin Jacobson, PhD Swerea, KIMAB AB, Stockholm, Sweden).
8. Effect of pipe corrosion scales on chlorine dioxide consumption in drinking water distribution systems (Zhe Zhang, a.o, University of Pittsburgh, PA, USA).