

Slutrapport

Energistyrelsen – EUDP 2013-I

Journalnr. 64013-0130

Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen

November 2015



STATENS
SERUM
INSTITUT



1 Project details

| | |
|---|--|
| Project title | Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen <i>Microbiologically safe reduction of hot water temperature</i> |
| Project identification (program abbrev. and file) | 2013-I, Journalnr. 64013-0130 |
| Name of the programme which has funded the project | EUDP |
| Project managing company/institution (name and address) | Danish Clean Water A/S Nørrekobbel 11, 6400 Sønderborg |
| Project partners | Teknologisk Institut Statens Serum Institut Syddansk Universitet Sønderborg Sygehus Sønderborg Andelsboligforening Sønderborg Fjernvarme Hotel Comwell, Sønderborg Alsion Sønderborg Kommune |
| CVR (central business register) | DK31283345 |
| Date for submission | 30-11-2015 |

1.1 Resumé

Projekt "Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen" er gennemført med støtte fra Energistyrelsens "Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram" (EUDP). Projektperioden var på to år, fra november 2013 til november 2015.

Formålet med projektet var at demonstrere Danish Clean Water A/S teknologi til Legionellakontrol i varmtvandssystemer, både ved normal og reduceret varmtvandstemperatur i cirkulationssystemet. Ved alternative metoder til Legionellakontrol, kan man fravige de lovpligtige 50 °C i cirkulationssystemet, som kræves for at undgå Legionellavækst. Reduktion af cirkulationstemperaturen er en økonomisk vinding for ejendommen her og nu, men vil på sigt tillade fjernvarmeværkerne at forsyne bygninger med lavtemperatur fjernvarme, hvorved varmetab i distributionsnettet reduceres betragteligt og direkte indfasning af grønne teknologier muliggøres.

Hovedaktiviteterne i projektet indbefatter:

- Installation og indkøring af DCW's unit, herunder udvikling af optimal doseringsstrategi
- Dokumentation af Legionellakontrol med DCW's teknologi ved normal cirkulationstemperatur
- Dokumentation af Legionellakontrol med DCW's teknologi ved reduceret cirkulationstemperatur
- Undersøgelse af fysisk-kemisk påvirkning på rørsystemet ved behandling med Neuthox®(R)
- Dokumentation af besparelser opnået gennem sænkning af cirkulationstemperaturen
- Involvering af centrale interessenter, for her igennem at hjælpe DCW med markedsføring og forretningsmodeller

Igennem projektet har DCW udviklet, hvad vi anser for den optimale installationsopbygning og doseringsstrategi. Ved brug af denne viden har vi dokumenteret:

- Reduktion af Legionellaniveauet til under detektionsgrænsen i cirkulationsledningen på alle installationer, hvor doseringsstrategien følges – både ved normal og reduceret temperatur

- I strengen mellem cirkulation og taphane kan de samme resultater opnås, med den rigtige dosering, hvis der er tilstrækkeligt forbrug – forbrug på tappestedet er en udfordring for alle desinfektionsteknologier
- Fysisk-kemiske påvirkninger uden betydning for rørsystemet i installationens levetid
- Undersøgelse af besparelse på hovedmålniveau gav ingen entydige resultater, men målinger på cirkulationsledninger viste væsentlige besparelser
- SDU's arbejde med centrale interessenter viste behov for at arbejde målrettet med driftsteknikere, da de er første kontaktpunkt med slutbrugerne. Ydermere belyste man et stort markedspotentiale i fjernvarmesektoren

Projektet har vist at det er muligt at sænke temperaturen i varmtvandssystemer med cirkulation og samtidig kontrollere Legionellavækst, hvilket giver mulighed for de næste generationer af lavtemperaturfjernvarme.

1.2 Summary

Project "*Microbiologically safe reduction of hot water temperature*" is completed with support from the Danish Energy Agencies "R&D-programme "EUDP". The project period was two years, from November 2013 to November 2015.

The objective of the project was to demonstrate Danish Clean Water A/S technology for Legionella control in hot water systems, at both normal and reduced temperatures in the circulation system. Using alternative measures for Legionella control, one can deviate from the legislated 50°C, which is needed to prevent growth of Legionella. Reduction of the circulation temperature is a financial gain for the property here and now, but will in the future allow district heating suppliers to supply properties with low temperature heating, which will reduce the piping loss in the distribution pipes considerably and allow direct utilization of green technologies.

The main activities in the project includes

- Installation and commissioning of DCW's unit, including optimization of the dosing strategy
- Documentation for Legionella control with DCW's technology at normal circulation temperatures
- Documentation for Legionella control with DCW's technology at reduced circulation temperatures
- Investigation of physical-chemical effects on the piping system with Neuthox® treatment
- Documentation on savings achieved by lowering the circulation temperature
- Involvement of central stakeholders, hereby helping DCW with marketing and business models

Throughout the project DCW has developed, what we see as the optimal installation setup and dosing strategy. By applying this knowledge, we have documented:

- Reduction of Legionella levels to under the limit of detection in circulation lines in all installations, where the dosing strategy is followed – both at normal and reduced temperatures
- In the line between circulation and tap the same results are achievable, with the correct dosing, if there is sufficient water consumption – water consumption is a challenge for all disinfection technologies
- Physical-chemical effects are without significance for the piping in the installations lifespan
- Investigation in the energy savings on incoming district heating (room heating and hot water) yielded no conclusive results, but measurements on circulation lines showed significant savings

- University of Southern Denmark's work with central stakeholders highlighted the need for involvement of technical service staff, as they are first line of contact with the end user. Furthermore a large market potential was uncovered in the district heating sector

The project has shown that it is possible to lower the temperature in hot water systems with circulation and at the same time control Legionella growth, which makes next generation of low temperature district heating possible.

Indhold

| | |
|--|----|
| 1 Project details | 2 |
| 1.1 Resumé | 2 |
| 1.2 Summary | 3 |
| 2 Indledning | 6 |
| 2.1 Baggrund | 6 |
| 2.2 Formål | 7 |
| 2.3 Hovedaktiviteter | 7 |
| 2.4 Projektpartnere | 13 |
| 2.5 Projektinstallationer | 14 |
| 3 Metode | 16 |
| 3.1 Analyser (Lotte Bjerrum Friis-Holm, Teknologisk Institut) | 16 |
| 3.2 Identifikation/Typning af Legionella (Søren Uldum, SSI) | 18 |
| 4 Resultater | 18 |
| 4.1 Mikrobiologiske resultater | 18 |
| 4.1.1 System 1 | 18 |
| 4.1.2 System 2 | 23 |
| 4.1.3 System 3 | 26 |
| 4.1.4 System 4 | 28 |
| 4.1.5 System 5 | 31 |
| 4.1.6 System 6 | 32 |
| 4.2 Resultater af Identifikation/Typning af Legionella | 35 |
| 4.3 Fysisk-kemiske resultater | 36 |
| 4.3.1 Plastkorrosion (Frederik Steenstrup, TI) | 36 |
| 4.3.2 Metalkorrosion (Niels Winther, TI) | 37 |
| 4.3.3 Trihalomethaner | 38 |
| 4.3.4 Klorider | 40 |
| 4.4 Energibesparelse resultater | 42 |
| 4.4.1 Fjernvarmereduktion (Jan Due Kristensen, SFJV) | 42 |
| 4.4.2 Tomgangstabsreduktion | 44 |
| 4.5 Resultater fra undersøgelser af brugere, serviceteknikere og beslutningstagere (<i>Frederik Gottlieb og Henry Larsen, SDU</i>) | 44 |
| 5.0 kommercielle resultater | 45 |
| 5.1 Formidling | 45 |
| 6.0 Konklusion | 46 |
| 7.0 Perspektivering | 47 |
| 8.0 Bibliografi | 49 |
| 9.0 Bilag | 49 |

2 Indledning

2.1 Baggrund

Fjernvarme (Jan Due Kristensen, Sønderborg Fjernvarme)

Inden for fjernvarmebranchen er der i de seneste år udført flere demonstrationsprojekter med lavtemperaturfjernvarme, med henblik på at minimere tabet i ledningsnettet, hvorved der opnås et mere effektivt fjernvarmesystem.

Demonstrationsprojekter for forskellige forsyningsområder i Danmark viser, at den ofte traditionelle fremløbstemperatur på 75-80 °C i perioder kan sænkes til 50 °C, og forsat levere den nødvendige varme til brugsvandsopvarmning og rumvarme til såvel nybyggeri (lavenergi) som eksisterende byggeri, idet værket samtidigt hæver den cirkulerede vandmængde i nettet. Ved at sænke fremløbstemperaturerne opstår der i midlertidig en barriere i forhold til varmt brugsvand. Varmt brugsvand skal ifølge lovgivningen være minimum 50 °C (fjerneste tapsted og returvand) for at undgå vækst af Legionella i vandet.

Dette EUDP-projekt skal netop demonstrere, at ved indbygning af DCW Units, kan varmtvands-temperaturen sænkes betydeligt uden risiko for vækst af Legionella i vandet. Her vil scenariet være, at fjernvarmeværkerne vil kunne undgå begrænsningen om minimum 50 °C varmt vand, i kontekst til lavtemperaturfjernvarme som f.eks. alternativt vil befordre investering i en installation hos hver forbruger, der kan booste temperaturen på det varme vand til de minimum 50 °C.

Lavtemperaturfjernvarme "ab værk" vil befordre at alle forbrugerinstallationerne inden for forsyningsområderne er kapable for temperatursænkningen, alternativt alle forbrugerinstallationer inden for et afgrænset net med egen blandesløjfe, hvorved der lokalt i fjernvarmenettet opereres med lavtemperaturfjernvarme.

Legionella, smitte og sygdom (Søren Uldum, Statens Seruminstitut)

Legionella er bakterier der er knyttet til våde og fugtige miljøer. De er varmeelskende (og tolerante) og trives godt i menneskeskabte vandsystemer, hvor temperaturen er mellem 25 og 50 °C. De formeres primært i amøber og andre protozoer og er dermed fakultativt intracellulære bakterier. Evnen til at inficere celler gør at nogle Legionella typer/arter også kan inficere mammale celler, herunder en type hvide blodceller (makrofager) hos mennesker, og give sygdom. Der er to klassiske sygdomsbilleder, Pontiac feber og Legionærsygdom. Den første er en influenza-lignende sygdom som kan ramme alle, men som går over af sig selv uden behandling. Den anden er en ofte alvorlig lungebetændelse med en dødelighed på ca. 10 -15%. Risikoen for at få legionærsygdom stiger med alderen, og hvis man har en grundliggende sygdom, specielt kronisk lungesygdom eller svækket immunsystem. Desuden er risikoen for at få legionærsygdom ca. dobbelt så høj for mænd som for kvinder. *Legionella* smitter primært ved indånding af forstøvet vand der er forurennet med bakterierne, men kan også i sjældne tilfælde smitte ved fejlsynkning (aspiration) af forurennet vand. Kendte smitekilder er f.eks. brusebad, køletårne, spa-bade, fontæner, vand-forstøvere og højtryksspuling. I Danmark diagnosticeres der mellem 100 og 200 tilfælde af legionærsygdom om året, der er eventuelt en stigende tendens, som kan hænge sammen med et varmere og mere fugtigt klima. Der findes Legionellabakterier i mange vandsystemer (de fleste) og vi udsættes dagligt for bakterien uden at blive syge, så selv de mest patogene af typerne har lav smitsomhed (virulens/patogenitet). Den konkrete smitterisiko hænger sammen med en række faktorer som typen af *Legionella* (se herunder), koncentrationen af *Legionella*, modtageligheden, graden af forstøvning, størrelsen af aerosolen, luftfugtighed, temperaturen i omgivelserne og graden af sollys. Som nævnt har det betydning for risikoen hvilken type(r) der findes i et system, idet ikke alle typer er lige patogene. Man kan i lidt grove træk rangere *Legionella* på følgende måde efter deres patogenitet eller

virulens, med de mest patogene først –1) *L. pneumophila* serogruppe 1 gruppe Pontiac, 2); *L. pneumophila* serogruppe 1 non-Pontiac og *L. pneumophila* serogruppe 3; 3) andre *L. pneumophila* serogrupper; 4) andre patogene *Legionella* arter (f.eks. *L. longbeachae*, *micdadei*, *bozemanii*) og 5) andre ikke patogene eller meget lav-patogene *Legionella* arter (f.eks. *L. anisa*). Gruppe 1 kan smitte i forvejen raske personer, og er årsag til alle kendte større udbrud (flere syge der er smittet fra samme kilde). *L. pneumophila* typer der tilhører denne gruppe findes relativt sjældent i varmtvandssystemer (årsag til ca. 50% af alle danske tilfælde). Gruppe 2 findes ofte i varmtvandssystemer og giver primære sporadisk sygdom hos ældre og svækkede personer, men kan dog også være årsag til små udbrud på plejehjem og sygehuse, smitter meget sjældent helt raske eller/og yngre personer (årsag til ca. 40% af alle danske tilfælde). Gruppe 3 og 4 er relativt sjældne infektioner hos svækkede personer (årsag til ca. 10% af de danske tilfælde).

I dette studie har vi ud over at bedømme koncentrationen af *Legionella*, også undersøgt hvilke typer der findes i de anvendte systemer. Det var vigtigt at vide for at kunne vurdere risikoen for anlæggene før temperaturen blev sænket, ved tilstedeværelse af bakterier i første ovenstående gruppe (Gruppe 1), måtte man tage ekstra forholdsregler, eller eventuelt undlade at bruge anlægget. Desuden fandt vi det vigtigt at undersøge om der evt. skete et skift i type-sammensætningen i de enkelte vandssystemer. Man kan forestille sig at påvirkningen med biocid kan ændre sammensætningen af bakterier, og måske tilbyde nye nicher og vækst af andre typer end der var ved udgangspunktet, måske endda befordre fremkomst af mere patogene typer. Udover at karakterisere *L. pneumophila* efter serogruppe (se metoder) blev der også udført DNA typning (Sekvens Baseret Typning, SBT) på udvalgte isolater (se metoder), dette for at følge om behandlingen kunne påvirke DNA typen hos bakterierne ved et øget selektionspres. Desuden kan DNA typningen også sige noget om hvor patogene stammerne er, idet nogle Sekvens Typer næsten udelukkende findes hos isolater fra miljøet, mens andre ofte også isoleres fra patienter.

2.2 Formål

Projektets formål er at demonstrere en ny teknologi til at sikre varmtvandsinstallationer mod *Legionella* og samtidigt demonstrere at systemerne kan holdes fri for *Legionella* med en reduceret temperatur.

Skal DCW's desinfektionssystem være en fremtidig løsning til bekæmpelse af *Legionella*, skal følgende problemstillinger besvares:

- Hvordan laves den optimale installation og doseringsstrategi?
- Skaber desinfektionen nogle problematiske fysisk-kemiske problemer i systemet?
- Hvilke barrierer er der for teknologien ift. slutbrugere, teknikere og beslutningstagere inden for varmtvandsbehandling?

2.3 Hovedaktiviteter

1) Udvalgelse af opsætningssteder

Fire af seks installationer var allerede udvalgt før projektstart og indskrevet i projektansøgningen; Alsion, Sønderborg Sygehus, Hotel Comwell Sønderborg og Sønderborg Andelsboligforening. Sønderborg Kommune havde givet tilsagn om yderligere to installationer, som blev udvalgt efter afdækningen af de første installationer var færdiggjort.

Vi har i projektet lagt væk på at have en bygningsmasse med så stor spredning som muligt i type, brugsmønster, alder og opbygning – herved repræsenterer testinstallationerne bedst muligt,

hvad sælgere/installatører kan møde i deres virke. En uddybende forklaring til hver testinstallation findes under afsnit 2.4.

2) Undersøgelse af mikrobiologisk baseline

Før desinfektionsprocessen kunne påbegyndes, dokumenterede vi det bakteriologiske udgangspunkt, med tre baselineprøver, med en måneds mellemrum. Baseline er dokumenteret med både Legionella og varmtvandskim. Varmtvandskim er senere fravalgt, da vi fandt Legionella i alle installationer. Se afsnit 0 for Teknologisk Institut og Statens Seruminstutts beskrivelse af tests og metoder.

3) Undersøgelse af Trihalomethaner

Når man benytter sig af klorprodukter til desinfektion oplever man ofte bekymring omkring dannelsen af klor biprodukter, herunder trihalomethaner (THM), som i store mængder er kræftfremkaldende. THM niveauerne er blevet målt under hele forløbet af projektet. Se resultater under afsnit 4.3.3.

4) Udvikling af speciel controller til Legionellabekæmpelse

I samarbejde med Hydria Elektronik Aps videreudviklede vi på en eksisterende ORP-controller, som DCW tidligere har brugt til applikationer inden for køletårne og varmtvandsbehandling. Udfordringen med dosering i varmtvandssystemer er ophobning af klorider, som vil forekomme hvis der intet forbrug er i længere perioder, da Neuthox® nedbrydes til klorid pga. varmen. En overskydende indgang i den eksisterende controller blev derfor brugt til at modtage pulser fra et vandur i koldt vandstilspædningen på cirkulationssystemet. Herved kan forbrug registreres og doseringen stoppes efter givne parametre. Et nyt og overskueligt computerbaseret interface blev også udviklet til controlleren.

5) Installering og indkøring af DCW's Unit

DCW's Units er installeret verden over og proceduren for dette var fastlagt på forhånd.

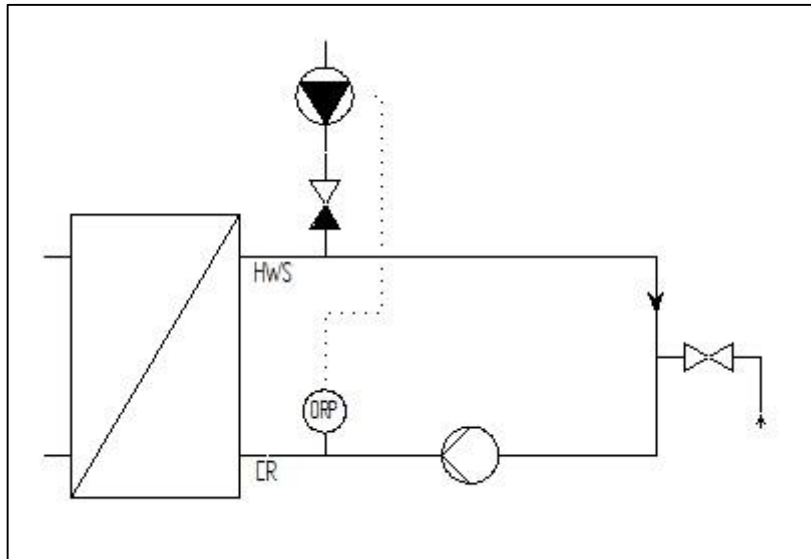
Doseringsystemet var derimod den ukendte faktor. DCW's partnere gør det på forskellig vis alt efter land og regler for vandinstallationer. Fx har man i England tradition for at have eget buffer reservoir, hvor man forholdsmæssigt doserer Neuthox® ind med vand når reservoiret fyldes én gang i døgnet, hvorfra det spredes i hele systemet. I Danmark er det kun lovligt at dosere i det varme vand, hvorfor vi fokuserede herpå.

Det varme vand er et semilukket cirkulationssystem, hvor man har konstant flow i cirkulationsstrengen, selvom der intet forbrug er – dette muliggør at regulere redoxpotentialen i cirkulationsstrengen uafhængigt af forbrug. Modsætningen hertil er det kolde vand, hvor der kun er bevægelse i strengen når et tappested er åbent – I et sådant system er en sensor ikke hensigtsmæssig, hvorfor man benytter proportional dosering via signal fra et vandur. Alternativet til ORP-sensoren er en klorsensor, men da disse er kostbare i indkøb og vedligehold besluttede vi at bruge ORP-sensorer, hvilket også gør anlægget mere konkurrencedygtigt.

ORP-sensoren måler "Oxidation Redox Potential" i mV, som er oxidationspotentialen mellem væsken (det varme vand) og sensorelektroden. Et højt potentiale i væsken betyder at cellevæggen på bakterierne oxideres ved reduktion af Neuthox®.

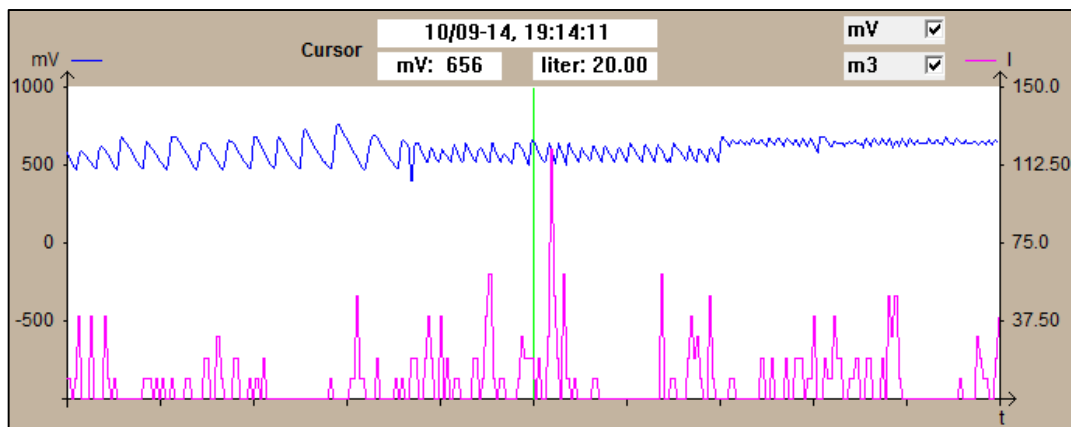
I første version af doseringsstrategien doserede vi i fremløbet efter varmeveksleren og målte på returløbet nær cirkulationspumpen. Formålet med denne opbygning var at garantere en høj residual klor igennem hele systemet – residualen ville dog være højere ved fremløb end returløb pga. varmenedbrud og oxidation.

Figur 1 PI-diagram over første forsøg: installation med dosering i fremløb og måling i cirkulation, retur.



Grundet den lange dødtid i nogle af testinstallationerne, gik der flere minutter fra injektion til måling. Dødtiden forårsagede store udsving i doseringen, hvorfor setpunktet måtte reguleres ned, så oversvinget blev reduceret. Ydermere krævede det timer at indregulere controlleren for at opnå en så jævn dosering som muligt.

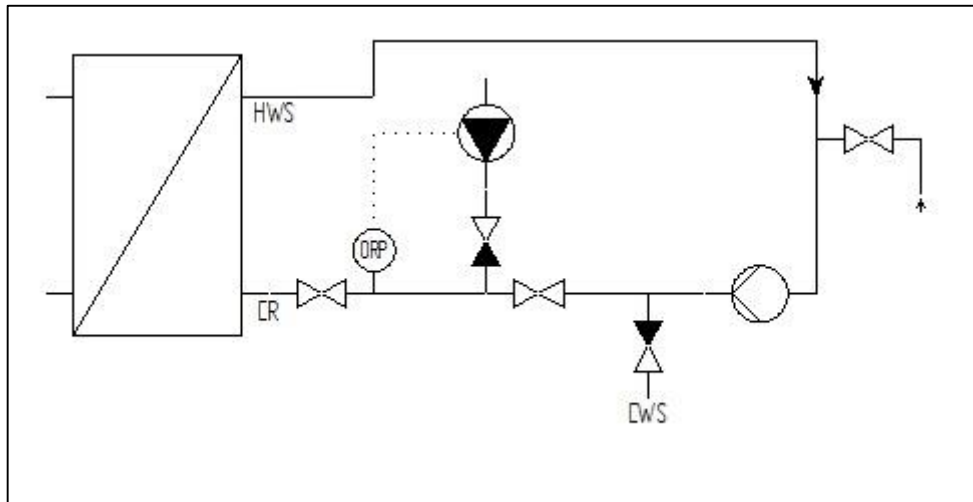
Figur 2 Graf fra datalogger over tre på hinanden følgende dage med dertilhørende parameterændringer
Blå linie = ORP [mV], magenta linie = vandforbrug [L]



Ovenstående billede viser loggen fra dosering i Universitetsblokken på Alsion over tre på hinanden følgende dage. Hver dag er der foretaget en ændring i parametrene på controlleren for at udjævne reguleringen. Det aktuelle setpunkt var 550 mV, men som det ses af den blå linie svinger reguleringen indtil de rette parametre er fundet. DCW kan ikke forvente at deres salgspartnere bruger den samme tid på indkøring og ser helst konceptet er "plug & play", så en enklere metode måtte findes.

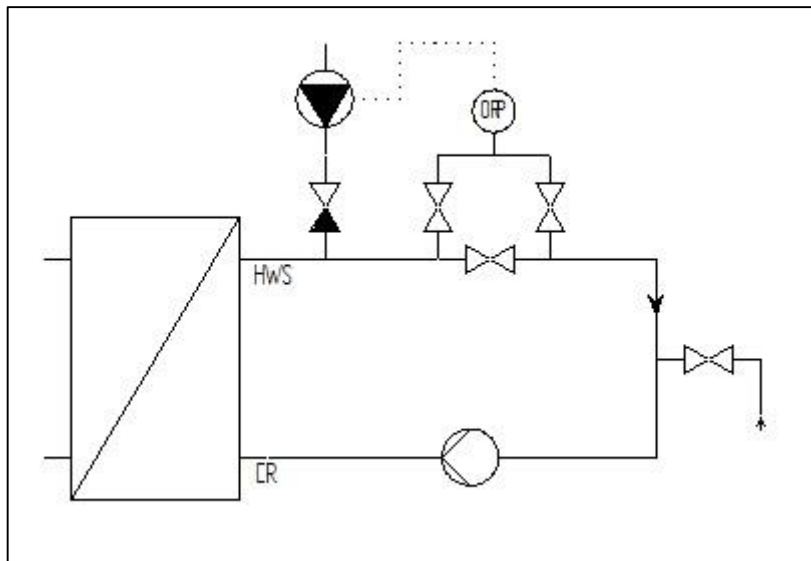
Efter en studietur hos DCW's svenske partner SECON A/S ombyggede vi to af installationerne efter svensk princip. Her doserede og målte man lige før varmeveksleren – dette gav en meget jævn dosering på trods af den dødtid der normalt er forbundet med ORP-sensorer, samt muligheden for at installere uden at lukke for det varme vand til tæppestederne. Strategien medførte at man ikke havde et højt oxidationspotentiale i hele strengen som før, men at røret renses gradvist fra doseringspunktet og fremefter over tid – dette var dog ikke et problem.

Figur 3 PI-diagram over andet forsøg: installation med dosering og måling i cirkulation, retur



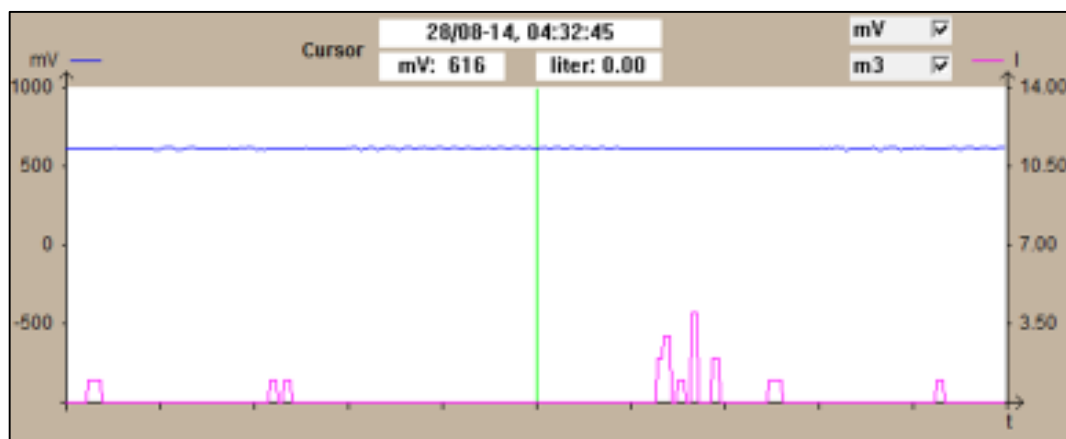
Den nye doseringsstrategi gav en helt jævn dosering, men målinger viste at op mod 60% af den frie klor (FAC) forsvandt gennem varmeveksleren pga. varmenedbrud af Neuthox®, dette medførte kloridopbygning, hvorfor man skiftede til den sidste og endelige strategi. Doseringspunkt og sensor sidder her lige efter hinanden, men på fremløbet. Derved undgås det store nedbrud af Neuthox® til efter en fuld runde i cirkulationskredsen.

Figur 4 PI-diagram over tredje forsøg: installation med dosering og måling i fremløb



Nedenstående billede viser loggen i koncertblokken på Alesion efter ombygningen:

Figur 5 Graf fra datalogger efter ombygning med dosering og måling i fremløbet
Blå linie = ORP [mV], magenta linie = vandforbrug [L]



Doseringen ligger jævnt omkring setpunktet, her 620 mV.

6) Undersøgelse af effekten af DCW's system ved normal drift

Sideløbende med undersøgelsen af den optimale doseringsstrategi tog man løbende vandprøver. Herved dokumenterede vi ikke blot effekten af ændringer på reguleringseffektiviteten, men også på et mikrobiologisk plan. På flere installationer findes derfor vandprøver taget over 3-4 måneder, hvor der løbende er foretaget mekaniske ændringer, dog uden at en væsentlig ændring i mikrobiologien har fundet sted. De mekaniske ændringer er som følger:

- Dosering i fremløb, måling i retur med restriktion på doseringspumpe ift. vandforbruget
- Dosering i fremløb, måling i retur med analog dosering (500-600 mV)
- Dosering og måling i retur med analog dosering
- Dosering og måling i fremløb med analog dosering

Under resultatafsnittet vil prøver taget i denne forsøgsperiode være udeladt, da fokus for denne rapport er et optimalt doseringssystem.

Ved normal cirkulationstemperatur udvalgte man en række prøvehaner, som også indgik i baseline, og fulgte disse i hele perioden. Der er indsat prøvehaner på cirkulationsstregene så disse kunne følges uden om taphaner (vandhaner/brusere).

Da den endelige doseringsstrategi var på plads og effekten registreret, så vi en klar forskel på Legionellaniveauet i cirkulationsstregene, men begrænset til ingen effekt på taphanerne, hvilket skyldes den "døde ende" fra cirkulationsstrengen og ud til tappestedet. Denne del af systemet bliver kun eksponeret for desinfektionsmiddel i det omfang tapstedet anvendes. Vi forsøgte os derfor med følgende for at rengøre helt ud til tappestedet:

- Forhøjet Neuthox® koncentration
- Regelmæssig skylning af tappehaner, manuelt
- Regelmæssig skylning af tappehaner, automatisk

På udvalgte installationer åbnede driftsteknikere derfor for det varme vand tre gange ugentligt i to minutter, men dette gav intet væsentligt resultat. For at udelukke den menneskelige faktor installerede vi vandhaner med selvskyl, så en automatisk skylning fandt sted om natten alle ugens dage. Dette gav heller intet resultat pga. menneskelig indblanding i installationen – brugere skiftede de automatiske haner fra varmt til koldt vand også selvom håndtaget til dette var afmonteret.

Forhøjet Neuthox® koncentration viste sig dog at give resultat på vandhaner med et regelmæssigt forbrug – fx brusere i lejligheder, som formodes at være i brug næsten dagligt. Efter at have kørt med forhøjet koncentration dokumenterede vi effekten af at reducere koncentrationen til "normalt" niveau.

7) Mikrobiologisk dokumentationsfase ved reduceret varmtvandstemperatur

Vi reducerede først varmtvandstemperaturen da Legionella var under anbefalede niveauer fra Statens Serum Institut (SSI). SSIs anbefaling lød som følger:

”Ingen Legionella i cirkulationsstrengen og under 1000 Legionella pneumophila serogruppe 1 i tappesteder”. Efter temperatursænkningen fulgte vi de samme tappesteder som før med tre prøvetagninger over 4-6 måneder.

8) Dokumentation af superklorering ved længerevarende nedlukning af installation

Flere offentlige bygninger har ferielukket i længere perioder, hvor der intet forbrug er på det varme vand. I disse perioder stopper doseringen af Neuthox® som tidligere nævnt for at undgå kloridophobning. Det er også almindelig praksis visse steder at stoppe cirkulationspumpen og lukke af for opvarmningen for at spare penge. Efter en sådan nedlukning vil en opblomstring i mikrobiologien naturligvis finde sted. Vi ønskede derfor at afprøve effekten af superklorering jf. ”European Working Group for Legionella Infections” (EWGLI) anbefalinger, hvor man cirkulerer 50 PPM desinfektionsmiddel i én time og skyller alle vandhaner. Vi udførte dette med en 50 PPM opblanding af Neuthox® med blå farve. Herved kunne vi nemt registrere hvornår taphanen var skyllet igennem med Neuthox®.

9) Undersøgelse af fysisk-kemisk påvirkning af rørføring

Neuthox® indeholder restsalte og varmenedbrud vil ligeledes omdanne Neuthox® til salt, der i mængder over 250 mg/l virker korrosivt på metaller. Derudover kan klor i for høje mængder være korrosivt på metaller, men også på PEX-rør (Granmar, 2011). Klorid- og klorniveauet er derfor overvåget gennem hele projektet.

