

Legionellabestrijding in koel- en proceswater

Een praktische handreiking



Onder redactie van:

Werkgroep Legionella van ENVAQUA

Legionellabestrijding in koel- en proceswater

Een praktische handreiking

Onder redactie van de Werkgroep Legionella van ENVAQUA:

P. Padberg - Lubron waterbehandeling
A.R.M. van Senten - GE Water & Process Technologies B.V.

2^e editie, 2015

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorgvuldigheid is nagestreefd, kunnen auteur(s), redacteur(s) en uitgever geen aansprakelijkheid voor eventuele (druk)fouten, onjuistheden en/of onvolkomenheden aanvaarden.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

1 INHOUDSOPGAVE

1.	Voorwoord	5
2.	Doelstelling	5
3.	Legionella – achtergrondinformatie	6
3.1	Organisme	6
3.2	Epidemiologie	6
3.3	Risicoanalyse	8
4.	Luchtbehandelingsystemen en industriële koelsystemen	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Koeltoren en koelsysteem	9
4.3	Luchtbehandelingsystemen	11
5.	Essentiële inzichten in besmettingsgevaar gerelateerd aan systeemontwerp	13
5.1	Inleiding	13
5.2	Inzicht in kritische punten – systeem	13
5.3	Inzicht in kritische punten – bedrijfsvoering	14
6.	Behandelingsprogramma's voor koelwater	15
6.1	Inleiding	15
6.2	Systeeminvloeden	15
6.3	Koelwaterbehandeling	15
6.4	Biociden	16
6.5	Fysische behandelingsmethode	19
7.	Monitoring van de effectiviteit van het behandelingsprogramma	21
7.1	Inleiding	21
7.2	Toepassing van het behandelingsprogramma	21
7.3	Opvolgen van het behandelingsprogramma	21
7.4	Doelstelling van de waterbehandeling	22
8.	Reiniging en desinfectieprocedures	24
8.1	Inleiding	24
8.2	Preventieve reiniging en desinfectie	24
8.3	Reiniging en desinfectie in geval van besmetting en calamiteit	24
8.4	Reiniging en desinfectie van luchtbevochtigers	26

9.	Verantwoordelijkheden	27
9.1	Inleiding	27
9.2	Risico-inventarisatie	27
9.3	Rol van gebruiker en waterbehandelingsfirma	27
9.4	Veiligheid	29
10	ENVAQUA	30
11	Literatuur	31

1. Voorwoord

Ernstige uitbraken van de veteranenziekte, denk aan Bovenkarspel in 1999, de publiciteit rond Legionella en de voorbereiding en de uitvoering van wetgeving op het gebied van Legionella, vormden voor ENVAQUA (voorheen Aqua Nederland) de aanleiding om in 2000 de werkgroep Legionella op te richten. Deze werkgroep heeft zich tot taak gesteld de leden en hun klanten te informeren, onder meer over het minimaliseren van de risico's op Legionellabesmetting.

Tevens neemt ENVAQUA deel aan overleg met de overheid ter voorbereiding van nieuwe regelgeving. Ondanks dat er nieuwe wet- en regelgeving geïmplementeerd is, vielen er ook in 2006 dodelijke slachtoffers, veroorzaakt door een vervuilde en besmette koeltoren in Amsterdam.

Naar aanleiding van deze uitbraak is vastgesteld dat de Arbeidsomstandighedenwet onvoldoende veiligheid biedt in de omgeving van koeltorens. Sinds 2007 is ook de Wet Milieubeheer van toepassing op het in bedrijf hebben van een koeltoren. Deze wet borgt met name de risico's voor de omgeving van het in gebruik hebben van een koeltoren. Het betreft zowel industriële koeltorens als comfortkoeling.

Deze herziene Legionella publicatie biedt een overzicht van de beste praktijkervaringen die zijn opgedaan met het beperken van de risico's van Legionellabesmetting in koel- en proceswater, voor zover deze op dit moment bekend zijn.

2. Doelstelling

In deze praktische handleiding wordt ingegaan op de Legionella bacterie in koel- en luchtbehandelingsystemen. Daarbij worden de aspecten belicht die bijdragen tot het risico op besmetting. Daarnaast worden voorzorgsmaatregelen besproken. Specifieke systeemcondities worden hierbij buiten beschouwing gelaten.

3. Legionella – achtergrondinformatie

3.1 Organisme

De Legionella bacterie is een aerobe, gramnegatieve staafvormige bacterie van de familie Legionellaceae. De familie bevat inmiddels bijna 60 soorten, waaronder Legionella Pneumophila (1). Legionella bacteriën komen algemeen voor in grond- en in watersystemen, zoals zoet water van meren, rivieren, vijvers e.d. en vindt van daaruit zijn weg naar leidingwater. Recent zijn ook Legionella bacteriën aangetroffen in het effluent van waterzuiveringsstations. Het organisme kan via het suppletiewater in (lage) concentraties de koel- en proceswater installaties binnenkomen. Indien de bacterie de tijd en de mogelijkheid krijgt zich te vermenigvuldigen, kan in de installatie een hoge concentratie van Legionella bacteriën ontstaan.

Legionella Pneumophila is wereldwijd verantwoordelijk voor het merendeel van de ziektegevallen. Binnen de soort Legionella Pneumophila zijn tot dusverre ten minste 14 serogroepen geïdentificeerd, waarvan serogroep 1 met name de ziekteverwekker is.

Het is moeilijk gebleken om alle Legionella bacteriën te kweken en te isoleren onder laboratoriumcondities. Het is een langzaam groeiend organisme dat voor overleving specifieke eisen stelt aan de aanwezigheid van voedingsstoffen. Het is nog niet duidelijk of Legionella zich als solitair organisme kan vermenigvuldigen. Er zijn sterke aanwijzingen dat het organisme een gastheer nodig heeft, zoals een amoëbe (eencellige), om zich voort te planten, en/of biofilm (het geheel van biologisch slijm dat bestaat uit polysacchariden en bacteriën) als voedingsbodem. Legionella Pneumophila bacteriën kunnen zich vermeerderen bij temperaturen tussen 20 tot 60 °C, met een optimum tussen 30 en 40 °C. Het organisme overleeft bij lagere temperaturen en zal bij temperaturen boven 60 °C afsterven. Een pH van 6,6 tot 7,2 is optimaal, doch zowel onder als boven dit pH-gebied is de bacterie eveneens aangetoond.

3.2 Epidemiologie

De Legionella bacterie werd in 1976 voor het eerst geïsoleerd. De bacterie maakte vele slachtoffers tijdens een conventie van oud-militairen in Philadelphia. Aan deze bijeenkomst van zo'n 4000 Vietnam Veteranen (Legionnaires) heeft de bacterie ook haar naam te danken.

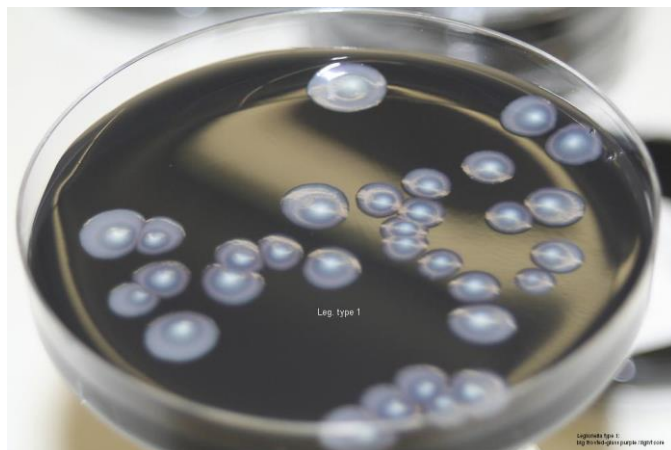


Het besmettingsgevaar is de laatste jaren alleen maar toegenomen. Watersystemen met koeltorens of verdampingscondensoren, heet en koud watersystemen, hogere binnenklimaattemperaturen, douches, luchtbevochtigers, bubbelbaden, enzovoorts komen op steeds meer plaatsen voor en bieden op het gebied van voeding en leefklimaat condities die de kans op vermenigvuldiging van de Legionella bacterie verhogen.

Daarnaast wordt van diverse zijden druk uitgeoefend om te komen tot een verantwoord gebruik van biociden bij de waterbehandeling. Het kritisch gebruik van biociden kan echter leiden tot hogere risico's op een besmetting en stelt dus hogere eisen aan de controles. Indien de controle onvoldoende is, zal de kans dat Legionella uiteindelijk wordt aangetroffen, vele malen groter worden.

Infectie van de mens geschiedt met name en hoogstwaarschijnlijk alléén via de longen door het inademen van besmette aërosolen, zijnde minuscule waterdruppels, die Legionella bacteriën bevatten. De bacterie in een aërosol overleeft vooral bij een relatieve luchtvochtigheid van meer dan 65% en buiten de directe invloed van zonlicht. Onder optimale condities kan de bacterie (levensvatbaar) in een aërosol tot meer dan 500 meter van de infectiebron worden getransporteerd. Transport tot een afstand groter dan 1 km is aangetoond en afhankelijk van weersomstandigheden, invloeden van de wind en ook de hoogte van de koeltoren, zou transport van besmette aerosolen door de lucht tot een afstand van meer dan 6 km kunnen plaatsvinden (2).

