



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# Vandeffektive hospitaller

## Brugsvand på hospitaler – Sundhedsrisici og potentialer for ny teknologi

Miljøprojekt nr. 1901

September 2016

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Ulf Nielsen, Industry & Water Technology, DHI

ISBN: 978-87-93529-06-9

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>5</b>
<b>Konklusion og sammenfatning</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary and Conclusion</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Baggrund og formål</b> .....	<b>16</b>
1.1 Formål .....	17
<b>2. Introduktion til vandbårne opportunistiske patogener og hospitaler</b> .....	<b>18</b>
2.1 Patogener i brugsvand, herunder særligt <i>Legionella</i> og <i>P. aeruginosa</i> .....	18
2.1.1 <i>Legionella</i> .....	19
2.1.2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	24
2.1.3 Hospitalserhvervede infektioner med vandbårne patogener .....	28
2.2 Udenlandske hændelser med <i>P. aeruginosa</i> infektioner fra brugsvand på hospitaler .....	28
2.3 Hvidovre Hospitals erfaringer omkring <i>Legionella</i> .....	31
2.4 Herlev Hospitals erfaringer med <i>Legionella</i> og brug af POU filtre .....	31
2.5 Rigshospitalets erfaringer med reduktion af infektioner forårsaget af vandbårne patogener .....	33
<b>3. Målinger på brugsvand fra Rigshospitalet og Hvidovre Hospital</b> .....	<b>38</b>
3.1 Hovedvandedninger og centrale vandanlæg .....	39
3.2 Geografisk variation af vandkvaliteten på afdelingsniveau .....	42
3.3 Brusere med point-of-use filter .....	46
3.4 Udvikling i vandkvalitet over tid .....	47
3.5 <i>Legionella</i> i en ny bygning (Opgang 86) .....	49
3.7 Skift af perlatorer .....	50
3.8 Sammenhænge mellem kimtal, <i>Legionella</i> og Bactiquant .....	53
3.9 Kemiske parametre- metaller og miljøfremmede stoffer .....	55
3.10 Opsamling på måleprogrammet .....	58
<b>4. Risikovurdering og kritiske punkter i brugsvands-systemet på hospitaler</b> .....	<b>59</b>
4.1 Introduktion .....	59
4.2 Hvor på hospitalet er der sandsynlighed for, at noget går galt? .....	60
4.2.1 Ledningssystemet for koldt og varmt brugsvand .....	60
4.2.2 Vandarmaturer og de sidste meter inden tapstedet .....	61
4.2.3 Vaske, afløb, brusenicher og toiletter .....	64
4.3 Afdelinger med sårbare patienter .....	67
4.4 Smitteveje .....	68
4.4.1 <i>Legionella</i> .....	68
4.4.2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	68
4.5 Risikovurdering .....	69
4.5.1 <i>Legionella</i> .....	69
4.5.2 <i>P. aeruginosa</i> .....	69

<b>5. Behov for udvikling og afprøvning af ny vandteknologi .....</b>	<b>72</b>
5.1 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til hovedledningssystemet for koldt brugsvand .....	72
5.2 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til hovedledningssystemet for varmt brugsvand .....	73
5.3 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til vandarmaturer og de sidste meter inden tapstedet.....	75
5.4 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til vaske, afløb, brusenicher og toiletter .....	76
5.5 Behov for udvikling og afprøvning af nye analyse- og kortlægningsmetoder .....	77
<b>Referencer .....</b>	<b>79</b>
<b>Bilag 1: Analysemetoder .....</b>	<b>84</b>
<b>Bilag 2: Analyseresultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet.....</b>	<b>86</b>
<b>Bilag 3: Analyseresultater fra DHI.....</b>	<b>94</b>
<b>Bilag 4: Analyseresultater fra Eurofins.....</b>	<b>106</b>

# Forord

Region Hovedstaden, Center for Regional Udvikling har modtaget tilskud fra Miljø- og Fødevarerministeriets Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) til det samlede projekt Vandeffektive hospitaler, som er gennemført i samarbejde med Rigshospitalet, Hvidovre Hospital og Herlev Hospital. Projektet består af følgende delprojekter:

- Brugsvand på hospitaler – Sundhedsrisici og potentialer for ny teknologi
- Vandaudit og potentialer for vandbesparende teknologi
- Sekundavand og ny vandteknologi

Denne rapport udgør rapporteringen af førstnævnte projekt.

Projektets styregruppe har omfattet:

Mathilde Aagaard Sørensen, SVANA

Torsten Duer, SVANA

Helle Winther, Miljøstyrelsen

Anne Marie Jakobsen, Region Hovedstaden (projektejer)

Ulf Nielsen, DHI

Undervejs har projektets arbejdsgrupper bestået af følgende deltagere:

Leif Percival Andersen, IHE Rigshospitalet

Marlene Høg, IHE Rigshospitalet

Jakob Joensen, Maskinafdelingen Rigshospitalet

Christian Johansen, Driftsafdelingen Hvidovre Hospital

Anne-Marie Mikkelsen, KMA Hvidovre Hospital

Yaseen Ahmad Abdur Rehman Butt, Driftsafdelingen Hvidovre Hospital

Jess Krarup, Nybyg Herlev Hospital

Arno Hansen, Driftsafdelingen Herlev Hospital

Anne Marie Jakobsen, CRU Region Hovedstaden

Ulf Nielsen, DHI

Claus Jørgensen, DHI

Christine Hauerberg, DHI

Rapporten er udarbejdet af DHI ved Ulf Nielsen (projektleder), Claus Jørgensen og Christine Hauerberg og med bidrag fra arbejdsgruppemedlemmerne.

Tak til Søren Uldum og Elsebeth Tvenstrup Jensen, SSI, for gode og konstruktive kommentarer til rapporten.

# Konklusion og sammenfatning

I den vestlige verden har udviklingen af en effektiv drikkevandsforsyning typisk mindsket forekomsten af de traditionelle vandbårne patogener (af fækal oprindelse) så meget, at det nu er de såkaldte opportunistiske patogener knyttet til bygningernes vandinstillationer, som udgør det største problem. De opportunistiske patogener vokser i brugsvandet (koldt drikkevand, varmt vand og blødgjort vand), hvor vandet er lunkent og står stille. De opportunistiske patogener udgør dog normalt ikke et problem for sunde og raske mennesker. Disse patogener inficerer mennesker med svagt immunforsvar. Derfor er det specielt i bygninger med sårbare mennesker såsom plejehjem og særligt afdelinger på hospitaler med immunsystem-svækkede patienter, at de udgør et problem. Det er derfor essentielt, at disse sårbare patienter på hospitaler ikke smittes med de opportunistiske patogener fra brugsvandet.

Dette projekt er udarbejdet under Miljø- og Fødevarerministeriets Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP). Hovedformålet har på denne baggrund været at identificere behov for udvikling og afprøvning af dansk vandteknologi inden for brugsvandsområdet på hospitaler. Perspektivet er, at dansk vandteknologi inden for overvågning, rensning og design kan eksporteres til de store udenlandske markeder med hospitaler i den vestlige verden og i de nye økonomier i BRIK-landene. Men inden der kan sættes konkret udvikling, afprøvning og demonstration i gang, er der behov for at få udpeget og prioriteret de mest kritiske områder i brugsvandssystemerne. Det er her gjort på grundlag af de deltagende hospitalers erfaringer og en sundhedsrisikovurdering. Sundhedsrisikovurderingen har været styrende for projektets identifikation af behov for udvikling og afprøvning af ny vandteknologi.

Erfaringsopsamling og risikovurdering har været fokuseret på de mest fremtrædende opportunistiske patogener, som er *Legionella pneumophila* og *Pseudomonas aeruginosa*. I det følgende benævnt *Legionella* og *P. aeruginosa*.

Erfaringsopsamlingen fra Danmark (Rigshospitalet, Hvidovre Hospital og Herlev Hospital) og udlandet (litteraturstudium) viser, at det er meget forskelligt, i hvilket omfang hospitalerne arbejder med brugsvandsproblematikken. Rigshospitalet arbejder systematisk med måling af brugsvandskvaliteten og har igennem ca. 10 år afprøvet forskellige interventioner såsom skift af perlatorer, kogning af bruseslanger og brug af point-of-use filtre. Rigshospitalet har også afprøvet klorering af det varme vand og central filtrering af både koldt og varmt vand. Rigshospitalet benytter i dag point-of-use filtre på vandhaner og brusere på afdelinger med immunkompromitterede patienter og har gode erfaringer med at nedbringe antallet af hospitalserhvervede infektioner, der kan henføres til brugsvandet ad denne vej. Hvidovre og Herlev Hospitaler har ikke i samme omfang konstateret problemer med brugsvandskvaliteten. Hvidovre Hospital udskifter jævnligt perlatorer på vandhanerne og installerer også vandhaner med hygiejneskyl, mens Herlev Hospital ligesom Rigshospitalet benytter point-of-use filtre på de kritiske afdelinger.

I udlandet er det specielt i Storbritannien, og særligt i Nordirland, at brugsvand på hospitaler har haft høj fokus. En væsentlig årsag er her, at der i 2011-2012 forekom en række dødsfald blandt for tidligt fødte spædbørn, som kunne føres tilbage til smitte med *P. aeruginosa* fra vand- og afløbsinstallationer på de stuer, hvor spædbørnene var indlagt. Men generelt set er der i USA og Europa en stigende opmærksomhed på, at vandbårne opportunistiske bakterier – og specielt de

antibiotika-multiresistente bakterier – udgør en væsentlig risiko for de immunkompromitterede patienter.

I projektet er der gennemført et måleprogram på Rigshospitalet og Hvidovre Hospital med henblik på at afprøve forskellige metoder til at identificere kritiske punkter, hvor risiko for infektion via vandet kan kontrolleres. Måleprogrammet viste, at den mikrobielle vandkvalitet ved hovedvandforsyningen til hospitalerne er god på både Rigshospitalet og Hvidovre Hospital, men at vandkvaliteten forringes i vandsystemerne på Rigshospitalet, og i mindre grad på Hvidovre Hospital, således at kvaliteten ved tapstederne er ringere end i hovedledningerne. I en undersøgelse af 28 tapsteder på en specifik afdeling på Rigshospitalet (Kirurgisk Gastroenterologisk Afdeling) var det endvidere tydeligt, at vandkvaliteten forringes, jo længere væk fra hovedvandforsyningen til afdelingen man kommer. Resultaterne underbygger altså, at det er i bygningsvandsystemerne, at vandkvaliteten forringes.

En del af formålet med måleprogrammet var at undersøge, om månedlige skift af perlatorer på vandhaner havde indflydelse på vandkvaliteten. Undersøgelserne kunne ikke dokumentere en effekt af at skifte perlatorer. En eventuel effekt blev sandsynligvis skjult i variationer, der var relateret til forskelligt forbrug mellem dagene på de enkelte tapsteder. Der skal et mere omfattende analyseprogram til for at afgøre, om der er en effekt.

Et andet formål med måleprogrammet var at undersøge, hvorvidt man ved målinger kan konstatere, om de kritiske patogener stammer fra de sidste meter før tapstedet og selve vandhanen, eller om de stammer fra selve ledningssystemet. Måleprogrammets undersøgelser af straksprøver og efterfølgende prøver, hvor vandet havde løbet (fra 30 sek og op til 5 min), viste, at både kimtal, *Legionella* og Bactiquant (hurtig metode til kimtalsbestemmelse) analyser kan give information om, hvorvidt problemet ligger ved tapstedet eller i ledningssystemet.

Måleprogrammet viste endvidere, at hygiejneskyl, hvor vandet løber inden brug, er et effektivt middel til at reducere kimtallene. Også hvor det må antages, at hele systemet er koloniseret, reduceres tallene i flere tilfælde betydeligt, selvom koncentrationerne ikke kommer under de anbefalede aktionsgrænser for total kim og *Legionella*. Undersøgelserne bekræftede, at tapsteder, som står ubrugte hen, har høje bakterietal og dermed er særligt kritiske. Der blev ikke målt sundhedskritiske koncentrationer af metaller og miljøfremmede stoffer i brugsvandet.

Projektets risikovurdering er opdelt i en identifikation af:

- hvor i brugsvandssystemet på hospitaler der er sandsynlighed for, at noget går galt, så opportunistiske patogener kan vokse frem
- hvilke smitteveje, der giver størst hyppighed af sygdom ved smitte med *Legionella* eller *P. aeruginosa*

Kortlægningen af, hvor der er sandsynlighed for, at opportunistiske patogener vokser frem, viste, at det drejer sig om følgende områder:

#### *Ledningssystemet for koldt og varmt brugsvand*

- Områder i ledningssystemet med lavt flow eller stillestående vand. Dvs. døde ender, men også lunker og bøjninger, der kan give lavere flow
- Områder i koldt vandssystemer, hvor temperaturen er over 12 °C. F.eks. hvor koldt vandsrør er ført uden isolering tæt på varmt vandsrør
- Områder i varmt vandssystemer, hvor temperaturen er under 50 °C. Typisk områder med afgreninger fra varmt vandscirkulationen og områder, som er midlertidigt eller permanent ude af drift
- Opbevaring af koldt eller varmt vand. Stillestående vand, i f.eks. beholdere til opbevaring af blødgjort vand, giver gode muligheder for vækst af biofilm.

#### Vandarmaturer og de sidste meter inden tapstedet

- Henstand/stagnation. Håndvaske og andre tapsteder er ofte opstillet i rigeligt antal på hospitalerne. Det betyder, at mange tapsteder står ubenyttede hen eller benyttes meget sjældent
- Temperatur. Henstående vand i ledninger og armaturer med temperaturer mellem 12 og 45° C giver jf. kapitel 2 optimal vækst for *P. aeruginosa* og *Legionella*
- Bløde slanger og komplekse armaturer. Fleksible slanger monteret på armaturer er ganske udbredte og giver potentiale for øget biofilm-vækst på samme måde, som det er dokumenteret, at komplekse armaturer med mange plastdele kan medføre kolonisering med *P. aeruginosa*. Generelt er armaturer, slanger og rør, som er fremstillet af gummi og blød plast, en potentiel kilde til øget vækst af biofilm
- Automatiske håndfri armaturer. Disse armaturer har i særlig grad tendens til at blive koloniseret af specielt *P. aeruginosa*
- Tilkalkede perlatorer. Flere undersøgelser viser, at perlatorer (luftblandere), herunder specielt tilkalkede perlatorer og perlatorer af plast, kan være stærkt koloniseret med *P. aeruginosa*
- Bruseslanger. Bruseslanger i brusebade eller vaskerum er almindeligt kendte områder, som kan huse biofilm og dermed både *P. aeruginosa* og *Legionella*.