I samarbejde med TI, indsatte vi korrosionskuponer af repræsentative materialer i udvalgte installationer. De udvalgte installationer havde flere separate varmtvandssystemer hvor vi ikke doserede, derved kunne vi lave kontroltests. Kuponerne sad ét år med dosering.

I Mølleparken plejecenter indsatte vi kobber-, messing- og PEX-kuponer. Metalkuponerne blev sat på samme kuponholder, men var galvanisk adskilt. PEX-kuponerne lå i en filterholder (uden filter), med fuldt flow.

I Stenbjergparken indsatte vi galvaniserede jernkuponer og rustfri stålkuponer, ligeledes på samme kuponholder. Det viste sig desværre at begge kuponer havde rørt rørvæggen, hvorved den galvaniserede kupon var udsat for galvanisk tæring. Efterfølgende indsatte vi kun galvaniske kuponer – disse sad projektperioden ud (fem måneder).

10) Sænkning af varmtvandstemperaturen

Vi sænkede temperaturen til niveauer anbefalet i DS439, som foreskriver at fjernes bakterierne fra vandet på anden vis end varme, vil der alene være behov for at opretholde komforttemperaturen ved tappestedet. Komforttemperaturen er jf. standarden 40°C ved alle tappesteder på nær ved køkkenvaske, som skal holde 45°C.

11) Dokumentation af besparelser opnået gennem reduceret varmtvandstemperatur

Efter temperatursænkningen, udtog Sønderborg Fjernvarme data fra de fire installationer som nu har reduceret cirkulationstemperatur. Dataene er for foregående år, før temperatursænkningen og er korrigeret til sammenlignelige graddage. Da ingen af installationerne har målere udelukkende på det varme brugsvand, kan det være svært at få en præcis besparelse, hvis fx antallet af lejere har svinget og forbruget derfor ikke er ens år for år. Se resultater for fjernvarmebesparelse under afsnit 4.4.1.

Da fjernvarmebesparelsen på hovedmålniveau er behæftet med stor fejlmargen fik vi Dansk Energirådgivning til at måle på flowet i cirkulationsledningerne på de installationer, hvor temperaturen var sænket. Med viden om temperaturforskellen i fremløb og cirkulation (Δt), før og efter, sammenholdt med flow og forbrug, lavede man et beregningseksempel på den årlige besparelse. Se resultater for beregnet besparelse under afsnit 4.4.2.

12) Syddansk Universitets opgaver

I projektet har Syddansk Universitet haft tre hovedopgaver:

- Afdækning af slutbrugeres oplevelse af og ”common sense” forståelse af varmt vand.
- Feltstudier og undersøgelse af Serviceteknikeres erfaringer og udfordringer med teknologien fra Danish Clean Water
- Interviewundersøgelse blandt og workshop for beslutningstagere og frontløbere om deres ”common sense” begreb om varmt vand og forholdet til varmt vands betydning for energibesparelser

2.4 Projektpartnere

EUDP projektet var organiseret med seks slutkunder, ét forsyningselskab, tre forsknings- og teknologi institutioner samt én projektejer. De enkelte partnere og ansvarsområder beskrives efterfølgende.

Danish Clean Water A/S

Danish Clean Water A/S var initiativtager til og hovedansvarlig for projektet. DCW havde projektledelsen, herunder økonomiansvaret for projektet. DCW har haft den største arbejdsopgave, inklusiv håndtering af vandprøver og databehandling, sikret de tekniske installationer blev tilpasset til DCW's løsning og har brugt de erhvervede erfaringer til udvikling af en optimeret unit til dette marked. DCW udarbejder ligeledes en manual for anvendelse af DCW units i varmtvandssystemerne på baggrund af erfaringerne fra projektet.

Statens Serum Institut

Statens Serum Institut (SSI) har foretaget typebestemmelser af Legionella i samtlige vandprøver, hvor Legionella er fundet og har været i stand til at vokse under de givne dyrkningsbetingelser. SSI har ligeledes haft beslutningskompetencen til at beslutte, hvornår de enkelte systemer var klar til at vi kunne reducere varmtvandstemperaturen.

Teknologisk Institut

Teknologisk Institut (TI) havde 2 hovedopgaver i projektet. Den største var at foretage den første analyse af fundne Legionella i alle vandprøver via en qPCR bestemmelse. Da metoden giver et hurtigt billede af om systemet har Legionella, men ikke fortæller om de fundne bakterier er levende, svækkede eller døde, blev der sideløbende dyrket specifikt for Legionella. Ved dyrkningsfund af Legionella bakterier blev disse sendt til SSI for typebestemmelse.

En mindre opgave var via indsatte korrosions kuponer i flere varmtvandssystemer at dokumentere, at der ikke er korrosionsrisiko ved anvendelse af DCW unit.

SDU Sønderborg

SDUs del af projektet var via særlige brugerstudiemetoder, at opfange og beskrive brugernes holdninger til denne løsning. Brugerne i denne sammenhæng er alle, fra en beboer i en ejendom med DCW unit tilsluttet, til smeden, teknisk personale på plejehjem, rådgivende ingeniører og andre der har interesse i og en holdning til teknologien.

Sønderborg Fjernvarme

Sønderborg Fjernvarme har en naturlig interesse i teknologier der muliggør lavtemperatur fjernvarme og deltog både som interessant og som opgaveløser med en mindre opgave. Opgaven bestod i, at undersøge om den energibesparelse der opnås når cirkulationstemperaturen sænkes, kan registreres via de normalt indbyggede forbrugsmålere.

Forsøgsinstallationer

Partnere med DCW units installeret er beskrevet i afsnit 2.5.

2.5 Projektinstallationer

Alsion

Alsion er et videns- og kulturcenter fra 2007, som huser Syddansk Universitet (SDU), Sønderjyllands Symfoniorkester og en række virksomheder. Alsion er inddelt i to cirkulationssystemer, hvor SDU og kantinefunktionen er på ét system og koncertsal, samt virksomheder er på ét andet. Begge systemer er udført i rustfast AISI316 stål med pressamlinger og har ens opbygning, med varmeveksler og mulighed for ekstra opvarmning med el-patron, såfremt dette skulle blive nødvendigt. Beholder med el-patron har været isoleret fra systemet gennem hele projektet. Alsion er udvalgt til projektet da det er en relativt ny bygning og er den eneste i projektet med rustfaste rør. Før projektets start pasteuriserede Alsion sine rør hver søndag ved at hæve cirkulationstemperaturen til 70 °C i 30 minutter. Nedenstående tabel viser driftsdata for Alsions varmtvandssystem før og efter temperatursænkning:

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 55 | 45 |
| RETUR | 45 | 43 |

Hotel Comwell Sønderborg

Hotel Comwell er opført i 1986 og står stadig med originalt varmtvandssystem udført i galvaniserede rør. Opbygningen er en ladekreds med veksler og beholder. Comwell er opdelt i to cirkulationssystemer med køkken, teater og 2/3 af værelserne på én streng og 1/3 af værelserne på den anden. Hotellet råder over 95 værelser i tre plan. Bygningen repræsenterer en ældre del af Sønderborgs bygningsmasse og er udvalgt pga. det høje vandforbrug over hele ugen (ca. 7 m³ pr. dag). Nedenstående tabel viser driftsdata for Comwell varmtvandssystem før og efter temperatursænkning:

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 56 | 45 |
| RETUR | 42 | 40 |

Sønderborg Sygehus

Sønderborg Sygehus er opført i flere etaper startende i 1908 og frem til 1970-erne. I projektet har DCW's Units været tilkoblet tårn 20, som er af den nyere del af hospitalet. Tårn 20 er forsynet med to cirkulationskredse som opdeler tårnet i øvre og nedre etager. Varmtvandsystemet er renoveret af flere omgange og er i dag opvarmet med varmevekslere. Cirkulationsstrengene er udført i galvaniseret stål og sidestrengene i forskellige materialer. Da Sønderborg Sygehus skal reduceres, er varmtvandssystemet væsentligt overdimensioneret ift. den nuværende drift – et billede man ser mange steder i landet. Af hensyn til patienterne er varmtvandstemperaturen holdt meget højt på 65-70°C. Sygehuset er udvalgt pga. dets forbrugsmønster som ikke stemmer overens med systemets størrelse. Ydermere er segmentet yderst relevant, da patienter med nedsat/svækket immun system er i risikogruppen for smitte. Nedenstående tabel viser driftsdata for Sønderborg Sygehus' varmtvandssystem (temperaturen er ikke sænket i den pågældende installation):

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 65 | - |
| RETUR | 56 | - |

Stenbjergparken (Sønderborg Andelsboligforening)

Sønderborg Andelsboligforening stillede blok 6 i Stenbjergparken til rådighed i projektet. Byggeriet er opført i 1969. Hver blok har tre opgange med 6-9 lejligheder i hver. Hver opgang har sin egen varmecentral med to beholdere i serie. Systemet er udført i galvaniseret stål. I forhold til resten af

systemerne i projektet er Stenbjergparken lille og vi besluttede derfor at dosere Neuthox® fra en beholder som løbende blev genfyldt af DCW, frem for at installere en unit, som ville være væsentligt overdimensioneret. Resultaterne fra Stenbjergparken har i stor grad været af antropologisk karakter, da vi har været helt tæt på brugerne af det varme vand i deres eget hjem – problematikker som lugt, smag og pumpestøj har været jævnlige til debat. Temperaturen er ikke sænket i installationen, da forsyningssikkerheden af Neuthox® ikke kunne garanteres, dels pga. genfyldningen af Neuthox® og dels pga. beboere som frakoblede udstyret efter forgodtbefindende. Systemet er udvalgt da vi ønskede en installation med private lejligheder og det dertilhørende varmtvandsforbrug. Nedenstående tabel viser driftsdata for Stenbjergparken, blok 6:

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 60 | - |
| RETUR | 56 | - |

Humlehøj Hallerne

Sønderborg kommune stillede Humlehøj Hallen til rådighed i projektet. Humlehøj Hallen består af to sportshaller og én svømmehal opført hhv. 1978 og 1979. Hele anlægget er forsynet af ét system opbygget som ladekreds med veksler og varmtvandsbeholder. Cirkulationssystemet er udført i galvaniseret stål. Humlehøj Hallen har det største varmtvandsforbrug i projektet med 12 m³ pr. dag. Humlehøj Hallerne er udvalgt til projektet da dennes ferietider følger skolernes og udfordringerne med dosering ved ferielukning kunne afprøves. Nedenstående tabel viser driftsdata for Humlehøj Hallens varmtvandssystem før og efter temperatursænkning:

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 67 | 54 |
| RETUR | 55 | 48 |

Mølleparken Plejecenter

Mølleparken Plejecenter består af tre cirkulationssystemer, hvor to forsyner beboerne (opført 2002) og det sidste forsyner administrationsbygningen og fælleskøkkenet. De to systemer til beboerne er sammenlignelige. Alle systemerne er udført i kobberrør og opvarmes udelukkende med veksler. Plejecentret er udvalgt til projektet, da vi ønskede en installation med kobberrør og segmentet med "udsatte borgere" er interessant i Legionellasammenhænge. Nedenstående tabel viser driftsdata for Mølleparken Plejecenters varmtvandssystem før og efter temperatursænkning:

| | FØR | EFTER |
|--------------|-----|-------|
| FREM | 55 | 48 |
| RETUR | 45 | 43 |

3 Metode

Testinstallationerne er i det følgende benævnt med numre for at hemmeligholde bakterieprøvernes oprindelse.

Farvekoderne brugt i resultatskemaerne er lavet jf. anbefalingen fra SSI, se nedenstående tabel:

Tabel 1 Farvekodning af Legionellaresultater jf. SSIs anbefalinger

| LEGIONELLA [CFU/L] | HANDLINGSKONSEKVEN/REAKTION |
|-------------------------------|---|
| ≤999 | <i>Lavt</i> |
| 1.000-9.999 (GRØN) | <i>Lavt til moderat</i> Overvej enkle forbedringer af anlægget |
| 10.000-99.999 (GUL) | <i>Højt</i> Overvej forbedringer af anlægget og/eller desinfektion. Situationen skal overvåges. |
| ≥100.000 (RØD) | <i>Meget højt</i> Anlægget bør gennemgås og afhjælpende foranstaltninger iværksættes |

Prøvetagning

For hvert prøvested er der blevet udtaget prøver for at vurdere den mikrobiologiske status af systemet inden behandling med Neutox (baseline). I samtlige installationer har vi fulgt cirkulationsledningen ved at tappe vandprøver i fremløbet og på returledningen. Ydermere har vi udvalgt tappesteder, som regel fjernest på strengen, og fulgt sideløbende. På tappesteder skelner man mellem A- og B- prøver. A-prøver er "straksprøver", hvor man tapper den første liter vand i strengen inklusiv vandhane, bruser, bruseslange og hvad der ellers måtte være tilsluttet. A-prøverne vil i høj grad bære præg af hvor ofte tappestedet er i brug, da den kun eksponeres for biocid (eller varme) i de perioder hvor der tappes vand. B-prøverne er taget efter tappestedet har stået tændt indtil en stabil temperatur er opnået – normalt efter 2-3 min. Denne prøve vil være en blanding af hvad der befinder sig i cirkulationen og strengen derfra til tappestedet. B-prøverne er som regel lavere end A-prøverne, men højere end cirkulationsprøver.

Prøver blev udtaget i sterile 1L flasker tilsat Natrium Thiosulfat (18mg/l) for at neutralisere eventuelle klorrester. Inden udtagning blev prøvehaner desinficeret med sprit. Umiddelbart efter prøvetagning blev temperaturen målt i det udtagne vand. Alle prøver blev udtaget fra varmtvandssystemet.

Prøverne blev bragt til Teknologisk Institut i Århus for analyse. I de fleste tilfælde blev prøverne sat på køl natten over og analyser igangsat den følgende morgen.

For at reducere mængden af prøver snævrede man med tiden fokus ind, så prøver fra hvert system omfattede cirkulation, samt en A- og B-prøve fra tappestedet. Det er disse tre prøver der danner grundlag for nedenstående databehandling.

3.1 Analyser (Lotte Bjerrum Friis-Holm, Teknologisk Institut)

I forbindelse med baseline-studierne blev vandprøverne undersøgt for både varmtvandskim (bakterier der kan gro ved høje temperaturer) og Legionella. Dette muliggjorde at få et billede af systemernes overordnede mikrobiologiske status. Selv hvis der ikke var Legionella til stede, ville man kunne påvise effekten af behandlingen med Neutox, ved at følge mængde af varmtvandskim. Det viste sig dog, at alle systemer indeholdt Legionella og fokus blev derfor hurtigt kun på disse.

Varmtvandskim

Varmtvandskim blev bestemt ved hhv. 37 °C, 44 °C og 55 °C efter DS 2402:1999 – 1. Princippet er at vandprøver fortyndes og 1 ml fortynding bliver overhældt med flydende agar (dybdeudsæd). Efter inkubering tælles antallet af bakterie-kolonier (cfu, colony forming units) der vokser op ved de pågældende temperaturer

Legionellaanalyser

Legionella blev undersøgt med to forskellige metoder. Dels med qPCR – en DNA-baseret metode, og dels ved traditionel dyrkning. Analyserne blev udført iht. Kemisk og Mikrobiologisk laboratoriums interne metoder:

- *Legionella* dyrkning, DS 3029:2001. Intern metode MA 298-01.
- *Legionella* spp. qPCR-assay. Intern metode MA 461-01.
- *Legionella pneumophila* qPCR assay. Intern metode MA 450-01.

Dyrkningen foregik efter DS 3029:2001, 1. udgave ” Miljøundersøgelse – Bestemmelse af Legionella – Opkoncentrering og kolonitælling på fast substrat – Overfladeudsæd”.

Vandprøven bliver udsået på Legionella-specifikke agarplader. Pladerne inkuberes ved 37 grader i 10 dage, hvorefter kolonierne tælles og verificeres på nye agarplader (hhv. BYCE og blodagar). Kolonier der kan gro på BYCE plader, men ikke på blodagar, formodes at være Legionella. Kolonierne blev yderligere bestemt til type på SSI, som beskrevet herunder.

qPCR er en molekylærbiologisk metode hvor bakteriernes DNA oprenses og kvantificeres ved opformering i en PCR maskine. Vandprøver filtreres ned på et filter for opkoncentrering af bakteriemassen og DNA ekstraheres efterfølgende fra filteret. Kvantitativ analyse for alle Legionella-bakterier (*Legionella* spp.) samt en yderligere analyse specifik for *Legionella pneumophila* blev udført på alle prøver.

Fordele og ulemper ved dyrkning kontra qPCR til Legionellabestemmelse:

Fordelen ved PCR er bl.a. at metoden er hurtigere end dyrkning. Legionellabakterier gror meget langsomt og hvis der ønskes et hurtigere svar kan PCR være en løsning. Derudover vil PCR metoden kvantificere alle de Legionellabakterier, der er tilstede i en prøve, også dem der er svækkede og ikke vil kunne dyrkes, de såkaldte ”viable but not culturable”. Samtidig vil døde bakterier i en vandprøve også blive kvantificeret ved qPCR og der skelnes ikke mellem døde og levende i de anvendte metoder. Dette kan naturligvis være en ulempe, da de døde bakterier ikke udgør nogen risiko.

Dyrkningen har den klare fordel, at de Legionellabakterier der findes er levedygtige og at man har mulighed for at identificere de fundne stammer yderligere igennem typning. Ved typning er det således muligt at bestemme hvilken serogruppe af *Legionella pneumophila*, der er tale om og dette kan fx anvendes i risikovurdering samt til sporing af bakterierne i systemer og hermed vurdere hvorvidt det er de samme Legionella-typer der sidder ved alle tappesteder.

I nærværende projekt, har vi valgt at bestemme Legionella vha. begge de ovennævnte metoder. Fordelen ved dette har været at vi dels har haft mulighed for at type de fremkomne stammer og dels har haft mulighed for at følge niveauet af dyrkbare bakterier, som er dem anbefalingerne fra SSI går på. Ved også at følge Legionella med qPCR har vi haft mulighed for løbende at kvantificere alle Legionella i systemet – også dem der ikke er dyrkbare.

Benyttelse af både molekylære metoder og klassisk dyrkningsbaserede metoder har derfor muliggjort både screening af alle 6 steder hvor DCW-systemet er blevet indkørt, samt mere specifik analyse af udvalgte isolater for at vurdere udbredelse og patogenicitet af de fundne Legionella-typer.

3.2 Identifikation/Typning af Legionella (Søren Uldum, SSI)

Suspekter *Legionella* kolonier blev analyseret og karakteriseret ved hjælp af en række metoder. *Legionella* har til dels et specielt udseende og lugt på de specielle agar plader, der understøtter deres vækst. Man kan yderligere sandsynliggøre om det er *Legionella* ved at så dem ud på et substrat der understøtter væksten af de fleste dyrkbare bakterier, som f.eks, en blodagar-plade, hvis kolonien ikke vokser her, er det sandsynligt *Legionella*. Herefter kan der foretages en grov opdeling ud fra deres reaktion med antistoffer, i det her studie er der anvendt et kit fra firmaet Oxoid, Legionella Latex Test Kit, der kan inddele isolaterne i *Legionella pneumophila* serogruppe 1, serogruppe 2-15, og *Legionella non-pneumophila* (andre arter end *pneumophila*). Ovenstående latex metode er dog ikke en helt sikker metode, f.eks. er det ikke alle *Legionella*arter den kan påvise. *L. pneumophila* kan inddeles i de 15 serogrupper og serogruppe 1 kan opdeles i de 8 subgrupper ved hjælp af monoklonale antistoffer (Dresden panel) i et ELISA opsæt. Som nævnt i det indledende kapitel kan serogruppe 1 opdeles i to hovedundergrupper, en som er mere patogen (Pontiac) og en som er mindre patogen (non-Pontiac), hver af disse grupper består af 4 subgrupper. I nogle tilfælde påvises der andre arter end *L. pneumophila*, som der også er gjort i denne undersøgelse. Man kan anvende forskellige metoder til artsidentifikation, i denne undersøgelse er non-*pneumophila* isolater (og i nogle tvivlstilfælde også *L. pneumophila*) undersøgt ved såkaldt MALDI-TOF (Bruker) metode som er en form for massespektrometri. Hver bakterieart har et unikt spektrum, og på den måde kan arten identificeres.

Udvalgte kolonier fra alle anlæg og fra alle prøvetagninger blev undersøgt med ovenstående metoder, således at vi har et fuldt billede af hvilke typer der var i anlæggene og om der skete ændringer i sammensætningen.

Ud over at serogruppe bestemme *L. pneumophila* isolaterne, blev udvalgte isolater også DNA typet med Sekvens Baseret Typning (SBT). Ved denne metode DNA-sekventeres 7 loci (genområder), på den måde får man en DNA (SBT) sekvens type (ST). Blot en mutation i et af de 7 områder vil resultere i en ny type. Med metoden kan man således se hvor stabil Legionella-floraen er over tid, samt bruge resultaterne til at vurdere hvor patogene stammerne er.

4 Resultater

4.1 Mikrobiologiske resultater

4.1.1 System 1

System 1 består af to separate varmtvandssystemer, herfra benævnt 1.1 og 1.2. Begge systemer er behandlet med Neuthox®. System 1.1 er ikke ombygget med dosering og måling i fremløb, men kører efter det gamle princip med dosering i fremløb og måling i retur.

System 1.1

Cirkulation

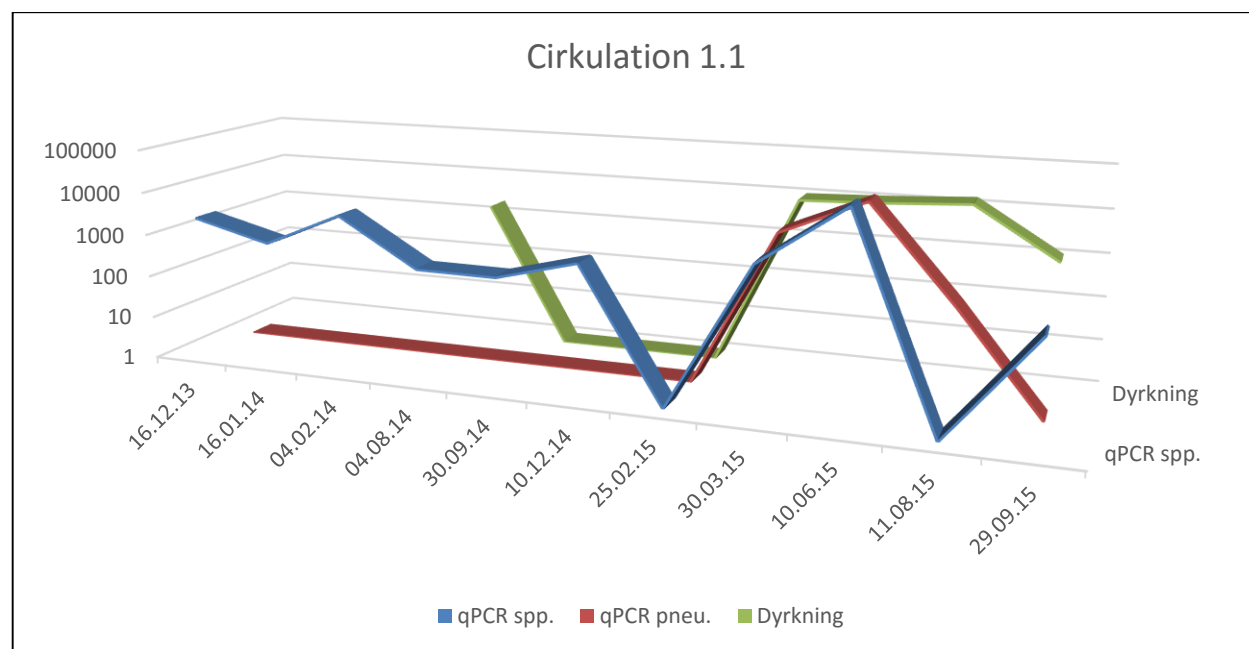
De første to prøver i baseline (før gul streg) er taget fra den første vandhane på strengen, efter at have skyllet til den højeste mulige temperatur var opnået. Ved den tredje prøvetagning er en prøvehane installeret direkte på cirkulationsstrengen til formålet.

Mellem d. 04.02.14 og 04.08.14 er prøvesæt udeladt, da vi i denne periode arbejder med forskellige doseringsstrategier, før den endelige løsning implementeres og værdierne derfor fluktuerer (fuldt prøvesæt kan ses under bilag 01). Systemet er ikke ombygget, da det bruges som reference ift. de ombyggede installationer.

Tabel 2 Resultater for Legionella-analyser i cirkulationsprøver i System 1.1. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket, lilla streg = doseringsniveau hævet

| Cirkulation system 1.1 | 16.12.13 | 16.01.14 | 04.02.14 | 04.08.14 | 30.09.14 | 10.12.14 | 25.02.15 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 2254 | 785 | 4845 | 398 | 382 | 1160 | ND | 2378 | 50895 | ND | 279 |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 4232 | 27497 | 203 | ND |
| Dyrkning | | | | 2000 | ND | ND | ND | 9500 | 11000 | 14000 | 1000 |

Figur 6 Logaritmisk kurve over resultater fra cirkulationsprøver i system 1.1



Det ses at der er meget lille forskel på prøverne frem til d. 25.02.15 ift. baseline. Efter det gode resultat d. 25.02.15, sænkede vi cirkulationstemperaturen i fremløb (blå streg), hvilket forårsagede en opblomstring i mikrobiologien. For igen at reducere Legionellaforekomsten hævede vi doseringsniveauet (lilla streg), men uden effekt, da niveauet af Legionella fortsat steg ved dyrkning. Cirkulationstemperaturen blev efterfølgende hævet igen, da anbefalingen fra SSI på <1000 cfu/L ikke kunne indfries.

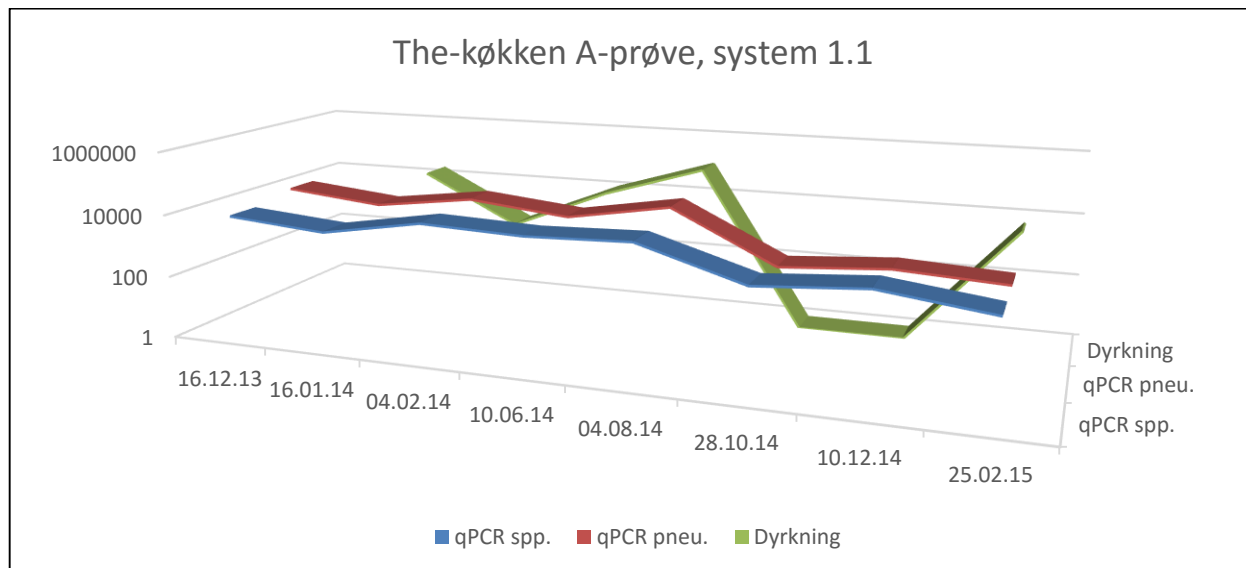
Tappedsted

Ét tappedsted sidst på strengen har også været fulgt i perioden, men udfordringerne i cirkulationen, sammenholdt med et lavt varmtvandsforbrug på tappedstedet gjorde det umuligt at fjerne Legionella fuldstændigt. Tappedstedet er en håndvask i et the-køkken, hvor der primært blev brugt koldt vand til el-kedel til kaffe og the, samt drikkevand. Tappedstedet er ikke testet efter temperatursænkningen d. 25.02.15.

Tabel 3 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 1.1. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket

| The-køkken A, system 1.1 | 16.12.13 | 16.01.14 | 04.02.14 | 10.06.14 | 04.08.14 | 28.10.14 | 10.12.14 | 25.02.15 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 7580 | 4193 | 14587 | 11100 | 14079 | 1500 | 2600 | 1000 |
| qPCR pneu. | 14005 | 6788 | 17795 | 8420 | 29982 | 780 | 1340 | 900 |
| Dyrkning | | 20000 | 510 | 11000 | 112000 | ND | ND | 6000 |

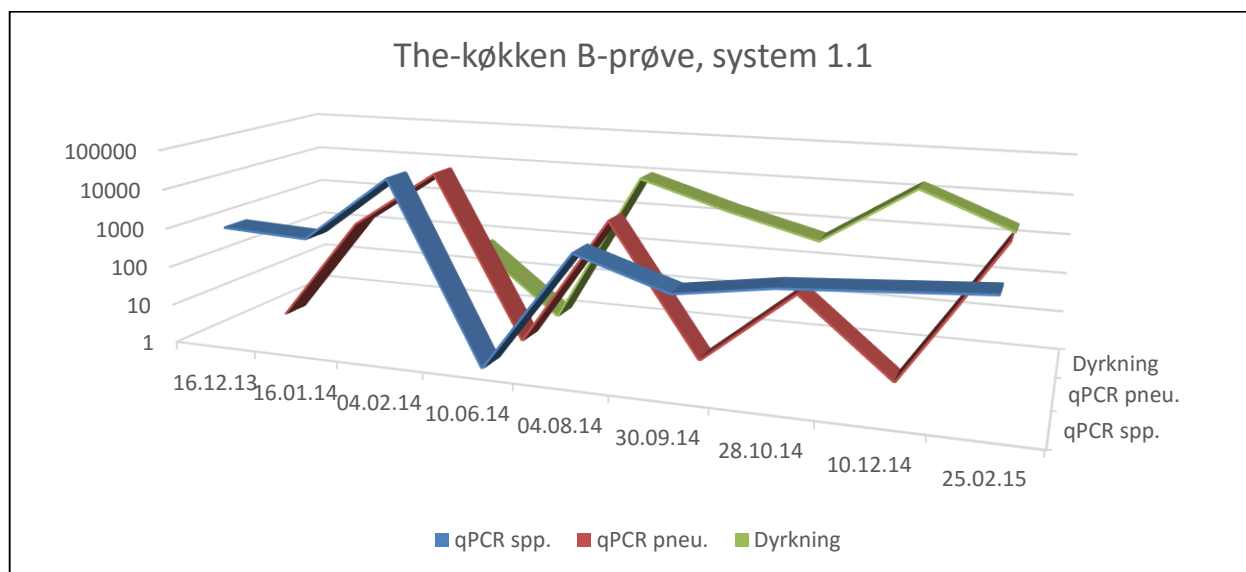
Figur 7 Logaritmisk kurve over resultater fra tappesteds A-prøver i system 1.1



Tabel 4 Resultater for Legionellaanalyser i B-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 1.1. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket

| The-køkken B, system 1.1 | 16.12.13 | 16.01.14 | 04.02.14 | 10.06.14 | 04.08.14 | 30.09.14 | 28.10.14 | 10.12.14 | 25.02.15 |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 919 | 720 | 34102 | ND | 1212 | 217 | 490 | 698 | 1000 |
| qPCR pneu. | ND | 553 | 17254 | ND | 2292 | ND | 86 | ND | 4000 |
| Dyrkning | | | 60 | ND | 10000 | 2000 | 500 | 16000 | 2000 |

Figur 8 Logaritmisk kurve over resultater fra tappesteds B-prøver i system 1.1



Det ses af ovenstående logaritmiske kurver at A-prøven er forblevet på et ret stabilt niveau jf. qPCR analyserne. Dog observeres et fald på 1 log enhed efter d. 28.10.14. Dyrkningen indikerer ligeledes et dyk fra d. 28.10 til 10.12, 2014, hvor der ikke findes dyrkbare Legionella, men d. 25.02.15 er det igen muligt at finde Legionella i A-prøven. Grunden til at der ses positivt Legionellaresultat med qPCR, selvom intet kan dyrkes, kan både skyldes at de Legionella der stadig er i systemet enten er meget svækkede, så de ikke kan dyrkes, eller er døde. Der vil som hovedregel altid være visse ikke-dyrkbare bakterier i et givent miljø, som vil findes med DNA metoder. Et positivt qPCR resultat er som minimum tegn på at der stadig er Legionella-DNA i systemet.

Når alle celler og biofilm er fjernet forventes qPCR resultatet at være negativt. B-prøven fluktuerer stærkt og indikerer ikke nogen varig ændring i Legionellaniveauerne.