De meest virulente soort is de Legionella pneumophila bacterie van serotype 1. Besmetting met deze bacterie, gevolgd door een onjuiste of te laat aangevangen medische behandeling, kan resulteren in invaliditeit of zelfs de dood tot gevolg hebben. Daarnaast kunnen vele andere serotypen tot ziekteverschijnselen leiden, zoals bijvoorbeeld de Pontiac koorts. Dit is een zware griep zonder dodelijke afloop, maar kan wel met langdurige klachten gepaard gaan.



Het infectiegevaar neemt toe met het aantal ingeademde bacteriën, de blootstellingstijd en de vatbaarheid van de mens. Het meest vatbaar zijn:

- 💧 personen die ouder zijn dan 50 jaar,
- 💧 mannen; zij lopen een 2 – 3 maal zo hoog risico ten opzichte van vrouwen
- 💧 mensen met een verminderde weerstand, zoals mensen met longziekten of mensen met een chronische ziekte
- 💧 zware rokers

3.3 Risico Analyse

Alle watervoerende systemen waarbij aerosol vorming kan optreden en waarbij er een kans bestaat op vermeerdering van de Legionella bacteriën, vormen een risico op een Legionella besmetting. De mate van het risico op een Legionella besmetting kan worden ingeschat door achtereenvolgens de vier belangrijkste risicovariabelen te analyseren:

1. De mate van blootstelling aan aerosolen.
2. Factoren die de groei van Legionella bevorderen.
3. Effectiviteit van toegepaste middelen van risicobeheersing.
4. Susceptibiliteit voor besmetting en bevolkingsdichtheid.

Een risico-inventarisatie van een gebouw met watervoerende systemen zal inzicht moeten geven in het besmettingsgevaar en derhalve alle, voor zover nu bekende, risicofactoren dienen te beschouwen. Om die reden moeten hierin altijd installaties worden opgenomen; bijvoorbeeld koeltorens, verdampingscondensoren en spreidingsbevochtigers van een luchtbehandeling-installatie. Bij al deze systemen is immers sprake van aerosolvorming. Daarnaast moeten alle geassocieerde watervoerende circuits in de inventarisatie worden meegenomen, omdat ze een potentieel risico vormen voor de vermenigvuldiging van Legionella. De risico-inventarisatie moet aandacht besteden aan alle voorkomende omstandigheden in de circuits, zoals normale operatie, perioden van stilstand en opstarten.

Met Legionella besmet water vormt alleen een risico als het in lucht wordt verneveld in de vorm van een aerosol. Het risico op besmetting neemt toe naarmate de druppel kleiner wordt. Ten eerste is de valsnelheid van een kleinere druppel lager, waardoor zo'n druppel langer in de lucht blijft zweven. Ten tweede blijkt dat inhaleerbare druppels van 5 micron of minder het meest gevaarlijk zijn, aangezien deze kleine druppeltjes dieper in de longen kunnen doordringen. Grote druppels kunnen echter verdampen en kleiner worden terwijl ze wel dezelfde hoeveelheid bacteriën behouden.

Een aerosol kan gedefinieerd worden als vaste of vloeibare deeltjes gesuspenderd in een gas. De deeltjesgrootte kan variëren van 0.001 μm tot wel 100 μm .

Aerosolen worden gevormd wanneer waterstromen worden doorbroken, bijvoorbeeld als water een oppervlak raakt of als aan het wateroppervlak een luchtbel openbreekt. Daarnaast kunnen er in koeltorens aerosolen gevormd worden die – bij slecht werkende druppelvangsers – met de luchtstroom getransporteerd worden.

4. Luchtbehandelingsystemen en industriële koelsystemen

4.1 Inleiding

Bij het gebruik van koel- en proceswater wordt in toenemende mate aandacht besteed aan Legionella. Deze stijgende interesse kan worden verklaard uit een veranderde visie op de leefomgeving en het gebruik van water. Tot eind jaren tachtig werd op grote schaal gebruik gemaakt van de toxische corrosie-inhibitor chromaat. In het belang van het milieu wordt chromaat niet meer toegepast en is vervangen door groene milieuvriendelijke additieven of alternatieven. Eveneens is het aanbod van biociden tegenwoordig sterk verminderd en is de dosering van biociden geminimaliseerd. Gelijktijdig met het limiteren van de toxiciteit van koel- en proceswater groeit de vraag naar water(her)gebruik.

Daar komt nog bij dat in de industrie steeds meer gebruik wordt gemaakt van kunststoffen en elastomeren voor de leidingbouw. Deze materialen stimuleren de biofilmvorming aan oppervlakken.

De huidige technieken laten een intensief watergebruik toe in open recirculerende koelsystemen, waarbij de benodigde hoeveelheid suppletiewater wordt verminderd. Dergelijke waterzuinige systemen worden met name toegepast in de industrie en in institutionele en commerciële gebouwen. Aan deze systemen kleeft echter een risico: er is een grotere kans dat kalkafzetting, systeemvervuiling en corrosie zullen optreden. Op deze manier kan een omgeving ontstaan waarin micro-organismen zoals Legionella bacteriën kunnen groeien.

In dit hoofdstuk worden typische koelsystemen en luchtbehandelingsystemen belicht vanuit het risico-aspect. Daarbij worden operationele aspecten beschreven die de invloed van koelwaterchemie aantonen.

4.2 Koeltoren en koelsysteem

Open circulerende koelsystemen worden wereldwijd gebruikt in de industrie en de utiliteit. Koeltorens en andere koelinstallaties komen, afhankelijk van hun toepassing, in vele typen, materialen en groottes voor. De keuze voor een bepaald type wordt bepaald door de aard van systeemgebruik. Ondanks de grote verschillen functioneren koeltorens volgens hetzelfde basisprincipe.

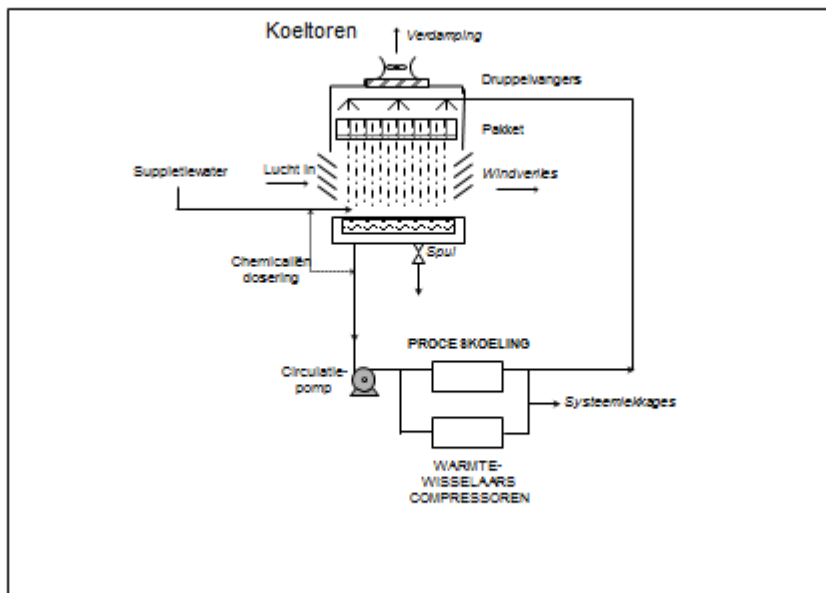
Het doel van een koelsysteem is het verwijderen van proceswarmte. De proceswarmte wordt overgedragen aan het circulerende water van het koelsysteem, dat hierdoor opwarmt. In de koeltoren wordt de opgenomen warmte weer afgestaan aan de lucht. Dit wordt primair bereikt door verdamping van een gedeelte van het circulerende koelwater. Om een zo efficiënt mogelijke koeling te krijgen, moet er in de koeltoren een optimaal contactoppervlak zijn tussen water- en luchtstroom. Enerzijds wordt dit bereikt door het wateroppervlak te vergroten. Dat kan door het water te laten spatten over een systeem van spatbalken waardoor kleine druppels ontstaan, of door het water in een film over het grote oppervlak van een koeltorenpakket te laten lopen. Anderzijds moet er voldoende luchtstroom worden gecreëerd. Er zijn hiervoor twee methoden: mechanische of natuurlijke trek. Bij torens met mechanische trek worden ventilatoren toegepast, terwijl bij torens met natuurlijke trek het verschil in dichtheid tussen warme en koude lucht wordt benut om de luchtstroom te creëren.

In het verdampingsproces verlaat zuiver water in dampvorm de koeltoren. De opgeloste stoffen blijven in het koelwater waardoor de concentratie hiervan toeneemt. Om de waterverliezen te compenseren moet er suppletiewater worden toegevoegd.