#### Vaske, afløb, brusenicher og toiletter

- Håndvaske og afløb. Håndvaske anvendes, når personale, patienter og pårørende desinficerer hænder, men håndvaske udgør - sammen med deres afløb - samtidig et reservoir for bakterier. Pga. det kraftige antibiotika-selektionspres hos patienter på hospitaler vil multiresistente bakterier være rigt repræsenteret i dette reservoir
- Brusenicher/badekar. Brusenicher med ringe/snævre afløbsforhold eller afløb, som sjældent rengøres, kan medføre opstuvning af vand, som vil være en blanding af badevand og vand fra afløbsvandlåsen
- Tilstopning af kloakrør. Tilstopning af kloakrør kan medføre opstuvning og heraf følgende oversvømmelser med afløbsvand fra gulvafløb, toiletter og vaske
- Toiletter. I forbindelse med toiletskyl dannes der vanddråber og aerosoler, som kan indeholde bakterier og vira, der bagefter kan findes i luften og på overflader i nærheden af toilettet.

For *Legionella* er der i projektet opstillet en semikvantitativ risikovurdering, hvor den relative risiko for sygdom (Legionærsygdom) er vurderet. Resultatet af risikovurderingen giver følgende højest prioriterede smittescenarier:

- 1) Inhalation af aerosoler med *Legionella* (SG1) af følsom patient ved brusebadning
- 2) Inhalation af aerosoler med *Legionella* (non-SG1) af følsom patient ved brusebadning
- 3) Inhalation af aerosoler med *Legionella* (SG1) fra dekorative springvand af følsom patient
- 4) Inhalation af aerosoler med *Legionella* (SG1) fra vandhaner/vaske af følsom patient
- 5) Inhalation af aerosoler med *Legionella* (non-SG1) fra dekorative springvand af følsom patient

Det ses af listen, at det er brusere, vandhaner og sprøjt fra vaske og følsomme patienter, der udgør den største risiko. Det er værd at bemærke, at de mindre virulente *Legionella* serogrupper (non-SG1) ved høje eksponeringer er vurderet til at udgøre en højere risiko sammenlignet med lave koncentrationer af den mere virulente serogruppe (SG1).



For *P. aeruginosa* har det ikke været muligt at finde tilstrækkeligt med litteraturdata til at gennemføre en kvantitativ sammenligning mellem de forskellige smitteveje. Vurderingen af smittevejene i forhold til hinanden er derfor en kvalitativ vurdering baseret på kendskab til *P. aeruginosa*'s økologi, forekomst og kendte kritiske punkter og sammenhænge med risikofaktorer. De enkelte smitteveje til patienter er vurderet og opstillet i følgende prioriterede rækkefølge:

- 1) Overførsel fra vask eller vaskens afløb via sprøjt til sår, slimhinder og øjne ved håndvask
- 2) Overførsel fra forurenede overflader nær håndvaske.
- 3) Overførsel fra bruser til sår, slimhinder og øjne ved brusebadning
- 4) Overførsel fra vand eller vandhane til sår, slimhinder og øjne ved håndvask
- 5) Overførsel fra badevand ved "manuel" vask og pleje af patienter
- 6) Overførsel fra blomstervaser
- 7) Overførsel fra toilet via sprøjt og aerosoler til sår, slimhinder og øjne
- 8) Overførsel fra forurenede overflader nær toiletter
- 9) Overførsel fra dekorative springvand

Det fremgår af listen, at det er vaske, vaskenes afløb og sprøjt fra vaskene til overflader nær vaskene, som udgør den største risiko. Herefter kommer brusebade og vand fra vandhaner.

På ovenstående baggrund er behov for udvikling og afprøvning af vandteknologi identificeret. Behovene er beskrevet i projektets Kapitel 5 og er opdelt i behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til:

- Hovedledningssystemet for koldt brugsvand
- Hovedledningssystemet for varmt brugsvand
- Vandarmaturer og de sidste meter inden tapstedet
- Vaske, afløb, brusenicher og toiletter
- Nye analyse- og kortlægningsmetoder

Eksempler på de væsentligste behov for udvikling og afprøvning af vandteknologier er følgende:

- Design af håndvaske (herunder armatur og afløb/vandlås), som minimerer sprøjt fra vask under brug og minimerer mulighed for kolonisering af vandhane under brug. Afløbet skal placeres således, at der ikke kan ske sprøjt fra afløbets biofilm
- Udvikling af prisbillige point-of-use filtre til vandhaner og brusere. Point-of-use filtre med 0,2 µm filtrering er vist effektive i projektet og flere andre undersøgelser (se f.eks. [23]). Prisen er i dag omkring 300 kr. for et filter/bruserenhed, der skal udskiftes hver eller hver anden måned. Der er behov for udvikling af prisbillige alternativer, som dokumenteret renser effektivt, holder længere end én til to måneder og ikke forurennes udvendigt (sidstnævnte kan være årsag til spredning af patogener fra et ellers effektivt filter)
- Udvikling af temperatur-styret rørføring og armaturer. Da de vigtigste patogener vandbakterier er mesofile med optimal vækst fra 20 til 45 °C, kan det være effektivt at sørge for, at stillestående vand i armaturer, tilførselsslanger m.m. aldrig bliver over f.eks. 12 °C, og at det varme vand aldrig bliver under 50°C. Det kan derfor være et mål at udvikle et sådant system, som via skylning eller opvarmning/køling (el-tracing) kan sikre temperaturerne
- Udvikling af simple armaturer med metalrørføring. Komplekse armaturer med mange plast- og gummikomponenter samt bløde slanger til armaturet medfører øget vækst af biofilm. F.eks. har magnetventilblokke af plastik vist sig at medføre vækst af biofilm. Helt simple armaturer med overvejende metalkomponenter og rørføring – og som samtidigt enkelt kan skilles ad til rengøring – er at foretrække
- Design af sengestuer/behandlingsrum, som medfører, at sjældent benyttede og overflødige vandhaner fjernes. Sjældent benyttede og overflødige vandhaner bør afskaffes, og fremføringen af vand bør afblændes helt tilbage til en hovedledning med jævnlige forbrug/cirkulation for at forhindre, at der opstår døde ender
- Effektiv metode til at holde temperaturen over 50° C alle steder i varmtvandssystemet. *Legionella* og *P. aeruginosa* kan ikke vokse ved temperaturer over 50° C. Det bør testes og

afprøves, om opvarmning tæt på brugsstedet samt el-tracing er mulige og energieffektive metoder

- Enkel og omkostningseffektiv metode til at kortlægge vandets temperatur, og/eller flow i de forskellige dele af ledningssystemet. Dermed kan døde ender og områder med høj temperatur identificeres og udbedres. Mulig teknologi kan være brug af sporstoffer, avancerede og prisbillige flowmålere, etc. Se også afsnit 5.5.
- Metoder til at holde koldtvandstemperaturen under 12°C. Det kan f.eks. være nye former for isoleringsmaterialer/-metoder. Sikring af koldtvandstemperaturen aktualiseres yderligere i takt med stigende temperaturer som følge af klimaforandringerne. Der kan forventes flere *Legionella*-tilfælde om sommeren ved stigende middelsommertemperaturer
- Udvikling af analysemetoder til bestemmelse af specifikke patogener. For at gennemføre en tilbundsgående risikovurdering af *Legionella* er der behov for adgang til hurtig bestemmelse af serogruppe og MAb type, idet de har forskellig virulens. Hurtigmetoder til bestemmelse af *Legionella* serogruppe og MAb type vil derfor være meget velkomne.

Projektets identificerede behov for ny vandteknologi (Kapitel 5) bør udvikles, afprøves og demonstreres, så de bedste løsninger kan implementeres i de fremtidige hospitalsbyggerier. Dermed kan risikoen for, at sårbare patienter bliver smittet med vandbårne opportunistiske patogener, minimeres.

# Summary and Conclusion

In the Western world, the development of an efficient water supply system has typically reduced the incidence of traditional waterborne pathogens (of fecal origin) to a level where it is the so-called opportunistic pathogens associated with the water installations in buildings, which are now causing the biggest problems. The opportunistic pathogens grow in the tap water (cold water, hot water and softened water), where the water is lukewarm and stagnant. Normally, however, the opportunistic pathogens are not a problem to healthy people. First and foremost, these pathogens infect people having a weak immune system. Therefore, they are particularly problematic in buildings with vulnerable people such as nursing homes and certain departments in hospitals with patients suffering from a weakened immune system. It is therefore essential that these vulnerable patients in hospitals are not infected by opportunistic pathogens from tap water.

This project was developed under The Eco-innovation Program (MUDP) of the Danish Ministry of Environment and Food. The main objective has been to identify the need for development and testing of Danish water technology within tap water at hospitals. The perspective is that Danish water technology within monitoring, treatment and design can be exported to the major foreign markets with hospitals in the Western world as well as in the emerging economies of the BRIC countries. But prior to initiating the concrete development, testing and demonstration, there is a need to identify and prioritize the most critical areas in the tap water systems. This is what the present report is doing, based on the experience of the participating hospitals and a health risk assessment. The results of the health risk assessment have been crucial for the identification of needs for development and testing of new water technology.

During the gathering of experience and the risk assessment focus has been on the most conspicuous opportunistic pathogens, namely *Legionella pneumophila* and *Pseudomonas aeruginosa*. Hereinafter referred to as *Legionella* and *P. aeruginosa*.

The gathering of information from Denmark (Rigshospitalet, Hvidovre Hospital and Herlev Hospital) and abroad (literature study) shows that the extent to which the hospitals are working with water issues varies a lot. Rigshospitalet is doing systematic measurements of the tap water quality and has tested various interventions such as change of faucets, cooking of shower hoses and use of point-of-use filters during the last 10 years. Rigshospitalet has also tested chlorination of the hot water and central filtering of both cold and hot water. Today, Rigshospitalet uses point-of-use filters on taps and showers in departments with immunocompromised patients and has been successful in reducing hospital acquired infections which can be attributed to the tap water. Hvidovre and Herlev Hospital have not met problems related to the tap water quality to the same extent. Hvidovre Hospital is regularly updating the perlators on the taps and is also installing taps with hygiene rinse units, while Herlev Hospital is using point-of-use filters on the critical departments like Rigshospitalet.

Abroad, there has been a special focus on tap water in hospitals, particularly in the UK and in Northern Ireland. A major reason is that in 2011-2012 a number of deaths among premature infants could be traced back to infections by *P. aeruginosa* from water and drainage systems in the rooms where the babies were hospitalized. However, in the United States and in Europe there is a generally increasing awareness that water-borne opportunistic bacteria - and especially the antibiotic-multiresistant bacteria - pose a significant risk to immunocompromised patients.

As part of the present project, a measurement program has been carried out at Rigshospitalet and Hvidovre Hospital in order to test different methods to identify critical points where the risk of infection through the water can be controlled. The monitoring program showed that the microbial water quality at the main water supply entrance to the hospitals is good at both hospitals, but at Rigshospitalet – and to a less extent at Hvidovre Hospital - the water quality deteriorates during its way through the water systems, which means that the quality at the taps are lower than in the mains of the drinking water system. Furthermore, a study of 28 taps in a specific department at Rigshospitalet (Department of Surgical Gastroenterology) showed that the water quality deteriorates more, the further away from the main water supply it goes. Consequently, the results support the theory that the deterioration of the water quality happens in the water systems of the building.

The purpose of the measurement program was partly to examine whether monthly changes of faucets would have an impact on the water quality. However, the studies did not show any effect of the change of faucets. Any possible effect would probably be hidden by variations related to different consumptions from one day to another at the individual tapping points. A more comprehensive analysis program is needed to determine whether there is an impact or not.

Another purpose of the measurement program was to examine if it is possible to determine by measurements whether the critical pathogens originate from the last meters before the tapping point and the water tap or from the pipeline system. The studies of immediate samples and subsequent samples where the water had been running (from 30 seconds and up to 5 min) showed that analyses of both heterotrophic plate count, *Legionella* and Bactiquant (a fast enzymatic method to determine bacteria) can provide information on the origin of the problem (at the tapping point or in the pipeline system).

Furthermore, the measurement program showed that hygiene rinse, where the water is running before use, is an efficient mean to reduce the number of heterotrophic plate count. Even when it is assumed that the whole system is colonized, the numbers are reduced substantially in several cases, although concentrations are not below the recommended action limits for heterotrophic plate count and *Legionella*. The studies confirmed that taps which are not used, have a high number of bacteria and are thus particularly critical. Health critical concentrations of metals and hazardous substances were not measured in the tap water.

The risk assessment of the project is divided into an identification of:

- the locations in the water system at hospitals where it is most likely that something goes wrong, allowing opportunistic pathogens to grow
- the routes of transmission which cause the highest incidence of disease by infection with *Legionella* or *P. aeruginosa*

The mapping of places where opportunistic pathogens are likely to grow, pointed out the following areas:

*The pipeline system for cold and hot tap water*

- Areas in the pipeline system with low flow or stagnant water, i.e. dead ends, but also cavities and bends that may cause lower flow
- Areas in cold water systems, where the temperature is above 12 ° C, eg. where cold water pipes with no lagging are led close to the hot water pipes
- Areas in hot water systems, where the temperature is below 50 ° C. Typically areas of branches from the hot water circulation and areas which are temporarily or permanently out of service
- Storage of cold or hot water. Standing water, for example in storage tanks for softened water, provides excellent opportunities for the growth of biofilm.

#### *Water faucets and the last few meters before tapping point*

- Standing/stagnation. Numerous sinks and other tapping points are often installed at hospitals. This means that many taps are unused or used very rarely.
- Temperature. Standing water in pipes and faucets with temperatures between 12 and 45 °C gives optimal conditions for growth of *P. aeruginosa* and *Legionella*, see Chapter 2.
- Flexible tubes and complex faucets. Flexible tubes on faucets are quite commonly used and may result in an increased biofilm growth. Likewise, it has been documented that complex faucets with many plastic units can lead to colonization by *P. aeruginosa*. Generally, fittings, hoses and tubes made of rubber and soft plastics are a potential source of increased growth of biofilms
- Automatic hands-free faucets. These faucets in particular tend to be colonized especially by *P. aeruginosa*
- Calcification of perlators. Several studies show that perlators (aerators), in particular calcified perlators and perlators made of plastic, can be highly colonized by *P. aeruginosa*.
- Shower hoses. Shower hoses in showers or cleaning rooms are well known areas that may hold biofilm and thus both *P. aeruginosa* and *Legionella*.