Delkonklusion, system 1.1

Cirkulationssystemet har tre på hinanden følgende prøver fra d. 30.09.14 til d. 25.02.15 og Legionellaforekomsten er i denne periode under kontrol, selvom der stadig findes svækkede og døde Legionella ved qPCR. Efter forsøg med reduktion af temperaturen ser vi en kraftig opblomstring, som ikke kan holdes nede på trods af forsøg med højere koncentrationer – temperaturen er hævet igen. Da der ikke har været nok forbrug på tæppestedet har vi ikke set nogen nævneværdig ændring i mikrobiologien.

System 1.2

Cirkulation

Ligesom i system 1.1 havde system 1.2 ingen taphane på cirkulationsstrengen, denne blev først installeret til den sidste baseline-prøvetagning og kun én prøve foreligger derfor for cirkulationen før behandling med Neutox (gul streg).

Mellem d. 04.02.14 og 30.09.14 er prøvesæt udeladt fra tabellen, da vi i denne periode arbejder med forskellige doseringsstrategier, før den endelige løsning implementeres (fuldt prøvesæt kan ses under bilag 01). Systemet er ombygget med dosering og måling i fremløbet.

Tabel 5 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 1.2. Ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket, lille streg = doseringsniveau hævet

| Cirkulation system 1.2 | 04.02.14 | 30.09.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 3438 | ND | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | ND | ND | ND | ND | ND |

Baseline-prøven detekterede Legionella species, men ikke *L.pneumophila*. Denne prøve er imidlertid desværre ikke dyrket. Siden dosering efter optimal doseringsstrategi, er der ikke fundet Legionella i cirkulationsstrengen, hverken ved qPCR eller dyrkning.

Mellem d. 30.03.15 og 10.06.15 sænkede vi temperaturen i cirkulationsledningen (blå streg) i fremløbet. I dette tilfælde så vi ingen opblomstring af Legionella, hvilket formentlig kan tilskrives den valgte doseringsstrategi, hvor der doseres og måles i fremløbet – herved opnås et konstant oxidationsniveau.

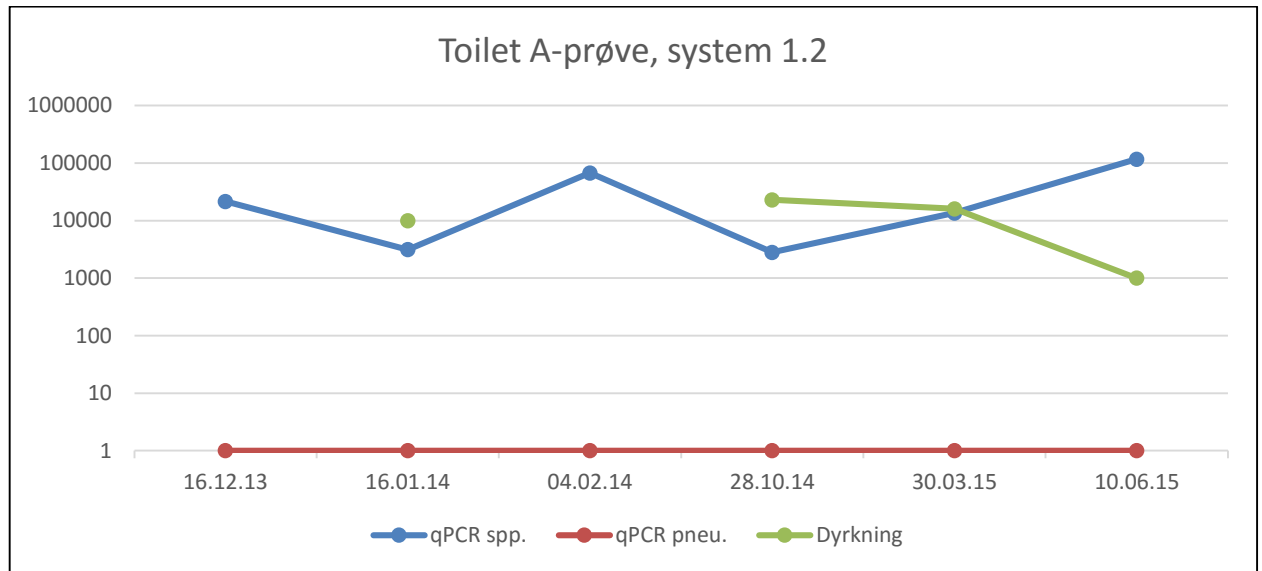
Tæppested

I system 1.2 har et tæppested været fulgt i perioden. Tæppestedet var en håndvask på et toilet på gangen tilgængeligt for hele bygningen. Varmtvandsforbruget var lavt og sjældent langvarigt, da det blot anvendtes til håndvask efter toiletbesøg. Tæppestedet havde en lang dødstreng til cirkulationsledningen – det tog op mod to minutter før vandet blev varmt ved hanen, så strengen blev kun sjældent eksponeret for desinfektionsmiddel. Resultaterne for A og B prøver fra dette tæppested kan ses herunder.

Tabel 6 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tæppestedet fjernest på strengen i System 1.2. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket, Lilla streg = doseringsniveau hævet

| Toilet A, system 1.2 | 16.12.13 | 16.01.14 | 04.02.14 | 28.10.14 | 30.03.15 | 10.06.15 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 21569 | 3140 | 67312 | 2800 | 13593 | 117236 |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | 10000 | | 23000 | 16000 | 1000 |

Figur 9 Logaritmisk kurve over resultater fra tappesteds A-prøver i system 1.2

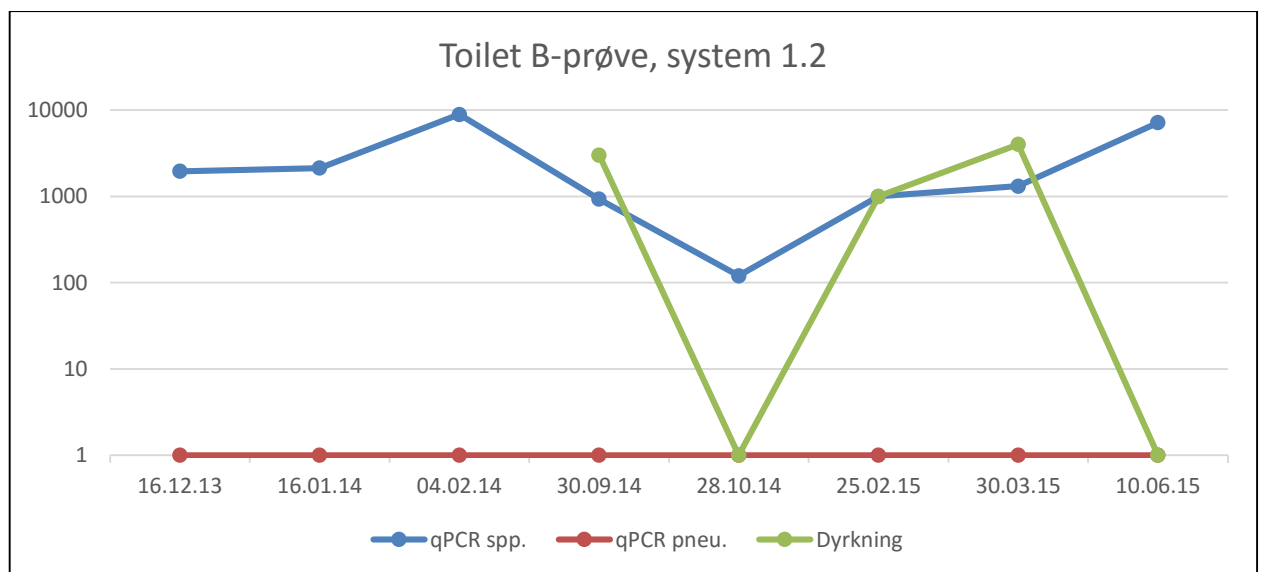


Tabel 7 Resultater for Legionella analyser i B-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 1.2. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret

Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket, Lilla streg = doseringsniveau hævet

| Toilet B, system 1.2 | 16.12.13 | 16.01.14 | 04.02.14 | 30.09.14 | 28.10.14 | 25.02.15 | 30.03.15 | 10.06.15 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 1949 | 2122 | 8901 | 930 | 120 | 1000 | 1312 | 7163 |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | | | 3000 | ND | 1000 | 4000 | ND |

Figur 10 Logaritmisk kurve over resultater fra tappesteds B-prøver i system 1.2



På qPCR-resultaterne for henholdsvis species og *L. pneumophila* ser man meget lille variation i perioden, på trods af flere tiltag. Bl.a. installation af selvskyllende vandhaner, der åbner 3-11 minutter om natten og øgning af koncentrationen (lilla streg). Gentagne forsøg med selvskyllende vandhaner blev foretaget, men brugere af toiletet skiftede konsekvent til koldt vand også efter håndtaget til dette var skruet af – det kan tænkes at danskernes energibevidsthed går imod brugen af varmt vand til håndvask.

Der påvises Legionella species ved tappestedet, men ikke *L. pneumophila*.



Delkonklusion, system 1.2

Efter påbegyndt dosering med korrekt doseringsstrategi har der ikke været konstateret Legionella i cirkulationsledningen ved nogen af de anvendte analysemetoder. En dyrkning af den ene baselineprøve havde været ønskelig til at bevise Neuthox®' effekt herfor. Ligesom ved system 1.1 har tæppestedet ikke haft højt nok forbrug til at kunne desinficeres og forsøg på at øge forbruget slog fejl.

4.1.2 System 2

System 2 har ét varmtvandssystem fordelt på flere etager. Vi fulgte her to lejligheder på hhv. 2. og 3. etage sideløbende i håb om at kunne konstatere forskel i behandlingstiden, da 2. etage hurtigere ville blive udsat for biocidet end 3. etage. Bakterieniveauerne i begge lejligheder fulgtes dog ad og vi besluttede at nedlægge prøvestedet i lejlighed 2 (på 2. etage), for at reducere mængden af vandprøver. Vandprøver fra lejlighed 2 kan ses under bilag 01.

System 2 blev først sent i projektet ombygget (ultimo januar 2015) med dosering og måling i fremløb, da dødtiden i systemet var kort og dosering i fremløb og måling i retur derfor ikke gav anledning til problemer med overdosering. Pga. luft omkring sensoren besluttede vi at flytte målepunktet så det lignede de resterende installationer. Da systemet har været udsat for optimal dosering igennem hele projektet er alle datasæt vist.

Cirkulation

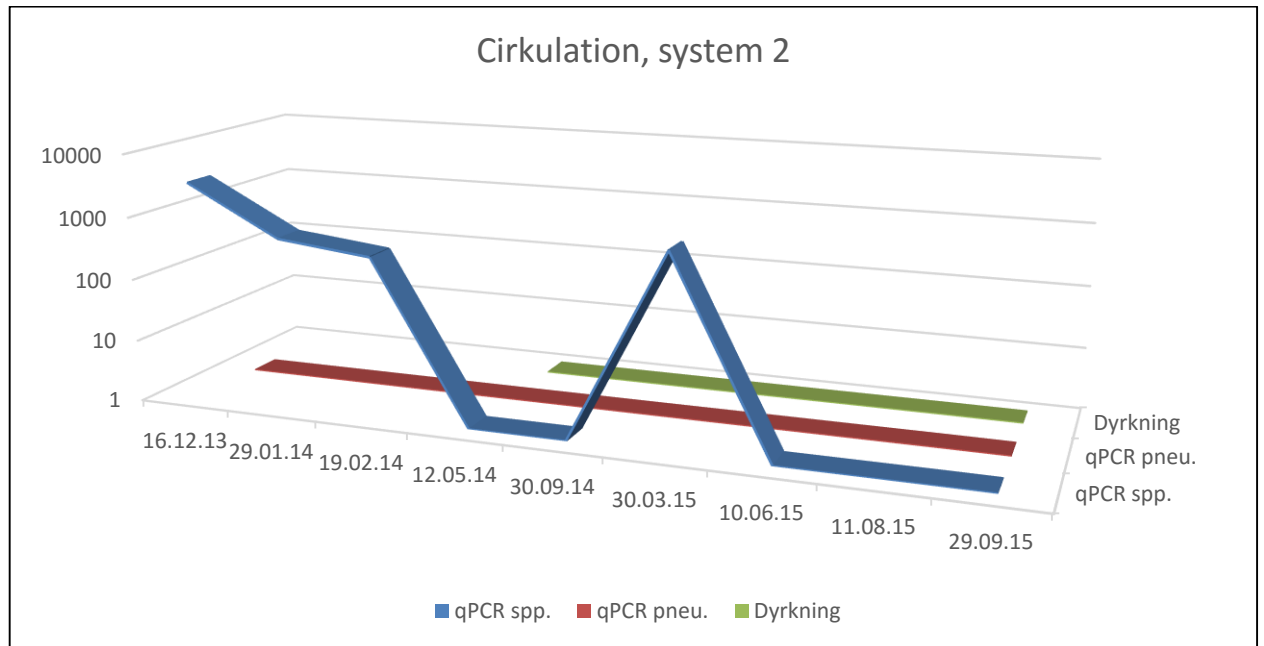
I system 2 fandt vi de laveste niveauer af Legionella i baseline-prøverne (før gul streg), sammenlignet med de andre installationer. Grunden hertil var sandsynligvis de meget høje mængder af varmtvandskim i systemet, som udkonkurrerede Legionellabakterierne. Der blev ikke påvist *L. pneumophila* i baselineprøverne, men kun meget lave niveauer af Legionella species. Under gennemgang af systemet fandt vi en bypass-ventil åben, som lukkede koldt vand ind i cirkulationsstrengen efter opvarmning i beholderen. Temperaturen i systemet var derfor lav, selvom temperaturerne tilsyneladende var 56 °C og der over. Legionellaresultaterne fra cirkulationssystemet kan ses herunder.

Tabel 8 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 2. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret

Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket + doseringsniveau hævet, Lilla streg = doseringsniveau sænket

| Cirkulation, system 2 | 16.12.13 | 29.01.14 | 19.02.14 | 12.05.14 | 30.09.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 3341 | 549 | 374 | ND | ND | 1110 | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | | | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Figur 11 Logaritmisk kurve over resultater fra cirkulationsprøver i system 2



Efter den blå streg sænkede vi cirkulationstemperaturen og hævede koncentrationen af Neuthox® i håb om at desinficere helt ud til tappestedet.

Tappested

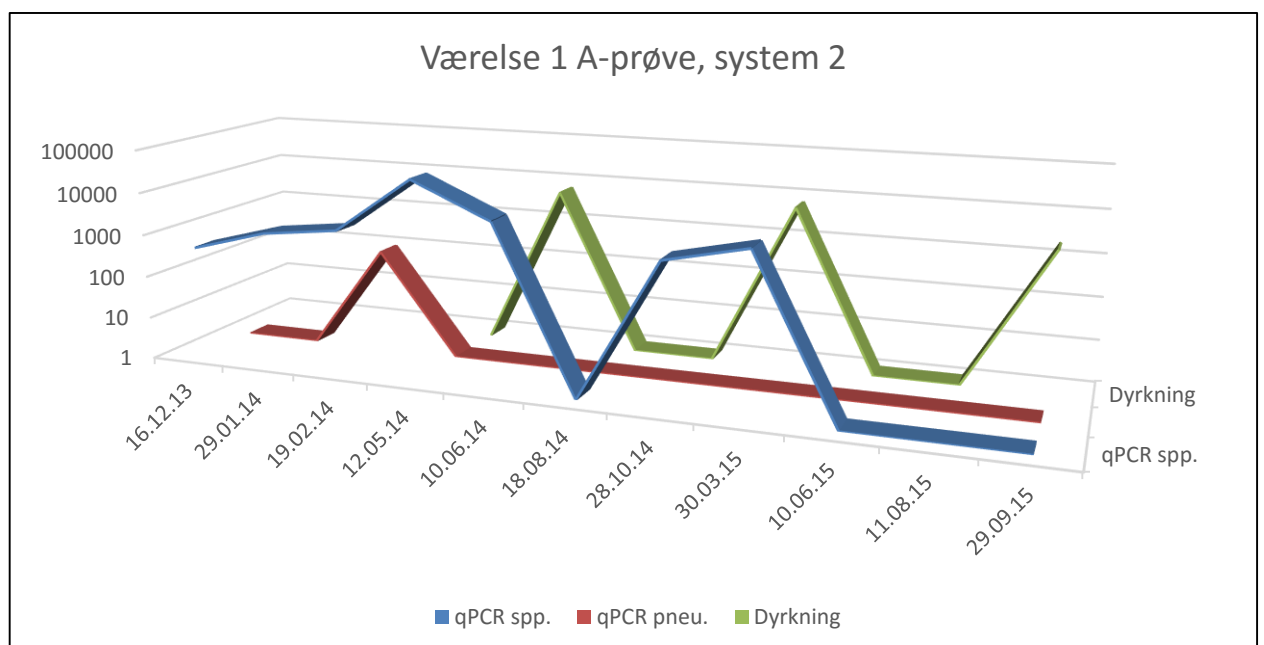
Tappestedsprøverne er udtaget fra bruser på badeværelset. A-prøven er taget fra bruseslange uden hoved og B-prøven er udtaget bagved blandingsbatteriet.

Tabel 9 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 2. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret

Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket + doseringsniveau hævet, Lilla streg = doseringsniveau sænket

| Lejlighed 1 A | 16.12.13 | 29.01.14 | 19.02.14 | 12.05.14 | 10.06.14 | 18.08.14 | 28.10.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 442 | 1377 | 2251 | 43899 | 6950 | ND | 2000 | 5160 | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | ND | 267 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | | | ND | 6000 | ND | ND | 6500 | ND | ND | 2000 |

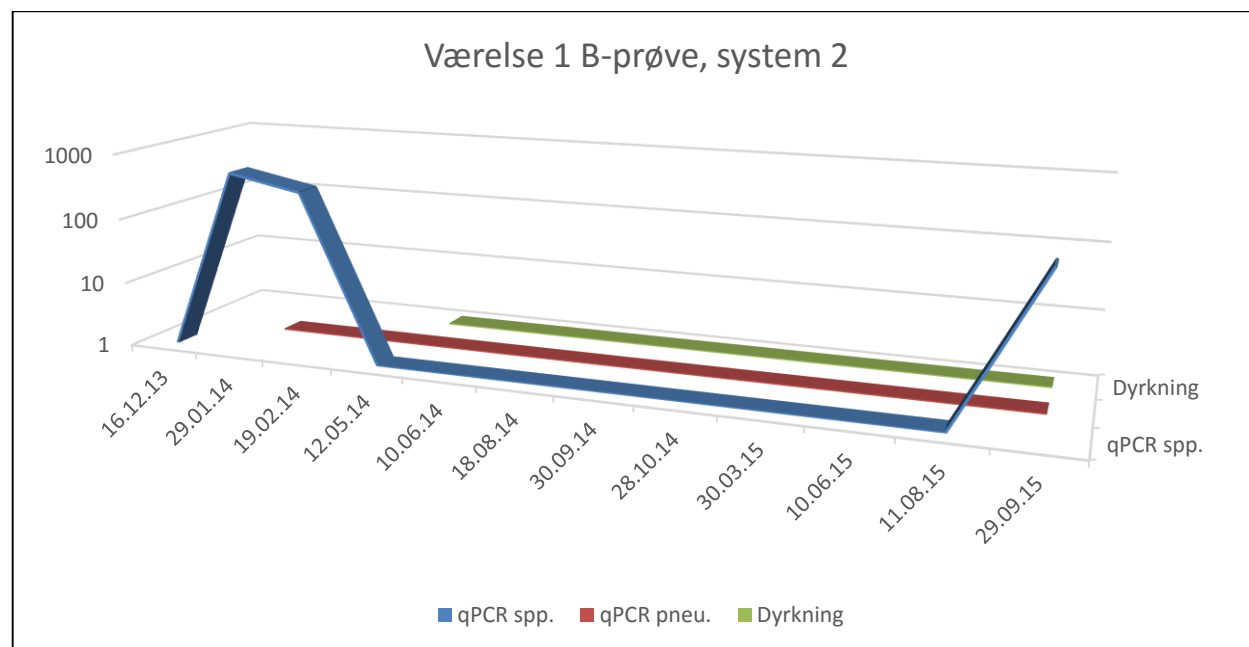
Figur 12 Logaritmisk kurve over resultater fra tappestedes A-prøver i system 2



Tabel 10 Resultater for Legionellaanalyser i B-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 2. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
 Gul streg = baseline slut, Blå streg = cirkulationstemperatur sænket + doseringsniveau hævet, Lilla streg = doseringsniveau sænket

| Lejlighed 1 B | 16.12.13 | 29.01.14 | 19.02.14 | 12.05.14 | 10.06.14 | 18.08.14 | 30.09.14 | 28.10.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | ND | 576 | 351 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 215 |
| qPCR pneu. | | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | | | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Figur 13 Logaritmisk kurve over resultater fra tappestedets B-prøver i system 2



Efter dosering af Neuthox® detekterede vi ikke Legionella i cirkulationen, på nær et enkelt udfald d. 30.03.15 og slet ikke i B-prøverne fra Lejlighed 1. A-prøverne fra samme lejlighed indeholdte dog til stadighed Legionella. Da prøverne iflg. SSI var lave nok til at det var forsvarligt at sænke temperaturen, gjorde vi dette (blå streg), samtidig med at dosering af Neuthox® blev øget i håb om at rengøre A-prøven. Den øgede koncentration af Neuthox® resulterede i at A-prøverne nu heller ikke indeholdt Legionella. D. 01.07.15 reducerede vi igen koncentrationen af Neuthox® (efter lilla streg). I de efterfølgende A-prøver er der heller ikke konstateret Legionella. Den 29.09.15 konstaterede vi igen Legionella i A-prøven ved dyrkning og strengen fra cirkulationen og hen til tappestedet kan ikke anses for fuldstændig desinficeret. Forbruget på tappestedet vurderes at være så højt at en komplet desinfektion bør kunne opnås med en høj koncentration af Neuthox® i en længere periode. Den lave koncentration i B-prøven d. 29.09.15 er ikke dyrkbar og derfor ikke årsag til bekymring ift. virkningen af desinfektionen.

Delkonklusion, system 2

Efter påbegyndt dosering med korrekt doseringsstrategi har der ikke været konstateret Legionella i cirkulationsledningen ved nogen af de anvendte analysemetoder. En dyrkning af baselineprøverne havde været ønskelig for at tilskrive dette resultat til Neuthox®. B-prøverne fra tappestedet indeholder ingen Legionella ved nogen af de anvendte metoder, på nær ved qPCR d. 29.09.15, siden påbegyndt dosering. En dyrkning af baseline prøverne kunne også i dette tilfælde have været ønskelig. Fra øgningen af koncentrationen forsvandt Legionella i A-prøverne, men kunne detekteres findes ved dyrkning. Dette kan måske tilskrives sænkningen af koncentrationen – yderligere vandprøver kan konkludere om niveauet stiger eller svinger i lave koncentrationer.

4.1.3 System 3

System 3 består af to individuelle varmtvandssystemer, hvor kun det ene er behandlet. Det andet system er i stedet blevet brugt som reference, da de er sammenlignelige i opbygning og forbrug. Der foreligger baseline for begge systemer, både i cirkulation og ved tappesteder – efterfølgende er der udtaget to prøver fra referencecirkulationen til sammenligning.

Mellem d. 11.03.14 og 30.09.14 er to prøvesæt udeladt, da vi i denne periode arbejder med forskellige doseringsstrategier, før den endelige løsning implementeres. Fuldt prøvesæt kan ses under bilag 01. Systemet er ombygget med dosering og måling i fremløbet.

Den normale driftstemperatur er i dette system meget høj (ca. 65°C), hvilket har besværliggjort opbygningen af en klorresidual pga. varmenedbrydning af Neuthox®. Ydermere er forbruget af varmt vand lavt ift. systemets størrelse. Øgede koncentrationer af Neuthox® har derfor givet problemer med kloridopbygning og måtte henlægges.

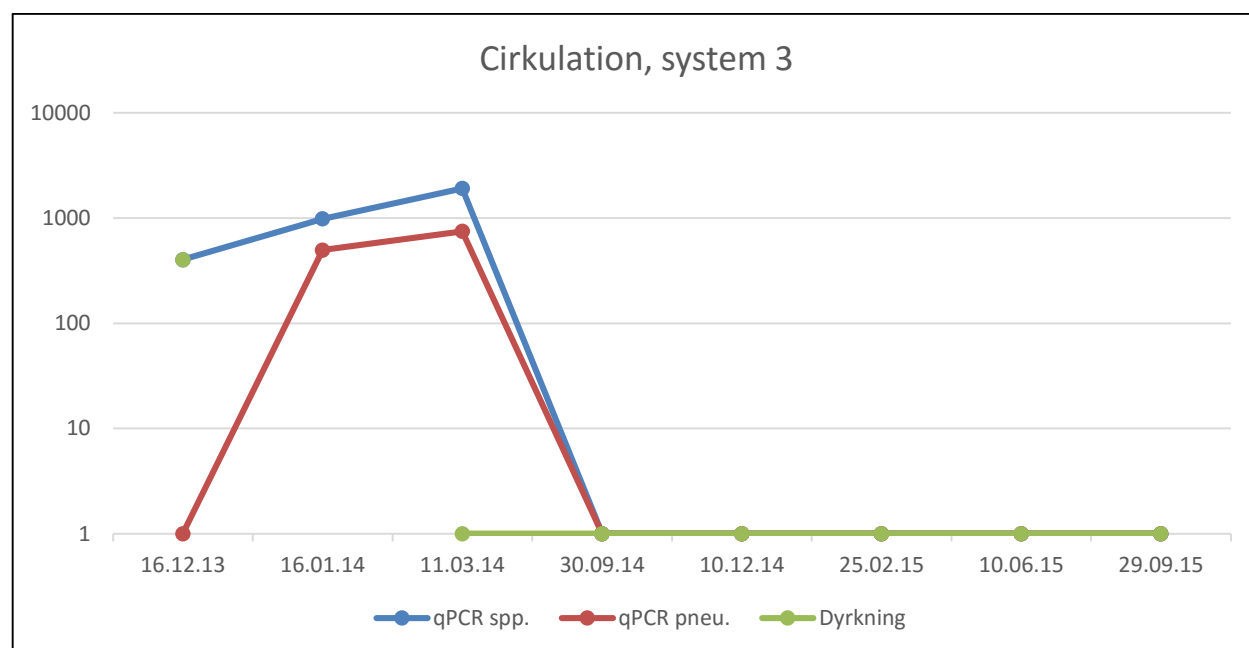
Temperaturen er ikke sænket i denne installation, da man endnu ikke har fået driftsledelsens accept hertil.

Cirkulation

Tabel 11 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 3. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut

| Cirkulation, system 3 | 16.12.13 | 16.01.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 10.12.14 | 25.02.15 | 10.06.15 | 29.09.15 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 402 | 984 | 1914 | ND | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | 496 | 748 | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | 402 | | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Figur 14 Logaritmisk kurve over resultater fra cirkulationsprøver i system 3



Efter påbegyndt dosering med dosering og måling i fremløbet (gul streg) er der ikke fundet Legionella i cirkulationsstregen.

Nedenstående tabel er en sammenligning mellem de to cirkulationsstrenge der forsyner system 3. Referencestregen er ikke behandlet med Neuthox®, men kun med opvarmning – det ses at der kan detekteres Legionella i referencen under hele projektet.

Tabel 12 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 3 og system 3 reference. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut

| Cirkulation, system 3 | 16.12.13 | 16.01.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 29.09.15 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| qPCR spp. | 402 | 984 | 1914 | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | 496 | 748 | ND | ND |
| Dyrkning | 402 | | ND | ND | ND |
| | | | | | |
| Cirkulation reference, system 3 | 16.12.13 | 16.01.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 29.09.15 |
| qPCR spp. | 1339 | 5530 | 863 | 468 | 492 |
| qPCR pneu. | 3081 | 2375 | 84 | ND | ND |
| Dyrkning | 1339 | | ND | ND | 2000 |

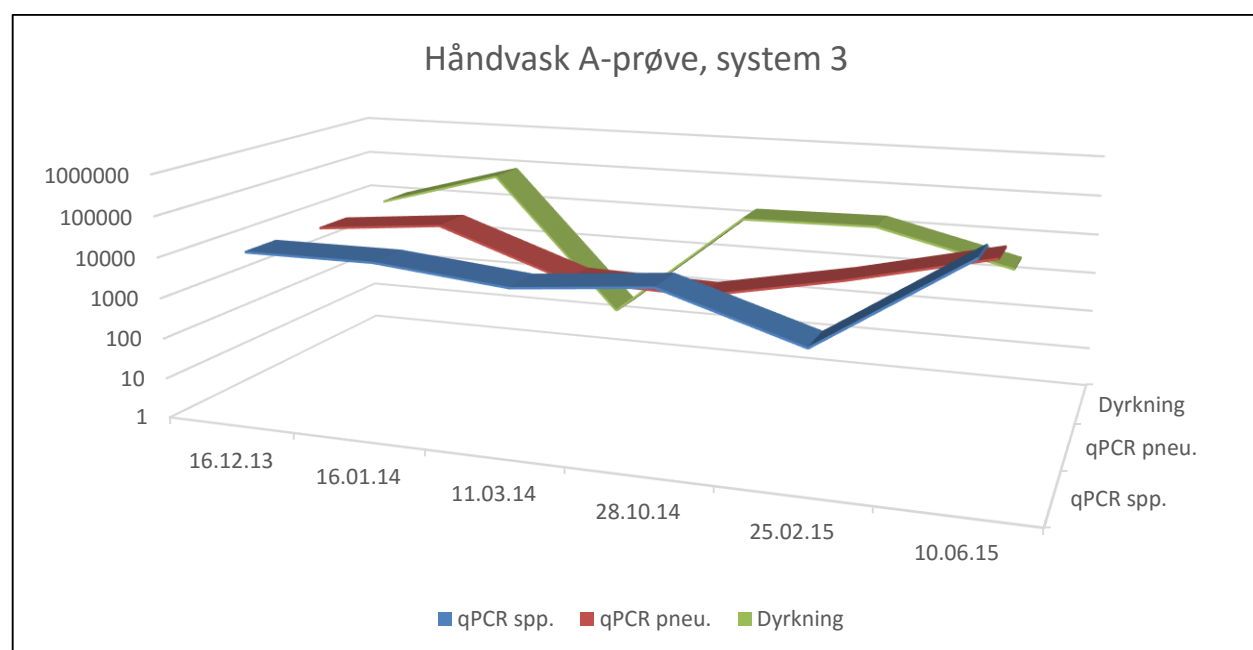
Tappedsted

Tappedstedet benyttet i system 3 er en håndvask med minimalt forbrug længst ude i systemet.
Resultaterne fra A og B prøver herfra ses herunder.

Tabel 13 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 3. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut

| Håndvask A-prøve | 16.12.13 | 16.01.14 | 11.03.14 | 28.10.14 | 25.02.15 | 10.06.15 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| qPCR spp. | 11052 | 11347 | 5475 | 11000 | 1000 | 172124 |
| qPCR pneu. | 9098 | 18363 | 1354 | 1100 | 5000 | 30561 |
| Dyrkning | 11052 | 90000 | 33 | 18000 | 20000 | 3000 |

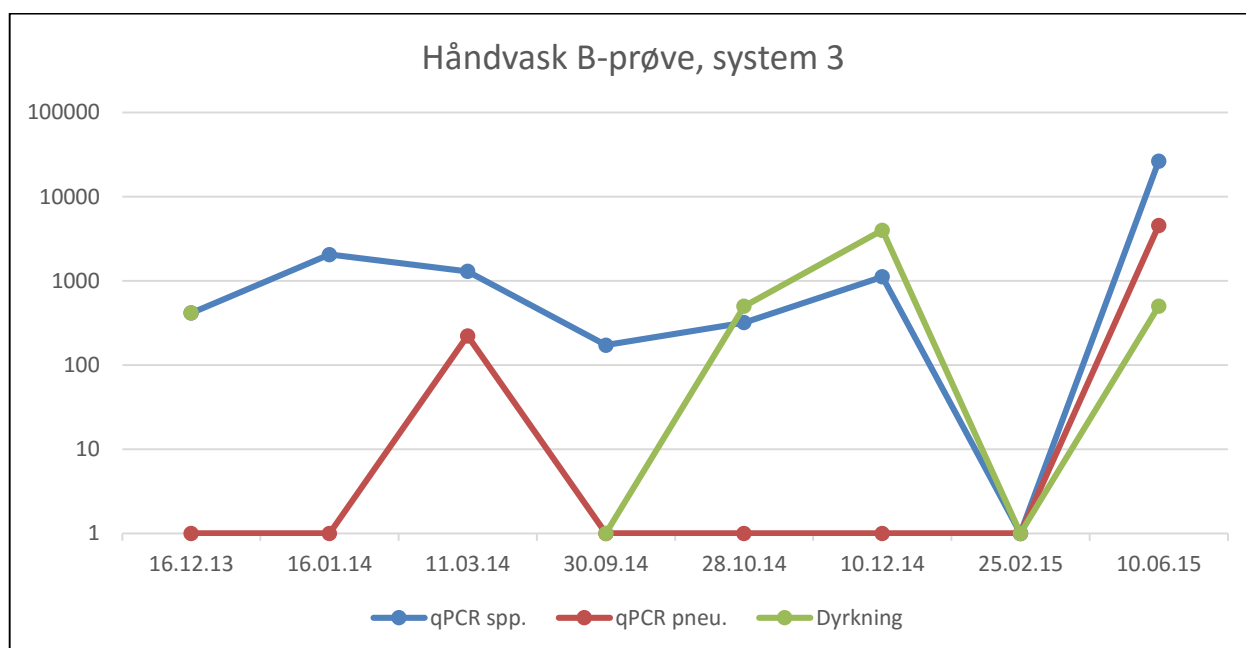
Figur 15 Logaritmisk kurve over resultater fra tappededs A-prøver i system 3



Tabel 14 Resultater for Legionellaanalyser i B-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 3. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut

| Håndvask B-prøve | 16.12.13 | 16.01.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 28.10.14 | 10.12.14 | 25.02.15 | 10.06.15 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| qPCR spp. | 415 | 2055 | 1299 | 172 | 320 | 1120 | ND | 26445 |
| qPCR pneu. | ND | ND | 223 | ND | ND | ND | ND | 4546 |
| Dyrkning | 415 | | | ND | 500 | 4000 | ND | 500 |

Figur 16 Logaritmisk kurve over resultater fra tappestedes B-prøver i system 3



Ved tappestedet i system 3 har vi forsøgt manuelt at skylle håndvasken tre gange om ugen i én periode, men efter eget udsagn fra den ansvarlige, er det ikke gjort konsekvent, samtidig har man på installationen fokus på vandspild, så skylning er ikke en populær strategi. A-prøverne har konsekvent indeholdt Legionella både ved qPCR og dyrkning. B-prøven har været "ren" med mellemrum, men uden flere på hinanden følgende Legionella-fri prøver kan man ikke tilskrive Neuthox® effekten herfor.