Damp is niet de enige vorm waarin koelwater uit de toren weggaat. Een gedeelte van het koelwater verlaat de toren als aerosol. Dit wordt ook wel druppelverlies genoemd. Efficiënte druppelvangsters minimaliseren dit verlies en de verspreiding van aerosolen aanzienlijk. Water uit de koeltoren kan ook verloren gaan doordat sterke wind een deel van het water uit het systeem blaast. Dit noemen we windverlies. Water kan ook verloren gaan door ongecontroleerde lekkages, bijvoorbeeld als gevolg van lekkende pomppakkingen of lekkende verbindingen (lassen). Tot slot wordt een gedeelte van het water met opzet verwijderd om de concentratie van opgeloste stoffen in het koelwater te controleren (via de spui). De hoeveelheid water die per tijdseenheid wordt verwijderd, bepaalt de mate van indikking. Deze indikking is de verhouding van de concentratie opgeloste stoffen in het koelwater tot de concentratie van opgeloste stoffen in het suppletiewater.

Het totale volume suppletiewater dat vereist is om het watervolume in het koelsysteem te handhaven, wordt dus gedefinieerd als de som van de volgende verliezen:

- 💧 verdamping
- 💧 druppelverlies en windverlies
- 💧 spui- en systeemlekkages



Figuur 4.1 – Schematische weergave van een koelsysteem met koeltoren

Het koelwater vormt in het algemeen een goede leefomgeving voor micro-organismen, waaronder Legionella bacteriën. Dat komt door een combinatie van factoren zoals:

1. De aanwezigheid van organische voedingsstoffen (via de lucht aangezogen of aangevoerd via het suppletiewater)
2. Een temperatuur tussen 20 en 55 °C
3. De aanwezigheid van ijzer in het water indien corrosie onvoldoende wordt beheerst
4. De aanwezigheid van biofilm, amoeben en algen indien het desinfectieniveau van het water niet voldoende hoog is om de microbiologische groei te controleren
5. De aanwezigheid van kalkafzettingen en/of algemene systeemvervuiling waardoor de doorstroming wordt belemmerd en de aangroei van biofilm wordt bevorderd.

Op plaatsen in het koelsysteem waar aerosolen ontstaan, kan een risico van Legionella besmetting aanwezig zijn. Met name de koeltoren is een risicofactor, doordat hier het water wordt versproeid over grote oppervlakken en de luchtstroom bijdraagt aan de vorming van aerosolen, die naar buiten worden afgevoerd. Uit een gedetailleerde risico-inventarisatie zal blijken hoe groot het risico op Legionella besmetting is, indien zich aerosolen vormen in koeltorens, verdampingscondensoren, verdampingsluchtbevochtigers en luchtbehandelingskasten.

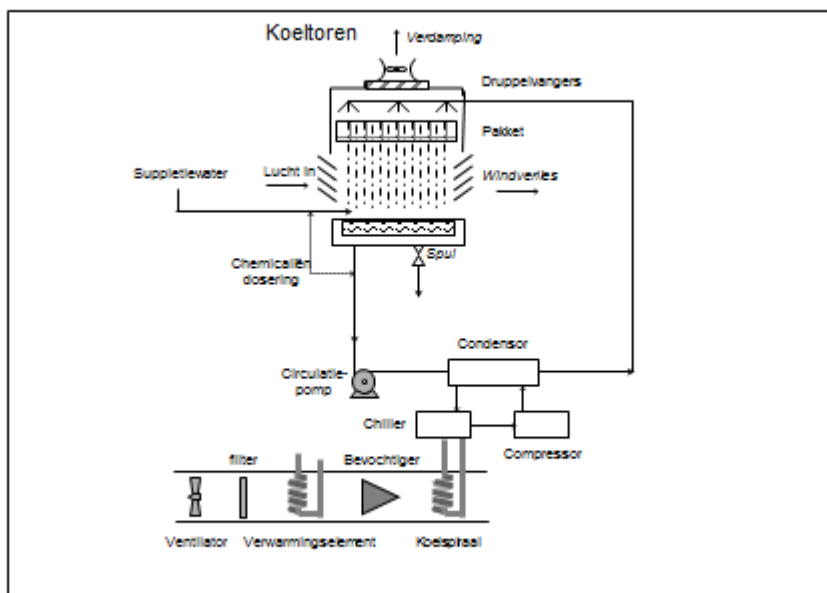
Koeltorens dienen sinds 2007 te voldoen aan richtlijnen betreffende emissie van geluid en water, dus ook voor emissie van aerosolen zijn regels opgesteld. Koeltorenleveranciers hebben optimalisaties uitgevoerd in ontwerp (stroming van water in de koeltorenbak, aanpassen druppelvangsters) om zo aan emissie-eisen te voldoen.

Het uiteindelijke ontwerp van een koeltorensysteem bepaalt, samen met de bedrijfsvoering, het onderhoud, de waterbehandeling en de monitoring de daadwerkelijke risico's op verspreiding van Legionella, mocht deze ontstaan.

4.3 Luchtbehandelingsystemen

Luchtbehandeling wordt gedefinieerd als een proces waarbij de temperatuur, de vochtigheid, de zuiverheid en de distributie van lucht in gebouwen zó worden geregeld dat er een aangenaam binnenklimaat ontstaat.

Na het aanzuigen van een luchtstroom wordt de lucht door middel van filtratie gezuiverd. De luchttemperatuur kan worden gecontroleerd door de lucht over gekoelde of verwarmde spiralen te leiden. Aangezien temperatuur en relatieve vochtigheid aan elkaar gerelateerd zijn, is het soms noodzakelijk dat de lucht wordt bevochtigd. Er zijn een aantal systemen om de relatieve luchtvochtigheid te verhogen: de scheiding kan gemaakt worden tussen koude en warme bevochtiging. Bij koude bevochtiging wordt gebruik gemaakt van sproeier, pakketten, verstuivers en ultrasonoorbevochtigers waarbij water in contact wordt gebracht met lucht. Bij warme bevochtiging wordt gebruik gemaakt van stoom. Figuur 4.2 toont een typisch voorbeeld van een luchtbehandelingsstelsel.



Figuur 4.2 - Schematische weergave van luchtbehandelingsysteem

De lucht die voor klimaatbeheersing wordt aangetrokken, kan micro-organismen bevatten en materialen die als voedingsstof dienen. Daardoor kan biologische vervuiling een hardnekkig probleem worden. Ook de zuiveringsfilters kunnen een bron van contaminatie zijn.

Het risico van Legionellabesmetting in luchtbehandelingsystemen die gebruik maken van vernevelaars, ligt voor de hand: er wordt vaak water gebruikt uit opslagtanks die een temperatuur hebben van meer dan 20 °C. Daarnaast kunnen bevochtigers zwaar vervuild raken door stof, rook en geuren die uit de lucht worden verwijderd. Deze vervuiling is een potentiële voedingsbron voor Legionella.

Een extra aandachtspunt voor luchtbevochtiging is de voorbehandeling: bij veel toepassingen wordt het water eerst onthard om zo kalkafzettingen op pakketten en wanden, maar ook op UV installaties te minimaliseren. Veelal staat deze ontharder gedurende het grootste deel van het jaar stil, waardoor er in de ontharderkolom mogelijk ideale omstandigheden ontstaan voor microbiologische groei. Geadviseerd wordt derhalve om bij de opstart van de luchtbevochtiging tevens de voorbehandeling te desinfecteren.

In systemen met stoombevochtiging is Legionellabesmetting vrijwel uitgesloten vanwege de hoge temperaturen van de stoom. Toch treden in deze systemen wel degelijk risico's op. De warmte uit de koelingcyclus wordt namelijk in veel gevallen verwijderd door een condensatieapparaat dat op zijn beurt vaak wordt gekoeld met behulp van water uit een koeltoren. De risico's die koeltorens met zich meebrengen, zijn in de vorige paragraaf beschreven. Ondanks het feit dat er normaal gesproken geen direct contact is tussen de lucht in het klimaatbeheersingssysteem en het koelwater, kan er toch een risico zijn. Aerosolen van de koeltoren kunnen in de luchtinlaat van de luchtbehandelingskasten terechtkomen, waardoor er een verhoogd risico ontstaat op Legionellabesmetting.

5. Essentiële inzichten in besmettingsgevaar gerelateerd aan systeemontwerp

5.1 Inleiding

De kans op Legionellabesmetting hangt samen met de mate van aerosolvorming en de mogelijkheid die Legionella heeft om zich in het systeem te vermenigvuldigen. Door de vorming van verdampingspluimen en de typische watertemperaturen is het ten alle tijde belangrijk dat er goede procedures worden gevolgd voor het beheer van het watersysteem.