#### *Wash, drain, showers and toilets*

- Sinks and drains. Sinks are used when staff, patients and relatives disinfect their hands, but at the same time sinks, together with their drain, constitute a reservoir for bacteria. Due to the powerful antibiotic selection pressure on patients in hospitals, multi-resistant bacteria will be highly represented in this reservoir
- Shower stalls/bath tubs. Shower stalls with bad/narrow drains or drains which are rarely cleaned may cause standing water, consisting of a mixture of bathing water and water run-off from the water trap
- Clogging of sewer pipes. Clogging of sewer pipes can cause damming and consequently floods by drainage water from floor drains, toilets and sinks
- Toilets. During toilet flushing water drops and aerosols are formed which may contain bacteria and viruses that can be found afterwards in the air and on surfaces near the toilet.

In terms of *Legionella*, the project has established a semi-quantitative risk assessment, estimating the relative risk of disease (legionnaire's disease). The result of the risk assessment has provided the following prioritized transmission scenarios:

- 1) Inhalation of aerosols with *Legionella* (SG1) by sensitive patient during showering
- 2) Inhalation of aerosols with *Legionella* (non-SG1) by sensitive patient during showering
- 3) Inhalation of aerosols with *Legionella* (SG1) from decorative fountain by sensitive patient
- 4) Inhalation of aerosols with *Legionella* (SG1) from water taps/sinks by sensitive patient
- 5) Inhalation of aerosols with *Legionella* (non-SG1) from decorative fountain by sensitive patient

It is seen from the list that showers, water taps as well as splashing from sinks and sensitive patients pose the highest risk. It is worth to note that high exposures to the less virulent *Legionella* serogroups (non-SG1) are estimated to constitute a higher risk than low concentrations of the more virulent serogroup (SG1).

For *P. aeruginosa* it has not been possible to find sufficient literature data to conduct a quantitative comparison between the various modes of transmission. The assessment of the modes of transmission in relation to each other is therefore a qualitative assessment based on the knowledge of *P. aeruginosa*'s ecology, occurrence and known critical points and correlations with risk factors. The individual modes of transmission to patients are assessed and summarized in the following order of priority:

- 1) Transfer from the sink or sink's drain via splashing to wounds, mucous membranes and eyes during hand washing
- 2) Transfer from contaminated surfaces near the sinks
- 3) Transfer from the shower to wounds, mucous membranes and eyes when showering
- 4) Transfer from the water or water taps to wounds, mucous membranes and eyes during hand washing
- 5) Transfer from bathing water during "manual" washing and nursing of patients

- 6) Transfer from flower vases
- 7) Transfer from toilets through splashing and aerosols to wounds, mucous membranes and eyes
- 8) Transfer from contaminated surfaces near the toilets
- 9) Transfer from decorative fountains

According to the list, sinks, sinks' drains and splashing from the sinks to surfaces near the sinks pose the highest risk. Then come the showers and water from taps.

Given the above, the need for development and testing of water technology has been identified. The needs are described in Chapter 5 of the project report and are divided into need for development and need for testing of new technology:

- Main pipeline system for tap cold water
- Main pipeline system for tap hot water
- Water faucets and the last few meters before tapping point
- Sinks, drains, showers and toilets
- New analytical and mapping methods

Examples of the essential needs for development and testing of water technologies are:

- Design of sinks (including faucet and drain/water trap) that minimize splashing from washing and minimize the possibility of colonization of the faucet during use. The drain must be positioned so that there can be no splashing from the biofilms in the drain
- Development of affordable point-of-use filters for faucets and showers. Point-of-use filters with 0.2 micron filtration have proven to be efficient during this project and several other studies (see eg. [22]). The price is currently around 300 DKK per filter/shower unit, which has to be replaced every one to two months. There is a need to develop affordable alternatives which are able to clean efficiently, last longer than one to two months and which are not contaminated on the outside (which may cause pathogens to be spread from an otherwise effective filter)
- Development of temperature-controlled piping and fittings. Since most significant pathogenic water bacteria are mesophilic with an optimal growth from 20 to 45 °C, it can be effective to make sure that stagnant water in faucets, feeding tubes etc. never reach a temperature above 12 °C and that the temperature of hot water will never fall below 50 °C. Consequently, one purpose may be to develop such a system which is able to control the temperatures through flushing or heating/cooling (electric tracing)
- Development of simple faucets with metal pipings. Complex faucets with many plastic and rubber components as well as soft hoses to the faucets are causing increased growth of biofilm. Magnetic valve blocks of plastic, for instance, are known to cause growth of biofilm. Very simple faucets with mostly metal components and pipings - and which can be easily disassemble for cleaning – are to be preferred
- Design of wards/therapy rooms in a way that rarely used and redundant taps are removed and that redundant water supply tubes are being removed to where they meet one of the main pipes with a regular consumption/circulation in order to avoid the occurrence of dead ends.
- A efficient method to keep the temperature above 50 °C anywhere in the hot water system. *Legionella* and *P. aeruginosa* can not grow at temperatures above 50 °C. It should be tested and controlled whether heating close to the place of or electric tracing would be possible and energy-efficient methods.
- A simple and cost-efficient method to map the temperature and/or flow of the water in the different parts of the pipeline system. This would allow dead ends and areas with high temperature to be identified and addressed. The use of trace elements, advanced and affordable flow meters etc. may be possible technologies. See also section 5.5
- Methods to keep the cold water temperature below 12 °C such as new kinds of insulation materials/methods. Securing the cold water temperature becomes further relevant as temperatures are rising due to climate change. An increased number of *Legionella* cases are likely to be seen in the summer as a result of increasing mean summer temperatures
- Development of analytical methods for determination of specific pathogens. In order to conduct a thorough risk assessment of *Legionella* there is a need for access to an

expeditious determination of serogroup and MAb type, since they differ in virulence. Rapid tests for determination of *Legionella* serogroup and MAb type would therefore be most welcome.

The new water technologies, for which the need has been identified by the project (Chapter 5), should be developed, tested and demonstrated so that the best solutions can be implemented in future hospital buildings. This would reduce the risk for vulnerable patients of being infected by water-borne opportunistic pathogens.

# 1. Baggrund og formål

I den vestlige verden har udviklingen af effektiv drikkevandsforsyning og spildevandsrensning mindsket forekomsten af de traditionelle vandbårne sygdomme så meget, at det nu er såkaldte opportunistiske patogener knyttet til bygningernes installationer, som udgør det største hygiejniske problem. Opportunistiske patogener defineres traditionelt som patogener, der kan inficere følsomme grupper med lavt immunforsvar. Men risikofaktorerne varierer og ellers sunde og raske mennesker kan også risikere at blive syge (f.eks. er det for visse patogener en risikofaktor blot at være ældre end 60 år).

Patienterne på et hospital er særligt sårbare overfor de opportunistiske patogener. Derfor er det essentielt, at patienterne ikke bliver eksponeret med disse patogener fra brugsvandet (drikkevand, varmt vand og blødgjort vand) og fra de tilknyttede anvendelser af brugsvandet (håndvaske og vandlåse, brusenicher, rengøringsvand m.m.). Det er specielt bakterier som *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* og *Legionella pneumophila*, som er kritiske i forhold til svækkede patienter. Svækkede patienter er f.eks. nyopererede, kræftsyge eller HIV patienter og patienter med åbne sår som f.eks. brandsår. Også patienter med kateter er i risiko for at få infektioner, f.eks. i forbindelse med brusebade. De kritiske afdelinger er f.eks. neonatal-afsnit, brandsårsklinikker samt nefrologiske og onkologiske afdelinger. Ved indførelse af vandbesparelser og indførelse af ny teknologi på brugsvandområdet opstår der nye risici der skal vurderes, herunder svigt af rensprocessen eller afgivelse af stoffer eller bakterier.

Internationalt set er der en stigende erkendelse af, at brugsvandskvaliteten på hospitalet kan have alvorlige konsekvenser for de indlagte patienters sundhed og dermed for helbredelsesraterne på hospitalerne. Omvendt er det også et område, som – udover *Legionella*-problematikken - ikke har haft den store bevågenhed. Med den stigende opmærksomhed på brugsvandet ligger der et potentielt stort marked for praktisk anvendelige og effektive vandteknologier. I BRIK-landene – f.eks. i Brasilien - er der konkrete behov for at kunne levere sikkert brugsvand helt ud til den enkelte patient på de mange store hospitalsbyggerier, som skal gennemføres i den nærmeste årrække.

Det er hospitalernes (Regionernes) ansvar, at minimere risikoen for hospitalserhvervede infektioner herunder infektioner, som skyldes forurening af vand eller vandinstallationer. Det gøres i praksis gennem en hygiejneorganisation, som rådgiver direktion og afdelingsledelser i infektionshygiejniske spørgsmål.

Hospitalerne i Region Hovedstaden arbejder i forskelligt omfang med problemstillingen. Kendte risici i forbindelse med brugsvand er forekomst af *Legionella* i det varme vand, forekomst af *P. aeruginosa* og heterotrof bakteriel vækst f.eks. i filtersystemer, ismaskiner og døde ender i distributionssystemet. Der kan endvidere forekomme afgivelse af kemiske stoffer fra materialer i kontakt med vandet, filtre eller andet apparatur. På Rigshospitalet har man i Infektionshygiejnisk Enhed og Driftsafdelingen igennem mere end 10 år arbejdet systematisk med området, herunder udført kvalitetskontrol af vandforsyning og apparatur og f.eks. påsat filtre hos særligt udsatte patienter. Indsatsen har medført et fald i antallet af patienter, der er smittet på hospitalet med *Legionella* og *P. aeruginosa*.

Disse erfaringer kan sammen med erfaringerne fra de klinisk mikrobiologiske og tekniske afdelinger på Hvidovre og Herlev Hospitaler anvendes til at skabe et robust grundlag for udvikling



af danske vandteknologier inden for overvågning af vandkvaliteten og vandrensning. Sidstnævnte kan både være vandbehandling forskellige steder i hospitalets ledningsnet eller point-of-use behandling, som placeres helt ude ved det enkelt brugssted – på vandhaner, brusere m.m. Men inden der igangsættes teknologiafprøvning og –demonstration, er der behov for at erfaringsopsamle på området og sammenfatte de eksisterende kortlægninger, procedurer og afhjælpende foranstaltninger. Herunder at få udpeget og prioriteret de vigtigste og mest kritiske områder i brugsvandssystemerne ud fra en sundhedsrisikovurdering.

Perspektivet er, at nye vandteknologier, eller kendte teknologier fra andre områder, kan afprøves og tilpasses til brugsvandssystemerne på danske hospitaler. Erfaringerne kan så overføres til de nye hospitalsbyggerier, og sideløbende kan teknologierne eksporteres til de mange store hospitalsbyggerier, som er undervejs – specielt i BRIK landene.

### **1.1 Formål**

Det primære formål med projektet er, at afklare behov for ny vandteknologi (rensning/overvågning/design) til brugsvand på hospitaler, som kan minimere risikoen for vandbåren infektion af patienter. Herunder er det målet at:

- Gennemføre og formidle en erfaringsopsamling omkring sygehusers hervede vandbårne infektioner på Rigshospitalet, Herlev og Hvidovre Hospitaler i samarbejde med infektionshygieniske afdelinger (med hovedvægt på Rigshospitalets erfaringer)
- Identificere potentielle kritiske punkter i hospitalernes brugsvandssystem, som kan udgøre en sundhedsrisiko for hospitalets patienter
- Gennemføre en semikvantitativ sundhedsrisikovurdering af de kritiske punkter i samarbejde med de tre deltagende hospitaler
- Opstille en oversigt over specifikke behov for ny vandteknologi i form af rensning, overvågning og smart design, som kan reducere risikoen for infektion af patienter med vandbårne patogener på hospitaler

Projektet skal ses i sammenhæng med de to øvrige projekter, som gennemføres under fyrtårnsprojektet ”Vandeffektive hospitaler”. Det drejer sig om projekterne ”Vandaudit og potentialer for ny teknologi til vandbesparelser på hospitaler” og ”Brug af sekundavand på hospitaler”. Disse delprojekter rapporteres samlet i rapporten: ”Vandeffektive Hospitaler- Potentialer for vandbesparende teknologi og brug af sekundavand”, som er udarbejdet sideløbende med denne rapport.

## 2. Introduktion til vandbårne opportunistiske patogener og hospitaler

### 2.1 Patogener i brugsvand, herunder særligt *Legionella* og *P. aeruginosa*

De opportunistiske patogener har egenskaber, så de kan vokse i biofilm og andre mikromiljøer i de kolde eller varme vandsystemer i bygninger i modsætning til de traditionelle vandbårne patogener, som transporteres med vandet fra en forureningskilde. Tabel 2-1 sammenligner problematikkerne omkring de traditionelle drikkevandspatogener og fækale indikatorer (som f.eks. *E. coli*) med de opportunistiske patogener i det interne vandsystem i bygninger.

TABEL 2-1 SAMMENLIGNING AF PROBLEMATIKKER OMKRING TRADITIONELLE VANDFORSYNINGSPATOGENER OG DE OPPORTUNISTISKE PATOGENER I BRUGSVANDSYSTEMER I BYGNINGER (UD FRA [2])

Problematik	Traditionelle patogener	Opportunistiske patogener
Genvækst i distributionssystemer	Generelt nej	Ja
Mikrobiel økologi i distributionssystemet har betydning	Nej	Ja
Immun-status, genetik og alder er en primær faktor omkring sygdomsudbrud	Nej	Ja
Risiko reduceres via beskyttelse af vandressourcen og vandbehandling i vandforsyningsanlægget	Ja	Nej
Bygningsejerens handlinger og forbrugsmønstre, hydraulik i bygningsrørsystemet, design af rørsystem, VVS materialer og indstilling af vandvarmer har stor betydning for sandsynligheden for sygdomsudbrud	Generelt nej	Ja
Eksponeringsvej og -form	Indtagelse	Inhalering, indtagelse og hudkontakt
Vandkemi (temperatur, pH, opløst ilt) i vandforsyningsnet og rørsystemet i bygninger har betydning	Generelt nej	Ja
Niveauer af næringsstoffer (organisk stof, kvælstof, fosfor, sporstoffer) har betydning	Generelt nej	Ja
Direkte iboende konflikter mellem risiko-reduktion og andre mål	I udlandet forekommer visse konflikter i form af desinfektions biprodukter (DBP)	Voldsomme konflikter i form af DBP, skoldning, energi- og vandbesparelser samt korrosion

Problematik	Traditionelle patogener	Opportunistiske patogener
Påvirkning fra bygningsinstallationer såsom aktivt kul filtre eller blødgøringsanlæg	Lille eller ingen	Fordele/ulemper mulige

Smittevejene er som nævnt også anderledes, idet patienter som regel smittes via luftveje, slimhinder, øjne og sår. Det betyder, at metoderne til at reducere risikoen for infektioner med opportunistiske er helt anderledes, end de er for de traditionelle, som fjernes på vandværket. Det betyder derfor også, at ansvaret for fjernelse af de opportunistiske patogener hovedsageligt ligger hos bygningsindehaveren og i mindre grad hos vandforsyningen. Da drikkevandets kvalitet har betydning for de opportunistiske patogener, er kommunikation med vandforsyningen om problemet dog vigtig.