Delkonklusion, system 3

Cirkulationssystemet har været fri for Legionella siden dosering med korrekt doseringsstrategi. Sammenlignet med referencesystemets cirkulation kan man også se en forbedring. Desinfektionen har ikke nået tappestedet, men grundet kloridopbygning har vi ikke kunnet hæve doseringen, som har virket i de andre installationer. Ydermere har det lave forbrug på tappestedet givet yderligere problemer.

4.1.4 System 4

System 4 består af et enkelt varmtvandssystem. Systemet er opbygget i et bestandigt materiale og vi har fra projektets start kørt i den øvre grænse af doseringsniveau. Da der ingen tappesteder fandtes direkte på cirkulationsledningen er de to første prøver i baselinen udtaget i første lejlighed på cirkulationsstrengen – de er taget som B-prøver efter flere minutters skylning ved maksimal temperatur. Prøven er taget før blandingsbatteriet. Tredje prøve i baselinen er taget direkte fra cirkulationsstrengen efter installation af prøvehane.

Mellem d. 11.03.14 og 30.09.14 er to prøvesæt udeladt, da vi i denne periode arbejder med forskellige doseringsstrategier, før den endelige løsning implementeres. Fuldt prøvesæt kan ses under bilag 01. Systemet er ombygget med dosering og måling i fremløbet.

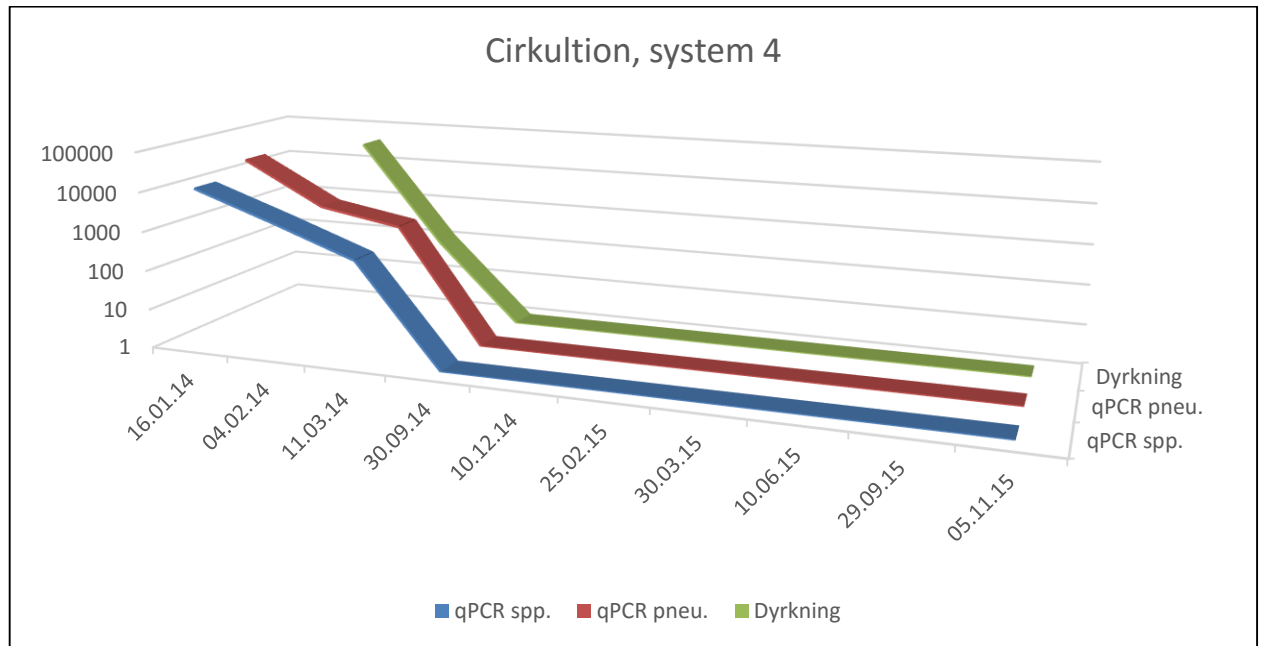
Cirkulation

Tabel 15 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 4. Ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret

Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget, Blå streg = cirkulationstemperatur reduceret, Grøn streg koncentration sænket

| Cirkulation, sys | 16.01.14 | 04.02.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 10.12.14 | 25.02.15 | 30.03.15 | 10.06.15 | 29.09.15 | 05.11.15 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 11114 | 2140 | 380 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | 25380 | 2040 | 877 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | 40000 | 113 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

Figur 17 Logaritmisk kurve over resultater fra cirkulationsprøver i system 4



Efter påbegyndt dosering med dosering og måling i fremløbet (gul streg) er der ikke påvist Legionella i cirkulationsstrengen.

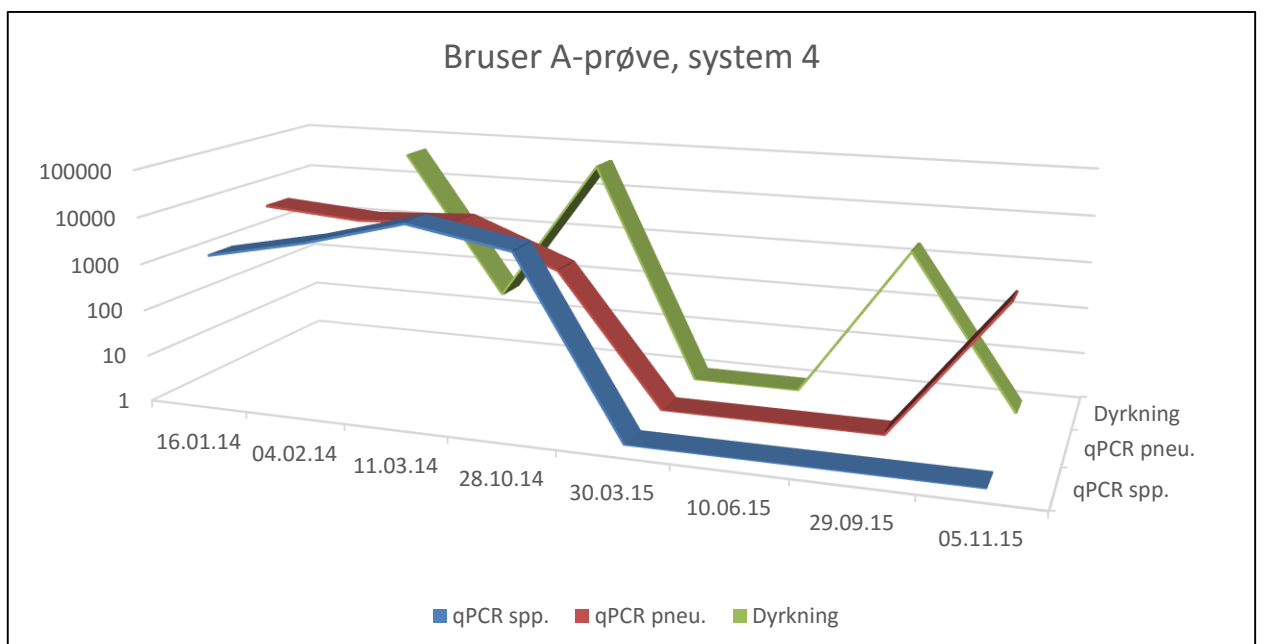
Tappedsteder

Tappedstedsprøverne er udtaget fra bruser på badeværelset. A-prøven er taget fra bruseslange uden hoved og B-prøven er udtaget bag ved blandingsbatteriet.

Tabel 16 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 4. Ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget, Blå streg = cirkulationstemperatur reduceret, Grøn streg = koncentration sænket

| Bruser A | 16.01.14 | 04.02.14 | 11.03.14 | 28.10.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 29.09.15 | 05.11.15 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 1335 | 3678 | 13785 | 5600 | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | 5826 | 3953 | 5126 | 700 | ND | ND | ND | 992 |
| Dyrkning | | 50000 | 38 | 49000 | ND | ND | 2000 | ND |

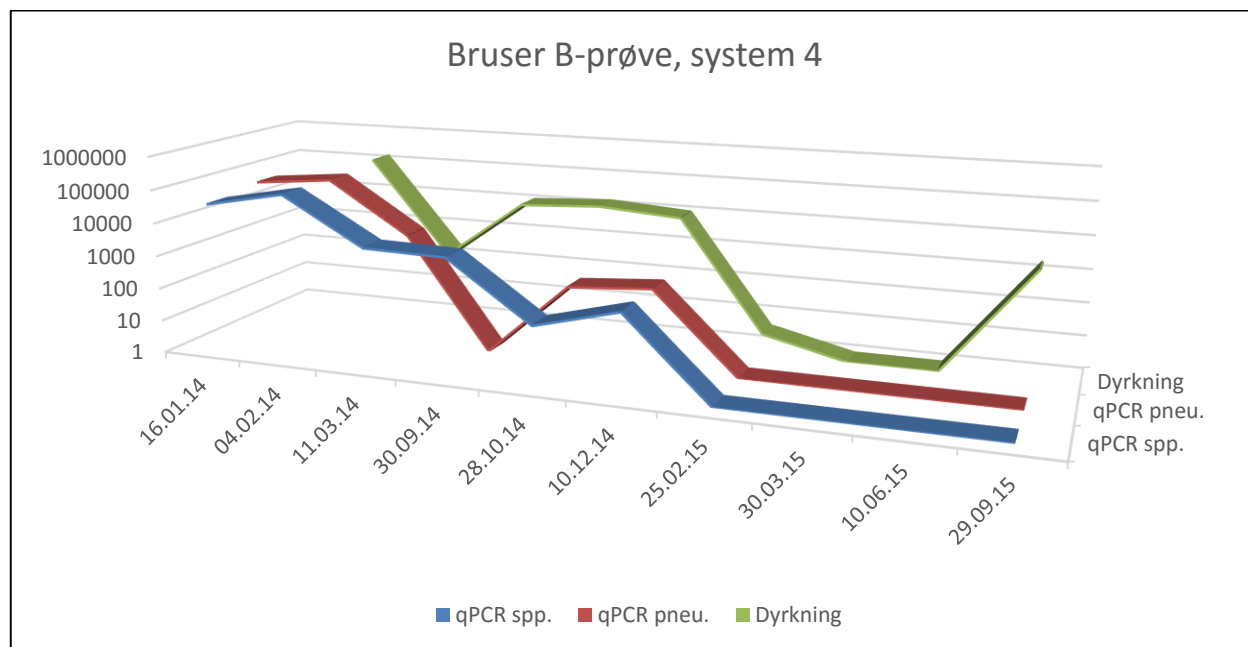
Figur 18 Logaritmisk kurve over resultater fra tappedstedes A-prøver i system 4



Tabel 17 Resultater for Legionellaanalyser i B-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 4. Ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget, Blå streg = cirkulationstemperatur reduceret, Grøn streg = koncentration sænket

| Bruser B | 16.01.14 | 04.02.14 | 11.03.14 | 30.09.14 | 28.10.14 | 10.12.14 | 25.02.15 | 30.03.15 | 10.06.15 | 29.09.15 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 32914 | 96878 | 3909 | 3442 | 62 | 281 | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | 53036 | 90192 | 2521 | ND | 180 | 274 | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | 150000 | 170 | 11000 | 15000 | 10000 | | 4 | ND | 2000 |

Figur 19 Logaritmisk kurve over resultater fra tappestedes B-prøver i system 4



A- og B-prøverne fra tappestedet sidst på strengen (bruser) havde fortsat forekomster af Legionella. Vi hævdede derfor koncentrationen af Neuthox® (efter lilla streg), hvilket hurtigt reducerede forekomsten af Legionella til under detektionsgrænsen. Efter at have sænket doseringen af Neuthox® tilbage til normalt niveau, d. 01.07.15 er der fundet Legionella i både A- og B-prøven – dette er dog i så lave niveauer at det ikke er opfanget ved qPCR-metoden. D. 05.11.15 tog vi endnu en A-prøve fra tappestedet – man kunne ikke her dyrke Legionella, men detekterede det blot ved qPCR. Flere vandprøver kan vise om normal koncentration er nok til at holde tappesteder Legionella-fri på sigt.

Til slut i projektet udførte vi en slutttest, hvor man udtog 10 A-prøver fra forskellige tappesteder i installationen, hvor vandforbruget var kendt. Ydermere tog vi prøve fra cirkulation og fremløb. Nedenstående tabel viser resultatet:

Tabel 18 Resultater fra Legionellaanalyser i 10 A-prøver, samt cirkulation fra d. 05.11.15. m/ kommentarer til forbrugsmønster

| # | Prøvemærkning | Dyrkning Legionella CFU/L | qPCR L.pneu. celler/L | qPCR L.spp. celler/L | Temp °C | Kommentar |
|----|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|---------|---|
| 1 | Cirkulation retur | ND | ND | ND | 46,1 | |
| 2 | Tap 13, toilet, håndvask | ND | 4190 | ND | 28,6 | Normalt forbrug 2-3x i døgn |
| 3 | Tap 2, køkkenvask | ND | ND | ND | 37,3 | Hyppigt forbrug |
| 4 | Tap 18, toilet, håndvask | ND | 1260 | ND | 28,6 | Meget lille forbrug |
| 5 | Tap 24, toilet, håndvask | 500 | 4850 | 4850 | 27,3 | Lang død streg, normalt forbrug 2-3x i døgn |
| 6 | Tap 3, toilet, bruser u/hoved | 500 | 30800 | ND | 25,8 | Aldrig i brug |
| 7 | Tap 4, køkkenvask | ND | 11600 | 1080 | 40,1 | Hyppigt forbrug |
| 8 | Tap 12, bruser u/hoved | 500 | 108000 | ND | 20,8 | Normalt forbrug 2-3x i ugen |
| 9 | Tap 1, thekøkken vask | ND | 774 | 1390 | 27,4 | Højt forbrug |
| 10 | Tap 9, bruser u/hoved | ND | 992 | ND | 28,3 | Normalt forbrug 2-3x i ugen |
| 11 | Tap 5, toilet, håndvask | ND | 1250 | ND | 25,3 | Hyppigt forbrug |
| 12 | Cirkulation frem | ND | 989 | ND | 50 | |

Legionella kan stadig påvises ved qPCR flere steder i systemet, men ved dyrkning er kun tre tappesteder positive for Legionella og kun med 500 cfu/L. To af de tre positive tappesteder er problematiske, da den ene har en lang dødstreng og den anden er sjældent i brug, da badefaciliteterne ikke bliver brugt længere.

Delkonklusion, system 4

Cirkulationssystemet har været fri for Legionella siden dosering med korrekt doseringsstrategi. På trods af temperatursænkningen, har tappestederne været fri for Legionella siden d. 30.03.15 (både A- og B-prøver), da vi hævede koncentrationen af Neuthox®. Efter doseringen er reduceret til normalt forbrug er der igen lave forekomster af Legionella, men niveauet lader til at svinge baseret på A-prøve d. 05.11.15. En screening for Legionella på flere tappesteder viser at systemet har opnået en høj grad af renhed, da kun tre af ti tappesteder indeholdt dyrkbare Legionella i A-prøven og dette i niveauer under 1000 cfu/L.

4.1.5 System 5

System 5 er det mindste i projektet, vi besluttede derfor at pumpe ind i systemet fra 25 L dunke, som jævnlige blev udskiftet, da en unit fra DCW ville være væsentligt overdimensioneret.

Grundet det lille volumen er systemet ikke ombygget med dosering og måling i fremløbet, da den lille dødtid i systemet ikke gav anledning til ujævn regulering.

Cirkulation og tappested

Det har ikke været muligt at udtage baseline i cirkulationsstrengen og ingen dokumentation for systemet før behandling forelægges, men efter påbegyndt behandling er prøverne konsekvent lave.

Tappestedet er en bruser, hvor A- og B-prøven er udtaget fra bruseslangen.

Nedenstående tabel viser resultaterne fra system 5 inddelt i prøvemethoder.

Tabel 19 Resultater for Legionellaanalyser i System 4. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret

Øverst: Legionella spp v/ qPCR, midt: Legionella pneumophila v/ qPCR, nederst: Legionella v/ dyrkning
Gul streg = baseline slut

| [c/L] | 16.12.13 | 29.01.14 | 19.02.14 | 06.03.14 | 10.06.14 | 18.08.14 | 28.10.14 | 10.12.14 | 22.06.15 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Legionella, qPCR | | | | | | | | | |
| Bruser A | 96432 | 50504 | 5677 | | 2550 | 1500 | 620 | 274 | 6460 |
| Bruser B | 1362 | 4825 | 2365 | | 3470 | 5920 | 6800 | 1130 | 5850 |
| Cirkulation | | | | 249 | | ND | 200 | ND | ND |
| [c/L] | | | | | | | | | |
| L. pneumophila, qPCR | | | | | | | | | |
| Bruser A | 9855 | 1820 | ND | | ND | ND | ND | ND | ND |
| Bruser B | ND | 479 | ND | | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cirkulation | | | | ND | | ND | ND | ND | ND |
| [cfu/L] | | | | | | | | | |
| Legionella, cult | | | | | | | | | |
| Bruser A | | 200 | ND | | ND | ND | ND | | ND |
| Bruser B | | 4800 | | | ND | ND | ND | ND | ND |
| Cirkulation | | | | ND | | ND | ND | ND | ND |

Der er lavet forsøg med udskiftning af blandingsbatteri, bruseslange og brusehoved i installationen for at nedbringe Legionellaniveaet ved qPCR, men uden held. Det har dog ikke været muligt at dyrke bakterier fra systemet, hvilket indikerer at de bakterier som kan findes ved qPCR enten er svækkede eller døde.

Dyrkning af baseline-prøverne havde været ønskeligt for at kunne tilskrive effekten i cirkulationsledningen til Neuthox®.

Delkonklusion, system 5

Systemet har været fri for dyrkbare Legionella siden påbegyndt dosering. Der kunne igennem hele projektet detekteres Legionella ved qPCR på trods af tiltag med udskiftning af kritiske komponenter som blandingsbatteri, brusehoved og slange. Baselineprøver fra cirkulationen havde givet et bedre billede af Neuthox®'s effekt heri.

4.1.6 System 6

System 6 består af et enkelt varmtvandssystem som forsyner flere etager. Ingen tappesteder fandtes direkte på cirkulationsledningen og baselinen for cirkulationsledningen består derfor kun af én prøve, efter installation af tappehane.

Mellem d. 11.03.14 og 30.09.14 er prøvesæt udeladt, da vi i denne periode arbejder med forskellige doseringsstrategier, før den endelige løsning implementeres. Fuldt prøvesæt kan ses under bilag O1. Systemet er ombygget med dosering og måling i fremløbet.

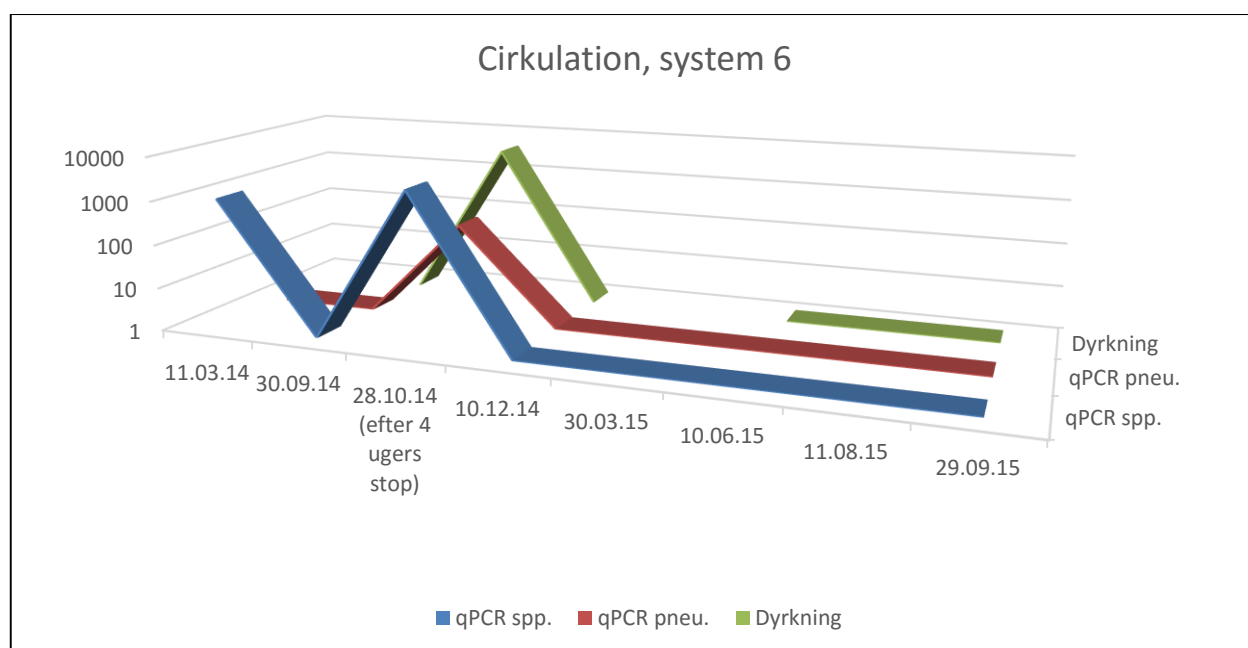
Cirkulation

D. 28.10.14 er der udtaget en prøve fra cirkulationen efter fire ugers utilsigtet stop – denne er naturligt højere og bør ikke ses som en del af den behandlede prøvemasse. Fire ugers stop betød en opblomstring i koncentrationen af bakterier. I installationer hvor der ingen forbrug er i weekenden stopper doseringen (lørdag og søndag) uden at dette giver anledning til en opblomstring. Opblomstringen kan evt. tilskrives at fire uger er en lang nok periode til dannelsen af en biofilm som Legionellaen kan trives i.

Tabel 20 Resultater for Legionellaanalyser i cirkulationsprøver i System 6. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget + cirkulationstemperatur reduceret

| Cirkulation, system 6 | 11.03.14 | 30.09.14 | 28.10.14 (ef) | 10.12.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|-----------------------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 1032 | ND | 3400 | ND | ND | ND | ND | ND |
| qPCR pneu. | ND | ND | 180 | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | ND | 4000 | ND | | ND | ND | ND |

Figur 20 Logaritmisk kurve over resultater fra cirkulationsprøver i system 6



Efter påbegyndt dosering med dosering og måling i fremløbet (gul streg) er der ikke fundet Legionella i cirkulationsstrengen. En baseline med tre prøver ville dog have underbygget dette fald bedre. Udfaldet på doseringen gav naturligt et peak i bakterieniveauet, men dette er slået ned igen efter seks ugers behandling.

Tappedsted

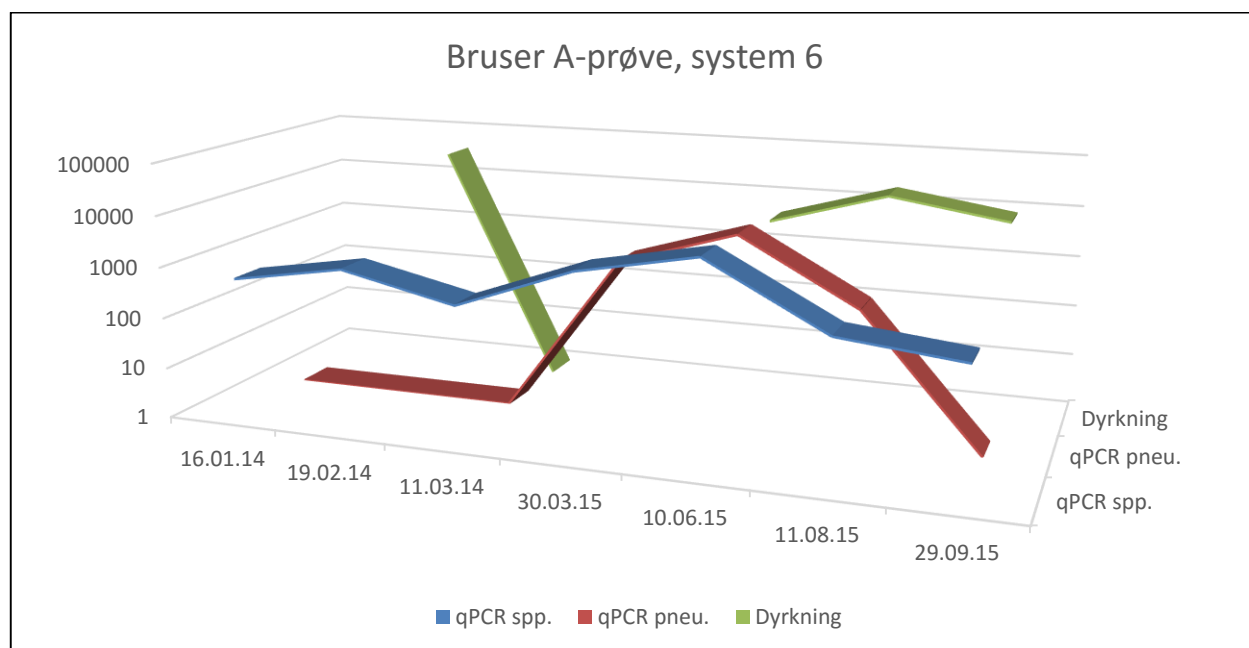
Tappedstedet er en fast installeret bruser – både A- og B-prøver er taget direkte fra brusehovedet.

Efter den lilla streg sænkes cirkulationstemperaturen og doseringsniveauet hæves. Dette har indvirkning på A- og B-prøverne på tappedstedet over tid, men giver ikke konsekvente resultater. Tappedstedet er sjældent brugt, men ved brug er forbruget højt.

Tabel 21 Resultater for Legionellaanalyser i A-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 6. Ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget + cirkulationstemperatur reduceret

| Bruser A-prøve | 16.01.14 | 19.02.14 | 11.03.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 515 | 1223 | 396 | 2690 | 7447 | 479 | 279 |
| qPCR pneu. | ND | ND | ND | 1260 | 6259 | 371 | ND |
| Dyrkning | | 36000 | ND | | 4000 | 18000 | 8000 |

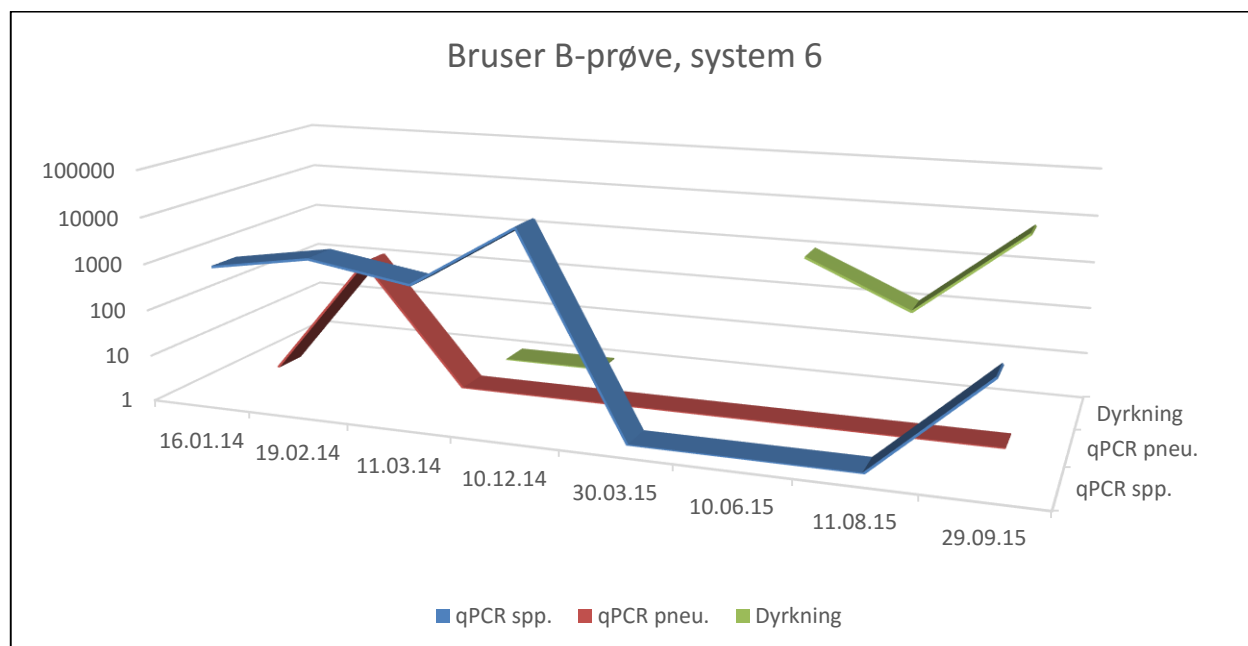
Figur 21 Logaritmisk kurve over resultater fra tappededs A-prøver i system 6



Tabel 22 Resultater for Legionellaanalyser i B-prøver fra tappedstedet fjernest på strengen i System 6. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, Lilla streg = koncentration øget + cirkulationstemperatur reduceret

| Bruser B-prøve | 16.01.14 | 19.02.14 | 11.03.14 | 10.12.14 | 30.03.15 | 10.06.15 | 11.08.15 | 29.09.15 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| qPCR spp. | 756 | 1698 | 750 | 16700 | ND | ND | ND | 141 |
| qPCR pneu. | ND | 443 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Dyrkning | | | ND | ND | | 1000 | 100 | 7000 |

Figur 22 Logaritmisk kurve over resultater fra tappesteds B-prøver i system 6



System 6 lukkes ned årligt i en periode på fire uger. Som et forsøg lavede vi en superklorering inden opstart efter en sådan nedperiode. Systemet fyldtes med 50 PPM Neuthox® jf. EWGLI's anbefalinger og dette cirkulerede i én time. Ydermere farvede vi Neuthox® blå med madfarve og åbnede alle taphaner indtil den blå farve var synlig – herved blev hele systemet påvirket af den høje koncentration.

Tabel 23 Resultater for Legionellaanalyser i A- og B-prøver fra tappestedet fjernest på strengen i System 6 efter superklorering. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Øverste tre prøver før behandling, nederste tre prøver efter behandling

| 30.07.15 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR |
|---------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Bruser 1, B (før) | 116000 | 6780 | 1079 |
| Bruser 2, A (før) | 26000 | 2288 | ND |
| Cirkulation (før) | 14000 | 1239 | 275 |
| Bruser 1, B (efter) | 100 | ND | ND |
| Bruser 2, B (efter) | <1 | ND | ND |
| Cirkulation (efter) | <1 | ND | ND |

Det ses af ovenstående tabel at man opnår en kraftig reduktion i Legionellaniveauet efter behandlingen – dog er der stadig få levende bakterier. Efterfølgende vandprøve d. 11.08.15 fandt også flere dyrkbare bakterier, man kan derfor ikke snakke om en varig desinfektion.

Bruserinstallationen, som tappestedet var en del af, bestod af fem brusere i alt, forbundet på samme forsyningsstreng. Igennem projektet udtog vi fire svaberprøver, fra fire forskellige brusehoveder. Efter påbegyndt dosering med endelig doseringsstrategi (efter rød streg) er der ikke fundet dyrkbare Legionella i brusehovederne med svaber.