5.2 Inzicht in kritische punten – systeem

In watervoerende systemen vraagt een aantal punten extra aandacht:

- 💧 De opbouw van een installatie dient zo eenvoudig mogelijk te zijn en op tekening te staan.
- 💧 In stilstaand water kan een microbiologische populatie ongestoord in omvang toenemen. Door de afwezigheid van circulatie kunnen biociden bovendien niet efficiënt worden ingezet, doordat ze niet gelijkmatig worden verdeeld. Elke verstoring van dit stilstaande water kan vervolgens leiden tot een snelle infectie van het gehele watersysteem. Hierbij is er een extra risico, als de water temperatuur hoger is dan 20 °C. Stilstaande watercondities worden aangetroffen in installaties die een reservefunctie hebben, zoals koeltorens en circulatiepompen. Daarnaast vormen dode leidingdelen en moeilijk te legen omlopen en bochten een risico.
- 💧 Dood leidingwerk kan beperkt worden door elk overbodig stuk pijpwerk te verwijderen of ten minste terug te nemen tot 50 mm van de toevoerleiding.
- 💧 Materiaal in de installatie dient aan de waterzijde glad of afgewerkt te zijn. Zo wordt vermeden dat oppervlakken als verankeringspunten gaan dienen voor micro-organismen. Het gebruik van groeibevorderende materialen, zoals sommige rubbers, mastiek en vezels, moet zo veel mogelijk worden vermeden, evenals het gebruik van poriehoudend materiaal.
- 💧 De installatie dient eenvoudig toegankelijk te zijn voor inspectie, onderhoud, monsternamen, reiniging en desinfectie. Alle afsluitingen, kleppen en afvoerkanalen moeten ten opzichte van het systeemvolume de juiste afmetingen hebben.
- 💧 Aerosolvorming dient geminimaliseerd te worden door onder meer een goed ontwerp en een degelijk onderhoud van de druppelvangsers.
- 💧 Vooropslag van suppletiewater dient zo mogelijk vermeden of anderszins goed beheerst te worden. Belangrijke factoren in dit verband zijn: een goed passend deksel, de mogelijkheid voor inspectie, filters in de ventilatie en overvloeingspijpen die voorkomen dat vogels of knaagdieren naar binnen kunnen. Het isoleren van vaten die worden blootgesteld aan hoge buitentemperaturen voorkomt opwarming van het water.
- 💧 Bij positioneren van bijvoorbeeld een koeltoren dient rekening te worden gehouden met de meest voorkomende windrichtingen, de plaats waar verse lucht wordt ingenomen, vervuilde

lucht, ventilatie en schoorstenen. Door de koeltoren van direct zonlicht af te schermen wordt de groei van biofilm en algen beperkt.

- ⦿ Waterbehandelingsprogramma's dienen geïntegreerd te zijn in het systeemontwerp met betrekking tot posities van monster-, inspectie-, spui- en afvoerpunten. Dosering en spui dienen zoveel mogelijk te worden gecontroleerd en geautomatiseerd.

5.3 Inzicht in kritische punten – bedrijfsvoering

Om een goed inzicht in de risico's van een watervoerend systeem te krijgen, moet een gedetailleerde risico-inventarisatie worden gemaakt die de basis vormt van een beheersplan.

Naast een systeembeschrijving aan de hand van systeemschetsen en schema's moeten ook de totale systeemp parameters, zoals capaciteit, doorstroomsnelheid en ontwerptemperaturen, in het beheersplan worden opgenomen.

In beheershandleidingen kunnen eveneens gedetailleerde beheers- en onderhoudsprocedures, instructies van toeleveranciers en specifieke informatie over het waterbehandelingsprogramma worden vastgelegd. Beheersmaatregelen dienen duidelijk en begrijpelijk te zijn en een helder inzicht te geven, zodat uitvoering van de maatregelen eenduidig en eenvoudig is voor de operators. Operators dienen getraind te worden in de uitvoering van beheersmaatregelen. De handleiding moet altijd bij de installatie aanwezig zijn. De handleidingen dienen onder meer de volgende informatie te bevatten:

- ⦿ schema's en tekeningen van de installaties
- ⦿ gebruiksinformatie van toeleveranciers ten aanzien van capaciteiten, doorstroomsnelheden en ontwerptemperaturen
- ⦿ gedetailleerde informatie over het waterbehandelingsprogramma
- ⦿ registratie (logboeken) van watersuppletie, waterbehandelingsproducten, alle ondernomen acties, temperaturen, monsternames, onderhoud, installatieaanpassingen, bedrijfstijden, afwijkingen (grenswaardenoverschrijdingen), waterkwaliteiten en dergelijke
- ⦿ opgave van onderhoudsfrequenties voor systeem en bedrijf, met vermelding van monsternames, inspecties, reiniging en desinfectie, controleren/kalibreren van geautomatiseerde dosering van chemische toevoegingen en/of spui, het in circulatie brengen van reserve-installaties of pijpleidingen voor effectieve biocidetoepassing, reiniging en desinfectie van klimaatbeheersingsystemen, inspectie van en onderhoud aan druppelvangsers

Een duidelijke procedure dient ervoor te zorgen dat alle te ondernemen acties eenvoudig uitvoerbaar zijn.

6. Behandelingsprogramma's voor koelwater

6.1 Inleiding

Bij het afvoeren van proceswarmte wordt veelal water gebruikt als koelmedium. Het gebruik van water kan echter problemen met zich meebrengen en het functioneren van het koelsysteem nadelig beïnvloeden. De volgende factoren zijn verantwoordelijk voor deze nadelige invloed:

- 💧 Afzettingen
- 💧 Corrosie
- 💧 Microbiologische vervuiling
- 💧 Algemene systeemvervuiling

Deze factoren zijn aan elkaar gerelateerd en kunnen dan ook elkaars werking versterken.

Om het waterverbruik te beperken worden dikwijls koeltorens gebruikt, waarin het water wordt teruggekoeld door het in direct contact te brengen met koudere lucht. Een deel van het water verdampt daarbij, waardoor warmte wordt onttrokken en waardoor er een concentratie verhoging (= maat voor de indikking) plaatsvindt van de aanwezige opgeloste stoffen. Het elektrisch geleidingsvermogen van het water neemt toe waardoor de maximale oplosbaarheid van sommige zouten kan worden overschreden. Hierbij worden kristallijnen zoutafzettingen gevormd, zoals calciumcarbonaat. Daarnaast kan water, onder invloed van bijvoorbeeld de aanwezige chloriden en sulfaten, corrosie veroorzaken op constructiematerialen die worden gebruikt in een koelsysteem. Als gevolg van corrosie en afzettingen kan de bedrijfsvoering van het open recirculerend koelsysteem ernstig worden bedreigd.

6.2 Systeeminvloeden

De mate waarin corrosie, afzettingen, microbiologische en algemene vervuiling voorkomen, is afhankelijk van systeemvariabelen als stroomsnelheid, warmtebelasting, temperatuur en materiaalkeuze.

In water gesuspendeerde stoffen als zand, slib en slijm kunnen door een te geringe stroomsnelheid (< 0.7 m/s) bezinken en spleetcorrosie veroorzaken of onder deposit corrosie. Verder vormen deze afzettingen een ideale voedingsbodem voor micro-organismen en kunnen zij de warmteoverdracht nadelig beïnvloeden. De corrosiesnelheid van metalen neemt toe bij een verhoogde temperatuur van het water.

Ook andere organische stoffen, afkomstig van bijvoorbeeld processtromen, bladeren en insecten, vormen een ideale voedingsbodem voor bacteriegroei.

6.3 Chemische behandeling

Om de integriteit en het functioneren van koelsystemen in stand te houden is het noodzakelijk het koelwater te conditioneren zodat corrosie, kalkafzettingen, vervuiling en microbiologische slijmvorming kunnen worden voorkomen en beheerst (3).

Voor de bedrijfsvoering en het in stand houden van een goed functionerend koelwatersysteem zijn diverse programma's ontwikkeld, die gericht zijn op het voorkomen van de voornoemde problemen.

Hierbij wordt de samenstelling van de producten afgestemd op de mogelijke probleemfactoren en de waterkwaliteiten.

De keuze van een behandelingsprogramma hangt in sterke mate af van onder meer de volgende factoren:

- 💧 Koelwatertemperatuur
- 💧 Ontwerp- en procescondities
- 💧 De (inkomende) waterkwaliteit
- 💧 De pH-waarde van het koelwater
- 💧 Het toepassen van oxiderende en/of niet-oxiderende biociden
- 💧 De afvalwatervoorschriften

6.4 Biociden

In open recirculerende koelwatersystemen is (micro)biologische vervuiling een veel voorkomend probleem. De vervuiling kan van microbiologische aard zijn, zoals algen, bacteriën en fungi (=schimmels en gisten), of van macrobiologische aard, zoals mosselen en andere schelpdieren.



Of biologische vervuiling zich kan ontwikkelen, hangt met name af van de volgende factoren:

- 💧 Temperatuur
- 💧 Zuurstofgehalte
- 💧 Licht
- 💧 Voedingsstoffen
- 💧 pH van het koelwater
- 💧 Stroomsnelheden
- 💧 Verversingsgraad van het koelwater.