De patogene opportuniste omfatter hovedsageligt bakterier der:

Smitter respiratorisk

- *Legionella pneumophila*
- *Mycobacteria*
- *Naegleria fowleri*

Smitter via hud, slimhinder etc

- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Burkholderia pseudomallei*
- *Mycobacteria*
- *Acanthamoeba*
- *Aeromonas*

Af disse er de mest fremtrædende *L. pneumophila* og *Pseudomonas aeruginosa*, som har været hovedfokus i dette arbejde.

### 2.1.1 Legionella

*L. pneumophila* er årsag til Legionærsygdom, en alvorlig luftvejssygdom som første gang blev erkendt i forbindelse med et udbrud blandt amerikanske legionærer i 1976. Af 182 smittede døde 29. Bakterien formodedes at stamme fra et kølesystem. *L. pneumophila* er også årsag til Pontiac feber, som er en mildere respiratorisk sygdom [2]. Endvidere forekommer subkliniske tilfælde, hvor de smittede er raske, men har dannet antistoffer mod *L. pneumophila* [5]. I Europa er *L. pneumophila* skyld i 98% af (dyrkningsbekræftede) tilfælde af Legionærsygdom. Serogruppe 1 var årsag til 85% rapporterede tilfælde af Legionærsygdom, mens serogrupperne 3 og 6 tilsammen er ansvarlig for 5%. Legionærsygdom forekommer hyppigst om sommeren [3]. *L. pneumophila* er i det følgende benævnt *Legionella*.

#### *Legionellas forekomst og økologi*

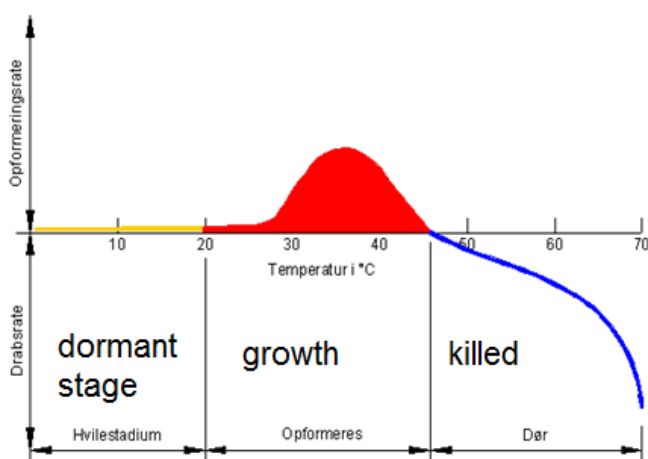
*Legionella* forekommer naturligt i jord og i en bred vifte af vandmiljøer, hvor den findes i lave koncentrationer. *Legionella* er også blevet detekteret i vandforsyninger hele vejen fra kilde til forbruger. I USA er der blevet konstateret *Legionella* i cirka 50% af alle større bygninger og i 10% – 30% mindre private systemer og helt op til 70% af hospitalerne [2]. *Legionella* kan komme ind i vandsystemet via drikkevandet. Miljøstyrelsen undersøgte 35 danske vandværker for forekomst af *Legionella*. Der blev fundet *Legionella* i to prøver fra ledningsnet, men ikke på vandværkerne [9]. Drikkevand er derfor en mulig kilde til *Legionella* i varmtvandssystemer.

*Legionella* er fakultative intracellulære parasitter, dvs. at de inficerer og deler sig i fritlevende amøber, og kan overleve uden for deres vært. *Legionella* kan overgå til en VBNC (Viable But Non-Culturable) form, hvor de er levende, men ikke kan dyrkes og samtidig bibeholder deres evne til at inficere. NVBC formen opstår under stressede omstændigheder.

I vandsystemer er *Legionella* associeret med biofilm, hvor den kan etablere sig inden for få timer. *Legionella* kan formere sig i biofilm, hvor den kan optage næringsstoffer fra andre organismer eller fra dødt organisk stof, eller den kan inficere og dele sig i amøber. Der er dog ikke klarhed over, om amøber er nødvendige for at *Legionella* kan overleve og formere sig i en biofilm. *Legionella* kan frigives fra biofilmen ved at enkeltceller eroderes af biofilmen eller ved at større af dele biofilmen falder af. I sidstnævnte tilfælde kan der være flere hundrede *Legionella* i hver biofilmflage. Endvidere kan *Legionella* frigives fra biofilmen ved af inficerede amøber bevæger sig ud af biofilmen, hvor de afgiver vesikler med op til 200 *Legionella* til omgivelserne. Vesikler er små udposninger fra cellemembranen < 5 µm, som dermed kan være inhalérbare og nå dybt ned i lungerne [10]. *Legionella* er mindre følsom over for klor end *E. coli*. I nogle tilfælde har *Legionella* vist sig at kunne overleve 50 mg/l frit klor, når de er inde i amøber [2].

*Legionella* er syrerestistent og kan overleve pH 2 og temperaturer op til 70 °C [2]. Det menes at pH optimum er mellem pH 6 og pH 7. *Legionella* kan vokse ved temperaturer mellem 20°C og 50°C og vokser hurtigt ved temperaturer mellem 32 °C og 42°C selv ved lavt indhold af organisk stof, f.eks. i stagnerende drikkevand, når der er tilstedeværelse af jern og aminosyren L-cystein [2].

Temperaturens indflydelse på *Legionella*'s vækst er opsummeret i nedenstående Figur 2-1.



FIGUR 2-1 VANDTEMPERATURENS EFFEKT PÅ *LEGIONELLA* [50]

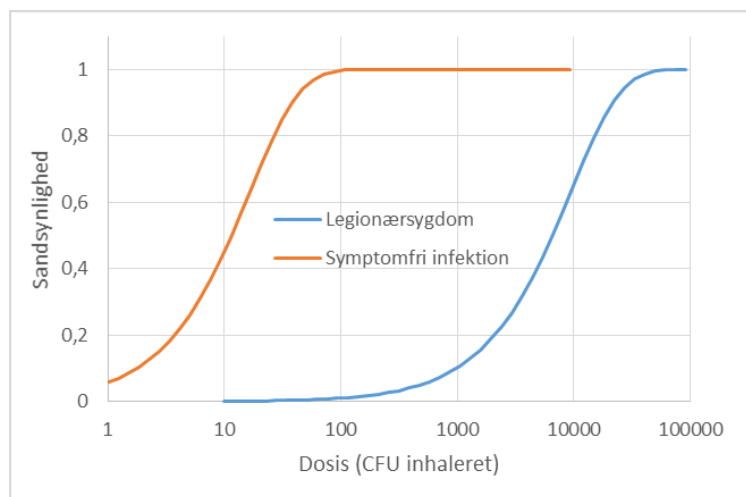
#### Forekomst af Legionærsygdom

I EU-medlemslandene, Island og Norge blev der i 2012 rapporteret 5852 tilfælde af Legionærsygdom, svarende til 11,5 tilfælde pr mio. indbyggere, hvilket var på samme niveau som de foregående år. Af disse var 9% relateret til hospitaler, plejehjem etc, og 9% endte med dødelig udgang. I hospitalserhvervede tilfælde var dødeligheden 28%. Ud af de tilfælde, hvor det blev undersøgt, hvor smitten kom fra, var 62 % relateret til vandsystemer (52 varmtvandssystemer, 15 koldvandssystemer, og 189 uspecificerede vandsystemer). De fleste tilfælde forekommer i de varme måneder [3].

I Danmark blev der i 2012 rapporteret 127 tilfælde af Legionærsygdom, svarende til 22,8 pr. mio. indbyggere, hvilket er en af de højeste incidenser i Europa. I Danmark var 9% var relateret til hospitaler, plejehjem etc, og 9% døde. Det menes, at Legionærsygdom er underrapporteret, og incidensen derfor er højere [3]. Endvidere kan forskelle i rapporteringspraksis i de forskellige EU lande være en væsentlig årsag til at incidensen i Danmark er høj.

### Risiko for infektion og sygdom

Virulente *Legionella* inficerer de dybe dele af lungerne hos følsomme individer efter inhalation af aerosoler. Aerosoler > 10 µm fanges i næse og svælg, aerosoler mellem 5 µm og 10 µm fanges i luftvejene, og aerosoler mellem 2 µm og 5 µm når lungerne [7] Den største smitterisiko er derfor forbundet med installationer, der producerer aerosoler med størrelse mellem 2 µm og 5 µm. Endvidere er *Legionella*-forurenet vand, der trænger ned i luftrøret (aspiration) og indsætning af sonde gennem næsen til maven, foreslået som overførselsvej [3].



FIGUR 2-2 DOSIS-RESPONS KURVE FOR LEGIONÆRSYGDOM (BLÅ) OG SYMPTOMFRI INFEKTION MED *LEGIONELLA PNEUMOPHILA* SEROGRUPPE 1 BASERET PÅ FORSØG MED MARSVIN [6].

Risikoen for infektion med *Legionella* (*L. pneumophila*) afhænger sandsynligvis af dosis, den eksponeredes følsomhed, og *Legionella* virulens.

Legionærsygdom rammer mest følsomme grupper, som omfatter immunsupprimerede patienter herunder høj alder, HIV smittede, og patienter i immunsupprimerende terapi. Yderligere risikofaktorer er diabetes, cancer, kroniske lungesygdomme, patienter i respirator, rygning og alkoholmisbrug (jf. Afsnit 4.3 om afdelinger med følsomme patienter). Mænd over 60 år og ældre på plejehjem er også erkendte risikogrupper. Nogle studier har vist, at 20% af patienterne ikke tilhørte kendte risikogrupper ([2], [7]).

Der findes ingen studier, der direkte har undersøgt disse sammenhænge på mennesker. Armstrong og Hass [6] har opstillet og valideret dosis/respons relationer på baggrund af dyremodeller (marsvin). De kunne forudsige sandsynligheden for symptomfri infektion og Legionærsygdom hos mennesker inden for 1 log størrelsesorden ved eksponering af f.eks. arbejdere i forbindelse en udstilling af spabade. Sandsynligheden for infektion,  $P(d)$ , som funktion af inhaleret dosis (CFU, *L. pneumophila* serogruppe 1) kunne beskrives ved en eksponentiel funktion:

$$P(d) = 1 - e^{(-r \cdot d)}$$

Hvor  $r = 0,06$  for sygdomsfri infektion og  $r = 1,07 \cdot 10^{-4}$  for Legionærsygdom.

Dosisresponsfunktionen for Legionærsygdom og symptomfri infektion er illustreret i Figur 2-2. For de særligt følsomme grupper kan det ikke udelukkes, at  $r$  er højere, og at der derfor skal mindre dosis til at forårsage en infektion.

Legionærsygdom er blevet forbundet med eksponering via en række vandinstallationer f.eks. brusebadshoveder, bade, håndklædevarmere, vandforsyning i hospitaler, forstøvere, dekorative springvand, køletårne, ismaskiner, og tandlægestole [7]. Eksponeringen afhænger af en række forhold herunder koncentrationen i vandet, fordelingen af *Legionella* i vand og aerosoler og andelen af aerosoler der afsættes i de dybe dele af lungerne.

#### Aktionsgrænser og risikostyring

Da vandsystemer er anerkendt som en kilde til smitte er der både i Danmark og udlandet anbefalet aktionsgrænser for koncentration af *Legionella* i vand og udarbejdet retningslinier for risikostyring.

Risikostyring adskiller sig fra simple aktionsgrænser ved, at de baserer sig på WHO's principper for Water Safety Plans [21], og inkluderer delegering af ansvar, identifikation og vurdering af kilder til risici, udarbejdelse af planer til forebyggelse eller kontrol af risici, implementering, overvågning og dokumentation.

Statens Serum Institut har foreslået aktionsgrænser [12], som er angivet i Tabel 2-2.

Aktionsgrænserne er angivet under henvisning til en række forhold, der skal tages i betragtning:

- Koncentrationen af *Legionellabakterier* i et vandsystem er ikke nødvendigvis konstant. Resultatet af en enkelt prøve må derfor betragtes som et øjebliksbillede.
- Vand fra forskellige tapsteder fra samme anlæg kan indeholde meget forskellige koncentrationer af *Legionellabakterier* alt efter lokale forhold som f.eks. vandforbrug og materialer til rør og slanger.
- Der er stor variation i virulensen (evnen til at forårsage sygdom) blandt *Legionellastammer*. En lav koncentration af mere virulente stammer kan således udgøre en langt større risiko end en høj koncentration af mindre virulente stammer.
- Modtageligheden for sygdommen afhænger af den pågældende persons sundhedstilstand og modstandskraft over for infektion.
- Aerosoldannelse, intensitet og varighed af påvirkningen, samt tilstedeværelse af amøber i vandet har formentlig betydning for smitterisikoen.

TABEL 2-2 DANSKE ANBEFALINGER TIL AKTIONSGRÆNSER FRA STATENS SERUM INSTITUT [12]

Koncentration (CFU/L)	Handlingskonsekvens/reaktion
10 – 1000	Lavt tal - dog udtryk for at <i>Legionellabakterier</i> kan vokse i systemet
1000 – 10.000	Lavt til moderat antal bakterier. Det skal overvejes, om der kan foretages enkle forbedringer af anlægget, f.eks. driftstemperaturer, fjernelse af døde ender.
10.000 – 100.000	Forholdsvis højt bakterietal. Det skal overvejes, om der kan foretages forbedringer af anlægget og/eller desinfektion. Situationen overvåges.
> 100.000	Meget højt bakterietal. Anlægget bør gennemgås med henblik på afhjælpende foranstaltninger.

Rigshospitalet opererer også med aktionsgrænser. Kimtal bliver målt med blodagarplader ved 37 °C og her ligger grænsen for et forhøjet kimtal ved 20.000 CFU/l, og for *Legionella* er aktionsgrænsen, målt på MWY *Legionella* plader, 1000 CFU/L [12].

I relation til tandlægestole skal kimtallet (målt ved 37 °C) ifølge de Nationale Infektionshygiejniske Retningslinjer for Tandklinikker [79] være mindre end 500 CFU/ml og antallet af *Legionella* må ikke være over 100 CFU/L.

Den europæiske arbejdsgruppe for *Legionella* infektioner [13] har lignende aktionsgrænser som Statens Serum Institut og Rigshospitalet. Her anbefales en risikobaseret styring af problemerne med *Legionella*. På baggrund af risikovurdering og målinger af koncentrationen af *Legionella* i vandsystemerne gives anbefalingerne vist i Tabel 2-3.