Tabel 24 Resultater for Legionellaanalyser ved svaberprøve fra tappestedet fjernest på strengen i System 6. ingen farve= <1000, grøn= >1000, gul= >10000 Legionella/L. ND=Ikke Detekteret
Gul streg = baseline slut, rød streg = endelig doseringsstrategi implementeret

| Legionella, cult | 19.02.14 | 12.05.14 | 30.09.14 | 10.06.15 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| Svaberprøve | 128000 | 115000 | ND | ND |

Delkonklusion, system 6

Cirkulationssystemet har været fri for Legionella siden dosering med korrekt doseringsstrategi, på nær en enkelt hændelse, hvor doseringen ikke var opretholdt i fire uger. A- og B-prøver er sammenlignelige både før og efter dosering. Tappedstedets brugsmønster er ukendt, men formodes at være sjældent i brug. Ydermere indeholder en fast bruserinstallation meget vand, som ikke drænes af mellem forbrug, hvori Legionella kan trives.

4.2 Resultater af Identifikation/Typning af Legionella

Der blev påvist *Legionella* i alle de undersøgte vandsystemer, og for alle systemer blev der påvist dyrkbare *Legionella* i hele perioden, på nær et (System 5) hvor der kun var dyrkningspositive prøver ved første prøveudtagning. I Tabel 25 kan man se hvilke *L. pneumophila* serogrupper/subgrupper, DNA typer (SBT og ST) og arter der er påvist i de forskellige systemer. Det er karakteristisk at hvert system har sin egen unikke Legionella-flora som generelt ikke ændrer sig over tid (selv med ændringer i temperatur og tilsætning af Neuthox®). I henhold til den klassificering i patogenitet der blev beskrevet i det indledende kapitel, er der ingen isolater der hører til Gruppe 1 (Pontiac), den mest patogene gruppe. Fra to systemer (5 og 6) blev der påvist *L. pneumophila* serogruppe 1, men i begge tilfælde var det subgruppe OLDA/Oxford, som tilhører gruppen non-Pontiac. Subgruppe OLDA/Oxford, Sekvens Type 1 er Danmarks mest almindelige Legionella-type, og kan findes over hele landet, og for den skyld overalt på jorden. Det at den er så almindelig, gør at den også smitter en del mennesker, selvom den må betragtes som relativ lavpatogen. Serogruppe 3 var den mest almindelige *L. pneumophila* serogruppe i denne undersøgelse, og den kategoriseres samme med non-Pontiac i patogenitets Gruppe 2. Serogruppe 3 isolaterne tilhørte dog 4 forskellige DNA typer, hver især knyttet til hvert sit system (1,3,4 og 6). I tre systemer blev der påvist serogruppe 6 eller 15, de henregnes til patogenitets Gruppe 3. *Legionella anisa* blev påvist i 4 anlæg, (1,3,4 og 6) og betragtes som meget lav-patogen (Gruppe 5). Det er den mest almindelige non-pneumophila art i Danmark, men vi har aldrig set patienter inficeret med denne art i Danmark. Der var et enkelt fund af *Legionella londiniensis* i system 6, det er en relativ almindelig art som sjældent inficerer mennesker og må anbringes i Gruppe 4. I et forsøg på yderligere at karakterisere hvor patogene de fundne typer er, er der ved opslag i SBT databasen (HPE, London) set på hvor mange isolater der er registreret af hver type, og hvordan de fordeler sig på patientisolater og miljøisolater. Ved et patient/miljø (p/m) forhold på over 1 er der flere patient isolater end miljø isolater, og under 1 det modsatte. Efter denne beregning kan serogruppe 3 isolaterne fra System 1 med Sekvens Type 93 betragtes som klart den mest patogene type i dette studie (p/m forhold = 2,12). Til sammenligning har patogene Pontiac stammer typisk et p/m forhold på 5 til 10. Forholdet for *L. anisa* og *L. londiniensis* er anslåede forhold ud fra litteraturen. To af serogruppe 3 stammerne fra System 4 og 6 havde nye Sekvens Typer der ikke er set før, hhv ST1041 og 1738, og en serogruppe 15 fra System 4 havde ligeledes en ny Sekvens Type, ST2129.

Som nævnt skete der generelt ingen ændring i sammensætningen af de typer der var i systemerne fra begyndelsen til slutningen af perioden marts 2014 til november 2015, og der kom generelt ikke nye typer til (i nogle tilfælde er en DNA-type eller art kun påvist en enkelt gang, se Tabel 25, det skal dog bemærkes at det langt fra er alle isolater der er typet) . Der er dog en tendens til at *L. anisa* i højere grad påvises i prøver udtaget efter behandling med Neuthox®, samtidigt med at *L. pneumophila* antallet går ned eller forsvinder. Dette ses mest tydeligt i System 4, hvor de første prøver, før tilsætning af Neuthox® og før dosis øges, primært påviser *L. pneumophila* serogruppe 3 og 15, mens der efter tilsætning og efter dosis øges i begyndelsen af 2015, ikke påvises *Legionella* eller primært *L. anisa*. Samme tendens ses ved et forsøg i System 6 hvor systemet lukkes ned årligt i en periode på fire uger. Inden opstart lavede man en "superklorering" med 50 PPM Neuthox® (se Tabel 18). *Legionella*koncentrationen blev målt før og efter behandling fra tre steder (bruser 1, bruser 2 og cirkulationen). Før behandlingen blev der påvist

høje kimtal kun af *L. pneumophila* serogruppe 3 alle tre steder, efter behandlingen blev der kun påvist et lavt antal (ca. 100 cfu/L) af *L. anisa* i en prøve (bruser 1).

Tabel 25 Fordeling af Legionella-typer (sero- / subgruppe, art og DNA type (SBT og ST) påvist i de enkelte systemer. Virulensen (patogeniteten) er estimeret for de enkelte typer ved at beregne forholdet mellem registrerede patient isolater (p) og miljøisolater (m) i SBT databasen (DB).

| <i>L.p. Serogruppe/Art</i> | <i>SBT profil</i> | <i>ST</i> | <i>Antal i DB</i> | <i>Forhold p/m</i> | <i>System</i> |
|--------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 OLDA/Oxford | 1,4,3,1,1,1,1 | 1 | 1362 | 1,3 | 5,6 |
| 3 | 2,10,3,28,9,4,13 | 87 | 60 | 0,4 | 3, 4# |
| Ukendt | 2,10,3,28,9,4,13 | 87 | NA | NA | 3 |
| 15 | 2,10,3,28,9,4,13 | 87 | 1 | 0 | 3# |
| 15 | 2,10,3,3,9,4,207 | 1860 | 3 | 0,5 | 3# |
| 3 | 3,10,1,28,14,9,13 | 93 | 78 | 2,12 | 1 |
| 6 | 2,10,3,3,9,4,3 | 421 | 20 | 0,7 | 2 |
| 15 | 2,22,7,28,16,18,6 | 2129 (Ny) | 1 | 0 | 4# |
| 15 | 2,10,3,28,9,4,3 | 728 | 10 | 0,7 | 4# |
| 3 | 10,10,7,28,65,18,6 | 1041 (Ny) | 1 | 0 | 4 |
| 3 | 10,22,7,28,9,18,13 | 1738 (Ny) | 2 | 0 | 6 |
| <i>Legionella anisa</i> | NA | NA | NA | < 0,1* | 1,3,4,6 |
| <i>Legionella londiniensis</i> | NA | NA | NA | < 0,5* | 6# |

NA = kan ikke angives

Et enkelt fund

* Estimeret ud fra litteraturen og egen erfaring

4.3 Fysisk-kemiske resultater

4.3.1 Plastkorrosion (Frederik Steenstrup, TI)

Efter aftale har vi gennemført en træktest af eksponerede og ikke-eksponerede PEX-rørstykker, og denne trækprøvning er dokumenteret i vores rapport dateret 3. september 2015 (fgu/eta) (se bilag 02).

Det oplyses, at eksponeringen er sket i vandig opløsning af hypochlorit (DCW: hypoklorsyre) svarende til varmt brugsvand, 40-60 °C. Hypochlorit-tilsætningen har efter det oplyste til formål at mindske muligheden for mikrobiologisk vækst i det varme vand. En mulig bivirkning er en kemisk nedbrydning af PEX-materialet, da hypochlorit-tilsætningen bl.a. kan give anledning til oxidation. Formålet med undersøgelsen var derfor at se, hvorvidt en sådan oxidation kan påvises inden for den afsatte tidsramme. Oxidation og tilsvarende nedbrydning af polymerkæderne forårsager ofte, at platen bliver mere sprød, evt. hårdere. Derfor har vi anbefalet trækprøvning som laboratoriemålemetode til at kvantificere denne nedbrydning. Fra rapporten dateret 3. september 2015 fremhæves følgende trækegenskaber:

| Referenceemner udstanset lige inden trækprøvningen blev påbegyndt | | Eksponeret som skaller af rørstykket, efterfølgende udstanset timeglasformede emner | |
|---|----------------|---|----------------|
| Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % |
| 21 (3) | 465 (58) | 21 (2) | 474 (21) |

Ovenstående tabel viser gennemsnit af 3-5 målinger, og der kan ikke påvises nogen ændring. I forhold til et spørgsmål om levetid er det betryggende, at man ingen ændring kan påvise; omvendt er det vanskeligt at ekstrapolere en tendens.

Original udtalelse vedlagt som bilag 03.

4.3.2 Metalkorrosion (Niels Winther, TI)

Til projektet blev der opsat korrosionskupper på udvalgte steder i brugsvandsrørene i de til projektet deltagende ejendomme. Opsætningen skete for at fastlægge den omtrentlige korrosionsrate på rørene, idet kupperne var af samme materiale, som rørinstallationen bestod af materialerne var varmforzinket stål, rustfast stål, messing og kobber.

Korrosionskupperne målte alle 1×10×100 mm og blev inden opsætningen vejte. Herefter blev de monteret på en kunststofstang og indsat to og to i vandstrømmen i de pågældende installationer gennem en speciel afgrening, der kunne afspærres ved isætning og udtagning.

Korrosionsraten beregnes ud fra den vægtreduktion, der kan måles efter kupperne er nedtaget. Korrosionen antages at ske på hele kupperens overflade, og ud fra densiteten af det materiale, som kupperen er fremstillet af, beregnes korrosionsraten.

Det første sæt kupper sad i 357 dage, og det andet sæt sad i 152 dage. Det andet sæt var udelukkende kupper i galvaniseret stål, da de første kupper i dette materiale var stærkt tærede, formodentlig grundet den nære kontakt med kupper af rustfast stål, og der var således tale om spændingskorrosion.

Det første sæt kupper af galvaniseret stål var så tærede, at de ikke blev fundet velegnede. De havde endvidere kraftige kalkbelægninger, hvilket er grunden til de negative korrosionsrater; kupperne havde både mistet metal men var også tilført kraftige belægninger af kalk fra vandet. Vejetallene for disse sæt af kupper er derfor ikke retvisende.

Kobber- og messingkupperne viser generelt en højere korrosionsrate på anlæg med dossering end på anlæg uden.

Korrosionsraten for de rustfaste kupper er negativ, hvilket blot skyldes svage kalkaflejringer, hvorved kupperne har taget på i vægt i løbet af eksponeringsperioden; vægten må dog antages at være konstant, hvorfor korrosion ikke umiddelbart kan konstateres ved vejning eller visuelt.

Det andet sæt kupper af galvaniseret stål var ikke helt så visuelt tærede som de første var det, men for at få en reel vejning, var det nødvendigt at rense dem med ultralyd først, da de havde ret kraftige kalkbelægninger og derfor havde taget på i vægt i løbet af eksponeringsperioden.

Selvom ultralyd er en skånsom rensemetode, kan det ikke afvises, at kupperne har et reelt mindre væggtab, hvorfor korrosionsraten kan være mindre. Generelt er korrosionsraterne for kupper af galvaniseret stål høje i forhold til de øvrige kupper.

Alle resultaterne fremgår af nedenstående skema.

Table 26 List of results for installed corrosion coupons

| Danish Clean Water A/S, Teknologisk Institut projektnr. 2002844 | Coupon nr. | Opsat | Nedtaget | Tid | Vægt før | Vægt efter | Vægtdiff. | Densitet | Korrosion | Korr.rate |
|---|------------|------------|------------|--------|----------|------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | | | | [døgn] | [g] | [g] | [g] | [g/mm ³] | [mm] | [µm/år] |
| Damgade 5 m. dosering | Ms 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,763 | 6,492 | 0,271 | 0,0085 | 0,016405 | 16,8 |
| | Cu 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,755 | 6,489 | 0,266 | 0,0089 | 0,015379 | 15,7 |
| Damgade 5 u. dosering | Ms 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,75 | 6,7 | 0,05 | 0,0085 | 0,003027 | 3,1 |
| | Cu 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,759 | 6,725 | 0,034 | 0,0089 | 0,001966 | 2 |
| Stenbjergparken 6A u. dosering, frem | Zn 3 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,488 | 7,474 | 0,014 | 0,0078 | 0,000924 | 0,9 |
| | Ss 3 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,512 | 7,515 | -0,003 | 0,008 | -0,000193 | -0,2 |
| Stenbjergparken 6A u. dosering, retur | Zn 4 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,427 | 7,754 | -0,327 | 0,0078 | -0,021577 | -22,1 |
| | Ss 4 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,496 | 7,503 | -0,007 | 0,008 | -0,00045 | -0,5 |
| Stenbjergparken 6B m. dosering, frem | Zn 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,393 | 6,905 | 0,488 | 0,0078 | 0,032192 | 32,9 |
| | Ss 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,562 | 7,568 | -0,006 | 0,008 | -0,000386 | -0,4 |
| Stenbjergparken 6B m. dosering, retur | Zn 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,44 | 7,538 | -0,098 | 0,0078 | -0,006465 | -6,6 |
| | Ss 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,45 | 7,456 | -0,006 | 0,008 | -0,000386 | -0,4 |
| Stenbjergparken 6A u. dosering, retur | Zn 4* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,416 | 7,116 | 0,3 | 0,0078 | 0,01979 | 47,5 |
| Stenbjergparken 6B m. dosering, frem | Zn 1* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,422 | 7,203 | 0,219 | 0,0078 | 0,014447 | 34,7 |
| Stenbjergparken 6B m. dosering, retur | Zn 2* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,419 | 7,031 | 0,388 | 0,0078 | 0,025595 | 61,5 |

* Nye kuponer

Original udtalelse vedlagt som bilag 04.

Delkonklusion på metalkorrosion

Jf.

Tabel 26 ses følgende:

- Korrosionsraten på messing er 5,4x så høj ved eksponering af Neuthox som uden
- Korrosionsraten på kobber er 7,9x så høj ved eksponering af Neuthox som uden
- Korrosionsraten på rustfast AISI316 stål uændret
- Korrosionsraten på galvaniseret stål er tvetydige, enten 1,3x så høj eller 1,4x lavere ved eksponering som uden

Et kobberrør med 1,5 mm godstykkelse vil tage 96 år om at korroderer igennem, hvilket må antages at være længere end bygningens forventede levetid.

4.3.3 Trihalomethaner

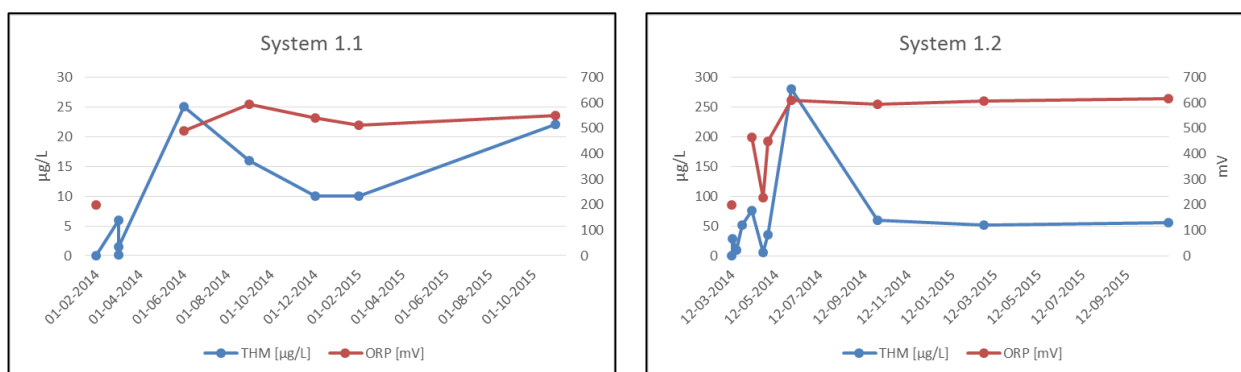
Trihalomethaner (THM) er en fællesbetegnelse for reaktionsprodukter mellem organisk materiale og klor. Chloroform er det væsentligste produkt målt i procent, der dannes og er det stof hvor man kender mest til konsekvenserne – korttidsvirkningerne er irritation ved berøring og langtidspåvirkning har resulteret i kræft hos forsøgsdyr (Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1078, 2006).

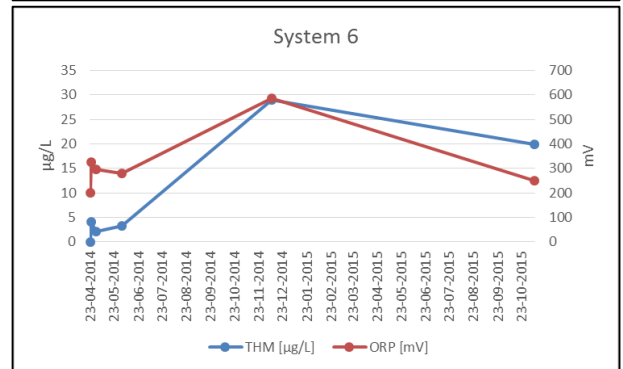
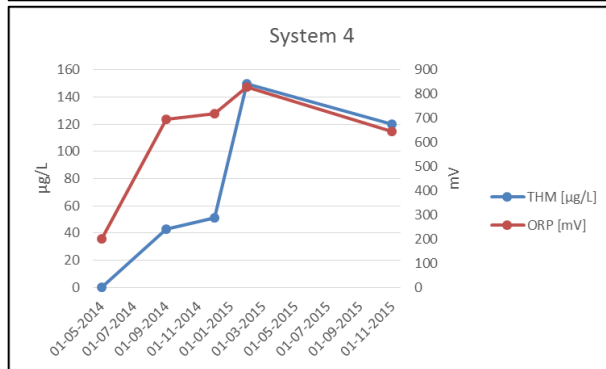
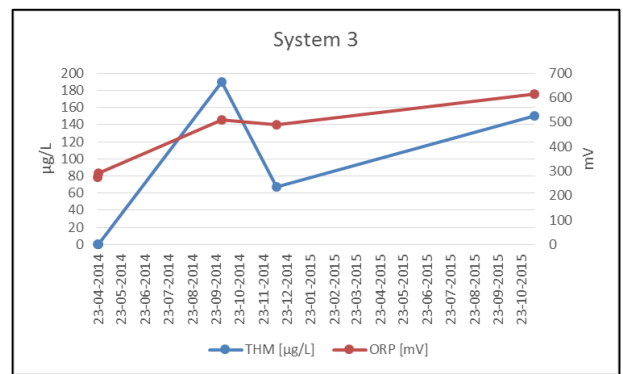
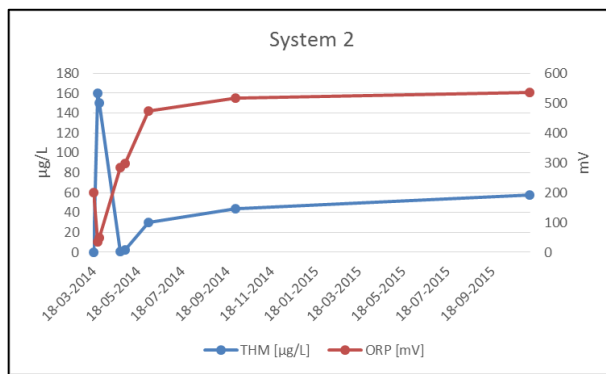
Trihalomethaner dannes når frit klor reagerer med organiske forbindelser – i dette projekt vil det være tilfældet når Neuthox® reagerer med bl.a. biofilm og bakterier. Da begge stoffer skal være til rådighed antog man at THM-niveauerne ved påbegyndt dosering ville stige proportionalt med koncentrationen af Neuthox®. Efter fjernelsen af biofilm ville der være mindre organisk materiale til rådighed og THM niveauerne ville reduceres på trods af koncentrationen af Neuthox®.

Alle THM-prøver er udtaget direkte fra cirkulationsstrengen. Vi fulgte ikke system 5 og denne er derfor udeladt. Alle THM-resultater kan ses i bilag 05.

I de systemer hvor man ikke kan detektere Legionella ved nogen af de anvendte analysemetoder formodes det at der er sket en reduktion i biofilmen. Nedenstående kurver viser THM og ORP, hvor ORP er gennemsnittet for den pågældende dag THM-prøven blev taget. ORP er brugt som en indikator for mængden af doseret Neuthox®, da en momentan FAC-måling ikke viser doseringsniveauet den pågældende dag, men blot er et øjebliksbillede. Skulle mængden af biologisk materiale i rørene være reduceret burde THM reduceres på trods af ORP – dette gør sig gældende i system 1.2, som det eneste. I system 2-6, hvor Legionella heller ikke detekteres, stiger og falder THM-niveauet stadig med ORP – dette kan være et udtryk for at der stadig findes rigelige mængder af biologisk materiale som kan reagerer med Neuthox®.

Figur 23 Kurver over THM-resultater, sammenholdt med ORP-niveau





Sammenholder man systemerne ift. alder og rørtype ses der ingen forskel, som tilstrækkeligt forklarer hvorfor system 1.2 reagerer som forventet og system 2-6 ikke gør. Alle installationer modtager det samme vand fra samme blandetank og der bør heller ikke være forskel i det indkomne biologiske materiale. Sideløbende målinger på den biologiske last, fx ved total organic compounds (TOC), ville indikere om der blev mindre, som Neutox kunne reagere med, og dermed om en reduktion i THM kunne forventes. En anden mulighed var at undersøge biofilmreduktionen ved udskæring af rørsektioner.

Niveauet af THM i varmt vand er ikke reguleret i dansk lovgivning, men holder man sig op af drikkevandsdirektivet må der ikke findes mere end 100 µg/L. Denne grænseværdi har været overskredet i projektet. I system 1.2 er der en kraftig stigning i THM til 280 µg/L d. 02.06.14, da man forsøgte sig med en ny doseringsstrategi som viste sig at forårsage overdosering. System 2 oplevede overdosering d. 24-03-2014 pga. luft omkring sensoren, som derfor målte 34 mV i ORP – her var målingen 160 µg/L. System 3 og 4 er stadig over 100 µg/L på hhv. 150 µg/L og 120 µg/L. System 3 har meget lille forbrug i et stort cirkulationssystem og THM ophobes derfor over tid (se afsnit 4.1.3). System 4 er lavet i et bestandigt materiale og vi har derfor kørt i den øvre grænse af doseringsniveauet som tidligere beskrevet (se afsnit 4.1.4).

Delkonklusion, THM

I systemer med et forbrug som modsvarer cirkulationsstregens størrelse og hvor man doserer efter DCW's normale anbefalinger stiger THM ikke over de 100 µg/L som er beskrevet i drikkevandsnormen. THM-niveauet ligger på ca. 25-60 µg/L og ønsker man at holde lave niveauer af THM skal det ske i en balance med doseringen. En entydig tendens kunne ikke observeres som understøttede formodningen om at THM ville falde når systemet var rent, på trods af doseringsmængde, men uden viden om mængden af organisk materiale er det umuligt at komme nærmere en konklusion.

4.3.4 Klorider

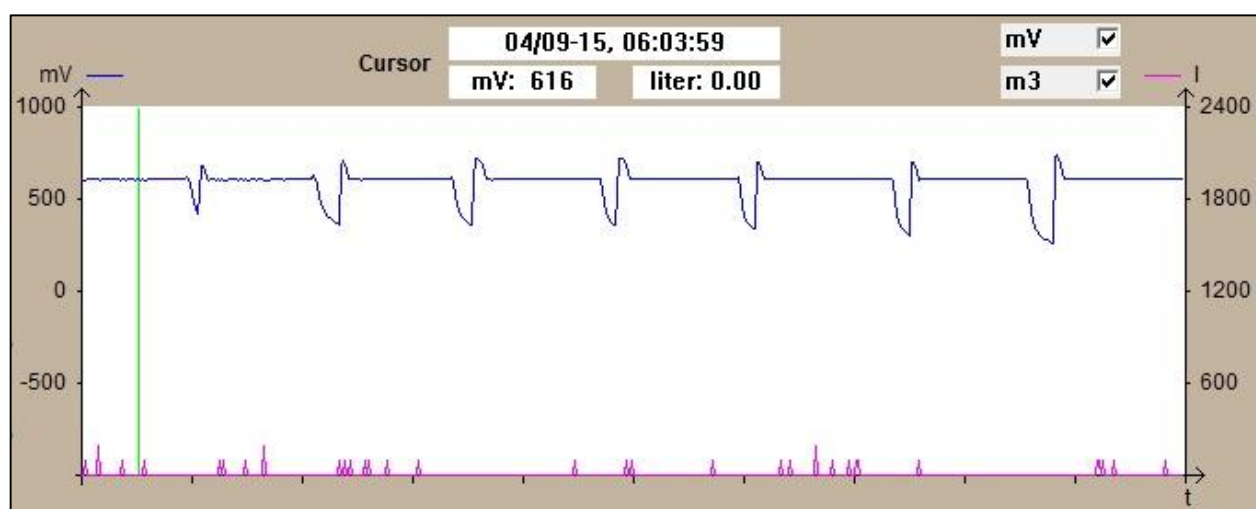
Neutox® fra maskinerne installeret i projektet indeholder 1700 mg/L restklorider. Med en dosering på fx 1:1000 i vand vil koncentrationen være hævet med 1,7 mg/L, hvilket er uden betydning i vand som

naturligt indeholder 50 mg/L. Er der derimod ingen forbrug på det varme vand, vil koncentrationen stige, da Neuthox® doseres løbende ift. redoxpotentialen, som er uafhængig af vandforbruget.

Man ønsker ikke at hæve kloridniveauet til over 250 mg/L. Denne grænse er givet jf. drikkevandsdirektivet og er sat ud fra et korrosionssynspunkt. Den kan overføres til det varme vand, men man har været ekstra opmærksomme i installationer med rustfast stål, da 250 mg/L går til grænsen for materialet ved høje temperaturer.

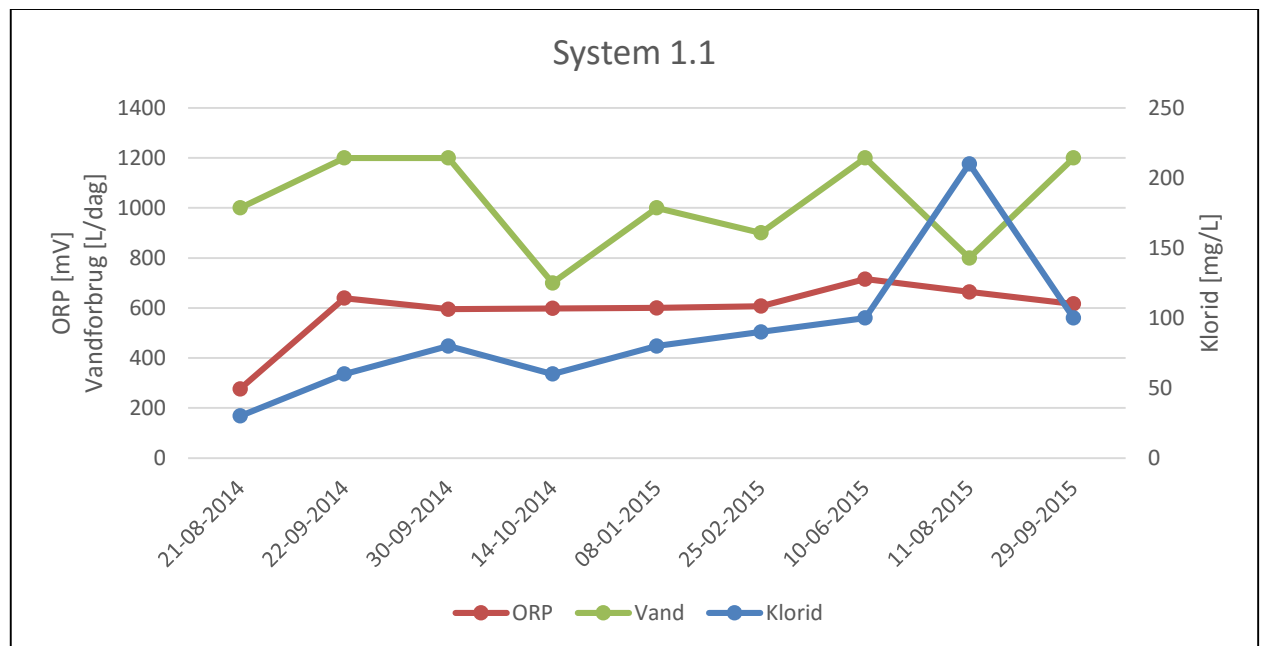
Kloridindholdet er steget med redoxpotentialen i alle installationer, da der tilføres mere Neuthox® til systemet. I de systemer hvor forbruget er ubetydeligt ift. systemets størrelse udjævner kloridkoncentrationen sig ikke, men stiger fortsat. For at afhjælpe dette problem, stopper den specialudviklede Legionellacontroller doseringen, når vandforbruget er under en vis procentdel af det nominelle forbrug i en given periode. For system 1.1, som lukker ned i weekenden betyder det, at der ingen dosering er lørdag og søndag. På nedenstående udlæsning af ORP-loggen fra system 1.1, ser man ORP-falde med syv dages mellemrum, for derefter at starte op igen når rengøringspersonalet møder ind.

Figur 24 ORP-log fra system 1.1, hvor ORP falder i weekenden.



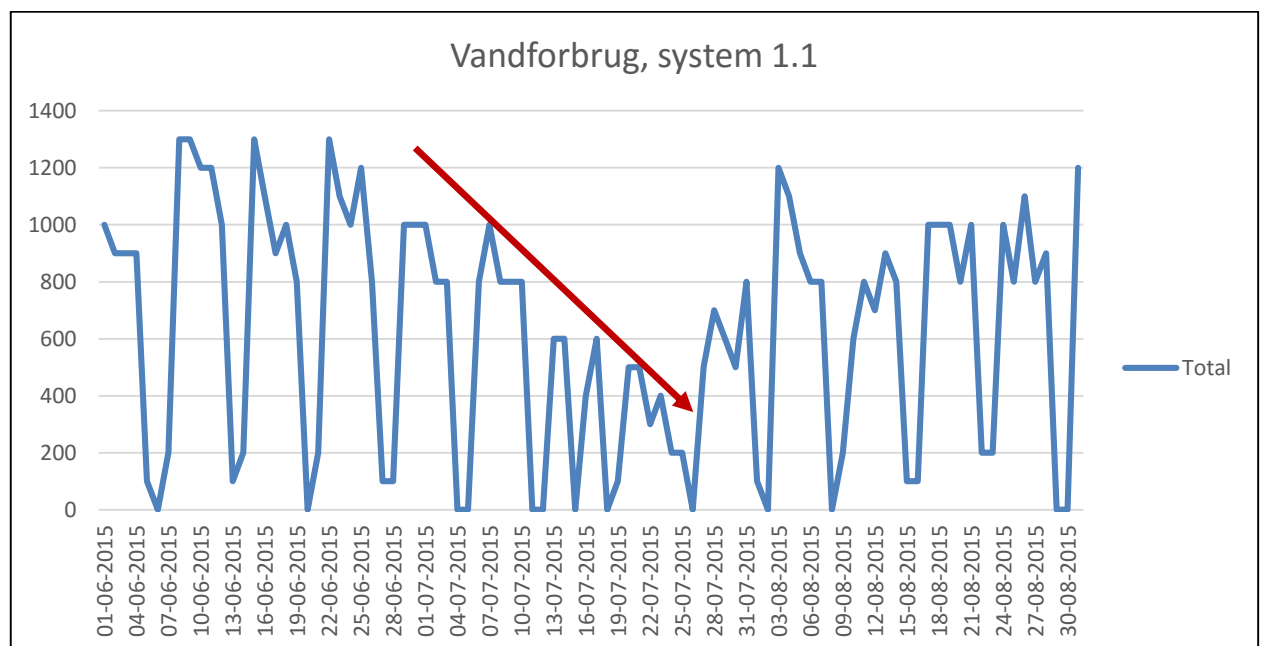
Det ses af nedenstående kurve at ORP- og kloridniveau følges ad som tidligere beskrevet. Den 11.0815 er kloridniveauet dog steget til 210 mg/L.

Figur 25 Kurve over klorid- og ORP-niveau, samt vandforbrug.
Kloridniveauet følger ORP-niveauet indtil vandforbruget falder.



Sammenholder man dette med nedgangen i vandforbrug i perioden pga. sommerferie, forklares stigningen i koncentration. En justering af controlleren, kunne stoppe doseringen i sommerferieperioden, men da stigningen i klorider er under 250 mg/L udgør den ikke et problem.