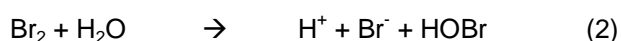
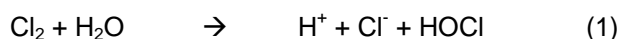
Om problemen door (micro)biologische afzetting te voorkomen, is het noodzakelijk de groeifactoren te beperken. Dit kan worden gedaan door dosering van biociden. In Nederland valt het gebruik van biociden onder de Bestrijdingsmiddelenwet (1962) en in de (nabije) toekomst onder de Europese 'Biocidal Product Regulation' (BPR). Daarom is voor elk biocide een toelating nodig voordat deze op de markt gebracht en toegepast mag worden. Voor toegelaten biociden, zie de website van het Ctgb, zijnde het College voor de Toelating van gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (www.ctgb.nl).

Biociden die worden toegepast in koelwater, dienen volgens de wet vergezeld te gaan van een gebruiksvoorschrift en moeten worden ingezet volgens eveneens wettelijk vastgelegde gebruiksaanwijzingen waarin de “deugdelijke dosis” is gepreciseerd. De locatie van de dosering van biociden is essentieel. Bij voorkeur geschiedt dit automatisch middels de meet- en regelapparatuur, en wel in het bassin of in de recirculatie-stroom van het koelwater. Dosering in de suppletie-leiding wordt niet aanbevolen. De biociden zijn onder te verdelen in oxiderende en niet-oxiderende biociden.

6.4.1 Oxiderende biociden

De meest toegepaste biociden zijn op basis van “chloor” en/of “broom” (halogenen), waarbij hypochlorig en/of hypobromig zuur wordt gevormd via hydrolyse in water. Dit zijn krachtige biociden die door chemische oxidatie de celwand en ook onder andere enzymen vernietigen, die onontbeerlijk zijn voor het leven van de bacteriecellen.

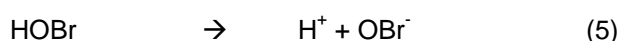
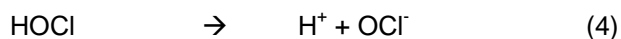
De vorming van hypochlorig (HOCl) / hypobromig (HOBr) zuur wordt door de volgende reactievergelijkingen geïllustreerd:



In de praktijk wordt gebruik gemaakt van chloorbleekloog (natriumhypochloriet) om hypochlorig zuur te maken.



De zuren ontleden echter waarbij er respectievelijk hypochloriet- of hypobromietionen worden gevormd in functie van de pH van het water. Dit OCl en OBr zijn als biocide minder effectief dan de vrije zuren.



pH van het koelwater	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
% beschikbaar HOCl	97	76	50	24	9	3
% beschikbaar HOBr	100	98	94	83	60	33

Tabel 6.1 - Beschikbaar zuur als functie van de pH

De relatieve verhouding van zuur ten opzichte van het ion is dus primair afhankelijk van de pH van het water.

Dit verklaart de verhoogde desinfecterende werking van biociden op basis van broom in koelsystemen waarin het water een hoge pH heeft. Desalniettemin kunnen ook alkalische koelwaters goed met chloorbleekloog behandeld worden. Het percentage vrij beschikbaar HOCl is weliswaar lager, en lijkt snel verbruikt, maar dit zal steeds weer gevormd worden omdat dit een evenwichtsreactie betreft. Chlorering bij hoge pH gaat dus iets langzamer, maar kan zeker wel tot een goede desinfectie leiden.

De hypohalogenige zuren worden zodanig gedoseerd dat een bepaalde concentratie van vrij beschikbaar halogeen in het retourwater naar de koeltoren kan worden gemeten. De hoeveelheid vrij

beschikbaar halogeen, dit is het totaal van chloor (Cl_2), broom (Br_2), hypochlorig en hypobromig zuur, wordt uitgedrukt als ppm vrij chloor (ppm Cl_2).

Bij periodieke dosering worden piekconcentraties van vrij beschikbaar halogeen gemeten van 0,5 – 1,0 ppm Cl_2 , terwijl bij continue dosering 0,2 – 0,4 ppm Cl_2 wordt aangehouden.

Het regelmatig optreden van (te) hoge concentraties vrij beschikbaar halogeen van meer dan 1 ppm Cl_2 dient te worden voorkomen om corrosie en schadelijke milieueffecten tijdens lozing te vermijden.

Wanneer de halogenering wordt gestopt, daalt de concentratie vrij beschikbaar halogeen snel, waarbij het systeem opnieuw vatbaar is voor infectie. De snelheid van herinfectie en het herstel van de voorgaande dosering dient te worden vastgelegd om de frequentie van biocidetoevoeging te bepalen.

Andere oxiderende biociden, zoals chloordioxide, ozon en peroxide, kunnen eveneens worden gebruikt voor de bestrijding van de microbiologische groei in het systeem.

6.4.2 Niet-oxiderende biociden

Een niet-oxiderende biocide functioneert door middel van andere mechanismen dan oxidatie, zoals interferentie met celmetabolisme en structuur. Deze categorie van biociden is stabiel in water en beschikt over een langere levensduur in water dan oxiderende biociden. De biocideconcentratie daalt door waterverlies uit het systeem en door hydrolyse van de biocide zelf.

De frequentie van het doseren van de niet-oxiderende biociden en de hoogte van de concentratie daarvan, hangt af van de systeeminhoud, de systeemhalfwaardetijd (de tijd waarin de helft van de waterinhoud van het systeem wordt verversd) en de benodigde biocidecontacttijd (de tijdsduur waarin biocide en microbiologie met elkaar in contact moeten zijn voordat afdoding optreedt). Een programma van niet-oxiderende biociden omvat vaak het gebruik van twee verschillende biociden om resistentie van bacteriestammen te voorkomen. Veelal wordt aanbevolen om 2 – 4 maal per jaar ook een oxiderend biocide toe te passen, ter voorkoming van deze mogelijke resistentie.

De effectiviteit van niet-oxiderende biociden kan worden beïnvloed door de pH van het koelwater. De volgende aspecten zijn belangrijk bij het selecteren van een programma van niet-oxiderende biociden:

- 💧 de verblijftijd en halfwaardetijd van het systeem
- 💧 de aard van de microbiologische populaties
- 💧 de type systeemverontreinigingen
- 💧 de te nemen voorzorgsmaatregelen
- 💧 de afvalwaterbeperkingen

Selecteert men een biocide met het oog op de vernietiging van *Legionella* bacteriën, dan is het zaak zich maximale zekerheid te verschaffen omtrent de effectiviteit. De leverancier moet de effectiviteit van de biocide kunnen aantonen aan de hand van de testgegevens ten aanzien van afdodingsconcentraties en contacttijden.

Welk biocide men ook selecteert, men mag niet uit het oog verliezen dat een operationeel koelsysteem steeds blootstaat aan onvoorspelbare herbesmetting door bacteriën en verontreiniging door voedingsstoffen. Daarom is het noodzakelijk dat regelmatig testen worden uitgevoerd om vast te stellen of een biocideprogramma nog effectief is.

6.4.3 Biodispersanten

Specifieke biodispersanten worden vaak gebruikt in combinatie met biociden. Deze biodispersanten of "biocide-verbeteraars" verlagen de oppervlaktespanning in de biofilms en stimuleren de penetratie van de biociden in de biofilm, waardoor het resultaat van een biocideprogramma aanzienlijk verbeterd wordt. In microbiologisch verontreinigde systemen kan het gebruik van biodispersanten dan ook erg gunstig zijn. Systemen worden zo goed als mogelijk slijmvrij gehouden en het biocideverbruik daalt dankzij deze middelen.

6.5 Fysische behandelingsmethode

Zoals in het begin van dit hoofdstuk werd aangegeven, is de mate waarin corrosie, afzettingen, microbiologische en algemene vervuiling voorkomen, afhankelijk van systeemvariabelen en van de invloed op de effectiviteit van het waterbehandelingsprogramma.

De in het water gesuspendeerde stoffen, zoals zand, slib, slijm en andere organische stoffen als bladeren en insecten, dienen zo veel mogelijk uit het water te worden verwijderd om de chemische waterbehandeling te optimaliseren.

Wanneer make-up water wordt ingenomen vanuit oppervlaktewater, dient dit eerst gefiltreerd of gesedimenteerd te worden en mogelijk vervolgens ook gedesinfecteerd, voordat het aan het koelwater wordt toegevoegd.

Daarnaast is het aanbevolen om een deel van het recirculerende water continue te filteren. Een bypass filtratie in de orde van 3 – 10 % van de recirculatiesnelheid, is veelal afdoende.

Bij een juiste toepassing kan het gebruik van een bypassfilter een belangrijke bijdrage leveren aan de reductie van een explosieve bacteriegroei en de vorming van algen. Door filtratie worden de aanwezige gesuspendeerde stoffen effectief verwijderd uit het koelsysteem.