**TABEL 2-3 ANBEFALINGER TIL AKTIONER OG AKTIONSGRÆNSER I VARMT OG KOLDVANDSSYSTEMER FRA DEN EUROPÆISKE ARBEJDSGRUPPE FOR *LEGIONELLA* INFEKTIONER [13]**

Koncentration (CFU/L)	Aktion
1000 – 10.000	<p><u>Enten:</u> Hvis en lille del (10% - 20%) er positive, skal der udtages nye prøver. Hvis det samme resultat opnås, skal afhjælpende foranstaltninger evalueres og risikovurderingen gentages.</p> <p><u>Eller:</u> Hvis flertallet af prøverne er positive, er systemet inficeret med <i>Legionella</i>, og desinfektion af systemet overvejes. Afhjælpende foranstaltninger skal straks evalueres og en ny risikovurdering skal gennemføres for at identificere yderligere afhjælpende foranstaltninger</p>
> 10.000	Der udtages nye prøver, og der gennemføres straks en ny risikovurdering for at identificere yderligere afhjælpende foranstaltninger, herunder desinfektion

Health and Safety Executive, UK, (HSE) har udgivet en “approved code of practice” [18] . Heri anbefales ligeledes en risikobaseret styring af *Legionella*. Aktionerne er overensstemmende med dem, der er angivet i Tabel 2-3, men ved lavere grænser (< 100 – 1000 CFU/L; > 1000 CFU/L) [19] . På hospitaler og plejehjem, hvor der er særligt følsomme patienter, foreslår HSE strengere grænser, som vist i Tabel 2-4. Point of use udstyr foreslås anvendt midlertidigt til problemet er løst.

**TABEL 2-4 ANBEFALINGER FRA HSE TIL AKTIONER OG AKTIONSGRÆNSER I VARMT- OG KOLDVANDSSYSTEMER PÅ HOSPITALER OG PLEJEHJEM, HVOR DER ER SÆRLIGT FØLSOMME PATIENTER [19] .**

Koncentration (CFU/L)	Aktion
0 - 100	Enhver forekomst af <i>Legionella</i> bør undersøges. Om nødvendigt udtages endnu en prøve som yderligere baggrund for risikovurderingen.
100 – 1.000	<p><u>Enten:</u> Hvis mindretallet af prøverne er positive, skal der udtages nye prøver. Hvis det samme resultat opnås, skal afhjælpende foranstaltninger evalueres og risikovurderingen gentages.</p> <p><u>Eller:</u> Hvis flertallet af prøverne er positive, er systemet inficeret med <i>Legionella</i> om end på et lavt niveau. Afhjælpende foranstaltninger skal straks evalueres og en ny risikovurdering skal gennemføres for at identificere yderligere afhjælpende foranstaltninger. Desinfektion skal overvejes.</p>
> 1000	Der udtages nye prøver, og der gennemføres straks gennemgang af de afhjælpende foranstaltninger og en ny risikovurdering for at identificere yderligere afhjælpende foranstaltninger, herunder desinfektion. Der gennemføres hyppige analyser af <i>Legionella</i> indtil et tilfredsstillende niveau er nået.

Den norske vejledning om forebyggelse af *Legionella* smitte [15] anbefaler ligeledes en risikobaseret styring, som den primære måde at forebygge smitte med *Legionella*. Det vurderes, at kvantitative *Legionella*-analyser ikke er egnede til at fastslå smitterisiko, fordi det er vanskeligt at tage repræsentative prøver, og fordi der er begrænset viden om tolkningen af analyseværdier i forhold til smitterisiko. Der er ikke angivet aktionsgrænser. For sygehuse anbefales det:

”at institutioner, der immunsvekkede personer oppholder sig, har fokus på forebygging av *Legionellasmitte* i sin internkontroll, herunder at det er etablert samarbeidsrutiner mellom helse- og teknisk personell der bla. ansvarsfordeling er avklart, at det er utarbeidet planer for drift og vedlikehold og prøvetaking knyttet til aerosoldannende anlegg, og retningslinjer for rengjøring og bruk av medisinsk utstyr. Internkontrollen må også beskrive tiltak ved eventuelle funn av *Legionellabakterier*.”

Veterans Health Administration [16] anbefaler, at hospitaler udarbejder forebyggelsesplaner baseret på risikovurderinger. Forebyggelsen bør overvåges ved måling af temperatur og/eller biocid og valideres ved bestemmelse af *Legionella* i vandet og ved klinisk overvågning. VHA anbefaler, at der igangsættes foranstaltninger (temperatur og biocid behandling) hvis blot 1 prøve er positiv.

Allegheny County Health Department i Pennsylvania, US, udstedte i 1997 guidelines, der foreskrev desinfektion, hvis mere end 30% af udtagede prøver var positive. Der har siden da været debat om denne fremgangsmåde. Deres nye guideline anbefaler risikobaseret forebyggelse og har ikke etableret aktionsgrænser, men nævner grænser for de udenlandske guidelines [17]

Generelt for de udenlandske retningslinier er, at der anbefales en risikobaseret styring af problemerne som følger WHO's anbefalinger for ”Water Safety Plans” [21]

### Opsamling

*Legionella* er en opportunistisk patogen, der er årsag til Legionærsygdom. *Legionella* (*L. pneumophila*) deles op i serogrupper. Det er især gruppe SG1, SG3 og SG6 der er årsag til Legionærsygdom. Den kan inficere og vokse i varmtvandssystemer, hvor de hovedsageligt er associeret med biofilm. *Legionella* har optimale vækstforhold mellem mellem 32 °C og 42°C, men kan vokse mellem 20 °C og 50 °C. Den forekommer i de fleste store varmtvandssystemer. Mennesker eksponeres via aerosoler dannet af f.eks. brusere og vandhaner. Det er kun aerosoler af en vis størrelse, der når tilstrækkeligt langt ned i lungerne til at der kan ske en infektion. Raske mennesker bliver sjældent syge, selv om de bliver eksponeret. Der er forskellige aktionsgrænser i de forskellige lande. De fleste retningslinjer til håndtering af risikoen anbefaler primært en forebyggende indsats for at reducere koncentrationen af *Legionella* i varmtvandssystemerne koblet med en overvågning af koncentrationen og en klinisk overvågning af incidensen af Legionærsygdom. Endvidere at point-of-use udstyr bør anvendes, hvor der er særligt følsomme patienter indtil den primære indsats har givet et acceptabelt resultat.

#### 2.1.2 *Pseudomonas aeruginosa*

*P. aeruginosa* er en opportunistisk patogen, som giver lungebetændelse, og blod-, urinvejs-, og sårinfektioner på hospitaler, hos patienter under behandling [2]. Kliniske isolater af *P. aeruginosa* er hyppigt resistente for aminoglycosider, ceftazidime, fluoroquinoloner, piperacillin/tazobactam og carbapenemer [3]. Infektioner kan derfor være svære at behandle. Uden for hospitaler er *P. aeruginosa* årsag til hud-, øjen-, og øreinfektioner, især i forbindelse med badning, inkl. svømmebade etc. [2]

#### Forekomst og økologi

*P. aeruginosa* findes naturligt overalt i jord og vand, og er især knyttet til biofilm, hvor den kan spille en vigtig rolle for opbygningen af biofilmen, ikke mindst i konstruerede vandsystemer [2]



*P. aeruginosa* er en gram negativ aerob bevægelig bakterie. Den kan leve under meget næringsfattige forhold og på mange forskellige organiske stofgrupper. *P. aeruginosa* har optimumtemperaturer i rigt medium i suspenderet form mellem 30 °C og 37 °C, men den lever og vokser fint ved temperaturer mellem 10 og 42 °C. Den kan vokse mikroaerofilt (< 6% iltmætning) og er fakultativ anaerob, idet den kan anvende nitrat som terminal elektronacceptor. Den vokser ikke ved pH under 4,5 [2]. *P. aeruginosa* kan vokse frem til høje koncentrationer (10<sup>5</sup> - 10<sup>7</sup> CFU/ml) i vand, herunder drikkevand, på 2 til 7 dage [20].

Et nyligt gennemført tysk studie viser, at *P. aeruginosa* vokser frem i vand (alene *P. aeruginosa* i vandet) til en koncentration på 10<sup>7</sup> CFU/ml på kun tre dage ved 20 °C, mens det tager syv dage ved 15 °C og 22 dage ved 10 °C. Samtidigt viser undersøgelsen, at når *P. aeruginosa* blandes med en naturlig forekomst af bakterier fra vandsystemer, er den langt mere konkurrencedygtig ved 20°C. Ved 20°C kan den vokse frem til 10<sup>6</sup> CFU/ml på tre dage i konkurrence med den naturlige bakteriekultur, mens den ved 15 og 10 °C kun kan vokse til 10<sup>2</sup> - 10<sup>3</sup> CFU/ml (start koncentration: 10<sup>2</sup> CFU/ml). Ved længere tids vækst (160 dage) viser undersøgelserne, at *P. aeruginosa* udkonkurreres af den almindelige bakterieforekomst ved temperaturer under 15 °C, mens den er konkurrencedygtig ved 20 °C [82].

Studiet viser endvidere, at *P. aeruginosa* kan kolonisere bedre på nye materialer end på materialer, hvor der allerede er etableret biofilm, og at den især foretrækker at vokse på gummimaterialer (EPDM plast eller fleksibel PVC). Forsøg med klorering viste også at biofilm med *P. aeruginosa* der vokser på EPDM plast og fleksibel PVC var langt mere resistent overfor frit klor (0,3 mg klor/l i 30 min) end tilsvarende biofilm der vokser på rustfrit stål, PE, PP eller hård PVC [82].

#### Forekomst af infektioner med *P. aeruginosa*

I USA var *P. aeruginosa* i perioden fra 1966 til 2001 skyld i 1.400 lungerelaterede dødsfald pr. år. *P. aeruginosa* var endvidere hyppigt skyld i blod-, urinvejs-, og sårinfektioner [2]. I Danmark (Fyn) blev der fundet en incidens af blodinfektioner med *P. aeruginosa* på 7,2 pr. 100.000 indbyggere pr. år fra 2006 - 2008. *P. aeruginosa* udgjorde ca. 5% af hospitalserhvervede og ca. 5% "health care" relaterede bakterielle blodinfektioner, og kun ca. 1% af de samfundsrelaterede bakterielle blodinfektioner. Der blev fundet en stigende tendens fra 2000 til 2008. [21]. Nogenlunde samme incidens ses i England og Wales, hvor trenden også er stigende [23].

Særlige risikofaktorer for lungebetændelse er cystisk fibrose. Øvrige følsomme patientgrupper i forhold til *P. aeruginosa* er f.eks. patienter på intensiv afdelinger, herunder neonatal afdelinger, patienter i kemoterapi samt transplanterede og brandsårpatienter [3].

#### Kilder til kolonisering af vandsystemet

Kilderne til kolonisering af vandsystemer på hospitaler kan – modsat *Legionella*, hvor kilden helt overvejende antages at være vandforsyningen – også koloniseres via f.eks. patienter og personale som benytter udstyret ved tapstederne (f.eks. vandhaner og brusere). Kilderne til forekomst af *P. aeruginosa* i vandsystemerne kan opsummeres til følgende (bearbejdet ud fra [51]):

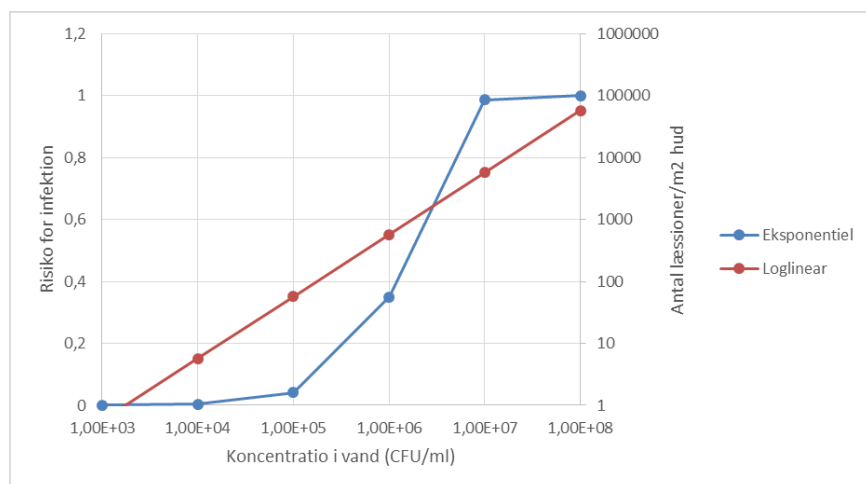
- Vand fra vandforsyningen
- Eventuel vandforsyning internt på hospitalet, f.eks. opbevaring af afsaltet vand, hvor biofilm kan vokse op
- Spildevandssystemet, herunder afløbet fra vask, utætte vandløse og kloaktilstopning med lækage/oversvømmelse til følge
- Ekstern forurening via:
  - Kliniske områder
  - Besøgende, patienter og personale
  - Ringe håndhygiejne eller u hensigtsmæssige rengøringsprocedurer
  - Tilbagesprøjt fra forurenede områder

### Transmission

*P. aeruginosa* kan overføres fra vand til patienter. Det kan ske ved direkte kontakt med vand gennem munden, ved badning og vask, ved kontakt med slimhinder og åbne sår, og ved sprøjt fra vaske og haner. Overførsel kan også ske via medicinsk udstyr, der er vasket i forurenet vand og via inhalering af aerosoler fra f.eks. respiratorisk udstyr. Endelig kan *P. aeruginosa* overføres indirekte via personalets eller besøgendes hænder samt fra forurenede overflader eller udstyr.

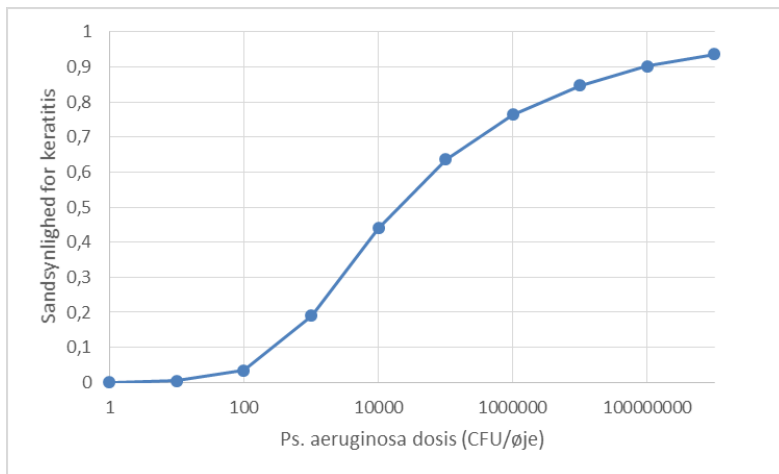
### Infektøse dosis

Roser et al [20] har etableret dosis/respons relation for infektion af folikler (hårsække) for badning i svømmebassiner og spabade på baggrund af gennemgang af litteraturen. De foreslår en eksponentiel funktion til beskrivelse af risikoen for infektion og en log-lineær funktion til beskrivelse af antallet af læsioner efter eksponering. Disse er vist i Figur 2-3. Koncentrationer i området mellem  $10^3$  og  $10^5$  CFU/ml (under antagelse af ca. 40 min eksponering) ser ud til at kunne give infektion.