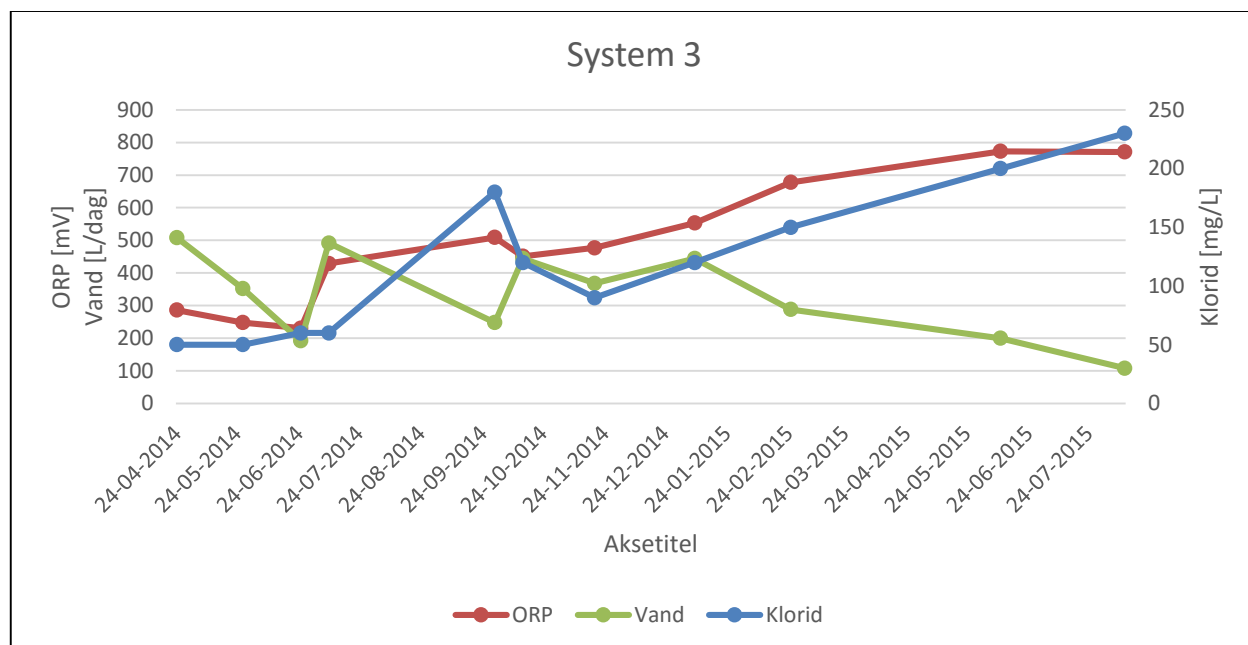
Figur 26 Kurve over løbende vandforbrug i system 1.1 fra juli til august. Rød pil indikerer nedgang i vandforbruget pga. sommerferie.



Ovenstående eksempel fra system 1.1 gør sig gældende i de andre installationer, såfremt der er et rimeligt forbrug ift. cirkulationsstrengens størrelse. Med et ORP-niveau omkring 600-650 mV tilføres der 50-100 mg/L klorid til systemet – dette er stadig under anbefalingerne i drikkevandsdirektivet og under grænsen for korrosionsproblemer.

Er der store systemer med lille forbrug, som er tilfældet i system 3 ser kurven ud som følger:

Figur 27 Kurve over klorid- og ORP-niveau, samt vandforbrug.
 Kloridniveauet stiger på trods af ORP-niveau og vandforbrug, da vandforbruget er meget lille ift. cirkulationsledningen.



Det ses at kloridkoncentrationen stiger med ORP, men uden at stabilisere sig. Samtidig er vandforbruget faldende, og mængden af vand som spædes til systemet er ikke nok til at reducere kloridindholdet. Doseringssetpunktet er til slut på kurven hævet i et forsøg på at fjerne Legionellaforekomster helt ud i tappestrengen, dog uden resultat – nedjustering af setpunktet har reduceret kloridniveauet igen.

Delkonklusion på klorider

Kloridniveauet er afhængig af doseringsmængden og vandforbruget i installationen, men hæves normalt med 50-100 PPM. Har man at gøre med installationer, med et specielt brugsmønster skal man have fokus på indstillingen af controlleren, så signalet til pumpen afbrydes. På installationer med meget lille vandforbrug og store cirkulationsledninger kan alternative metoder være nødvendige, fx automatisk dræning med jævne mellemrum for at reducerer kloridkoncentrationen.

4.4 Energibesparelse resultater

4.4.1 Fjernvarmereduktion (Jan Due Kristensen, SFJV)

Ejendommen med DCW Units

I følgende ejendomme er DCW Unit indbygget og idriftsat. DCW oplyser, at efter idriftsætningen er cirkulationstemperaturen på varmt brugsvand sænket fra de tidligere 60-70 °C til ca. 45 °C.

Med undtagelse af Humlehøj Hallerne er der to afregningsmålere pr. forbruger, der dækker forskellige funktioner.

| | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Mølleparken Plejecenter | Idriftsat 22. april | Periode målt forbrug |
| Damgade 5 | Center | 1/5-31/10 |
| Damgade 7 | Forvaltning | 1/5-31/10 |
| Alsion | Idriftsat 3.marts | Periode målt forbrug |
| Alsion 2 | Universitet | 1/3-31/10 |
| Alsion 2 | Ejerforening | 1/3-31/10 |
| Comwell | Idriftsat 22. april | Periode målt forbrug |
| Strandvej 1 | Hotel | 1/5-31/10 |
| Strandvej 1 | Teater | 1/5-31/10 |
| Humlehøj Hallerne | Idriftsat 18. februar | Periode målt forbrug |
| Stråbjergvej 1 | Idræt/svøm | 1/3-31/10 |

Energiforbrug før og efter indbygning af DCW Unit

Nedenstående tabel illustrerer energiforbruget i Gigajoule (GJ), for de fire ejendomme i perioden hvor brugsvandscirkulationstemperaturen blev sænket i 2015, sammenholdt med tilsvarende periode i 2014.

For at udføre en sammenligning mellem forbrug i 2015 og 2014, må forbruget graddagekorrigeres.

Den del af forbruget der ikke påvirkes af udetemperaturen (graddagene) – det såkaldte Graddage Uafhængigt Forbrug (GUF) - er fastlagt individuelt for de enkelte ejendomme baseret på de sidste 3 års forbrug. Resultatet viser væsentlige højere GUF-værdier end de erfaringstal man normalt anvender, hvilket kan tilskrives at forbrugsperioden hovedsageligt omfatter sommerhalvåret, hvor GUF udgør en væsentlig del af forbruget.

Det graddageuafhængige forbrug omfatter bl.a. varmtvandsforbrug, varmetab for de tekniske rørinstallationer, herunder brugsvandscirkulationstemperaturen.

| | Anvendelse | Periode måling | Normalt år Graddage | GUF % (faktisk) | Forbrug 2015 GJ | Aktuelle graddage periode | Korrigeret forbrug 2015, GJ | Forbrug 2014 | Aktuelle graddage periode | Korrigeret forbrug 2014, GJ | Afvigelse korrigeret forbrug, % | Afvigelse forbrug, % |
|-------------------------|--|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Mølleparken Plejecenter | | | | | | | | | | | | |
| Damgade 5 | Center | 1/5-31/10 | 550 | 57 | 287 | 578,2 | 281,0 | 209 | 430,6 | 233,9 | 20,1 | 37,3 |
| Damgade 7 | Forvalt. | 1/5-31/10 | 550 | 82 | 509 | 578,2 | 504,5 | 367 | 430,6 | 385,3 | 30,9 | 38,7 |
| Alsion | | | | | | | | | | | | |
| Alsion 2 | Uni. | 1/3-31/10 | 1305 | 28 | 1598 | 1207,4 | 1691,0 | 1214 | 969,9 | 1516,0 | 11,5 | 31,6 |
| Alsion 2 | Ejerf. | 1/3-31/10 | 1305 | 50 | 1163 | 1207,4 | 1210,0 | 866 | 969,9 | 1015,6 | 19,1 | 34,3 |
| Comwell | | | | | | | | | | | | |
| Strandvej 1 | Hotel | 1/5-31/10 | 550 | 82 | 616 | 578,2 | 610,6 | 514 | 430,6 | 539,7 | 13,1 | 19,8 |
| Strandvej 1 | Teater | 1/5-31/10 | 550 | 57 | 144 | 578,2 | 141,0 | 121 | 430,6 | 135,4 | 4,1 | 19,0 |
| Humlehøj Hallerne | | | | | | | | | | | | |
| Stråbjergvej 1 | svøm | 1/3-31/10 | 1305 | 66 | 2896 | 1207,4 | 2975,6 | 2838 | 969,9 | 3171,4 | -6,2 | 2,0 |
| Korrigeret forbrug: | Forbrug *(((100-GUF)*(normaltår/aktuelle graddage) + GUF)/100) | | | | | | | | | | | |

Af kolonnen "Afvigelser korrigeret forbrug" konstateres der et ikke uvæsentligt stigende forbrug på Mølleparken Plejecenter, Alsion og Comwell, mens der kun for Humlehøj Hallerne kan konstateres et faldende graddagekorrigeret forbrug.

Delkonklusion på energibesparelser (Jan Due Kristensen, SFJV)

Der kan kun konstateres et reduceret forbrug på hovedmåleren ved Humlehøj-Hallerne.

For alle øvrige forbrugere/hovedmålere kan der derimod konstateres ikke uvæsentlige forbrugsstigninger – stik imod forventningen.

Analysen tager ikke hensyn til ændret adfærd og brug af ejendommen, ligesom der ikke er korrigeret for sol, vind mv.

Det må antages, at forbrugsstigningen ville være endnu større uden implementering af DCW Unit, da en sænkning af cirkulationstemperaturen alt andet lige bør resultere i reduktioner på energiforbruget.

Energibesparelsen ved sænkning af brugsvandscirkulationsanlægget bør slå mest igennem i den målte periode som hovedsageligt omfatter graddage uafhængigt forbrug. Brugsvandscirkulation er netop graddage uafhængigt forbrug.

Det kan således konkluderes, at registrering af energibesparelser ved implementering af DCW Unit på hovedmålerniveau ikke er gangbart, da mange andre parameter også har indflydelse på det målte forbrug. En måling isoleret på cirkulationsledningen må således foretrækkes som dokumentation af den potentielle energibesparelse.

4.4.2 Tomgangstabsreduktion

På baggrund af problemerne med at dokumentere energibesparelsen på hovedmåler niveau, inviterede DCW en rådgiver, fra Dansk Energirådgivning, der foretog målinger på flowet i cirkulationen hos Hotel Comwell. På baggrund af disse målinger, rørtypen, vandforbruget og Δt før og efter temperatursænkningen, kunne man beregne besparelsen i cirkulationen. Screeningsrapporten fra Dansk Energirådgivning er vedlagt som bilag 06. Rapporten viser en energibesparelse på 98.918 kWh/år, med en nettoværdi på 31.654 kr./år.

Beregningen er baseret på at rørene er ført i rum, som i forvejen ikke skulle opvarmes og beregningen er derfor konservativ.

4.5 Resultater fra undersøgelser af brugere, serviceteknikere og beslutningstagere (Frederik Gottlieb og Henry Larsen, SDU)

(Larsen, et al., 2015) Arbejdet af Syddansk Universitet er blevet udført i form af Interviews og samtaler med brugere, videofeltstudier og workshops med serviceteknikere på de forskellige sites og interviews og workshops med beslutningstagere. Temaet omkring "Common Sense" forståelsen er sammenfattet i rapporten "Forståelsen Af Common Sense Begrebet Og Erfaringer Med Serviceteknikere" (Larsen, et al., 2014), som er sendt til DCW. Der er efterfølgende gjort yderligere erfaringer med serviceteknikerne, hvilket opsummeres i denne beretning. Involveringen af meningsdannere og beslutningstagere er forløbet som den sidste del af projektet og sammenfattes i denne rapport. Indsigten fra projektet vil senere blive et bidrag til forskningsområderne Participatory Innovation og Multistakeholder Innovation.

Delkonklusioner og anbefalinger

- Mange brugere skelner ikke mellem varmt og koldt vand. Det kan være et problem for holdningen til Neuthox[®], hvor tilsætning af klorholdigt biocid til varmt vand kan opfattes som

problematisk. I den praktiske brug kan vi imidlertid konkludere at metoden ikke giver anledning til indsigelser fra brugere

- Det anbefales at serviceteknikerne inddrages aktivt i forbindelse med kommunikationen mellem virksomhed og slutbruger. Det er ofte dem som har den uformelle kontakt til slutbrugeren og det anbefales at DCW fremover indgår et tættere samarbejde med serviceteknikerne om hvordan formidling til slutbrugeren bedst foretages, og udarbejder materiale til dette formål
- Interviews afdækkede, at på trods af en vedvarende indsats fra enkelte rådgivere har der ikke været den store interesse for at spare energi på det varme vand indtil nu. Dette er muligvis ved at ændre sig, blandt andet fordi fjernvarmeværker udtrykker en ny interesse i at kunne fremsende fjernvarmevand ved lavere temperatur
- På en afholdt workshop blev der etableret kontakt mellem en række interessenter som normalt ikke mødes; rådgivere inden for såvel varmt vand som fjernvarme, valgte og teknikere fra boligselskaber, leverandører inden for fjernvarme og varmt vand og repræsentanter fra fem fjernvarmeværker. Vi anbefaler DCW at holde sig orienteret om den fortsatte dialog mellem disse forskellige interessenter, hvor der kan opstå potentielt handlekraftige løsninger i en nærmere fremtid
- For DCW vil nye forretningsmodeller kunne opstå ved at følge fjernvarmebranchens nye interesse for deres kunders energiforbrug og for at kunne sænke fremløbstemperaturen. En forretningsmodel kunne for eksempel være at følge Viborg Fjernvarmes eksempel og indgå i lejeordninger i samspil med fjernvarmeselskaber, som påtænker at lave løsninger med lavtemperaturfjernvarme i områder, hvor der er bygninger med krav til Legionella. Dette er ikke en lavt hængende frugt, men fra dialogen mellem interessenterne på workshoppen anses perspektiverne for at være ganske store

5.0 kommercielle resultater

5.1 Formidling

Gennem projektets forløb er der regelmæssigt sendt informationer til alle deltagere og dermed sikret, at fremskridt og vigtige resultater er bekendt af alle deltagere.

Undervejs i projektet er delresultater blevet fremlagt på:

- Temadag: "Lavtemperatur Fjernvarme" på Teknologisk Institut i Århus d. 8. december 2014
- Konference: "100% Climate Neutrality" på Alsion i Sønderborg d.7. oktober 2015

Sammen med vores engelske salgspartner deltog Danish Clean Water på messe hvor vores produkter blev markedsført mod Legionellamarkedet med resultater fra dette EUDP projekt som de vigtigste budskaber:

- Messe: "Combating Legionella" i Birmingham d. 29 – 30. september 2015

Som led i projektet afholdte SDU en workshop for beslutningstagere og interessenter inden for lavtemperaturfjernvarmefeltet. Her blev DCW's resultater fremlagt og teknologiens rolle i fremtidens fjernvarmeteknologier diskuteret.

- Workshop: "Rent varmt vand ved lave temperaturer" på Syddansk Universitet i Kolding d. 18. november 2015

Resultaterne og vore erfaringer skabt i dette projekt er endvidere aktiv benyttet i arbejdet med at afdække og beskrive dette marked, og som slutteligt har medført at firmaet øger fokus på dette segment. Helt konkret har disse aktiviteter medført at der er indledt et salgssamarbejde med ny engelsk partner (som efterfølgende var en aktiv partner på messen i Birmingham – se ovenfor). Endvidere er vi i indledende forhandlinger potentiel OEM kunde (kunde med omsætning på adskillige milliarder i

varmtvandssegmentet) – og denne kundes interesse er især vakt på grund af de resultater dette projekt har skabt.

I forbindelse med afslutningen på projektet er vi ved at udvikle marketing materiale baseret på projektets resultater, og målet er at vi i det første kvartal efter projektafslutning har fået promoveret resultaterne i førende dagblade og magasiner og muligvis også på TV. Dette materiale arbejder vi på sammen med et eksternt marketing bureau og med pressekonsulent.

6.0 Konklusion

EUDP-projektet har genereret unikke erfaringer i brugen af in-situ genereret hypoklorsyre til desinfektion af varmtvandssystemer med cirkulationskreds. Med seks installationer som er repræsentative for den eksisterende danske bygningsmasse, hvad angår alder og opbygning, samt over 300 Legionellaprøver, er resultatet overbevisende – det er muligt at holde cirkulationsledninger og tappehaner fri for Legionella ved normal og reduceret temperatur, såfremt DCW's doseringsstrategi følges. Dermed er DCW's teknologi en mulig komponent i fremtidens lavtemperaturfjernvarme.

Projektet viste at der i alle seks systemer fandtes Legionella uanset alder, opbygning, veksler, beholder og rørtype. Ydermere fandtes der Legionella på trods af temperaturer over 50 °C og anvendelsen af choktemperering.

Ved opbygning af doseringssystemet med doseringspunkt ORP-sensor i fremløbet for det varme brugsvand, opnåede vi et stabilt oxidationsniveau, som over tid fjerner Legionella i cirkulationsledningen. Af de syv doseringssløjfer der kørte i projektet, havde kun system 1.1 (se side 18) fortsat Legionella i cirkulationen efter påbegyndt dosering med endelig doseringsstrategi – dette system var ikke bygget om efter DCW's endelige doseringsstrategi og fungerede derfor som reference. Prøver taget parallelt i cirkulationen på system 6 og en reference uden dosering viste ydermere en forskel bakterieniveau, da der fortsat fandtes bakterier i referencen, mens system 6's cirkulation forblev Legionellafri (se afsnit 4.1.3).

På de seks installationer med Legionellafri cirkulation lykkedes det at fjerne forekomsten af Legionella i A- og B-prøverne ved dyrkning i system 2 (se afsnit 4.1.2), 4 (se afsnit 4.1.4) og 5 (se afsnit 4.1.5), med den rigtige koncentration af Neuthox®. For at opnå desinfektion helt ud til tappestedet kræver det nok forbrug til at tilstrækkeligt eksponere den døde rørstreng mellem cirkulation og tappested for biocidet, foruden høj nok koncentration. Denne del af rørstrengen er et problem for samtlige Legionellabekæmpelsesstrategier, da varme heller ikke når tapstedet når der intet forbrug er.

En screening af 10 vilkårlige tappesteder på system 4 fandt kun dyrkbare Legionella i tre A-prøver, hvor alle tre prøver var under 1000 cfu/L. Dette på trods af meget lille forbrug på flere af hanerne. System 4 har dermed opnået en stor all-around reduktion i Legionellaniveauet (se afsnit 4.1.4).

System 1 har under projektet kørt med doseringsstop i weekender for at undgå kloridopbygning, da der ingen varmtvandsforbrug var i perioden (se afsnit 4.3.4). Doseringsstop på to dage har ikke givet anledning til opblomstring i cirkulationsledningen. System 6 oplevede uventet doseringsstop på fire uger, hvilket forårsagede opblomstring i Legionellaniveauet til det samme niveau som før påbegyndt dosering (se afsnit 4.1.6). Efter et fire ugers planlagt stop på system 6 forsøgte vi en hyperklorering af systemet, hvilket nedbragte Legionellaniveauet med 3 log enhed på tappestedet, men de efterfølgende vandprøver indeholdt fortsat Legionella og hyperklorering er derfor ikke en metode til at forblive Legionellafri, men kan hurtigt reducere niveauet såfremt de er høje.

På hovedmålniveau kunne man ikke registrere en besparelse i forbruget af fjernvarme, hvilket formentlig skyldes usikkerheder i korrektionen for graddage. En screeningsrapport udarbejdet af Dansk Energirådgivning på Hotel Comwell viste at sænkning af temperaturen fra frem/retur 56/45 °C til 45/42 °C gav en årlig energibesparelse på 98.918 kWh/år, hvilket er en besparelse på 31.654 kr./år.

Niveauet af Trihalomethaner i det varme vand er målt igennem projektet. Niveauerne ligger i hovedparten af installationerne under 100 µg/L, som er grænseværdien for drikkevand. Tesen om at niveauet af THM ville falde når biofilmen var fjernet har ikke kunnet bevises. Der er ikke fundet nogen klar sammenhæng mellem alder, rørtype eller lignende på resultaterne – DCW vil derfor fortsætte THM-målingerne efter projektets afslutning.

Kloridniveauet følger doseringsmængden og er afhængig af vandforbruget. Har man et specielt forbrugsmønster, som fx system 3 skal det tænkes ind under opsætning af doseringscontrolleren. Kloridniveauet hæves i det varme vand med 50-100 PPM.

Korrosionsanalyser på hhv. PEX og metaller viste ingen problemer i installationens forventede levetid.

SDU belyste problematikken som opstår ved behandling af det varme vand – herunder ”common sense” forståelsen omkring varmt vand, som i Danmark er at det varme vand er at betragte som kold vand, hvad angår renlighed, derfor accepterer man ikke fx klorglugt. Der er derfor behov for at DCW aktivt bruger driftsteknikere på installationerne i tilgangen til slutbrugeren.

Serviceteknikerne gav idéer til optimering af maskinen – idéer som DCW aktivt anvender i udviklingen af en dedikeret Legionella unit.

Fjernvarmesektoren udviste på en workshop stor interesse for DCW’s teknologi, som på sigt kan være en vigtig komponent i lavtemperaturfjernvarme. Der ligger dog en forhindring i dette marked, da fjernvarmenettet ikke er klar til lavtemperaturdrift og økonomien til ændring af eksisterende installationer ofte er svært tilgængelig. DCW skal i fremtiden følge udviklingen i dette marked for at blive en central spiller.

7.0 Perspektivering

Forbrug ved tæppestederne har været en problemstilling under hele projektet. Dette er en problemstilling ikke blot for løsninger med biocid, men også varmebehandling. Skal lavtemperaturdrift realiseres kan det være nødvendigt at koble DCW’s løsning med metoder til at opnå forbrug på hanen – i projektet forsøgte man sig med selvskyllende vandhaner uden succes pga. interferens fra brugernes side, men der er et behov for alternativer, som ikke kræver ”unødigt” vandforbrug.

Når cirkulationstemperaturen reduceres skaber man bedre vækstbetingelser for Legionella. På system 1.1 forsøgte man sig med temperatursænkning efter fem måneders drift uden dyrkbare bakterier i cirkulationsstrengen. Efter sænkningen steg niveauet af Legionella og fortsatte med at stige til over baselineniveauer på trods af øgning i koncentration af biocidet. Dette skyldes opbygningen af systemet som ikke er efter DCW’s doseringsstrategi, men viser formentlig hvad der vil ske under et udfald i doseringen ved lavtemperaturdrift. For at Legionellakontrol ved lavtemperatur kan være en sikker løsning kræver det derfor sikkerhed for fortsat dosering, dog viser forsøgene med weekendstop at få dages manglende dosering ikke forårsager opblomstring. DCW’s system er derfor ikke en kritisk komponent som ikke må fejle, blot doseringen kan genoprettes inden for få dage.

Det vil på sigt være nemmere at guide kunder, hvis man kan sige noget mere konkret om den maksimale nedetid på anlægget. Ydermere behøver man også en bedre viden om hvor lang tid doseringssystemet

skal være i drift før gode Legionellaresultater opnås – man estimerer 4-6 uger ud fra projektets og tidligere resultater, men dette vil naturligvis variere med systemets biologiske last.

Fra laboratorietest ved man at Neuthox® kan reducere biofilm og nedgangen i qPCR resultater tyder også på at Legionellas livsbetingelser, herunder biofilm, forringes/reduceres, men der kan være stor forskel på miljø og laboratorieresultater. Udtagning af rørprøver ville have underbygget den eksisterende viden om biofilm og dens reaktion med Neuthox®.

I projektet har man holdt cirkulationen ren i alle systemer på nær system 1.1, siden påbegyndt dosering med endelig doseringsstrategi og i visse tilfælde før, dog med forbehold for udfald ved manglende dosering. Dermed er der dokumentation for Legionellakontrol siden marts 2014 i system 1.2 og senere for de resterende rene systemer. Vi har dermed bevist at der ikke er tale om en korttidseffekt i cirkulationsledningen. I tappestederne fandt vi først sent i projektet den endelige løsning, der kunne holde tappestederne rene, hvorfor ingen langtidstest forelægger her. Efter sænkning af Neuthox®-koncentrationen til normalt niveau, har vi igen set positive Legionellaprøver i system 2 og 4 (tappesteder) og den fremtidige udvikling her kendes heller ikke. DCW er indstillet på at følge denne udvikling hvis partnerne på de enkelte installationer fortsat vil tillade at vi udtager vandprøver.

Skal lavtemperaturdrift af cirkulationsledninger på sigt være sikkerhedsmæssigt forsvarlig skal der forelægge en protokol herfor. Denne skal som minimum indeholde krav til intervaller for Legionellatest og procedurer som skal følges i tilfælde af udfald af dosering. DCW vil i samarbejde med SSI lave en sådan protokol for de af testinstallationerne som fortsat vil operere med lavtemperaturdrift.

8.0 Bibliografi

Granmar, Marie. 2011. Legionellabekämpfung tufft för vattenrör. *Energi & Miljö 6(7)*. 2011, s. 33.

Larsen, Henry og Gottlieb, Frederik. 2014. *Forståelsen af Common Sense begrebet og erfaringer med Serviceteknikere*. Sønderborg/Kolding : SDU Design, 2014.

—. **2015.** *Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen, brugere, serviceteknikere og beslutningstagere*. Kolding : SDU Design, 2015.

Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 1078, 2006. *Sundhedsmæssig vurdering af frit og bundet klor og trihalomethaner i bassinvandet i svømmebade*. s.l. : Miljøministeriet, Miljøprojekt nr. 1078, 2006.

9.0 Bilag

- 1) Legionella- og varmtvandskimanalyseresultater for system 1-6
- 2) Prøvningsrapport over trækprøvning af eksponerede og ikke-eksponerede PEX-rørstykker
- 3) Vedr. trækprøvning af PEX-stykker
- 4) Vedr. korrosionskupper
- 5) Trihalomethan analyseresultater
- 6) Screeningsrapport Hotel Comwell Sønderborg

System 1

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

16.12.13

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | 55 | 12 | 0 | | 7,58E+03 | 1,40E+04 | 27,7 |
| System 1.1, The-køkken B | 23 | 23 | 0 | | 9,19E+02 | ND | 53,1 |
| System 1.1, The-køkken C | 0 | 2 | 0 | | 4,02E+03 | 9,01E+03 | 50,9 |
| System 1.2, Toilet A | 2500 | 24 | 0 | | 2,16E+04 | ND | 26,1 |
| System 1.2, Toilet B | 12 | 1 | 0 | | 1,95E+03 | ND | 47,0 |
| System 1.1, Toilet A | 3300 | 227 | 0 | | 1,62E+03 | 3,30E+03 | 33,8 |
| System 1.1, Toilet B | 96 | 118 | 0 | | 2,25E+03 | ND | 58,1 |

16.01.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | 165 | 890 | 580 | 2,00E+04 | 4,19E+03 | 6,79E+03 | 21,5 |
| System 1.1, The-køkken B | 27 | 397 | 445 | | 7,20E+02 | 5,53E+02 | 48,8 |
| System 1.2, Toilet A | 1120 | 630 | 1200 | 1,50E+03 | 3,14E+03 | ND | 50,9 |
| System 1.2, Toilet B | 21 | 480 | 1000 | | 2,12E+03 | ND | 25,1 |
| System 1.1, Toilet A | 3950 | 2470 | 800 | 1,00E+04 | 4,90E+03 | 2,28E+03 | 43,7 |
| System 1.1, Toilet B | 135 | 298 | 205 | | 7,85E+02 | ND | 34,6 |

04.02.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, Frem | 13 | ND0 | 340 | | 9,66E+03 | 1,28E+03 | 55,3 |
| System 1.1, Cirkulation | 149 | 240 | 100 | | 4,85E+03 | ND | 49,3 |
| System 1.2, Frem | 589 | ND0 | 16000 | | 1,43E+04 | ND | 52,7 |
| System 1.2, Cirkulation | 3 | ND0 | 4670 | | 3,44E+03 | ND | 53,1 |
| System 1.1, The-køkken A | 336 | 30 | 20 | 5,10E+02 | 1,46E+04 | 1,78E+04 | 35,9 |
| System 1.1, The-køkken B | 52 | ND0 | 10 | 6,00E+01 | 3,41E+04 | 1,73E+04 | 49,3 |
| System 1.2, Toilet A | 3200 | 130 | 440 | | 6,73E+04 | ND | 35,9 |
| System 1.2, Toilet B | 48 | ND0 | 460 | | 8,90E+03 | ND | 49,3 |

06.03.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | | | | ND | 7,29E+02 | ND | 66,0 |
| System 1.1, The-køkken B | | | | ND | 8,46E+02 | 2,18E+02 | 54,0 |
| System 1.2, Toilet A | | | | ND | 3,97E+02 | ND | 58,0 |
| System 1.2, Toilet B | | | | ND | ND | ND | 54,0 |

18.03.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Cirkulation | 222 | 193 | 228 | ND | 1,18E+03 | ND | 47,5 |
| System 1.2, Frem | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 59,1 |
| System 1.2, Toilet A | 8500 | 110 | 2040 | 6,00E+03 | 2,00E+04 | ND | 29,6 |
| System 1.2, Toilet B | ND | | | ND | 1,37E+03 | ND | 53,5 |

01.05.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Cirkulation | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 53,1 |
| System 1.2, Frem | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 51,7 |
| System 1.2, Toilet A | 6800 | 309 | 25300 | 9,00E+03 | 4,17E+03 | ND | 28,8 |
| System 1.2, Toilet B | ND | ND | ND | ND | 1,81E+03 | ND | 53,8 |

10.06.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | 560 | 100 | 9 | 1,10E+04 | 1,11E+04 | 8,42E+03 | |
| System 1.1, The-køkken B | 70 | 32 | 9 | ND | ND | ND | |
| System 1.2, Toilet A | 12500 | 450 | 11 | ND | 5,56E+04 | ND | |
| System 1.2, Toilet B | 87 | ND | ND | ND | ND | ND | |

04.08.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, Frem | 86 | | | ND | 2,73E+02 | ND | 49,1 |
| System 1.1, Cirkulation | 19000 | | | 2,00E+03 | 3,98E+02 | ND | 53,0 |
| System 1.1, The-køkken A | 15000 | | | 1,12E+05 | 1,41E+04 | 3,00E+04 | 29,8 |
| System 1.1, The-køkken B | 8500 | | | 1,00E+04 | 1,21E+03 | 2,29E+03 | 45,3 |
| System 1.2, Toilet A | 13000 | | | ND | 5,07E+04 | ND | 29,3 |
| System 1.2, Toilet B | 640 | | | 3,00E+03 | 1,41E+03 | ND | 44,7 |

30.09.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Cirkulation | ND | | | ND | ND | ND | |
| System 1.2, Toilet B | ND | | | 3,00E+03 | 9,30E+02 | ND | |
| System 1.1, The-køkken B | 32 | | | 2,00E+03 | 2,17E+02 | ND | |
| System 1.1, Cirkulation | 1 | | | ND | 3,82E+02 | ND | |

28.10.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | 26273 | | | ND | 1,50E+03 | 7,80E+02 | 27,6 |
| System 1.1, The-køkken B | 12 | | | 5,00E+02 | 4,90E+02 | 8,60E+01 | 43,8 |
| System 1.2, Toilet A | 22091 | | | 2,30E+04 | 2,80E+03 | ND | 27,3 |
| System 1.2, Toilet B | 40 | | | ND | 1,20E+02 | ND | 47,9 |

10.12.14

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, The-køkken A | | | | ND | 2,60E+03 | 1,34E+03 | 31,4 |
| System 1.1, The-køkken B | | | | 1,60E+04 | 6,98E+02 | ND | 48,1 |
| System 1.1, Cirkulation | | | | ND | 1,16E+03 | ND | 48,2 |

25.02.15

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.1, Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 47,7 |
| System 1.1, The-køkken A | | | | 6,00E+03 | 1,00E+03 | 9,00E+02 | 33,6 |
| System 1.1, The-køkken B | | | | 2,00E+03 | 1,00E+03 | 4,00E+03 | 47 |
| System 1.2, Toilet B | | | | 1,00E+03 | 1,00E+03 | ND | 45,7 |

30.03.15

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Toilet A | | | | 1,6E+04 | 1,36E+04 | ND | 28,4 |
| System 1.2, Toilet B | | | | 4,0E+03 | 1,31E+03 | ND | 43,2 |
| System 1.2, Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 43,7 |
| System 1.1, Cirkulation | | | | 9,5E+03 | 2,38E+03 | 4,23E+03 | 43,1 |

10.06.15

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Toilet A | | | | 1,00E+03 | 1,17E+03 | ND | 22,3 |
| System 1.2, Toilet B | | | | ND | 7,16E+03 | ND | 42,4 |
| System 1.2, Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 43,1 |
| System 1.1, Cirkulation | | | | 1,10E+04 | 5,09E+04 | 2,75E+04 | 43,3 |

11.08.15

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 44,3 |
| System 1.1, Cirkulation | | | | 1,4E+04 | ND | 2,03E+02 | 43,4 |

29.09.15

| System 1 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | L. spp, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------------|--------|--------|--------|------------------|--------------|----------------------|------------|
| System 1.2, Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 42,1 |
| System 1.1, Cirkulation | | | | 1,0E+03 | 2,79E+02 | ND | 44,1 |