Werking UV-filtratie

Een vloeistofstroom wordt in een belichtingskamer door speciale UV-C-lampen in een kwartsglazen buis belicht. Het DNA in micro-organismen absorbeert UV-C-straling met een golflengte van 254 nanometer, met als gevolg: onherstelbare beschadiging van het DNA-molecuul. Op deze manier worden bacteriën, virussen en gisten vernietigd of geïnactiveerd. Afhankelijk van de capaciteit van de lamp, de UV-C-transmissie van de vloeistof en de laagdikte van de vloeistof wordt de capaciteit van de reactor bepaald.

Het grote voordeel van UV-desinfectie is dat er feitelijk niets wordt toegevoegd aan het water, zodat de pH niet verandert en er geen ongewenste bijproducten ontstaan. Deze behandeling heeft echter wel als consequentie dat de desinfecterende werking zich beperkt tot de reactor. Alleen de vrij zwemmende (planktonische) micro-organismen worden door de UV-C-straling in de reactor gedood. Daarentegen blijven de microbiologische afzettingen (biofilm) die elders in het systeem aanwezig zijn, onaangetast.

UV-desinfectie heeft in combinatie met de toevoeging van biociden over het algemeen een positief versterkend effect, waarbij de UV-desinfectie voor een constante werking en de beveiliging van het systeem zorgt.

Een aandachtspunt bij de toepassing van UV is de regelmatige reiniging (of CIP) die moet worden uitgevoerd om het kwartsglas schoon te houden.

7. Monitoring van de effectiviteit van het behandelingsprogramma

7.1 Inleiding

De fundamentele problemen van koelwater, met name corrosie, kalkafzetting, vervuiling en microbiologische afzettingen, zijn onderling gerelateerd. Wanneer één van de factoren niet afdoende wordt beheerst, kunnen alle factoren tegelijkertijd gaan meespelen, wat resulteert in een omgeving die de groei van Legionella stimuleert. Om de effectiviteit van een behandelingsprogramma te kunnen vaststellen moet een efficiënt analyse- en controlesysteem worden ontworpen.

7.2 Toepassing van het behandelingsprogramma

Corrosie, kalkafzetting en vervuiling zijn continue, fysisch-chemische processen. Inhibitoren die dergelijke processen voorkomen, moeten daarom op een continue basis worden toegevoegd aan het koelwater. Voor het nauwkeurig doseren van de inhibitoren worden geautomatiseerde doseerpompen of andere betrouwbare injectiesystemen toegepast. Hierdoor worden gezondheids- en veiligheidsrisico's tot een minimum beperkt.

Het is een goede gewoonte om kalkstabilisatoren en corrosie-inhibitoren toe te passen in een gedeelte van het systeem waar een goede menging plaatsvindt, zoals in de zuigzijde van een circulatiepomp. Biociden worden op continue of discontinue basis gedoseerd in het bassin van de koeltoren of in de zuigzijde van de watercirculatiepomp. In luchtbehandelingskasten waar de koeltoren kan worden afgesloten van de circulatie moet echter de biocidedosering plaatsvinden in de zuigzijde van de circulatiepomp.

7.3 Opvolgen van het behandelingsprogramma

De effectiviteit van een behandelingsprogramma is afhankelijk van de samenstelling van het suppletie- en koelwater en de voorbehandeling daarvan. Daarom is het van belang veranderingen in de waterchemie, zoals pH, opgeloste en gesuspendeerde vaste stoffen, hardheid en alkaliteit, tijdig vast te stellen. Op deze manier is het mogelijk om adequaat te corrigeren door het behandelingsprogramma of de systeembeheercondities aan te passen.

De samenstelling van het koelwater is afhankelijk van het suppletiewater en de indikking. De beste methode om de koelwaterindikking te controleren is een automatische spuiregeling die gekoppeld is aan een geleidbaarheidsmeting van het koelwater.

Spui gebaseerd op een tijdschakelaar of op het volume van suppletiewater geeft minder consistente resultaten, maar verdient de voorkeur boven handmatige controle. Bij gebruik van suppletiewater dat sterk van kwaliteit kan wisselen, heeft het toepassen van een volume gestuurde spui wel de voorkeur waarbij dan de minst optimale chemische samenstelling in combinatie met de verblijftijd de begrenzende factor is.

De dosering van de behandelingsproducten, zoals kalkstabilisatoren, corrosie-inhibitoren en biociden, dient ook regelmatig te worden gecontroleerd. De waterbehandelingsfirma moet aangeven tussen welke minimum- en maximumgrenzen de productconcentraties moeten worden gehouden. Het beste kan men binnen die grenzen blijven door doseerpompen te activeren door middel van een (pulse)signaal van een watermeter in de suppletielijn of de spuicontroller. In het laatste geval moet een vertragingstijdschakelaar worden geïnstalleerd om het doseren van behandelingsproducten tijdens het spuien te voorkomen. Als deze methoden niet geschikt zijn, is een dosering met een tijdschakelaar aan te bevelen boven een handmatige dosering. Dit in verband met gezondheids- en

veiligheidsaspecten en de controle van de behandeling. In het geval van een niet-oxiderende biocide die schoksgewijs wordt toegediend, is het gebruik van een hogesnelheidspomp of een injectiesysteem gekoppeld aan een tijdschakelaar, een veilige en effectieve methode.

Routinematige controles om de concentratie van niet-oxiderende biociden vast te stellen zijn niet praktisch haalbaar. Daarom moet de hoeveelheid aan het systeem toe te voegen niet-oxiderende biocide worden berekend op basis van het volume en de halfwaardetijd van het systeem.

Daarnaast is het van belang dat het resultaat van het behandelingsprogramma wordt getoetst. De volgende methoden kunnen worden ingezet om fysische of microbiologische parameters te meten:

Corrosie	Corrosiecoupons, corrators, corrosiemeters, testwarmte wisselaars
Kalkafzetting	Testwarmtewisselaars, kalkafzettingcoupons
Vervuiling	Biofilmrekken, testwarmtewisselaars
Microbiologische activiteit	Dip slides, biofilmrekken, bioluminometers of ATP-meters

Ook het regelmatig verrichten van systeemininspecties gedurende de operatie en in perioden van onderhoud kan een indicatie geven van het resultaat van het waterbehandelingsprogramma.

Het is ook mogelijk specifiek op Legionella te testen. Legionella-detectiemethoden die momenteel op routinematige basis worden toegepast, omvatten (1) een standaard cultuurmethode, (2) een snelle assay-methode op basis van antilichaamtechnologie, (3) een directe fluorescentieantibody (DFA) methode. Over het testen op Legionella wordt overigens verschillend gedacht. Aan de ene kant is het bepalen van aantallen Legionella bacteriën een momentopname van een situatie die door systeemveranderingen snel kan verslechteren. Bij niet-gedetectedeerde Legionella (negatieve uitslag) kan ten onrechte het idee ontstaan van veiligheid. Aan de andere kant kan een hoge telling paniek veroorzaken. Desalniettemin beveelt ENVAQUA aan om minimaal het aantal Legionella monsternames uit te voeren, zoals vermeld in het beheersplan, conform aan de risico-indeling van de koeltoren. Uiteraard dienen hierbij minimaal de richtlijnen van de ARBO Informatie AI-32 gevolgd te worden.

7.4 Doelstelling van de waterbehandeling

Optimale bedrijfsresultaten worden verkregen bij goede corrosie-inhibitie, afwezigheid van kalkafzetting en effectieve controle van bacteriën in zowel het circulerende water als in de afzetting van gesuspendeerde vervuiling en biofilm.

Om goed in te kunnen schatten wat het effect van het waterbehandelingsprogramma is, worden enkele doelstellingen geformuleerd. Deze omvatten normaal gesproken de normen voor corrosiesnelheid en microbiologische activiteit.

Wat aanvaardbare corrosiesnelheden zijn, is afhankelijk van het constructiemateriaal. Een goed gecontroleerd waterbehandelingsprogramma kan op koolstofstaal corrosiesnelheden behalen van minder dan 3 mpy (= 0.076 mm/jaar) en op koper en koperlegeringen van minder dan 0.2 mpy (= 0.005 mm/jaar). Hierbij moet worden opgemerkt dat deze industriestandaarden gelden voor situaties met gemiddelde watersamenstellingen, een goede waterbehandeling, watertemperaturen beneden 60 °C en stroomsnelheden boven 0,7 m/s.

Bij zeer corrosief water, extreem hoge temperaturen en/of lagere stroomsnelheden kunnen met de klant andere waarden worden afgesproken.

Er kunnen ook handvatten worden gegeven voor de controle van kalkafzetting. De meest gebruikte methode is het vaststellen van de calciumbalans, waarbij uit de volgende berekening een waarde groter dan 90 % moet worden gevonden:

$$\text{Calciumbalans} = \frac{\text{calciumhardheid in het koelwater} \times 100 \%}{\text{calciumhardheid in suppletiewater} \times \text{indikking}}$$

De microbiologische controleparameters worden in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 7.1 Microbiologische controle parameters

Type koelsysteem	Totale aerobe telling kve/ml	Commentaar
Industriële systemen en gebouwen	< 20.000	Goed gecontroleerd systeem
	20.000 - 100.000	Behandelingsprogramma moet worden herzien
	> 100.000	Systeem buiten controle; correctieve actie nodig

In hoofdstuk 8 wordt ingegaan op de aantallen Legionella bacteriën die kunnen worden getolereerd in koelsystemen.