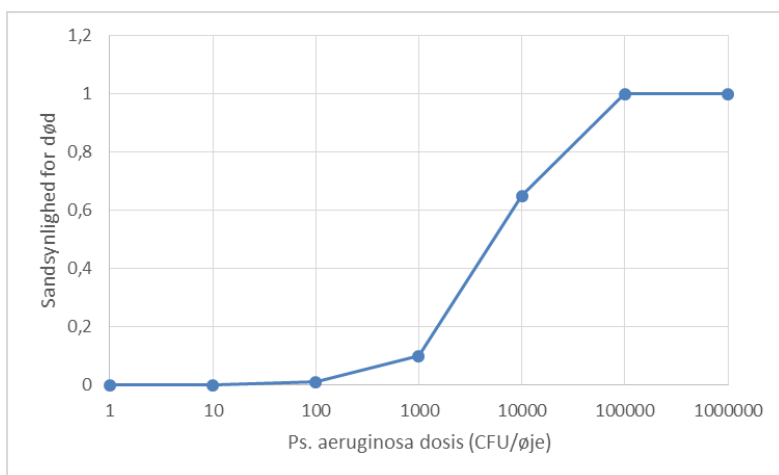


**FIGUR 2-3** DOSIS-RESPONS RELATIONER FOR INFektion AF HÅRSÆKKE MED *P. AERUGINOSA* I FORBINDELSE MED BADNING I SVØMMEBASSINER ELLER SPABADE. DATA FRA [20]

Der er endvidere lavet dyreforsøg, der viser, at *P. aeruginosa* giver keratitis (infektion af hornhinden) hos kaniner, når de får indsat kontaktlinser, der er forurenet med *P. aeruginosa*. Jo større dosis jo større var risikoen for keratitis. Dosis/respons kurven er vist i Figur 2-4. I et andet studium blev nyfødte mus inficeret med *P. aeruginosa* under øjelågene. Det blev fundet, at der var stigende dødelighed pga. blodinfektion med stigende dosis. Dosis/respons kurven er vist i Figur 2-5. [27]. Disse eksempler på infektøse doser kan ikke umiddelbart overføres mennesker, men de giver et indtryk af hvilke niveauer, der er relevante.



FIGUR 2-4 SANDSYNLIGHED FOR INFEKTION AF HORNHINDE HOS KANIN NÅR KONTAKTLINSE ER FORURENET MED *P. AERUGINOSA* [27].



FIGUR 2-5 SANDSYNLIGHED FOR DØD HOS NYFØDTE MUS PGA BAKTEREMI (BLODINFEKTION) EFTER INJEKTION AF *P. AERUGINOSA* UNDER LUKKEDE ØJENLÅG [27].

### Vand som kilde til infektioner

Loveday *et al.* 2014 [23] har gennemgået litteraturen for at afdække sammenhængen mellem vandsystemer og infektioner med *P. aeruginosa*, og konkluderer, at det er højest sandsynligt, at brugsvandssystemet kan være kilde til infektioner med *P. aeruginosa* i intensivafdelinger. *P. aeruginosa* synes at være associeret med de distale dele af vandsystemet, i modsætning til *Legionella*, der inficerer hele vandsystemet. Biofilm med *P. aeruginosa* forekommer typisk i de sidste metre nær tapsteder. Her står vandet typisk stille i længere tid alt efter forbrug samtidigt med, at der typisk findes næringsstoffer til rådighed fra de plastmaterialer som anvendes i bløde slanger, vandhaner m.m. *P. aeruginosa* vokser endvidere fint på ydersiden af luftblandere (perlatorer) og i afløbet/vandlåsen i vaske og brusenicher. Der er både eksempler på overførsel fra vask til patient og omvendt. *P. aeruginosa* kan stamme fra vandet. Et senere prospektivt studie [26] fandt at 15% af patienterne i medicinske og kirurgiske afdelinger blev inficeret med *P. aeruginosa* under indlæggelsen, og at infektionsrisikoen var højere, hvis patienterne havde *P. aeruginosa* inficerede vandhaner i rummet.

### Aktionsgrænser

Den engelske sundhedsstyrelse (Department of Health) har udgivet en vejledning til sundhedsinstitutioner om vurdering af sundhedsrisiko fra deres vandsystemer. Heri anbefales, ligesom for *Legionella*, en risikobaseret styring af problemerne på baggrund af WHO's koncept for

”Water Safety Planning”. Ifølge vejledningen skal der måles for forekomsten af *P. aeruginosa* hvert halve år. Hvis der detekteres *P. aeruginosa* i et antal mellem 1 CFU/100 ml og 10 CFU/100 ml, skal analysen gentages og gennemføres en risikovurdering. Hvis den nye prøve også er positiv, eller hvis koncentrationen er større end 10 CFU/100 ml, skal vandsystemet gennemgås med henblik på at implementere foranstaltninger til reduktion af risikoen. [51] .

*P. aeruginosa* må i Europa ikke forekomme i vand på flaske, dvs. < 1/250 ml [24]

I tandlægestole er der ikke eksplicite grænser for *P. aeruginosa* i vandet, men et generelt krav om, at der ikke må forekomme patogen eller potentielt patogene mikroorganismer.

#### Opsamling

*P. aeruginosa* er en opportunistisk patogen, der findes i både jord og vand. Den er meget alsidig og kan forekomme i drikkevandssystemer. Den kan give lungebetændelse, og blod-, urinvejs-, og sårinfektioner hos følsomme patienter. *P. aeruginosa* er som *Legionella* forbundet med biofilm, men kan også leve frit i vandet, hvor den kan formere sig ved temperaturer mellem 10 °C og 42 °C. *P. aeruginosa* er især knyttet til distale dele af vandsystemet f.eks. vaske, vandhaner og plast slanger. Der er fundet sammenhæng mellem forekomsten af *P. aeruginosa* i vaske og risikoen for *P. aeruginosa* infektion på hospitaler. *P. aeruginosa* må i Europa ikke forekomme i vand på flaske, dvs. < 1/250 ml. Den engelske sundhedsstyrelse foreslår, at der skal tages aktion ved fund af *P. aeruginosa* i vandprøver.

### 2.1.3 Hospitalserhvervede infektioner med vandbårne patogener

Hospitalserhvervede infektioner på danske hospitaler bliver i væsentligst omfang fulgt for de særligt kritiske patogener herunder antibiotikaresistente bakterier som f.eks. MRSA (Methicillin Resistente *Staphylococcus aureus*). Omfanget af infektioner med vandbårne patogener (med f.eks. *P. aeruginosa*) befinder sig i højere grad i et skyggeområde. Det skyldes, at det kræver et større kortlægningsarbejde at sandsynliggøre at infektioner stammer fra interne kilder. Patienter kan være smittet med disse patogener inden de kom til hospitalet, så man skal samkøre indlæggelsestidspunkt med sygdomsforløbet og inkubationstiden for at vise, at det kan være intern smitte.

Rigshospitalet har udført et kortlægningsarbejde for en række vandbårne patogener.

Rigshospitalets data for *Legionella* og *P. aeruginosa* er beskrevet i Afsnit 0.

### 2.2 Udenlandske hændelser med *P. aeruginosa* infektioner fra brugsvand på hospitaler

I Storbritannien har der indenfor de seneste år været en række dødsfald på Neonatal-afdelinger, som har kunnet føres tilbage til vandbårne *P. aeruginosa*-infektioner. I december 2011 til januar 2012 døde fire spædbørn i Nordirland. Ét døde på Altnagelvin Hospital i Londonderry og tre på Royal Jubilee Hospital i Belfast. De tre sidstnævnte spædbørn døde inden for en periode på to uger [30] , [31] .

På Altnagelvin Hospital var tre meget for tidligt fødte spædbørn inficeret med *P. aeruginosa* i december 2011. Én af disse døde, som følge af infektionen. To af spædbørnene var inficeret med en stamme af *P. aeruginosa*, som også blev fundet i en vandhane på den intensiv-stue, hvor de alle blev behandlet. Det sidste spædbarn var inficeret med en stamme, der blev fundet på en vatpind fra en vask på samme stue [32] .

På Royal Jubilee Hospital var i alt 10 spædbørn koloniseret med den stamme af *P. aeruginosa*, som blev forbundet med udbruddet. Stammen blev detekteret i 5 ud af 6 vandhaner på neonatal-afdelingen.

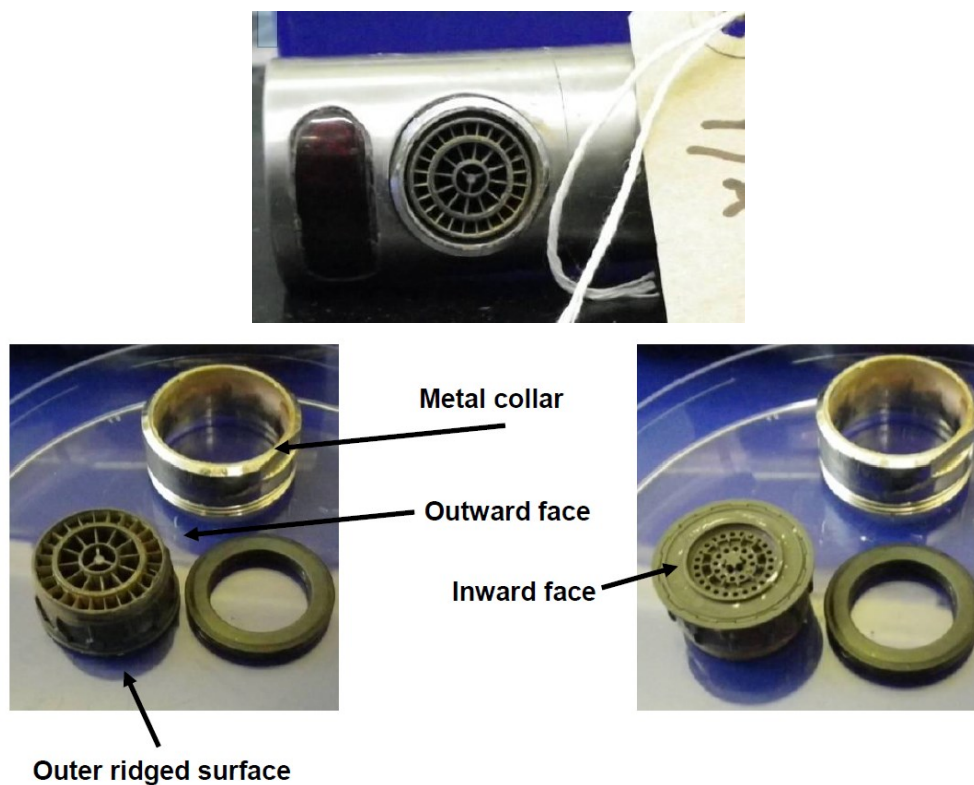
Ved dødsfaldene i Nordirland var det ikke den(de) samme stamme(r) af *P. aeruginosa*, som inficerede spædbørnene på de to hospitaler. Dvs. at det ikke er sandsynligt at smitten blev spredt mellem hospitalerne. Men alle spædbørn blev smittet med stammer, som kunne føres tilbage til vandhaner eller vaske på de pågældende neonatal-afdelinger [32].

Infektionen vurderedes at være sket ved vask i forbindelse med bleskift og ved optøning af frossen brystmælk. På denne baggrund blev anbefalingerne til alle neonatal-afdelingerne i Nordirland, at al vask af spædbørn fremover skal ske i sterilt vand, og at vand fra vandhaner ikke må benyttes til optøning af frossen brystmælk [32].

Alle vandhaner og tilhørende ledninger og installationer (termostat blandingsventiler, kobberledninger, fleksible slanger, plastforbindelser og strålesamlere/perlatorer) blev efter hændelserne udskiftet på alle neonatal-afdelinger i Nordirland. Repræsentative eksempler på de udskiftede vandhane-dele (n=30) og perlatorer/strålesamlere (n=8) blev sendt til nærmere undersøgelse og analyse [33].

Undersøgelser viser, at det specielt er elastiske materialer og plast, der indeholder stoffer, som kan understøtte vækst af biofilm. Disse materialer indeholder komponenter såsom blødgørere, pigmenter, paraffin etc., der er bionedbrydelige og giver næring til mikrobiel vækst [53]. Bruseslanger af plast er et eksempel på materialer, som kan lække phthalater, der er bionedbrydelige. Endvidere bliver de fleksible materialer mere tilbøjelige til at understøtte vækst af biofilm jo ældre de er. Efterhånden som blødgørere og andre additiver forlader materialerne, opstår der revner og sprækker, som giver bedre forhold for biofilm.

De Nordirske undersøgelser viste, at rosetten (også kaldet perlator og strålesamlere, der kan have mange forskellige udformninger) på munden af vandhanen, og som består af både metal- og plastikdele, havde langt de højeste forekomster af *P. aeruginosa*. Hver rosette blev også skilt ad og analyseret for *P. aeruginosa*, men viste ingen signifikante forskelle mellem de enkelte dele (se Figur 2-6). Det er vigtigt at bemærke, at i de tilfælde hvor rosetten viste forekomst af *P. aeruginosa*, blev der også målt *P. aeruginosa* fra biofilm i vandhanehusets forskellige dele. Det betyder, at udskiftning af rosetten (perlator/strålesamler) ikke løser hele problemet, selvom det er her, at de højeste forekomster blev målt. Vandhanehusets biofilm vil forurene vandet igen- så snart vandet igen løber igennem vandhanen, og vil føre til en ny kolonisering af rosetten over tid.



FIGUR 2-6 VANDHANE SAMT ROSETTE-KOMPONENTER FRA NORDIRSKES HOSPITALER, DER BLEV UNDERSØGT FOR FOREKOMST AF *P. AERUGINOSA* I 2012 [33].

Konklusionen fra undersøgelserne var, at jo mere komplekse rosetter og vandhanekomponenter er, jo mere biofilm kan der vokse og jo større koncentrationer af *P. aeruginosa* vil der forekomme i vandet. Simpelt designede metal-strålesamlere havde lavere forekomster end de komplekse plastik-rosetter/perlatorer.