System 2

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

16.12.13

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 2000 | 1900 | 350 | | ND | | 59,1 |
| Cirkulation | 177 | 14636 | 13273 | | 3,34E+03 | ND | 48,2 |
| 3. sal A | 1473 | 410 | 380 | | 4,42E+02 | ND | 18,8 |
| 3. sal B | 78 | 3100 | 5100 | | ND | | 45,7 |
| 2. sal A | 60 | 1200 | 1664 | | 7,73E+03 | ND | 28,2 |
| 2. sal B | 3000 | 3500 | 9800 | | 4,95E+03 | ND | 48,1 |

29.01.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 13 | 0 | 0 | | ND | ND | 49,7 |
| Cirkulation | 70 | 560 | 1700 | | 5,49E+02 | ND | 46,6 |
| 3. sal A | 1210 | 300 | 330 | | 1,38E+03 | ND | 19,3 |
| 3. sal B | 410 | 1010 | 2300 | | 5,76E+02 | ND | 44,5 |
| 2. sal A | 4100 | 320 | 1890 | | 3,52E+03 | ND | 28,3 |
| 2. sal B | 1240 | 2110 | 2880 | | 4,35E+03 | ND | 47,9 |

19.02.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 0 | 0 | 0 | | ND | ND | 52,6 |
| Cirkulation | 1360 | 1320 | 8200 | | 3,74E+02 | ND | 49,9 |
| 3. sal A | 1210 | 1960 | 10200 | 2,00E+04 | 2,25E+03 | 2,67E+02 | 21,4 |
| 3. sal B | 1120 | 1800 | 9800 | | 3,51E+02 | ND | 49,5 |
| 2. sal A | 1160 | 1050 | 6800 | 2,50E+04 | 8,31E+02 | ND | 30,6 |
| 2. sal B | 1100 | 3800 | 9800 | | 7,68E+02 | 2,74E+02 | 50,1 |

ingen eller meget få legionella

12.05.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | ND | 220 | 420 | ND | 1,79E+02 | ND | 54,9 |
| Cirkulation | ND | 70 | 270 | ND | ND | ND | 50,9 |
| 2. sal A | 22900 | 1420 | 4100 | 3,60E+04 | 2,02E+03 | ND | 32,7 |
| 2. sal B | 170 | 210 | 450 | ND | ND | ND | 50,9 |
| 3. sal A | 15200 | 4000 | 3500 | ND | 4,39E+04 | ND | 20,7 |
| 3. sal B | 290 | 1670 | 1620 | ND | ND | ND | 48,8 |

10.06.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 3. sal A | 3800 | 50 | 210 | 6,00E+03 | 6,95E+03 | ND | |
| 3. sal B | 65 | 73 | 47 | ND | ND | ND | |
| 2. sal A | 6300 | 580 | 260 | 6,40E+04 | ND | ND | |
| 2. sal B | 370 | 290 | 35 | ND | ND | ND | |

18.08.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 3. sal A | 230 | | | ND | ND | ND | 25,2 |
| 3. sal B | 7 | | | ND | ND | ND | 48,9 |

30.09.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 22 | | | ND | ND | ND | 46,5 |
| 3. sal B | 280 | | | ND | ND | ND | 48,9 |

28.10.14

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 3. sal A | 38364 | | | ND | 2,00E+03 | ND | 29,7 |
| 3. sal B | 5900 | | | ND | ND | ND | 46,1 |
| 2. sal A | 44000 | | | ND | 1,10E+03 | ND | 24,3 |
| 2. sal B | 2700 | | | ND | ND | ND | 45,3 |

30.03.15

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | 1,11E+03 | ND | 44,4 |
| Handikaptoilet A | | | | ND | ND | ND | 19,7 |
| Handikap toilet B | | | | | 5,00E+02 | ND | 50,2 |
| 3. sal A | | | | | 6,50E+03 | 5,16E+03 | 18,4 |
| 3. sal B | | | | ND | ND | ND | 48,0 |

10.06.15

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 42,8 |
| 3. sal A | | | | ND | ND | ND | 23,2 |
| 3. sal B | | | | ND | ND | ND | 43,5 |

11.08.15

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 44,6 |
| 3. sal A | | | | ND | ND | ND | 26,8 |
| 3. sal B | | | | ND | ND | ND | 26,8 |

29.09.15

| System 2 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 47,8 |
| 3. sal A | | | | | 2,0E+03 | ND | 23,1 |
| 3. sal B | | | | ND | | 2,15E+02 | 46,1 |

System 3

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

16.12.13

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 0 | 6 | 1120 | 4,02E+02 | 4,02E+02 | ND | 53,1 |
| Cirkulation, reference | 40 | 380 | 1160 | 1,34E+03 | 1,34E+03 | 3,08E+03 | 51,7 |
| Frem, reference | 21 | 207 | 1150 | 7,45E+02 | 7,45E+02 | 1,73E+03 | 61,7 |
| Frem | 0 | 1 | 500 | ND | ND | | 59,6 |
| Vask, A | 3500 | 180 | 140 | 1,11E+04 | 1,11E+04 | 9,10E+03 | 22,0 |
| Vask, B | 136 | 45 | 340 | 4,15E+02 | 4,15E+02 | ND | 52,8 |
| Vask, reference, A | 760 | 168 | 480 | 4,15E+03 | 4,15E+03 | 7,27E+03 | 21,0 |
| Vask, reference, B | 32 | 218 | 1050 | 2,40E+03 | 2,40E+03 | 2,66E+03 | 49,2 |

16.01.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 61 | 238 | 474 | | 9,84E+02 | 4,96E+02 | 53,3 |
| Cirkulation, reference | 780 | 980 | 2160 | | 5,53E+03 | 2,37E+03 | 52,1 |
| Frem, reference | 181 | 216 | 1580 | | 1,49E+03 | 7,48E+02 | 56,7 |
| Frem | 13 | 11 | 381 | | 1,42E+03 | 1,04E+03 | 57,4 |
| Vask, A | 670 | 541 | 30 | 9,00E+04 | 1,13E+04 | 1,84E+04 | 23,8 |
| Vask, B | 380 | 23 | 40 | | 2,06E+03 | ND | 48,3 |
| Vask, reference, A | 5200 | 470 | 1080 | 2,10E+03 | 5,02E+03 | 1,69E+03 | 39,1 |
| Vask, reference, B | 128 | 410 | 610 | | 1,46E+03 | 1,04E+03 | 51,2 |
| Bruseslange O519 | | | | | ND | ND | |
| Bruseslange D24 | | | | | 1,58E+02 | ND | |

11.03.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation, reference | 440 | 280 | 970 | ND | 8,63E+02 | 8,39E+01 | 53,0 |
| Cirkulation | 34 | 121 | 1210 | ND | 1,91E+03 | 7,48E+02 | 50,0 |
| Frem, reference | 6 | 50 | 660 | | 9,52E+02 | 3,29E+02 | 59,0 |
| Frem | 19 | 26 | 690 | | 6,93E+02 | ND | 62,0 |
| Vask, A | 4100 | 420 | 161 | 3,30E+01 | 5,48E+03 | 1,35E+03 | 23,0 |
| Vask, B | 290 | 250 | 1310 | | 1,30E+03 | 2,23E+02 | 48,0 |
| Vask, reference, A | 6300 | 1590 | 1820 | ND | 1,00E+03 | 4,33E+02 | 26,0 |
| Vask, reference, B | 70 | 90 | 1010 | | 3,10E+02 | ND | 55,0 |

12.05.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | ND | ND | 127 | ND | 8,80E+02 | ND | 59,9 |
| Cirkulation | 3 | 62 | 87 | ND | 2,76E+02 | 2,32E+03 | 49,7 |
| Vask, A | 9800 | 230 | 220 | 4,70E+04 | 3,21E+03 | 2,16E+03 | 23,7 |
| Vask, B | 66 | 109 | 570 | ND | 2,53E+03 | 2,44E+02 | 49,3 |

18.08.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, A | 4100 | | | 1,80E+04 | 1,15E+04 | 3,05E+03 | 23,5 |
| Vask, B | 180 | | | 1,00E+03 | 2,23E+02 | ND | 46,8 |
| Cirkulation | 60 | | | ND | 2,18E+02 | ND | 49,3 |

30.09.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | ND | | | ND | ND | ND | |
| Cirkulation, reference | 11 | | | ND | 4,68E+02 | ND | 49,1 |
| Vask, B | 49 | | | ND | 1,72E+02 | ND | 48,3 |

28.10.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, A | 12000 | | | 1,80E+04 | 1,10E+04 | 1,10E+03 | 23,6 |
| Vask, B | 940 | | | 5,00E+02 | 3,20E+02 | ND | 45,3 |

10.12.14

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, B | | | | 4,00E+03 | 1,12E+03 | ND | 45,1 |
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 51,3 |

25.02.15

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, A | | | | 2,00E+04 | 1,00E+03 | 5,00E+03 | 23,1 |
| Vask, B | | | | ND | ND | ND | 55,6 |
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 50,6 |

10.06.15

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 50,8 |
| Vask, A | | | | 3,0E+03 | 1,72E+05 | 3,06E+04 | 25,6 |
| Vask, B | | | | 5,0E+02 | 2,64E+04 | 4,55E+03 | 53,3 |

29.09.15

| System 3 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 49,7 |
| Cirkulation, reference | | | | 2,0E+03 | 4,92E+02 | ND | 48,8 |

System 4

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

| 16.01.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | 4700 | 3880 | 7700 | | 1,34E+03 | 5,83E+03 | 31,7 |
| Lejlighed 9, B | 4230 | 2660 | 3340 | | 3,29E+04 | 5,30E+04 | 36,8 |
| Lejlighed 13, A | 1590 | 1660 | 2170 | | ND | ND | 27,3 |
| Lejlighed 13, B | 3260 | 2440 | 7200 | | 1,11E+04 | 2,54E+04 | 40,8 |

| 04.02.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | 430 | 200 | 39000 | 2,00E+02 | 3,68E+03 | 3,95E+03 | 28,3 |
| Lejlighed 9, B | 210 | 900 | 50000 | 1,50E+03 | 9,69E+04 | 9,02E+04 | 40,1 |
| Lejlighed 13, A | 650 | 1000 | 94000 | 5,00E+04 | 1,75E+04 | 2,06E+04 | 25,5 |
| Lejlighed 13, B | 180 | 600 | 53000 | 4,00E+04 | 2,14E+03 | 2,04E+03 | 40,3 |

| 11.03.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Frem | 2250 | 6600 | 15100 | ND | 4,46E+03 | 3,62E+03 | 65,0 |
| Cirkulation | 28000 | 49000 | 56000 | 1,13E+02 | 3,80E+02 | 8,77E+02 | 55,0 |
| Lejlighed 9, A | 860 | 350 | 1180 | 3,80E+01 | 1,38E+04 | 5,13E+03 | 27,0 |
| Lejlighed 9, B | 520 | 810 | 5900 | 1,70E+02 | 3,91E+03 | 2,52E+03 | 40,0 |

| 10.06.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | 270 | ND | 1 | 1,90E+04 | ND | ND | |
| Lejlighed 9, B | 52 | ND | 13 | 5,00E+03 | ND | ND | |
| Frem | ND | ND | 3 | ND | ND | ND | |
| Cirkulation | ND | ND | 11 | ND | ND | ND | |

| 18.08.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Frem | 2300 | | | 7,40E+04 | 8,15E+02 | 1,39E+03 | 48,8 |
| Cirkulation | 2300 | | | 1,00E+04 | 1,06E+04 | ND | 42,2 |
| Lejlighed 9, A | 3800 | | | 1,90E+04 | 6,84E+03 | 1,69E+03 | 31,6 |
| Lejlighed 9, B | 4300 | | | 2,90E+04 | 1,94E+03 | 1,70E+03 | 39,3 |

| 30.09.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Cirkulation | 6 | | ND | ND | ND | ND | 46,5 |
| Lejlighed 9, B | 400 | | | 1,10E+04 | 3,44E+03 | ND | 39,6 |
| Lejlighed 9, Svaberprøve fra Brusehoved | | | ND | ND | ND | ND | |

| 28.10.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | 71000 | | | 4,90E+04 | 5,60E+03 | 7,00E+02 | 26,6 |
| Lejlighed 9, B | 1180 | | | 1,50E+04 | 6,20E+01 | 1,80E+02 | 40,6 |

| 10.12.14 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Cirkulation | | | ND | ND | ND | ND | 43,3 |
| Lejlighed 9, B | | | | 1,00E+04 | 2,81E+02 | 2,74E+02 | 37,6 |

| 10.12.15 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Cirkulation | | | ND | ND | ND | ND | 47,2 |
| Lejlighed 9, B | | | | 4,00E+00 | ND | ND | 40,6 |
| Lejlighed 9, B (håndvask) | | | | 3,00E+03 | ND | ND | 44 |

| 30.03.15 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Cirkulation | | | ND | ND | ND | ND | 45,7 |
| Lejlighed 9, A | | | ND | ND | ND | ND | 30,6 |
| Lejlighed 9, B | | | ND | ND | ND | ND | 42,3 |

| 10.06.15 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | | | ND | ND | ND | ND | 44,2 |
| Lejlighed 9, B | | | ND | ND | ND | ND | 29,5 |
| Cirkulation | | | ND | ND | ND | ND | 38,8 |

| 29.09.15 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|----------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| System 4 | | | | | | | |
| Lejlighed 9, A | | | | 2,0E+03 | ND | ND | 30,3 |
| Lejlighed 9, B | | | | 2,0E+03 | ND | ND | 38,3 |
| Cirkulation | | | ND | ND | ND | ND | 45,1 |

| 05.11.15 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur | Kommentar |
|-------------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|---|
| System 4 | | | | | | | | |
| Cirkulation retur | | | ND | ND | ND | ND | 46,1 | |
| Tap 13, toilet, håndvask | | | ND | ND | ND | 4,19E+03 | 28,6 | Normalt forbrug 2-3x i døgn |
| Tap 2, køkkenvask | | | ND | ND | ND | ND | 37,3 | Hyppigt forbrug |
| Tap 18, toilet, håndvask | | | ND | ND | ND | 1,26E+03 | 28,6 | Meget lille forbrug |
| Tap 24, toilet, håndvask | | | | 5,00E+02 | 4,85E+03 | 4,85E+03 | 27,3 | Lang dødt streng, normalt forbrug 2-3x i døgn |
| Tap 3, toilet, bruser u/hoved | | | | 5,00E+02 | ND | 3,08E+04 | 25,8 | Aldrig i brug |
| Tap 4, køkkenvask | | | ND | ND | 1,08E+03 | 1,16E+04 | 40,1 | Hyppigt forbrug |
| Tap 12, bruser u/hoved | | | | 5,00E+02 | ND | 1,08E+05 | 20,8 | Normalt forbrug 2-3x i ugen |
| Tap 1, thekøkken vask | | | ND | ND | 1,39E+03 | 7,74E+02 | 27,4 | Højt forbrug |
| Tap 9, bruser u/hoved | | | ND | ND | ND | 9,92E+02 | 28,3 | Normalt forbrug 2-3x i ugen |
| Tap 5, toilet, håndvask | | | ND | ND | ND | 1,25E+03 | 25,3 | Hyppigt forbrug |
| Cirkulation frem | | | ND | ND | ND | 9,89E+02 | 50 | |

System 5

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

16.12.13

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 2.2, Køkken A | 6400 | 201 | 16 | | 7,16E+03 | ND | 28,1 |
| 2.2, Køkken B | 520 | 40 | 24 | | 8,59E+02 | 1,41E+03 | 55,6 |
| 2.2, Bruser A | 2036 | 148 | 8 | | 9,64E+04 | 9,86E+03 | 18,2 |
| 2.2, Bruser B | 174 | 41 | 24 | | 1,36E+03 | ND | 46,1 |
| 1.2, Køkken A | 57 | 43 | 38 | | 1,69E+03 | ND | 36,0 |
| 1.2, Køkken B | 71 | 42 | 40 | | 9,28E+02 | ND | 56,2 |
| 1.2, Bruser A | 19818 | 5500 | 31 | | 7,22E+05 | 8,53E+05 | 26,5 |

29.01.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 2.2, Køkken A | 3110 | 70 | ND | 9,50E+03 | 1,76E+03 | ND | 27,7 |
| 2.2, Køkken B | 860 | 255 | ND | 1,19E+04 | 3,01E+03 | ND | 52,9 |
| 2.2, Bruser A | 3100 | 2860 | ND | 2,00E+02 | 5,05E+04 | 1,82E+03 | 30,7 |
| 2.2, Bruser B | 1010 | 121 | ND | 4,80E+03 | 4,82E+03 | 4,79E+02 | 43,2 |

19.02.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 2.0, køkken A | 1110 | 20 | 163 | 2,60E+04 | 7,75E+02 | ND | 32,7 |
| 2.0, Køkken B | 8 | 8 | 219 | | 7,51E+02 | ND | 57,1 |
| 2.0, Bruser A | 250 | 150 | 113 | 6,80E+03 | 5,68E+03 | ND | 36,6 |
| 2.0, Bruser B | 80 | 21 | 96 | | 2,36E+03 | ND | 45,2 |

NB: Prøvetagning skiftes en anden lejlighed end de første to gange, da beboer ikke ønsker at deltage længere

06.03.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | | | | ND | ND | ND | 62,0 |
| Cirkulation | | | | ND | 2,49E+02 | ND | 57,0 |

10.06.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| 2.0, Bruser A | 350 | 198 | ND | 1,00E+04 | 2,55E+03 | ND | |
| 2.0, Bruser B | 80 | 56 | 11 | ND | 3,47E+03 | ND | |

18.08.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | ND | | | ND | ND | ND | 52,1 |
| Cirkulation | ND | | | ND | ND | ND | 54,0 |
| 2.0, Bruser A | 200 | | | ND | 1,50E+03 | ND | 34,1 |
| 2.0, Bruser B | 220 | | | ND | 5,92E+03 | ND | 45,1 |

28.10.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 10 | | | ND | 2,00E+02 | ND | 54,4 |
| 2.0, Bruser A | 550 | | | ND | 6,20E+02 | ND | 45,6 |
| 2.0, Bruser B | 150 | | | ND | 6,80E+03 | ND | 36,5 |

10.12.14

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 56,1 |
| 2.0, Bruser A | | | | 2,80E+04 | 2,74E+02 | ND | 34,9 |
| 2.0, Bruser B | | | | ND | 1,13E+03 | ND | 46,4 |

22.06.15

| System 5 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 57,0 |
| 2.0, Bruser A | | | | ND | 6,46E+03 | ND | 37,3 |
| 2.0, Bruser B | | | | ND | 5,85E+03 | ND | 46,6 |

System 6

[cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/ml] [cfu/L] [c/L] [c/L] [°C]

16.01.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, første tappested B | 7900 | 6500 | 990 | | 2,24E+03 | 1,63E+03 | 51,7 |
| Bruser A | 18 | 12 | 620 | | 5,15E+02 | 4,63E+02 | 20,6 |
| Bruser B | 900 | 3700 | 4040 | | 7,56E+02 | ND | 36,7 |
| Vask, rengøringsrum A | 5600 | 8700 | 11300 | | 8,59E+02 | ND | 35,0 |
| Vask, rengøringsrum B | 4550 | 6300 | 7700 | | 8,84E+02 | ND | 60,3 |

19.02.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|--------------------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Vask, første tappested, A | | | | 1,02E+05 | 4,53E+03 | 4,35E+03 | |
| Vask, første tappested B | 125 | 3100 | 1900 | 9,80E+04 | 3,76E+04 | 8,33E+03 | 56,2 |
| Bruser A | 730 | 158 | 100 | 3,60E+04 | 1,22E+03 | ND | 23,5 |
| Bruser B | 840 | 1640 | 900 | | 1,70E+03 | 4,43E+02 | 38,2 |
| Vask, rengøringsrum A | 2900 | 2400 | 2520 | | 1,23E+03 | 2,55E+02 | 44,3 |
| Vask, rengøringsrum B | 1960 | 1200 | 850 | | 8,16E+02 | ND | |
| Svaberprøve, bruser (miderste) | | | | 1,28E+05 | | | |

11.03.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 690 | 2400 | 4400 | ND | 2,10E+03 | ND | 52,0 |
| Cirkulation | 630 | 2600 | 5700 | | 1,03E+03 | ND | 53,0 |
| Bruser A | 1810 | 280 | 2320 | ND | 3,96E+02 | ND | 21,0 |
| Bruser B | 250 | 870 | 1650 | | 7,50E+02 | ND | 47,0 |

12.05.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 52 | 150 | 249 | ND | 1,29E+03 | ND | 53,8 |
| Cirkulation | 710 | 670 | 1120 | ND | 7,35E+02 | ND | 50,9 |
| Bruser A | 810 | 78 | 158 | 1,40E+04 | 1,59E+03 | 2,85E+02 | 21,9 |
| Bruser B | 104 | 32 | 118 | ND | 4,52E+02 | ND | 38,9 |
| Svaberprøve fra Humlehøj (1. fra højre) | | | | 1,15E+05 | 3,89E+05 | ND | |

10.06.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Bruser A | 17600 | 1800 | 14 | 1,10E+04 | 6,72E+03 | ND | |
| Bruser B | ND | ND | 30 | ND | 3,01E+03 | ND | |
| Frem | 510 | 620 | 18 | | ND | ND | |
| Cirkulation | 1310 | 1200 | 930 | ND | ND | ND | |

04.08.14 (efter 4 ugers stop)

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Frem | 240 | | | ND | 5,02E+01 | ND | 53,3 |
| Cirkulation | 2700 | | | ND | 5,45E+01 | ND | 50,4 |

30.09.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 1 | | | ND | ND | ND | 50,9 |
| Svaberprøve, Brusehoved herromklædning (2. fra højre) | | | | ND | ND | ND | |

28.10.14 (efter 4 ugers stop)

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | 7200 | | | 4,00E+03 | 3,40E+03 | 1,80E+02 | |

10.12.14

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Bruser B | | | | ND | 1,67E+04 | ND | 39,6 |
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 50,6 |

30.03.15

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | | ND | ND | |
| Bruser A | | | | | 2,69E+03 | 1,26E+03 | |
| Bruser B | | | | | ND | ND | |

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 42,2 |
| Bruser A | | | | 4,00E+03 | 7,45E+03 | 6,26E+03 | 29,6 |
| Bruser B | | | | 1,00E+03 | ND | ND | 39,6 |
| Svaberprøve, Brusehoved herromklædning (2. fra højre) | | | | ND | ND | ND | |

30.07.15 (forsøg med startsanering sommerferie-nedlukning)

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|---------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Bruser 1 B (før) | | | | 1,2E+05 | 6,78E+03 | 1,1E+03 | |
| Bruser 2 A (før) | | | | 2,6E+04 | 2,29E+03 | ND | |
| Cirkulation (før) | | | | 1,4E+04 | 1,24E+03 | 2,75E+02 | |
| Bruser 1 B (efter) | | | | 1,0E+02 | ND | ND | |
| Bruser 2 B (efter) | | | | ND | ND | ND | 40,3 |
| Cirkulation (efter) | | | | ND | ND | ND | |

11.08.15

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 42,8 |
| Bruser A | | | | 1,8E+04 | 4,79E+02 | 3,71E+02 | 20,8 |
| Bruser B | | | | 1,0E+02 | ND | ND | 42,8 |

29.09.15

| System 6 | kim 37 | kim 44 | kim 55 | Legionella, cult | Legionella, qPCR | L. pneumophila, qPCR | Temperatur |
|-------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|----------------------|------------|
| Cirkulation | | | | ND | ND | ND | 48,1 |
| Bruser A | | | | 8,0E+03 | 2,79E+02 | ND | 21,4 |
| Bruser B | | | | 7,0E+03 | 1,41E+02 | ND | 40,3 |



Prøvningsrapport

Rekvirent

Danish Clean Water A/S
c/o Danfoss A/S
Nordborgvej 81, E17, B205
6430 Nordborg

Side: 1 af 2
Antal bilag: 1
Cosign.: *FHGS*

Prøvning

Trækprøvning af eksponerede og ikke-eksponerede PEX-rørstykker

Prøveemner

PEX rørstykker, ø50 mm

Modtaget til klargøring inden eksponering maj 2014 og efter eksponering den 28. maj 2015

Prøvningsmetode

Plast – Bestemmelse af trækegenskaber –
Del 2: Prøvningsbetingelser for støbeplast
og ekstruderet plast
50 mm/min, prøveemne type 5 (ISO 527-3)

DS/EN ISO 527-2 (2012), træk hastighed
(opsætning)

Prøvningsudstyr

Shimadzu trækprøvningsmaskine, model AG-X, målecelle 10 kN med tilhørende hjælpeudstyr

Prøvningsresultat

Prøvningsdato for trækprøvning ved 23 °C/50 % RF: 24. august 2015
Eksponering ifølge rekvirenten i Hypochlorit: 21. maj 2014 – 13. maj 2015 ved en temperatur svarende til varmt brugsvand, 40-60 °C

Resultatet er vist på side 2.

| Trækegenskaber for PEX rørstykker | | | | | |
|---|----------------|---|----------------|---|----------------|
| Referenceemner udstanset lige inden prøvningen blev påbegyndt | | Eksponeret som skaller af rørstykket, efterfølgende udstanset timeglasformede emner | | Eksponeret som timeglasformede emner, udstanset inden eksponering | |
| Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % |
| 21 (3) | 465 (58) | 21 (2) | 474 (21) | 17 (2) | 446 (18) |

Tværsnitsareal til beregning af brudspænding:
Tykkelse 8,7 – 9,3 mm
Bredde 6,1 – 6,6 mm
Måleafstand ved start til beregning af brudtøjning: 25 mm

Tallene i parentes angiver standardafvigelse (n-1)

Attestation



Flemming Gudberg
Laborietetniker
Plastteknologi

Telefon: 72 20 31 24 (direkte)
E-mail: fgu@teknologisk.dk

Vilkår: Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner. Prøvningsrapporten må gengives i sin helhed. Uddrag af rapporten må gengives efter prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse. Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver vedlægges.

Detailresultater

| Træegenskaber for PEX rørstykker | | | | | | |
|----------------------------------|---|----------------|---|----------------|---|----------------|
| | Reference, emner udstanset lige inden prøvningen blev påbegyndt | | Eksponeret som skaller af rørstykket, efterfølgende udstanset timeglasformede emner | | Eksponeret som timeglasformede emner, udstanset inden eksponering | |
| Emne nr. | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % |
| 1 | 23,5 | 492 | 20,8 | 471 | 19,4 | 455 |
| 2 | 21,1 | 505 | 20,0 | 449 | 16,3 | 453 |
| 3 | 16,9 | 399 | 17,6 | 462 | 16,3 | 421 |
| 4 | - | - | 22,3 | 487 | 18,4 | 465 |
| 5 | - | - | 22,8 | 503 | 13,3 | 434 |
| Gennemsnit | 20,5 (3,3) | 465 (58) | 20,7 (2,1) | 474 (21) | 16,7 (2,3) | 446 (18) |

Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver

Generelt

Vilkårene er gældende mellem Teknologisk Institut (Instituttet) og en kontraktpartner (rekvirenten) for alle opgaver udført af Instituttet, herunder fx rådgivning, undervisning, informationssøgning og formidling, prøvning, undersøgelser, salg og udlejning. Vilkårene er også gældende i andre og senere aftaler mellem Instituttet og rekvirenten, medmindre andet er aftalt. Modstående eller afvigende bestemmelser i den af rekvirenten afgivne ordre eller accept finder ikke anvendelse, medmindre de skriftligt er accepteret af Instituttet.

For opgaver vedrørende certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger gælder dog Instituttets 'Almindelige vilkår for certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger tilknyttet Teknologisk Institut'.

1. Opgaveindhold

- 1.1 Opgavens art, indhold og økonomiske betingelser angives i en skriftlig aftale. Ændringer af aftalen skal ske skriftligt.
- 1.2 Tidsplaner, prisoverslag mv. er angivet som et skøn, medmindre andet skriftligt er aftalt. Såfremt Instituttet forudser væsentlige prismæssige eller tidsmæssige overskridelser af aftalen eller væsentlige hindringer for opgavens udførelse orienteres rekvirenten, hvorefter denne er berettiget til at ændre eller standse arbejdet, jf. pkt. 6.1.
- 1.3 Instituttet er berettiget til aftalt vederlag for udført arbejde uafhængigt af, om de af rekvirenten forventede resultater opnås, medmindre det skriftligt er aftalt mellem parterne, at Instituttets vederlag er betinget af, at konkrete, specificerede resultater opnås.
- 1.4 Instituttet er berettiget til at lade opgaver udføre af tredjemand.

2. Diskretionspligt

- 2.1 Instituttet udviser sædvanlig diskretion med hensyn til omtale af opgaveløsninger og af indgåede aftaler. Ønsker rekvirenten egentlig hemmeligholdelse, fx af knowhow hos rekvirenten, som Instituttet bliver gjort bekendt med under en opgaves løsning, skal der indgås særlig, skriftlig aftale herom.
- 2.2 Såfremt et forsøgs- eller udviklingsarbejde fører til resultater af almindelig interesse, kan Instituttet lade disse resultater offentliggøre, medmindre andet måtte være aftalt i en hemmeligholdelsesaftale som nævnt i pkt. 2.1.
- 2.3 Når Instituttet påtager sig en opgave, hvori indgår vurdering af en ydelse præsteret af tredjepart, skal rekvirenten respektere, at Instituttet kan henvende sig til tredjeparten eller til andre relevante personer for at søge oplysninger til brug ved opgavens løsning.
- 2.4 Instituttet er til enhver tid berettiget til at meddele oplysninger, som Instituttet ifølge lovgivningen har en forpligtelse til at afgive.
- 2.5 Bliver Instituttet som led i løsningen af rekvirerede opgaver opmærksom på forhold, som efter Instituttets skøn indebærer risiko for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, kan Instituttet om fornødent underrette rekvirenten herom. Såfremt rekvirenten ikke herefter, så hurtigt som forholdene tilsiger det, foretager det fornødne for at forhindre eller begrænse risikoen for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, er Instituttet, uanset særskilt aftale om diskretion eller hemmeligholdelse, berettiget til at videregive sin viden til relevante instans.

3. Omtale af resultater m.m.

- 3.1 Instituttets rapporter må af rekvirenten kun offentliggøres i deres helhed.
- 3.2 Rekvirenten må ikke omtale eller henvise til Instituttet eller Instituttets medarbejdere i reklame- og markedsføringsforanstaltninger, medmindre der på forhånd i hvert enkelt tilfælde er indhentet skriftlig tilladelse hertil fra Instituttet. En meddelt tilladelse bortfalder, hvis rekvirenten standser eller udskylder arbejdet med en opgave, jf. pkt. 6.1
- 3.3 Udleveret kursusmateriale må ikke mangfoldiggøres. Udleveret kursusmateriale er Instituttets ejendom.
- 3.4 Instituttet har ret til at forlange tilbagelevering fra rekvirenten af de af Instituttet udarbejdede rapporter mv. med tilhørende dokumenter, såfremt Instituttet konstaterer fejl eller mangler i disse.

4. Rettigheder vedrørende opgavens resultater

- 4.1 Det fysiske materiale, Instituttet frembringer eller bearbejder i forbindelse med en rekvireret opgave, og retten til at udnytte det, tilhører rekvirenten.
- 4.2 Knowhow og andre immaterielle rettigheder, som Instituttet udvikler eller konstaterer i forbindelse med en opgaves løsning, tilhører Instituttet alene.

5. Honorar og betalingsbetingelser

- 5.1 Rekvirerede opgaver udføres som regningsarbejde efter de af Instituttet til enhver tid fastsatte timepriser. Transportudgifter og andre udlæg er inkluderet i den samlede pris for opgaven.
- 5.2 Instituttet forbeholder sig ved længerevarende opgaver løbende at regulere de under pkt. 5.1 nævnte timepriser med et varsel på 30 dage.
- 5.3 Instituttet har ret til at å conto-fakturere månedsvis bagud.
- 5.4 Ved overskridelse af betalingstiden for Instituttets tilgodehavender beregnes rente med 1½ % pr. påbegyndt måned.

6. Ændrings- og afbestillingsret

- 6.1 Beordrer rekvirenten arbejdet standset eller udskudt, jf. pkt. 1.2, skal allerede udført arbejde betales efter regning, ligesom rekvirenten skal refundere Instituttet de udgifter vedrørende det afbestilte eller udskudte arbejde, som Instituttet uanset afbestillingen eller udskydelsen allerede har påtaget sig at afholde, såsom udgifter til tredjemand, særligt udstyr eller lokaler mv.
- 6.2 Ændring af en opgaves karakter eller omfang i øvrigt kan alene ske med Instituttets skriftlige samtykke.