De risico-inventarisatie kan aanwijzingen geven voor het minimaliseren van de besmettingsrisico's, maar biedt geen garanties ten aanzien van veiligheid. Het is immers niet mogelijk om te zeggen bij welke tellingen een systeem veilig is. Dit heeft te maken met de dynamiek van microbiologie in het algemeen en van Legionella in het bijzonder. Wel is het duidelijk dat hoe hoger de aantallen micro-organismen zijn, hoe slechter het systeem onder controle te houden is, aangezien microbiologische groei exponentieel verloopt.

8. Reiniging en desinfectieprocedures

8.1 Inleiding

Het implementeren van een effectief en preventief biocideprogramma draagt bij aan een milieu waarin micro-organismen niet kunnen floreren, zodat de vorming van biofilm en de ontwikkeling van Legionella tot een minimum worden beperkt. Desalnietemin is het raadzaam om het systeem periodiek, bijvoorbeeld voor en na een shutdown, te reinigen en/of te desinfecteren.

8.2 Preventieve reiniging en desinfectie

Periodieke reiniging en desinfectie van het koelsysteem is een preventieve maatregel om het koelsysteem effectief te laten functioneren. De frequentie van dergelijke preventieve reinigingen is afhankelijk van de effectiviteit van het waterbehandelingsprogramma (zie hoofdstuk 6 en 7), de ligging van de locatie en de systeemvervuiling. Na een visuele inspectie en een grondige risico-inventarisatie kunnen hiervoor beheersmaatregelen worden opgesteld.

Wanneer er Legionella pneumophila serogroep 1 wordt aangetoond boven de detectielimiet maar onder de waarde die door de AI-32/ISSO 55.3 publicaties (en als norm mogen worden beschouwd) is vastgesteld, kan worden gekozen voor het verhogen van de concentraties in het continue biocideprogramma, eventueel uitgebreid met oxiderende biociden en biodispersant indien deze nog niet worden toegepast. Een nieuwe monsternamen binnen 2 tot 7 dagen kan aantonen of deze maatregel effectief is geweest. Nauwgezette monitoring van de microbiologische populatie en meer frequente Legionella-analyses zijn gewenst. Indien dit niet gebeurt, moet een effectievere reiniging en desinfectie worden uitgevoerd, waarbij afzettingen en vervuiling worden verwijderd uit het systeem.

8.3 Reiniging en desinfectie in geval van besmetting en calamiteit

Wanneer er in het koelwater Legionella bacteriën worden aangetroffen, dan zijn de te nemen maatregelen afhankelijk van:

1. De categorie indeling risico's koeltorens, zijnde het Legionella risico van een koeltoren in relatie tot de bevolkingsdichtheid en de gevoeligheid van die bevolking
2. Het gehalte Legionella bacteriën in kve/liter

In het BREF document is een categorie indeling gegeven voor het microbiologisch risico verbonden aan een koeltoren in relatie tot de aanwezige bevolking en gevoeligheid van die bevolking.

CATEGORIE	LOCATIE KOELTOREN
1 (hoogste risico)	Koeltoren in de nabijheid (< 200 m) van een ziekenhuis, verpleeghuis of andere (medisch georiënteerde) zorginstelling waar mensen verblijven met een verminderd immuunsysteem
2	Koeltoren in de nabijheid (< 200 m) van verzorgingstehuizen, hotels of andere gebouwen waarin zich veel mensen bevinden
3	Industriële koeltoren in de nabijheid (< 600 m) van een woonomgeving
4 (laagste risico)	Koeltoren die op afstand (> 600 m) staat van een woonomgeving

Tabel 8.1: Categorie indeling risico's koeltorens (bron: AI-32)

Bovenstaande risico categorie indeling (tabel 8.1) is overigens ook opgenomen in de Nederlandse wet, namelijk Hoofdstuk 3 van het Activiteitenbesluit milieubeheer.

Indien een laboratoriumanalyse aantoont dat het water besmet is met Legionella of bij een uitbraak van de veteranenziekte veroorzaakt door aerosolen vanuit de koeltoren of een aanpalend systeem, moeten er onmiddellijk acties worden ondernomen. Bij deze acties dient aandacht te worden besteed aan de veiligheid van de mensen die bij de koeltoren werken en verblijven. Veiligheidsmaatregelen omvatten onder meer ademhalingsbescherming voor mensen in de nabijheid van de koeltoren en het voorkomen dat medewerkers die niet bij de reiniging zijn betrokken, zich niet in de nabijheid bevinden.

De te nemen actienivo's ten opzichte van de risicocategorie waarin een koeltoren is ingedeeld, is in Nederland niet wettelijk vastgelegd. In de verschillende Europese landen worden verschillende actienivo's gehanteerd, terwijl er in Amerika zelfs geen enkel actienivo is vastgelegd.

De voorgestelde aanpak bij een besmetting welke in het Arbo-Informatie boekje AI-32 is gepubliceerd (4), is in Nederland algemeen geaccepteerd. Onderstaande tabel is – met toestemming van de uitgeverij Sdu – Den Haag – dan ook overgenomen.

CATEGORIE 1, 2 en 3 (conform BREF)	AANPAK	CATEGORIE 4 (conform BREF)	AANPAK
Legionella gehalte (kve/l)		Legionella gehalte (kve/l)	
< 100	A	< 1000	A
100 – 1.000	B	1.000 – 10.000	B
1.000 – 10.000	C	10.000 – 100.000	C
10.000 – 100.000	D en E	100.000 – 1.000.000	D en E
> 100.000	F en E	> 1.000.000	F en E

Tabel 8.2: Grenswaarden Legionella bacteriën en te nemen acties per categorie.

In tabel 8.3 zijn de te nemen acties omschreven, in relatie tot de te nemen “aanpak” bij de Legionella concentraties conform tabel 8.2.

AANPAK	OMSCHRIJVING
A	Systeem is geheel onder controle; geen actie.
B	Controleer via het behandelingsprogramma of alle doseringen in orde zijn; geen verdere actie.
C	Controleer behandelingsprogramma en geef extra dosering biocide.
D	On-line desinfectie en reiniging. Het systeem is matig vervuild en verdient onmiddellijk bijzondere aandacht.
E	Controleer of werknemers/bezoekers mogelijk kunnen zijn blootgesteld aan aerosolen uit de besmettingsbron.
F	Off-line desinfectie en reiniging. Stop systeem direct nadat de te koelen installatie is veilig gesteld. Zou dit te lang duren dan moet de desinfectie alvast on-line worden uitgevoerd. Het systeem is ernstig vervuild en vereist onmiddellijk extra aandacht. Meld situatie direct aan de Arbodienst en plaatselijke GGD.

Tabel 8.3: Overzicht te nemen acties c.q. aanpak.

De algemene desinfectie methode bestaat uit het hyper-chloreren van het systeem in combinatie met de toepassing van een bio-dispersant waarbij gedurende 5 uur lang, 5 mg/l vrij beschikbaar Cl₂ wordt aangehouden in de koelwater retourleiding.

Daarna moet het systeem worden gedraind en ontdaan van vervuiling totdat de troebelheid van het koelwater < 15 NTU bedraagt. Het nog aanwezige biocide/vrij Cl₂ dient uiteraard eerst onschadelijk te worden gemaakt, alvorens het water wordt geloosd. Vervolgens moet het desinfecteren worden herhaald. Na gevuld te zijn met schoon water moet het systeem opnieuw bemonsterd worden en getest op de aanwezigheid van Legionella.

Indien door omstandigheden geen oxiderende biociden kunnen worden toegepast, is het gebruik van een Legionella-effectief, niet-oxiderend biocide noodzakelijk. Mogelijk kan een combinatie van beide middelen worden gebruikt tijdens deze operatie.

8.4 Reiniging en desinfectie van luchtbevochtigers

Wateropslagvaten, filters, platen en andere natte delen van luchtbevochtigers moeten ten minste elke vier weken grondig gereinigd worden, wanneer het systeem niet in gebruik is.

Een oxiderende of niet-oxiderende biocide in combinatie met een biodispersant kan worden gebruikt om het systeem te desinfecteren. Nadat het water is afgevoerd en het systeem is vrijgemaakt van afzettingen, kan het systeem weer in gebruik worden genomen met het normale behandelingsprogramma.

Indien het niet mogelijk is om waterbehandeling toe te passen in de luchtbevochtigers, wordt aangeraden om extra aandacht te besteden aan de kwaliteit van het inkomende water en de lucht en tevens de frequentie van reiniging op te voeren.