Desinfektion af vandhanerne i form af en "deep clean" med forstøvet brintperoxid viste, at dette ikke kunne fjerne forekomsten af biofilm og *P. aeruginosa*. Udskiftning af hele vandhanen kan være en metode til at reducere afledningen af *P. aeruginosa*, da biofilmen i de inficerede vandhaner både forekommer i rosetten og i vandhanehuset. Men man bør opmærksom på, at der også kan forekomme biofilm i fleksible slanger eller termostatsblandingsbatterier, hvis disse komponenter forekommer opstrøms vandhanerne, som efterfølgende kan føre til ny forurening af vandhanerne [33].

Det konkluderes endvidere, at det ikke på baggrund af det foreliggende datamateriale har været muligt at bestemme om *P. aeruginosa* i vandhanerne stammer fra vandkilden eller er blevet forurenet fra patienter. Eller om både spædbørn og vandhaner i de konkrete hændelsesforløb er blevet smittet/forurenet af en ukendt ydre faktor [33]. Vekselvirkningen mellem overførsel fra patienter til vandhane og håndvask og vice versa er også beskrevet i Kapitel 4.

Da rosetten er hovedområdet for forekomsten af *P. aeruginosa*, anbefaler undersøgelsen, at producenterne af vandhaner redesigner/udvikler simple vandhaner uden rosetter. Eller udvikler vandhane-udløb, som er til at udskifte eller sterilisere – forfatterne foretrækker at dette sker via autoklavering [33].

### Opsamling

To Nordirske hospitaler har i 2011-2012 oplevet fire dødsfald blandt for tidligt fødte spædbørn. Dødsfaldene skyldes infektion med *P. aeruginosa*. Spædbørnene var smittet med stammer af *P. aeruginosa*, som også kunne måles i vand fra vandhanerne, eller fra vaske, på de afdelinger hvor børnene var indlagt. Vandhanerne blev udskiftet og undersøgt. Det var specielt rossetterne/perlatorerne som havde de højeste koncentrationer af *P. aeruginosa*. Men når perlatorerne er koloniseret er hele vandhanen (plus de sidste meter af ledningssystemet) også koloniseret og derfor hjælper det kun kortvarigt at skifte rossetter/perlatorer. Undersøgelsen konkluderer at jo mere komplekse vandhaner er, jo større potentiale er der for vækst af biofilm herunder *P. aeruginosa*.

### 2.3 Hvidovre Hospitals erfaringer omkring *Legionella*

Hvidovre Hospital har tilbage i 2001 haft særlig fokus på *Legionella* i brugsvandssystemet. På dette tidspunkt blev der gennemført ombygninger af brugsvandsinstallationerne. De væsentligste tiltag var etablering af nye varmevekslere og hævnning af fremløbstemperaturen til 62 °C [35]. Hvidovre Hospital har siden 2004 og frem til i dag (januar 2015) kun haft ét tilfælde med hospitalserhvervet *Legionella*-infektion. Infektionen skete i 2010 på Infektionsmedicinsk Afdeling. I en periode herefter benyttede man filtre på vandhaner og brusere på Infektionsmedicinsk Afdeling. Pga. det lave antal hospitalserhvervede infektioner foretager Hvidovre Hospital ingen regelmæssig overvågning af *Legionella* i brugsvandet [34].

I 2010 blev der målt for *Legionella* i 36 punkter (vandhaner og brusere) i Center 1 på hospitalet. Der blev målt lave til forholdsvis høje bakterietal (max 50.000 CFU/l). *L. pneumophila* serogruppe 1 blev konstateret i 15 af de 36 prøver. I 2012 blev der igen målt for *Legionella* i udvalgte punkter i brugsvandsinstallationen og ved tapsteder (i alt 62 prøver). Resultaterne viste igen lave til forholdsvis høje bakterietal (max 25.000 CFU/l). De tre prøver forholdsvis høje tal (14.000-25.000 CFU/l) blev alle målt i personalebade. Øvrige prøver på hospitalet viste lavt til moderat antal bakterier (<10.000 CFU/l) [35].

I dette projekt blev der jf. Kapitel 3 også målt for *Legionella* på vandhaner og brusere i henholdsvis Infektionsmedicinsk Afdeling (112) og Afdeling for Traumatisk Hjerneskade (123). I alt 20 prøver blev analyseret for *Legionella*. Resultaterne viser, som flertallet af de tidligere resultater fra hospitalet, lave til moderat lave antal bakterier (max 2.600 CFU/l).

Hvidovre Hospital overvejer pt. i hvilket omfang man vil indføre procedurer for regelmæssigt skift af perlatorer på vandhaner på hospitalet [34].

### 2.4 Herlev Hospitals erfaringer med *Legionella* og brug af POU filtre

Herlev Hospital har ikke haft tilfælde af sygehuserhvervede *Legionella* infektioner siden 2005. I 2005 var der sidst tilfælde af *Legionella*-infektioner på Hæmatologisk Afdeling, hvor smitekilden var hospitalets brugsvand.

Siden 2002 har hospitalet i en løbende proces udskiftet de centrale varmtvandsbeholdere med decentrale/zoneopdelte varmevekslere og hævet fremløbstemperaturen til 62 °C. Endvidere har man siden 2005 brugt POU (Point of Use) filtre på brusere på de kritiske afdelinger med henblik på at undgå aerosolbåren *Legionella*-smitte. Der er i dag installeret POU-filtre på alle brusere på følgende afdelinger med immunkompromitterede patienter [41]:

- Intensiv afdeling (bruger kun filtre, når de har patienter i bad, hvilket sker sjældent)
- Hæmatologisk afdeling (plus filtre på afdelingens vandhaner)
- Nefrologisk afdeling
- Onkologisk afdeling

Der er udover filtre på bruserne også installeret filtre på vandhaner på Hæmatologisk Afdeling, da afdelings patienter betragtes som ekstra følsomme [41]. Filtrene leveres af en dansk leverandør. Figur 2-7 viser et POU-filter på vandhane på Hæmatologisk Afdeling. Filtrene skiftes hver anden måned og koster ca. 300 kr/stk (samme pris for brusere og vandhanefilter). I alt er der monteret filtre på ca. 96 brusere/vandhaner på hospitalet [41].



**FIGUR 2-7 POU FILTER PÅ VANDHANE PÅ PATIENTTOILET PÅ HÆMATOLOGISK AFDELING PÅ HERLEV HOSPITAL**

Herlev Hospital er i 2014 gået i gang med at benytte POU filtre til at producere bakteriefrit vand til drikkevand til de følsomme patienter i stedet for brug af flaskevand, som man hidtil har benyttet. POU-sterilfiltre er opsat på en vandhane specielt beregnet til drikkevand i hvert afsnitskøkken i ovennævnte afdelinger samt i køkkenerne i Neurologisk Afdeling på henholdsvis 8. og 16. etage. Disse filtre leveres af et engelsk firma og skiftes én gang om måneden. Prisen er ligeledes ca. 300 kr/stk. Drikkevandet tappes fra disse køkkenhaner til de følsomme patienter. I alt syv vandhaner har disse filtre monteret [41].

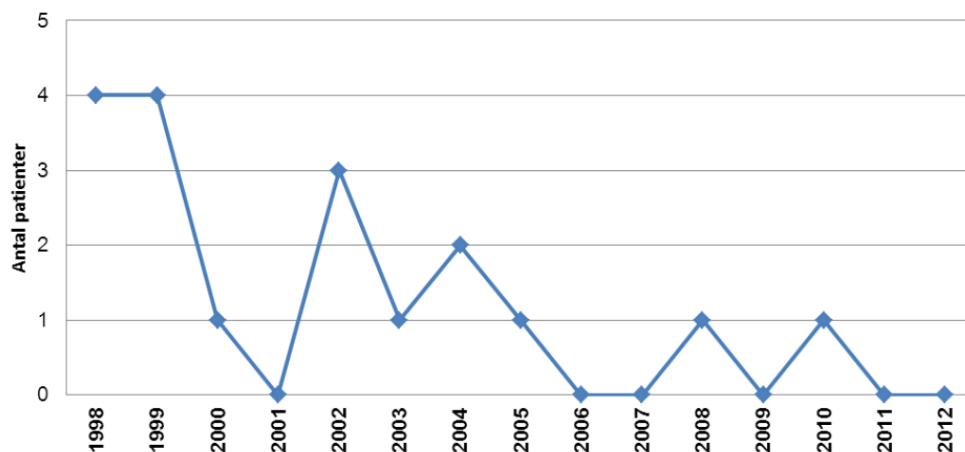
I dag foretager man ikke rutinemæssige målinger af vandkvaliteten på hospitalet. Man måler kun vandkvaliteten i situationer, hvor man har mistanke om, at vandet er smitekilden [40].



## 2.5 Rigshospitalets erfaringer med reduktion af infektioner forårsaget af vandbårne patogener

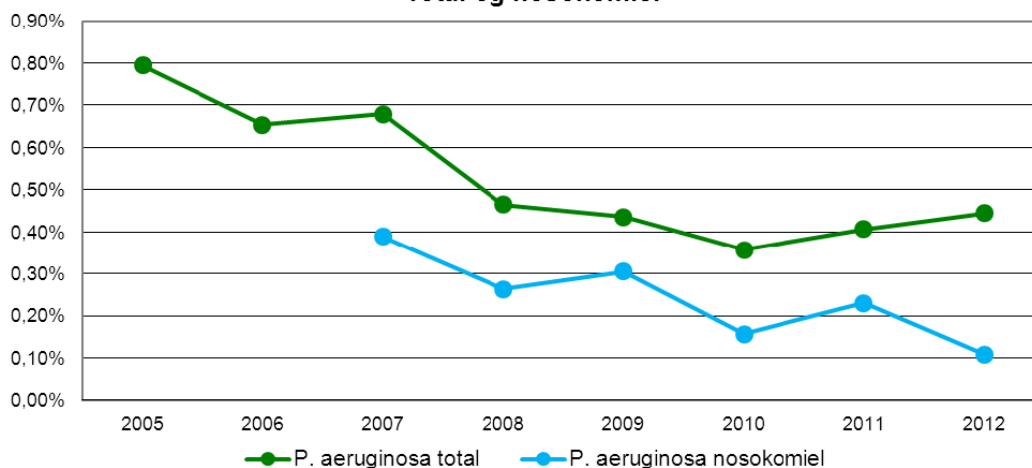
Rigshospitalet har i perioden før 2000 haft flere tilfælde af *Legionella* årligt. Faktisk udgjorde de sygehuserhvervede (nosokomielle) tilfælde på Rigshospitalet 25% af alle sygehuserhvervede tilfælde i Danmark dengang. Samtidigt var der en høj forekomst af blodinfektioner med *P. aeruginosa*. Udviklingen i *Legionella* og *P. aeruginosa* infektioner er vist i henholdsvis Figur 2-8 og Figur 2-9.

### Nosokomielle *Legionella*-infektioner på Rigshospitalet 1998-2012



FIGUR 2-8 HOSPITALSERHVERVEDE INFEKTIONER MED *LEGIONELLA* PÅ RIGSHOSPITALET 1998-2012 [29]

### *Pseudomonas aeruginosa* i bloddyrkning Incidensproportion 2005-2012 Total og nosokomial



FIGUR 2-9 UDVIKLINGEN I ANDELEN AF PATIENTER MED BLODDYRKNING MED *P. AERUGINOSA*. I BLODDYRKNING IFT. DET TOTALE ANTAL PATIENTER MED BLODDYRKNING PR. ÅR SAMT DEN TILSVARENDE ANDEL NOSOKOMIELLE TILFÆLDE (PATIENT INDLAGT MIN. 48 TIMER FØR FØRSTE BLODDYRKNING MED *P. AERUGINOSA*) [73]

På ovenstående baggrund har Infektionshygiejnisk Enhed på Rigshospitalet siden 2000 arbejdet systematisk med interventioner for at reducere antallet af vandbårne infektioner med *Legionella* og *P. aeruginosa* (samt *Acinetobacter spp.*). Arbejdet har resulteret i, at man i 2011-2012 ikke har haft nogen tilfælde med *Legionella*-infektioner ligesom man har det lavest registrerede incidensniveau

af *P. aeruginosa* blodforgiftning/bakterier i blodet. Allerede i 2009 var antallet af patienter med infektioner med *P. aeruginosa* faldet 60% på 5 år. Dette har betydet en besparelse på mere end 1.000 ekstra liggedage (Rigshospitalet antager at en blodbaneinfektion medfører en forlænget liggetid på 8,5 dage) [75]

Infektionshygiejnisk Enheds interventioner har bestået af følgende [74] :

- Første akutte intervention på brusere var at lade vandet løbe i 10 minutter før brug. Dette viste sig, at være helt uden den ønskede effekt, da kimtallet (vækst på blodagar ved 37 °C) i mere end halvdelen af brusere steg efter de 10 minutter.
- Anden intervention på brusere var at varme-dekontaminere bruserehoved og –slange. Dette resulterede succesfuldt i lave kimtal på niveau med drikkevand. Yderligere undersøgelser viste dog, at vækst af biofilm i slange og bruserehoved resulterede i at kimtallet steg med en faktor 100 allerede efter to dage.
- Tredje intervention på bestod i at anbefale installation point-of-use (POU) filtre på alle brusere på stuer med transplantations-patienter, forbrændte patienter og hæmatologiske patienter. Kimtallet blev med POU-filtrene reduceret til nul, men de blev forurennet udvendigt i løbet af omkring én uge.
- Fjerde intervention var at bruserehoved med POU blev desinficeret med klud med ethanol udvendigt inden brug. På denne måde var kimtallet næsten nul i op til fire uger.
- Intervention på vandhaner. Perlatorer (luftblandere) med plastik- eller metalnet med store overflader, der giver biofilmvækst, blev udskiftet med strålesamlere uden perlatorer. Perlatorer indeholder altid store antal *P. aeruginosa*. Strålesamlere blev rengjort hver anden uge. Udskiftning og jævnlig rengøring af strålesamlere har medført at *P. aeruginosa* kun sjældent findes i vandprøver fra vandhanerne.
- Samtidige interventioner på drikkevandsinstallationer. Siden 2001 er isterning-maskiner, vandkølere og hanevand i køkkener blevet testet 2-3 gange årligt for *Legionella* og total kim. Baseret på måleresultaterne blev vandkvaliteten inddelt i tre klasser:
  - God: 0 – 20.000 CFU/l
  - Acceptabel: 20.000-200.000 CFU/l
  - Uacceptabel: >200.000 CFU/lUacceptabelt vand var ikke tilladt at bruge til patienter. Og immun-kompromitterede patienter havde kun lov til at drikke kim-frit flaskevand

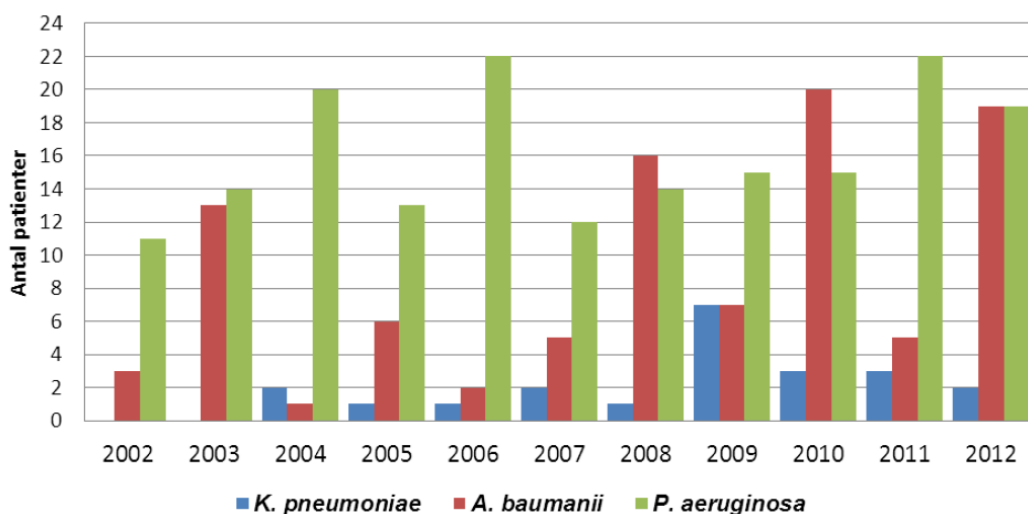
Overordnet set er anbefalingen fra IHE, at man nu benytter en strategi med fokuserede interventioner. Når sygehuserhvervede vandbårne infektioner bliver observeret, eller mistænkes at forekomme, på stuer, igangsættes en intervention med POU-filtre. Brug af POU giver ifølge IHE den bedste beskyttelse mod sygehuserhvervede vandbårne infektioner til de laveste omkostninger [74] .