7. Ansvarsregulering

- 7.1 Instituttet er efter dansk rets almindelige erstatningsregler ansvarlig over for rekvirenten for fejl og forsømmelser ved opgavens løsning med de begrænsninger, som følger af punkterne 7.2-7.12. I intet tilfælde er Instituttet ansvarlig for tabsforvoldende forhold eller begivenheder, som ikke skyldes Instituttets fejl eller forsømmelser.
- 7.2 Standses eller udskydes arbejdet med en opgave, jf. afsnit 6, er Instituttet uden ethvert ansvar for eventuelle mangler eller fejl ved det allerede udførte arbejde.
- 7.3 Instituttet er ikke ansvarlig for skader, som indtræffer i forbindelse med anvendelse af en af Instituttet afgivet rådgivning eller prøvnings/kontrolrapport, hvis anvendelsen ligger uden for rammerne af den stillede opgave eller det beskrevne formål.
- 7.4 Afsluttes Instituttets arbejde ikke med en rapport eller levering af en ydelse, eller består ydelsen i en udtalelse, om hvilken det er anført, at den hviler på en skønsmæssig bedømmelse eller vurdering, er Instituttet ikke ansvarlig medmindre, der foreligger grov uagtsomhed hos Instituttet.
- 7.5 Instituttet er kun ansvarlig for forsinkelse i forbindelse med udførelse af opgaver for rekvirenten, såfremt Instituttet særskilt har påtaget sig skriftlig indeståelse for opgavens færdiggørelse til et bestemt tidspunkt.
- 7.6 Instituttet er ikke ansvarlig for ansvarspådragende forhold udvist af tredjemand, medmindre tredjemand er antaget af Instituttet uden at være bragt i forslag af eller er godkendt af rekvirenten.
- 7.7 Er en eller flere andre udover Instituttet ansvarlige over for rekvirenten, hæfter Instituttet kun for så stor en del af rekvirentens tab, som svarer til den del af den samlede skyld, der er udvist af Instituttet.
- 7.8 Har Instituttet påtaget sig på rekvirentens vegne at føre tilsyn med, at ydelser, fra tredjemand til rekvirenten er kontraktmæssige, er Instituttet kun ansvarlig for det tab, rekvirenten måtte lide ved, at Instituttet ikke rettidigt har påtalt, at en ydelse ikke er kontraktmæssig. Instituttets ansvar er således subsidiært i forhold til det ansvar, der af rekvirenten kan gøres gældende mod den pågældende tredjemand, og Instituttets ansvar er i øvrigt undergivet de øvrige begrænsninger i dette afsnit 7.
- 7.9 Har Instituttet modtaget prøver eller materiel fra rekvirenten, er Instituttet alene ansvarlig for tab eller beskadigelse af det modtagne, hvis det er aftalt skriftligt med rekvirenten, at de nævnte prøver/materiel skal tilbageleveres. Endvidere er Instituttets ansvar i et sådant tilfælde betinget af, at det dokumenteres, at Instituttet har udvist grov uagtsomhed, og Instituttets ansvar kan i intet tilfælde overstige materiale-værdien af den modtagne prøve eller det modtagne materiel. Hvis tilbagelevering af prøver og materiel ikke er aftalt, vil opbevaring på Instituttet kun ske indtil 6 måneder efter opgavens afslutning.
- 7.10 Instituttet kan maksimalt gøres ansvarlig for rekvirentens direkte tab. Instituttet er således ikke ansvarlig for driftstab, tabt indtjening eller andet indirekte tab. I intet tilfælde kan Instituttets samlede ansvar overskride 1.000.000 kr. pr. skade med undtagelse af ansvar for personskader i henhold til gældende lovgivning.
- 7.11 Hvis Instituttet af tredjemand bliver gjort ansvarlig for person-, tings- og formueskade, som er forvoldt af Instituttets arbejde, herunder for produktansvar, er rekvirenten forpligtet til at skadesløsholde Instituttet for ethvert ansvar, som ligger udover, hvad rekvirenten måtte kunne gøre gældende mod Instituttet efter reglerne i dette afsnit 7. Instituttet kan kræve, at rekvirenten overtager førelsen af en sådan sag på Instituttets vegne.
- 7.12 Instituttet kan ikke gøres ansvarlig for skader, som ikke skriftligt er gjort gældende inden tre år efter Instituttets levering af den ydelse, på hvilken ansvar begrundes. Instituttets ansvar er i øvrigt betinget af, at rekvirenten reklamerer skriftligt straks, når rekvirenten er eller burde være blevet opmærksom på tilstedeværelsen af et muligt erstatningsansvar for Instituttet. Uanset nævnte tre års frist er Instituttet uden ansvar for skader, som det med den viden og teknik, som forelå på tidspunktet for opgavens udførelse, ikke var muligt at forudse.
- 7.13 Såfremt Instituttet hindres i at opfylde sine forpligtelser efter parternes aftale som følge af udefra kommende ekstraordinære forhold, som Instituttet ved aftalens indgåelse ikke kunne have forudset (force majeure), anses dette ikke for misligholdelse.

8. Tvister

- 8.1 Enhver tvist mellem Instituttet og rekvirenten afgøres efter dansk ret ved Retten i Glostrup med mindre sagen henhører under Sø- og Handelsrettens kompetence, i hvilket tilfælde tvister afgøres her.



Danish Clean Water A/S
Att.: Simon K. Schmidt
Nørrekobbel 11
6400 Sønderborg

18. november 2015
fhgs-fgu/eta

Vedrørende trækprøvning af PEX rørstykker

Efter aftale har vi gennemført en træktest af eksponerede og ikke-eksponerede PEX-rørstykker, og denne trækprøvning er dokumenteret i vores rapport dateret 3. september 2015 (fgu/eta).

Eksponeringen er foretaget af rekvirenten. Det oplyses, at eksponeringen er sket i vandig opløsning af hypochlorit svarende til varmt brugsvand, 40-60 °C. Hypochlorit-tilsætningen har efter det oplyste til formål at mindske muligheden for mikrobiologisk vækst i det varme vand. En mulig bivirkning er en kemisk nedbrydning af PEX-materialet, da hypochlorit-tilsætningen bl.a. kan give anledning til oxidation. Formålet med undersøgelsen var derfor at se, hvorvidt en sådan oxidation kan påvises inden for den afsatte tidsramme. Oxidation og tilsvarende nedbrydning af polymerkæderne forårsager ofte, at plasten bliver mere sprød, evt. hårdere. Derfor har vi anbefalet trækprøvning som laboratoriemålemetode til at kvantificere denne nedbrydning. Fra rapporten dateret 3. september 2015 fremhæves følgende trækegenskaber:

| Referenceemner Udstanset lige inden trækprøvningen blev påbegyndt | | Eksponeret som skaller af rørstykket, efter- følgende udstanset timeglasformede emner | |
|--|-------------------|--|-------------------|
| Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % | Brudspænding, MPa | Brudtøjning, % |
| 21 (3) | 465 (58) | 21 (2) | 474 (21) |

Ovenstående tabel viser gennemsnit af 3-5 målinger, og der kan ikke påvises nogen ændring. I forhold til et spørgsmål om levetid er det betryggende, at man ingen ændring kan påvise; omvendt er det vanskeligt at ekstrapolere en tendens. I nogle tilfælde tilbyder Teknologisk Institut/Plastteknologi en accelereret ældning som en måde at fremprovokere ændringer i løbet af begrænset testperiode ved eksempelvis at eksponere ved forhøjet temperatur. En sådan accelereret ældningsprotokol forudsætter et nærmere kendskab til produktkrav og tænkelige brugssituationer for derigennem at opstille acceptkriterier. Hvis dette har interesse, vil vi gerne gå i dialog herom.

Såfremt du har spørgsmål eller kommentarer til ovenstående, håber jeg at høre fra dig.

Med venlig hilsen
Plastteknologi

Frederik R Steenstrup
Faglig leder af Plastlaboratoriet

E-mail: fhgs@teknologisk.dk
Mobil: +45 72 20 23 57

Opgaven er udført iht. Teknologisk Instituts alm. vilkår for rekvirerede opgaver, hvoraf et eksemplar vedlægges.

Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver

Generelt

Vilkårene er gældende mellem Teknologisk Institut (Instituttet) og en kontraktpartner (rekvirenten) for alle opgaver udført af Instituttet, herunder fx rådgivning, undervisning, informationssøgning og formidling, prøvning, undersøgelser, salg og udlejning. Vilkårene er også gældende i andre og senere aftaler mellem Instituttet og rekvirenten, medmindre andet er aftalt. Modstående eller afvigende bestemmelser i den af rekvirenten afgivne ordre eller accept finder ikke anvendelse, medmindre de skriftligt er accepteret af Instituttet.

For opgaver vedrørende certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger gælder dog Instituttets 'Almindelige vilkår for certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger tilknyttet Teknologisk Institut'.

1. Opgaveindhold

- 1.1 Opgavens art, indhold og økonomiske betingelser angives i en skriftlig aftale. Ændringer af aftalen skal ske skriftligt.
- 1.2 Tidsplaner, prisoverslag mv. er angivet som et skøn, medmindre andet skriftligt er aftalt. Såfremt Instituttet forudser væsentlige prismæssige eller tidsmæssige overskridelser af aftalen eller væsentlige hindringer for opgavens udførelse orienteres rekvirenten, hvorefter denne er berettiget til at ændre eller standse arbejdet, jf. pkt. 6.1.
- 1.3 Instituttet er berettiget til aftalt vederlag for udført arbejde uafhængigt af, om de af rekvirenten forventede resultater opnås, medmindre det skriftligt er aftalt mellem parterne, at Instituttets vederlag er betinget af, at konkrete, specificerede resultater opnås.
- 1.4 Instituttet er berettiget til at lade opgaver udføre af tredjemand.

2. Diskretionspligt

- 2.1 Instituttet udviser sædvanlig diskretion med hensyn til omtale af opgaveløsninger og af indgåede aftaler. Ønsker rekvirenten egentlig hemmeligholdelse, fx af knowhow hos rekvirenten, som Instituttet bliver gjort bekendt med under en opgaves løsning, skal der indgås særlig, skriftlig aftale herom.
- 2.2 Såfremt et forsøgs- eller udviklingsarbejde fører til resultater af almindelig interesse, kan Instituttet lade disse resultater offentliggøre, medmindre andet måtte være aftalt i en hemmeligholdelsesaftale som nævnt i pkt. 2.1.
- 2.3 Når Instituttet påtager sig en opgave, hvori indgår vurdering af en ydelse præsteret af tredjepart, skal rekvirenten respektere, at Instituttet kan henvende sig til tredjeparten eller til andre relevante personer for at søge oplysninger til brug ved opgavens løsning.
- 2.4 Instituttet er til enhver tid berettiget til at meddele oplysninger, som Instituttet ifølge lovgivningen har en forpligtelse til at afgive.
- 2.5 Bliver Instituttet som led i løsningen af rekvirerede opgaver opmærksom på forhold, som efter Instituttets skøn indebærer risiko for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, kan Instituttet om fornødent underrette rekvirenten herom. Såfremt rekvirenten ikke herefter, så hurtigt som forholdene tilsiger det, foretager det fornødne for at forhindre eller begrænse risikoen for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, er Instituttet, uanset særskilt aftale om diskretion eller hemmeligholdelse, berettiget til at videregive sin viden til relevante instans.

3. Omtale af resultater m.m.

- 3.1 Instituttets rapporter må af rekvirenten kun offentliggøres i deres helhed.
- 3.2 Rekvirenten må ikke omtale eller henvise til Instituttet eller Instituttets medarbejdere i reklame- og markedsføringsforanstaltninger, medmindre der på forhånd i hvert enkelt tilfælde er indhentet skriftlig tilladelse hertil fra Instituttet. En meddelt tilladelse bortfalder, hvis rekvirenten standser eller udskylder arbejdet med en opgave, jf. pkt. 6.1
- 3.3 Udleveret kursusmateriale må ikke offentliggøres. Udleveret kursusmateriale er Instituttets ejendom.
- 3.4 Instituttet har ret til at forlange tilbagelevering fra rekvirenten af de af Instituttet udarbejdede rapporter mv. med tilhørende dokumenter, såfremt Instituttet konstaterer fejl eller mangler i disse.

4. Rettigheder vedrørende opgavens resultater

- 4.1 Det fysiske materiale, Instituttet frembringer eller bearbejder i forbindelse med en rekvireret opgave, og retten til at udnytte det, tilhører rekvirenten.
- 4.2 Knowhow og andre immaterielle rettigheder, som Instituttet udvikler eller konstaterer i forbindelse med en opgaves løsning, tilhører Instituttet alene.

5. Honorar og betalingsbetingelser

- 5.1 Rekvirerede opgaver udføres som regningsarbejde efter de af Instituttet til enhver tid fastsatte timepriser. Transportudgifter og andre udlæg er inkluderet i den samlede pris for opgaven.
- 5.2 Instituttet forbeholder sig ved længerevarende opgaver løbende at regulere de under pkt. 5.1 nævnte timepriser med et varsel på 30 dage.
- 5.3 Instituttet har ret til at å conto-fakturere månedsvis bagud.
- 5.4 Ved overskridelse af betalingstiden for Instituttets tilgodehavender beregnes rente med 1½ % pr. påbegyndt måned.

6. Ændrings- og afbestillingsret

- 6.1 Beordrer rekvirenten arbejdet standset eller udskudt, jf. pkt. 1.2, skal allerede udført arbejde betales efter regning, ligesom rekvirenten skal refundere Instituttet de udgifter vedrørende det afbestilte eller udskudte arbejde, som Instituttet uanset afbestillingen eller udskydelsen allerede har påtaget sig at afholde, såsom udgifter til tredjemand, særligt udstyr eller lokaler mv.
- 6.2 Ændring af en opgaves karakter eller omfang i øvrigt kan alene ske med Instituttets skriftlige samtykke.

7. Ansvarsregulering

- 7.1 Instituttet er efter dansk rets almindelige erstatningsregler ansvarlig over for rekvirenten for fejl og forsømmelser ved opgavens løsning med de begrænsninger, som følger af punkterne 7.2-7.12. I intet tilfælde er Instituttet ansvarlig for tabsforvoldende forhold eller begivenheder, som ikke skyldes Instituttets fejl eller forsømmelser.
- 7.2 Standses eller udskydes arbejdet med en opgave, jf. afsnit 6, er Instituttet uden ethvert ansvar for eventuelle mangler eller fejl ved det allerede udførte arbejde.
- 7.3 Instituttet er ikke ansvarlig for skader, som indtræffer i forbindelse med anvendelse af en af Instituttet afgivet rådgivning eller prøvnings/kontrolrapport, hvis anvendelsen ligger uden for rammerne af den stillede opgave eller det beskrevne formål.
- 7.4 Afsluttes Instituttets arbejde ikke med en rapport eller levering af en ydelse, eller består ydelsen i en udtalelse, om hvilken det er anført, at den hviler på en skønsmæssig bedømmelse eller vurdering, er Instituttet ikke ansvarlig medmindre, der foreligger grov uagtsomhed hos Instituttet.
- 7.5 Instituttet er kun ansvarlig for forsinkelse i forbindelse med udførelse af opgaver for rekvirenten, såfremt Instituttet særskilt har påtaget sig skriftlig indeståelse for opgavens færdiggørelse til et bestemt tidspunkt.
- 7.6 Instituttet er ikke ansvarlig for ansvarspådragende forhold udvist af tredjemand, medmindre tredjemand er antaget af Instituttet uden at være bragt i forslag af eller er godkendt af rekvirenten.
- 7.7 Er en eller flere andre udover Instituttet ansvarlige over for rekvirenten, hæfter Instituttet kun for så stor en del af rekvirentens tab, som svarer til den del af den samlede skyld, der er udvist af Instituttet.
- 7.8 Har Instituttet påtaget sig på rekvirentens vegne at føre tilsyn med, at ydelser, fra tredjemand til rekvirenten er kontraktmæssige, er Instituttet kun ansvarlig for det tab, rekvirenten måtte lide ved, at Instituttet ikke rettidigt har påtalt, at en ydelse ikke er kontraktmæssig. Instituttets ansvar er således subsidiært i forhold til det ansvar, der af rekvirenten kan gøres gældende mod den pågældende tredjemand, og Instituttets ansvar er i øvrigt undergivet de øvrige begrænsninger i dette afsnit 7.
- 7.9 Har Instituttet modtaget prøver eller materiel fra rekvirenten, er Instituttet alene ansvarlig for tab eller beskadigelse af det modtagne, hvis det er aftalt skriftligt med rekvirenten, at de nævnte prøver/materiel skal tilbageleveres. Endvidere er Instituttets ansvar i et sådant tilfælde betinget af, at det dokumenteres, at Instituttet har udvist grov uagtsomhed, og Instituttets ansvar kan i intet tilfælde overstige materiale-værdien af den modtagne prøve eller det modtagne materiel. Hvis tilbagelevering af prøver og materiel ikke er aftalt, vil opbevaring på Instituttet kun ske indtil 6 måneder efter opgavens afslutning.
- 7.10 Instituttet kan maksimalt gøres ansvarlig for rekvirentens direkte tab. Instituttet er således ikke ansvarlig for driftstab, tabt indtjening eller andet indirekte tab. I intet tilfælde kan Instituttets samlede ansvar overskride 1.000.000 kr. pr. skade med undtagelse af ansvar for personskader i henhold til gældende lovgivning.
- 7.11 Hvis Instituttet af tredjemand bliver gjort ansvarlig for person-, tings- og formueskade, som er forvoldt af Instituttets arbejde, herunder for produktansvar, er rekvirenten forpligtet til at skadesløsholde Instituttet for ethvert ansvar, som ligger udover, hvad rekvirenten måtte kunne gøre gældende mod Instituttet efter reglerne i dette afsnit 7. Instituttet kan kræve, at rekvirenten overtager førelsen af en sådan sag på Instituttets vegne.
- 7.12 Instituttet kan ikke gøres ansvarlig for skader, som ikke skriftligt er gjort gældende inden tre år efter Instituttets levering af den ydelse, på hvilken ansvar begrundes. Instituttets ansvar er i øvrigt betinget af, at rekvirenten reklamerer skriftligt straks, når rekvirenten er eller burde være blevet opmærksom på tilstedeværelsen af et muligt erstatningsansvar for Instituttet. Uanset nævnte tre års frist er Instituttet uden ansvar for skader, som det med den viden og teknik, som forelå på tidspunktet for opgavens udførelse, ikke var muligt at forudse.
- 7.13 Såfremt Instituttet hindres i at opfylde sine forpligtelser efter parternes aftale som følge af udefra kommende ekstraordinære forhold, som Instituttet ved aftalens indgåelse ikke kunne have forudset (force majeure), anses dette ikke for misligholdelse.

8. Tvister

- 8.1 Enhver tvist mellem Instituttet og rekvirenten afgøres efter dansk ret ved Retten i Glostrup med mindre sagen henhører under Sø- og Handelsrettens kompetence, i hvilket tilfælde tvister afgøres her.



Danish Clean Water A/S
Att. Simon Kristian Schmidt
Nørrekobbel 11
6400 Sønderborg

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Århus C
Telefon 72 20 20 00
Direkte 72 20 12 08
Telefax 72 20 20 19
www.teknologisk.dk

Vedr. korrosionskupper til projekt 2002844

Til projektet blev der opsat korrosionskupper på udvalgte steder i brugsvandsrørene i de til projektet deltagende ejendomme. Opsætningen skete for at fastlægge den omtrentlige korrosionsrate på rørene, idet kupperne var af samme materiale, som rørintallationen bestod af. Materialerne var varmforzinket stål, rustfast stål, messing og kobber.

Korrosionskupperne målte alle 1×10×100 mm og blev inden opsætningen vejede. Herefter blev de monteret på en kunststofstang og indsat to og to i vandstrømmen i de pågældende installationer gennem en speciel afgrening, der kunne afspærres ved isætning og udtagning.

Korrosionsraten beregnes ud fra den vægtreduktion, der kan måles efter kupperne er nedtaget. Korrosionen antages at ske på hele kupperens overflade, og ud fra densiteten af det materiale, som kupperen er fremstillet af, beregnes korrosionsraten.

Det første sæt kupper sad i 357 dage, og det andet sæt sad i 152 dage. Det andet sæt var udelukkende kupper i galvaniseret stål, da de første kupper i dette materiale var stærkt tærede, formodentlig grundet den nære kontakt med kupper af rustfast stål, og der var således tale om spændingskorrosion.

Det første sæt kupper af galvaniseret stål var så tærede, at de ikke blev fundet velegnede. De havde endvidere kraftige kalkbelægninger, hvilket er grunden til de negative korrosionsrater; kupperne havde både mistet metal men var også tilført kraftige belægninger af kalk fra vandet. Vejetallene for disse sæt af kupper er derfor ikke retvisende.

Kobber- og messingkupperne viser generelt en højere korrosionsrate på anlæg med dossering end på anlæg uden.

Korrosionsraten for de rustfaste kupper er negativ, hvilket blot skyldes svage kalkaflejringer, hvorved kupperne har taget på i vægt i løbet af eksponeringsperioden; vægten må dog antages at være konstant, hvorfor korrosion ikke umiddelbart kan konstateres ved vejning eller visuelt.

Det andet sæt kupper af galvaniseret stål var ikke helt så visuelt tærede som de første var det, men for at få en reel vejning, var det nødvendigt at rense dem med ultralyd først, da de havde ret kraftige kalkbelægninger og derfor havde taget på i vægt i løbet af eksponeringsperioden.

Selvom ultralyd er en skånsom rensemetode, kan det ikke afvises, at kupperne har et reelt mindre vægttab, hvorfor korrosionsraten kan være mindre. Generelt er korrosionsraterne for kupper af galvaniseret stål høje i forhold til de øvrige kupper.

Alle resultaterne fremgår af omstående skema.



| Danish Clean Water A/S, Teknologisk Institut projektnr. 2002844 | Kupon nr. | Opsat | Nedtaget | Tid | Vægt før | Vægt efter | Vægtdiff. | Densitet | Korrosion | Korr.rate |
|---|-----------|------------|------------|--------|----------|------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | | | | [døgn] | [g] | [g] | [g] | [g/mm ³] | [mm] | [µm/år] |
| Damgade 5 m. dosering | Ms 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,763 | 6,492 | 0,271 | 0,0085 | 0,016405 | 16,8 |
| | Cu 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,755 | 6,489 | 0,266 | 0,0089 | 0,015379 | 15,7 |
| Damgade 5 u. dosering | Ms 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,750 | 6,700 | 0,050 | 0,0085 | 0,003027 | 3,1 |
| | Cu 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 6,759 | 6,725 | 0,034 | 0,0089 | 0,001966 | 2,0 |
| Stenbjergparken 6 A u. dosering, frem | Zn 3 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,488 | 7,474 | 0,014 | 0,0078 | 0,000924 | 0,9 |
| | Ss 3 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,512 | 7,515 | -0,003 | 0,0080 | -0,000193 | -0,2 |
| Stenbjergparken 6 A u. dosering, retur | Zn 4 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,427 | 7,754 | -0,327 | 0,0078 | -0,021571 | -22,1 |
| | Ss 4 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,496 | 7,503 | -0,007 | 0,0080 | -0,000450 | -0,5 |
| Stenbjergparken 6 B m. dosering, frem | Zn 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,393 | 6,905 | 0,488 | 0,0078 | 0,032192 | 32,9 |
| | Ss 1 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,562 | 7,568 | -0,006 | 0,0080 | -0,000386 | -0,4 |
| Stenbjergparken 6 B m. dosering, retur | Zn 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,440 | 7,538 | -0,098 | 0,0078 | -0,006465 | -6,6 |
| | Ss 2 | 21-05-2014 | 13-05-2015 | 357 | 7,450 | 7,456 | -0,006 | 0,0080 | -0,000386 | -0,4 |
| Stenbjergparken 6 A u. dosering, retur | Zn4* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,416 | 7,116 | 0,300 | 0,0078 | 0,019790 | 47,5 |
| Stenbjergparken 6 B m. dosering, frem | Zn1* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,422 | 7,203 | 0,219 | 0,0078 | 0,014447 | 34,7 |
| Stenbjergparken 6 B m. dosering, retur | Zn2* | 10-06-2015 | 09-11-2015 | 152 | 7,419 | 7,031 | 0,388 | 0,0078 | 0,025595 | 61,5 |

* Nye kuponer

Teknologisk Institut
Aarhus, den 30. november 2015



Niels Winther
Civilingeniør

System 1.1

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 04-02-2014 | 1 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 13-03-2014 | 4 | 4,2 | | 1,1 | 0,65 | 0,11 | 6 | |
| 18-03-2014 | 7 | 0,11 | | 0,038 | <0,02 | | 0,15 | |
| 26-03-2014 | 12 | 0,69 | | 0,42 | 0,33 | 0,057 | 1,5 | |
| 02-06-2014 | 24 | 13 | | 6,6 | 4,6 | 0,69 | 25 | 489 |
| 30-09-2014 | 31 | 6 | | 4,7 | 4,2 | 0,79 | 16 | 594 |
| 10-12-2014 | 34 | 3,5 | | 3 | 3 | 0,75 | 10 | 539 |
| 25-02-2015 | 39 | 3,9 | | 2,8 | 2,6 | 0,69 | 10 | 512 |
| 09-11-2015 | 43 | 8,5 | | 6,7 | 6 | 1,2 | 22 | 551 |

System 1.2

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 12-03-2014 | 2 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 13-03-2014 | 5 | 17 | | 6,9 | 4,7 | 0,81 | 29 | |
| 18-03-2014 | 8 | 5,4 | | 2,7 | 2 | 0,35 | 10 | |
| 26-03-2014 | 11 | 35 | | 10 | 6,3 | 1 | 52 | |
| 09-04-2014 | 13 | 46 | | 17 | 9,4 | 1,3 | 76 | 466 |
| 24-04-2014 | 18 | 2,4 | | 1,5 | 1,2 | 0,026 | 5,4 | 229 |
| 01-05-2014 | 20 | 20 | | 9 | 5,4 | 0,88 | 35 | 448 |
| 02-06-2014 | 25 | 220 | | 41 | 15 | 1,4 | 280 | 609 |
| 30-09-2014 | 30 | 33 | | 16 | 10 | 1,2 | 60 | 595 |
| 25-02-2015 | 40 | 28 | | 13 | 9,9 | 1,4 | 52 | 607 |
| 09-11-2015 | 42 | 30 | | 13 | 12 | 1,4 | 56 | 616 |

System 2

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 18-03-2014 | 6 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 24-03-2014 | 9 | 95 | | 41 | 24 | 3,8 | 160 | 34 |
| 26-03-2014 | 10 | 90 | | 42 | 20 | 2,3 | 150 | 49 |
| 24-04-2014 | 19 | 0,34 | | 0,16 | 0,1 | 0,025 | 0,62 | 284 |
| 01-05-2014 | 21 | 1,7 | | 0,69 | 0,35 | 0,083 | 2,8 | 299 |
| 02-06-2014 | 27 | 8,2 | | 8,2 | 9,2 | 4,1 | 30 | 475 |
| 30-09-2014 | 32 | 15 | | 13 | 13 | 3,4 | 44 | 516 |
| 09-11-2015 | 44 | 23 | | 18 | 15 | 2,4 | 58 | 535 |

System 3

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 23-04-2014 | 16 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 24-04-2014 | 17 | 0,061 | | 0,028 | <0,02 | 0,089 | 290 | |
| 30-09-2014 | 34 | 130 | | 36 | 16 | 2 | 190 | 509 |
| 10-12-2014 | 38 | 31 | | 18 | 15 | 3,1 | 67 | 490 |
| 09-11-2015 | 47 | 95 | | 34 | 19 | 2,7 | 150 | 614 |

System 4

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 26-05-2014 | 23 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 02-06-2014 | 28 | 16 | | 4,8 | 2 | 0,16 | 23 | 389 |
| 30-09-2014 | 33 | 16 | | 13 | 12 | 2,2 | 43 | 697 |

| | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 10-12-2014 | 36 | 23 | 16 | 11 | 1,4 | 51 | 718 |
| 25-02-2015 | 41 | 81 | 48 | 22 | 1,9 | 150 | 830 |
| 09-11-2015 | 46 | 57 | 41 | 23 | 2,1 | 120 | 645 |

System 6

| Dato | Prøvenr. | Trichlormethan | Bromidchlormethan | Dibromchlormethan | Bromoform | Sum [µg/L] | ORP [mV] | |
|------------|----------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|----------|-----|
| 23-04-2014 | 14 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0 | | |
| 24-04-2014 | 15 | | 2,4 | 1,1 | 0,056 | 0,07 | 4,1 | 327 |
| 01-05-2014 | 22 | | 1,3 | 0,5 | 0,29 | 0,039 | 2,1 | 295 |
| 02-06-2014 | 29 | | 1,9 | 0,76 | 0,49 | 0,078 | 3,2 | 280 |
| 10-12-2014 | 35 | | 12 | 8,6 | 7,3 | 1,4 | 29 | 587 |
| 09-11-2015 | 45 | | 7,8 | 5,2 | 5,2 | 1,4 | 20 | 249 |

Projekt nr. 2015381

Comwell Sønderborg
Strandvej 1
6400 Sønderborg

Silkeborg d. 29. november 2015

Screeningsrapport

Hermed følger resultatet af energiscreeningen d. 26. november 2015 på virksomheden hotel Comwell i Sønderborg. Følgende områder er inddraget i screeningen:

A Sænkning af brugsvandstemperatur

Ad **A** Dette projekt omhandler et forsøgsprojekt i samarbejde med Danish Clean Water A/S. Danish Clean Water har sat et forsøgsinstallation op på hotellet comwell for at se om det er muligt at sænke temperaturen i varmvandscirkulationen ved at tilsætte neuthox som forhindre biofilm og legionella vækst i vandet. Dette resultere i at hotellet har kunnet sænke deres varmvandstemperatur til henholdsvis 42 °C i fremløb og 40 °C i retur. Inden tilsætning af neuthox fra Danish Clean Water var temperaturen 56 °C i fremløb og 45 °C i retur.

Med dette resultat påtænker Comwell at købe anlægget fra Danish Clean Water og ønsker derfor en beregning på besparelsen ved at etablere anlægget. Grundet dette har Danish Clean Water kontaktet Dansk Energi rådgivning A/S for at beregne energibesparelsen samt, evt. energitilskud.

Forudsætninger:**Nuværende anlæg**

| | |
|--|------------------------|
| Forbrug af fjernvarme (oplyst af DCW) | 413.861,1 kWh |
| Forbrug af varmt brugsvand (målt af DCW) | 7 m ³ /døgn |
| Cirkulation af vand (målt af DE) | 1,6 m ³ /h |
| Pris for fjernvarme (kun varmepris) | 0.32 kr./kWh |
| Fremløb (målt af DCW) | 56 °C |
| Retur (målt af DCW) | 45 °C |

Fremtidig anlæg

| | |
|-----------------------|-------|
| Fremløb (målt af DCW) | 45 °C |
| Retur (målt af DCW) | 42 °C |

Nuværende forbrug:

| | |
|---|----------------------|
| Opvarmning af varmt brugsvand pr. år | 142.715 kWh/år |
| Årlig varmetab ved cirkulation af varmt brugsvand | <u>90.843 kWh/år</u> |
| Samlet varmeforbrug til varmt brugsvand | 233.558 kWh/år |

| | |
|----------------------|---------------|
| Nuværende omkostning | 74.739 kr./år |
|----------------------|---------------|

Fremtidigt forbrug:

| | |
|---|----------------------|
| Opvarmning af varmt brugsvand pr. år | 109.865 kWh/år |
| Årlig varmetab ved cirkulation af varmt brugsvand | <u>24.775 kWh/år</u> |
| Samlet varmeforbrug til varmt brugsvand | 134.640 kWh/år |

| | |
|-----------------------|---------------|
| Fremtidige omkostning | 43.085 kr./år |
|-----------------------|---------------|

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Energibesparelse: | 98.918 kWh/år |
|--------------------------|----------------------|

| | |
|---|---------------|
| Nettoværdi af besparelsen: | 31.654 kr./år |
| Tilskud ved salg af besparelsen: | 29.675 kr./år |
| Anslået investering: Anlæg (Oplyst af DCW) | 90.000 kr. |
| Simpel tilbagebetalingstid: | ≈ 1,9 år |
| Overskud efter 10 år, baseret på simpel tilbagebetalingstid: | 256.397 kr. |
| CO₂-fortrængning: | 10,4 ton/år |

Ovenstående er at betragte som et overslag. Såfremt Comwell Sønderborg i samarbejde med DCW ønsker at arbejde videre med projektet kan Dansk Energirådgivning A/S tilbyde flg.:

1. Udarbejdelse af projektet

- Udførelse af nødvendige målinger og beregninger
- Hjemtagning af tilbud
- Afklaring af forhold vedr. energifgifter
- Udarbejdelse af beslutningsgrundlag med angivelse af
 - investeringsbudget baseret på bindende tilbud
 - energibesparelse
 - værdi af energibesparelse
 - tilbagebetalingstid
 - CO₂-fortrængning

2. Formidling af tilskud til projektet

3. Udarbejdelse og kvalitetssikring af dokumentation for udbetaling af tilskud

Dansk Energirådgivning arbejder med udgangspunkt i konceptet "no cure no pay" hvilket vil sige, at der kun beregnes honorar såfremt projektet gennemføres.

Er der spørgsmål eller kommentarer til ovenstående er du velkommen til at kontakte undertegnede.

Med venlig hilsen

Martin Bertelsen
Maskinmester

Mobil: 61 19 95 10
mb@danskeenergiraadgivning.dk

Dansk
Energirådgivning A/S
Glamestervej 18 B, 8600 Silkeborg
www.danskeenergiraadgivning.dk