9. Verantwoordelijkheden

9.1 Inleiding

Om de doelstellingen te kunnen halen die in deze praktijkhandleiding worden beschreven, is het noodzakelijk dat de verantwoordelijkheden van gebruiker én dienstverlenend waterbehandelingsbedrijf goed worden vastgelegd. Momenteel is er nog geen regel/wetgeving waarin deze verantwoordelijkheden zijn omschreven. Om toch een indicatie te geven voor hoe het proces goed zou kunnen verlopen, worden hieronder de door ENVAQUA voorgestelde rollen van gebruiker en waterbehandelingsfirma besproken.

9.2 Risico-inventarisatie

Er zijn diverse checklists in omloop die kunnen worden gebruikt om risico-inventarisaties uit te voeren. Helaas wordt bij de lijsten vaak niet vermeld welke voorkennis vereist is om de gevraagde gegevens voor de risico-inventarisatie correct te kunnen invullen. Een risico-inventarisatie heeft alleen waarde als zij wordt uitgevoerd door competent en goed getraind personeel. Niet alleen moet de installatie deskundig kunnen worden beoordeeld, maar met name het gebruik van de installatie, de resultaten en de effectiviteit van het waterbehandelingsprogramma moeten vanuit het gezichtspunt van het Legionella-organisme en de biofilmvorming worden bekeken.

9.3 Rol van gebruiker en waterbehandelingsfirma

9.3.1 Rol van de gebruiker - Managementverantwoordelijkheid

Verantwoordelijkheden ten aanzien van beheer en onderhoud van koelsystemen dienen te worden vastgelegd in procedures, evenals de namen van verantwoordelijke managers en hun plaatsvervangers. In de procedures moeten corrigerende acties en een adequaat rampenplan worden beschreven voor het geval afwijkende omstandigheden ontstaan. De procedures moeten tevens aangeven welke personen op de hoogte moeten worden gesteld in situaties waarin duidelijk een gezondheidsrisico aanwezig is.

9.3.2 Rol van de gebruiker - Systeemgebruikersrol

Een veilige en effectieve bedrijfsvoering van een koelsysteem waarbij Legionella wordt beheerst, is het resultaat van een succesvolle relatie tussen de systeemgebruiker en de waterbehandelingsfirma.

Routinematige metingen door de systeemgebruiker zijn een noodzakelijk gevolg van de bedrijfsvoering. De frequentie en de uitvoering van deze routinematige analyses worden bepaald door de karakteristieke systeemcondities. De aanbevolen minimale frequentie van één maal per week maakt het mogelijk om gefundeerde uitspraken te doen over de dosering en de spuisnelheden. De waterbehandelingsfirma moet de operator voorzien van volledige en gedetailleerde lokale testvereisten. De informatie moet een schema bevatten voor de gewenste analyses, met relevante monsternamen en testprocedures, gegevensoverzichten en, indien nodig, testapparatuur voor de operator. In een formele rapportage moeten de resultaten van controles en onderhoud worden vastgelegd.

9.3.3 De rol van de waterbehandelingsfirma

Vertegenwoordigers van de waterbehandelingsfirma moeten een specifieke opleiding hebben gevolgd of over adequate kennis beschikken ten aanzien van waterchemie, koelsysteem karakteristieken, product- en apparatuurtechnologie.

Waterbehandelingspartijen dienen naast het gebied van de waterchemie en technieken, ook op de hoogte te zijn van de actuele wetgeving teneinde de relaties een correct advies te kunnen geven.

Als aan die voorwaarden is voldaan, kan er een efficiënt en effectief waterbehandelingsprogramma worden toegepast bij de klant.

De waterbehandelingsfirma moet heldere en eenduidige schriftelijke instructies verstrekken met betrekking tot het toegepaste behandelingsprogramma, de aanbevolen grenswaarden en de acties die ondernomen moeten worden als de chemische maar ook microbiologische grenswaarden worden overschreden. Voorts is het een plicht om te verwijzen naar de richtlijnen en de wetgeving.

Alle acties die ter plaatse worden uitgevoerd, moeten worden geregistreerd. Verantwoordelijkheden moeten in overleg met de gebruiker worden afgebakend. Resultaten van de waterbehandeling moeten worden geverifieerd aan de hand van vooraf vastgestelde normen. Wordt er een afwijking van de voorgestelde normen geconstateerd, dan moet er, in overleg met de gebruiker, actie worden ondernomen.

De waterbehandelingsfirma zorgt ervoor dat haar staf een volledige training krijgt in het nemen van monsters voor microbiologische analyses of voor de controle op Legionella. De Legionella analyses dienen uitgevoerd te worden door een geaccrediteerd laboratorium conform ISO 11731 en/of NEN 6265.

Om volledige ondersteuning van een behandelingsprogramma te kunnen geven moet de waterbehandelingsfirma aan het bedrijfspersoneel kennis overdragen ten aanzien van:

- 1) de correcte manier van chemicaliënafhandeling en -opslag zoals vereist door de betreffende overheidsregelingen;
- 2) basisprincipes van waterbehandeling en programmakennis;
- 3) vereiste analytische testen op systeemwater;
- 4) acties die moeten worden genomen wanneer resultaten beneden of boven de controlegrenzen uitkomen;
- 5) telefoonnummers en andere gegevens die nodig zijn voor een goede communicatie over verdere acties en adviezen;
- 6) technologische ontwikkelingen;
- 7) uitgebreide beheershandleidingen voor alle geïnstalleerde doseer- en controleapparatuur en de watervoorbehandelingseenheid;
- 8) training van bedrijfsverantwoordelijken in het voeren van een gedetailleerde administratie waarin beheer en onderhoud van de chemische dosering, voorbehandeling en controleapparatuur en onderhoud en uitgevoerde reinigingstaken zijn opgenomen.

9.3.4 Veiligheid

De waterbehandelingsfirma zal ervoor zorgen dat haar staf voldoende kennis heeft om veilig gebruik te maken van de producten die deel uitmaken van het waterbehandelingsprogramma. Het verstrekken van deze informatie aan het bedrijfsmanagement is de verantwoordelijkheid van het waterbehandelingsbedrijf. Het verstrekken van passende informatie ten aanzien van gebruik is de verantwoordelijkheid van het management van het bedrijf dat de waterbehandelingschemicaliën hanteert. Het scholen van bedrijfspersoneel in het omgaan met de waterbehandelingsproducten is de verantwoordelijkheid van het bedrijfsmanagement. De waterbehandelingsfirma kan deze training en informatie aanbieden als deel van de service.

Wanneer een Legionellabesmetting wordt vermoed, moeten geschikte, persoonlijke beschermingsmiddelen worden gedragen. Indien mogelijk moet de ventilator van de koeltoren worden uitgeschakeld.

De aanbevolen ademhalingbeschermingsapparatuur is een hoog efficiënte, positieve-drukapparatuur met een volledige gelaatsbedekking óf een snuitje (FFP3SL). Deze apparatuur moet regelmatig worden geïnspecteerd en waar mogelijk worden getest op een deugdelijke werking.

10. ENVAQUA



Per 1 januari 2015 is ENVAQUA de naam van de fusievereniging van de Vereniging van Leveranciers van Milieutechnologie en Aqua Nederland. In deze nieuwe vorm is de vereniging een krachtige vertegenwoordiger van de Nederlandse technologie die ondernemingen verbindt uit de brede sector van water- en milieutechnologieën.

ENVAQUA wil met haar achterban inspelen op de kansen op het gebied van verduurzamen. Volgens branchemanager André Braakman ligt er voor de branche van water- en milieutechnologieën een kans in de circulaire economie; 'reduce, renew en recover'. "Als multisectoraal platform is onze visie om de Nederlandse technologische oplossingen te koppelen aan het idee van een circulaire economie. Hiermee laten wij nationale en internationale overheden zien dat onze branche integrale oplossingen biedt voor schaarste in grondstoffen." Aldus Braakman.

Voorzitter Erwin Dirkse van DMT Environmental Technology kondigde aan dat de nieuwe vereniging volop gaat inzetten op belangenbehartiging van de milieutechnologie sector en het aanjagen van innovatie en export. De nadruk ligt momenteel op watertechnologie, maar er is ook veel aandacht voor afvalmanagement, bodem, luchtkwaliteit en duurzame energie. De nieuwe website van de vereniging is gelanceerd op www.envaqua.nl.

Contact: envaqua@fme.nl

Telefoon: 088 – 400 8545

Website: www.envaqua.nl

ENVAQUA

Postbus 190

2700 AD ZOETERMEER

11. Literatuur

1. Publications 8th International Conference on Legionella, 2013 - Melbourne – Australia
2. Tran Minh N et al. A community-wide outbreak of legionnaires disease linked to industrial cooling towers – how far can contaminated aerosols spread? *J Infect Dis* 2006; 193: 102-11
3. Uitgave 'Waterbehandeling van open recirculerende koelsystemen', Aqua Nederland, 1996
4. Oesterholt F.I.H.M., '*Arbo-Informatieblad Legionella*' SDU uitgevers 4^e editie 2013 ISBN 978 90 12 57786 1
5. 'A code of practice: the control of Legionellae by the safe and effective operation of cooling systems,' British Association for Chemical Specialities, 1989; update 1995