#### *Resistente vandbårne bakterier på Rigshospitalet*

Gram-negative stavformede vandbakterier (f.eks. *P. aeruginosa*, *Stenothrophomonas maltophilia* og *Acinetobacter baumannii*) er ofte mere antibiotikaresistente end tarmbakterier og udvikler lettere multiresistens med risiko for behandlingssvigt [54] . I absolutte tal er de ikke så hyppige, men det er alle bakterier, der pga. resistens kan give behandlingsmæssige problemer.

Carbapenem-resistente gram-negative bakterier (ESBL-carba), der er resistente overfor carbapenemer (f.eks. meropenem) udgør fortsat en lille andel af de multiresistente bakterier på Rigshospitalet. Men carbapenem-resistente bakterier udgør det største behandlingsmæssige problem, da de ofte kun er følsomme for et eller to antibiotika. Carbapenem-resistens forekommer hyppigst hos *P. aeruginosa* (162 tilfælde på Rigshospitalet siden 2002), *A. baumannii* (96 tilfælde siden 2002) og *K. pneumoniae* (22 tilfælde siden 2002) [73] . Figur 2-10 viser udviklingen i antal patienter for disse tre vandbårne bakterier.

## Carbapenem-resistente *K. pneumoniae*, *A. baumannii* og *P. aeruginosa* 2002-2012

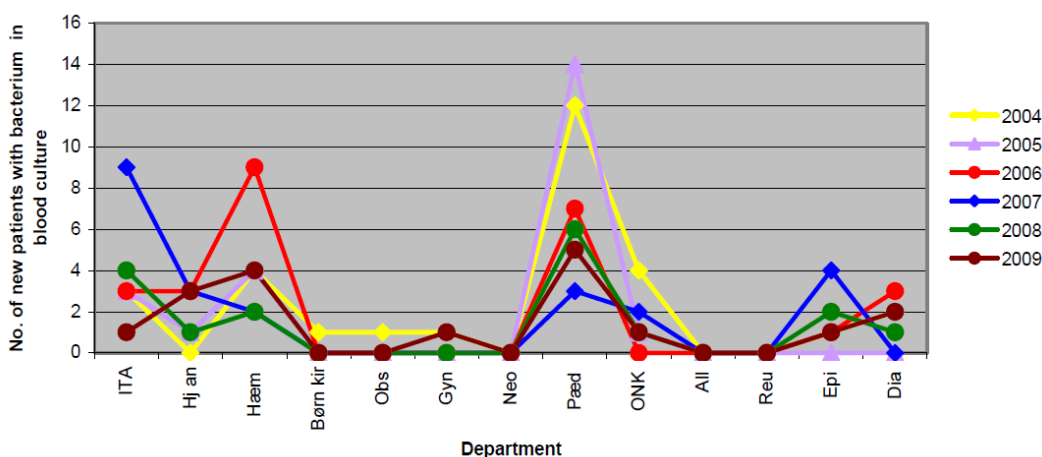


FIGUR 2-10 ANTAL PATIENTER MED CARBAPENEM-RESISTENTE *K. PNEUMONIAE*, *A. BAUMANII* OG *P. AERUGINOSA* PÅ RIGSHOSPITALET[73]

I 2012 var der et større udbrud med den vandbårne multiresistente *Acinetobacter baumannii* hos intensivpatienter (Intensiv Terapiafsnit 4131) og brandsårpatienter (Klinikken for Plastkirurgi og Brandsår). I en periode på tre måneder blev 14 patienter smittet med den multiresistente bakterie. Prøvetagninger viste, at den samme type *Acinetobacter* kunne måles i badekar til brandsårsbehandling og i afløb fra operationsstuen, hvor brandsårpatienter bliver opereret [73].

De vandbårne bakterier har varierende forekomst hos patienterne på hospitalet. Figur 2-11 viser forekomst af *P. aeruginosa* i blod hos patienter på forskellige afdelinger på Rigshospitalet.

Patients with *Pseudomonas aeruginosa* in blood cultures 2004-2009



FIGUR 2-11 FOREKOMST AF *P. AERUGINOSA* I BLOD HOS PATIENTER PÅ RIGSHOSPITALET I PERIODEN FRA 2004 TIL 2009[75].

Figur 2-11 viser, at der har været flest tilfælde med *P. aeruginosa* infektioner i Pædiatrisk Klinik (Børneafdeling), men også at antallet af tilfælde er faldet efter 2005, hvor man har indført POU-filtre på brusehoveder.

### Rigshospitalets erfaringer med reduktion af Legionella i Opgang 86

Rigshospitalet tog medio 2014 en nyetableret bygning i brug. Bygningen (Opgang 86) huser hæmodialyseafdelingen og epidemisk klinik (cystisk fibrose). Bygningens varmtvandssystem er forsynet via en udvidelse af kantinebygningens (Opgang 44) varmtvandssystem. Dvs. at varmeveksleren er placeret i kantinebygningen. I byggefasen blev varmt- og koldt vandssystemet trykprøvet og man har en formodning om, at både koldt- og varmt vandssystemet har stået ubrugt hen i en længere periode under færdiggørelsen af bygningen, hvilket formodes at have resulteret i en betydelig biofilmvækst i begge ledningssystemer.

De første brugsvandmålinger i forbindelse med ibrugtagning af bygningen viste stærkt forhøjede niveauer af total kim (antal kolonier på blodagar ved 37° C) i det kolde (3.600-325.000 CFU/l) og varme vand (4.700-328.000 CFU/l) og *Legionella* i det varme vand (11.000-99.000 CFU/l). På denne baggrund indførte Infektionshygiejnisk Enhed (IHE) forbud mod brug af hanevand som drikkevand, og samtlige patienter fik i stedet udleveret bakterietestet flaskevand (batch af leveret flaskevand testes for total kim to gange årligt af IHE). Advarsler blev sat op ved alle vandhaner jf. Figur 2-12. Samtidigt blev der opsat point-of-use filtre (0,2 µm filtre) på alle brusere i bygningen. Vandhaner fik kun i begrænset omfang etableret point-of-use-filtre da armaturdesignet besværliggjorde/umuliggjorde opsætning.



**FIGUR 2-12 RIGSHOSPITALET'S ADVARSLER OM IKKE AT DRIKKE VANDET I OPGANG 86, SAMT BEHOLDERE MED DRIKKEVAND TIL PATIENTER**

I juli 2014 testede man derfor et anlæg til dosering af klordioxid (0,2 mg/l) til varmt vandssystemet. Efter 2,5 måneders drift målte man at total kim og total kim ved 10 taphaner i bygningen ikke var faldet, men derimod var steget med ca. en faktor 10 (total kim: 100.000-900.000 CFU/l og *Legionella* op til 570.000 CFU/l). En gennemførelse af chok-klorering med høje doser klordioxid i både varmt- og koldt vandssystemet havde heller ikke den ønskede effekt. Efter et kortvarigt fald i de målte koncentrationer af total kim og *Legionella* steg koncentrationer igen til det høje niveau.

I oktober måned 2014 afinstallerede man klordioxidanlægget og etablerede i stedet to ultrafiltreringsfiltre (30 nm). Ét filter på det indgående kolde vand til bygningen og ét filter på det varme vand efter varmeveksler. Dvs. at både det varme returvand og frisk opvarmet vand filtreres inden det ledes ud i systemet. Det kolde vand som benyttes til opvarmning filtreres ikke inden det ledes til varmeveksler. Filtrene renses via returskylling (henholdsvis 6 og 4 returskyl i døgnet), hvor returskyllevand ledes til kloak.

Efter etablering af filtre er *Legionella* i de udtagne prøver (fra oktober 2014-marts 2015) fra varmt vand i hele bygningen reduceret til nul i stort set alle prøver (kun målt 100 CFU/l ved et enkelt tapsted og 400 CFU/l i det recirkulerede varme vand). Total kim i det kolde vand er endvidere reduceret til under 20.000 CFU/l i de udtagne prøver fra håndvaske i bygningen (peger på at det kolde vand har været forurenede med varmt vand ved tapstederne, hvilket Maskinafdelingen også har konstateret i konkrete tilfælde).

Prøver udtaget af lunkent vand fra brusere/blandingsbatterier i bygningen efter etablering af ultrafiltrene viser enkelte total-kim resultater på op til 330.000 CFU/l. Dette viser, at biofilm (med f.eks. *P. aeruginosa*) fortsat vil vokse frem i de distale dele af ledningssystemet (f.eks. i bløde bruseslanger), hvor der næringsstoffer til rådighed fra materialerne.

Prøver udtaget af det kolde vand før og efter ultrafiltreringen viser, at der sker en mindre stigning i totalkim efter filteret. Denne stigning er øget fra december 2014 til februar 2015, hvor der er målt 24.800 CFU/l efter filteret. Dette kunne tyde på en begyndende vækst inden i eller bag på filteret, og viser ulempen, som kan være forbundet med at etablere rensning på det indgående kolde vand som i forvejen har en god kvalitet (Jf. Afsnit 3.1 med resultater fra indgående vand til Rigshospitalets centralkompleks).

Indikationen af vækst i eller omkring filtrene viser vigtigheden af at kontrollere filtreringen løbende og være opmærksom på risikoen for filterlækager eller forurenende bakterievækst. Rigshospitalet vil følge udviklingen i vandkvaliteten i bygningen tæt fremover for at konstatere om reduktionen af *Legionella* i det varme vand er blivende.

# 3. Målinger på brugsvand fra Rigshospitalet og Hvidovre Hospital

Der er gennemført målekampagner med henblik på at undersøge forskellige aspekter af brugsvandssystemerne på Rigshospitalet og Hvidovre Hospital. Formålet med målingerne har været at identificere eventuelt kritiske punkter i vandsystemet, hvor der kan være behov for ny teknologi eller ændret praksis.

Målekampagnerne i foretaget i perioden fra februar til juli 2014. Tabel 3-1 viser en oversigt over det samlede måleprogram. De anvendte analyser var:

- **Kimtal:** En konventionel metode hvor prøven udsås på blodagar og derefter inkuberes i 72 timer ved 37°C. Metoden anvendes til at kvantificere vandbakterier i prøven, herunder også *P. aeruginosa*, *Acinetobacter* sp. og *S. maltophilia*, hvis analysen udføres af en erfaren laborant.
- **Legionella:** En konventionel metode hvor prøven udsås på MWY Legionella agar og derefter inkuberes i 72 timer ved 37°C. Metoden anvendes til at kvantificere *Legionella* i prøven.
- **Bactiquant:** En hurtigmetode til kvantifikation af bakterier i vand. Metoden er baseret på detektion af et enzym, der er specifikt for bakterier, som efter reaktion med et substrat kan måles ved fluorescens. Metoden er ikke dyrkningsbaseret og foretages ved stuetemperatur.
- **Pseudalert:** En metode til bestemmelse af *P. aeruginosa*. Prøven blandes med et selektivt medie. Mediet indeholder et chromogent substrat, der fluorescerer efter indvirkning af et enzym der er tilstede i *P. aeruginosa*. Herefter hældes prøven i en pose med brønde og inkuberes i 24 timer ved 38°C. *P. aeruginosa* kvantificeres derefter ved MPN (Most Probable Number) ud fra antallet af positive (fluorescerende) brønde i posen.

Analysemetoderne er nærmere beskrevet i Bilag 1. De rå resultater fra måleprogrammet er præsenteret i Bilag 2-4.

**TABEL 3-1            OVERSIGT OVER ALLE MÅLINGER FORETAGET I PROJEKTET.**

Hospital	Dato	Afsnit/Sted	Analyser
Rigshospitalet	11.02.14	Afsnit 2124, Afsnit 5051	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C)
	11.02.14	Hovedledning Opgang 2, Hovedledning Opgang 3	Bactiquant
	18.03.14	Afsnit 2124, Afsnit 5051	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C)
	18.03.14	Hovedledning Opgang 2, Hovedledning Opgang 3, Hovedledning Opgang 5	Bactiquant
	03.07.14	Bygning 86	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C)
	10.07.14	Afsnit 2124, Afsnit 5051, Bygning 86	Kemiske parametre (metaller og blødgørere)
	10.07.14	Afsnit 5051 (lokale 5311)	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C), <i>P. aeruginosa</i> (Pseudalert)

Hospital	Dato	Afsnit/Sted	Analyser
Hvidovre Hospital	10.04.14	Afsnit 112, Afsnit 123	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C)
	25.04.14	Afsnit 112 (slange fra rengøringsshane)	<i>P. aeruginosa</i> (Pseudalert), <i>Pseudomonas</i> (37°C)
	15.05.14	Afsnit 112, Afsnit 123	Bactiquant, Kimtal + <i>Legionella</i> (37°C)
	15.05.14	Hovedledning koldt vand, Hovedledning varmt vand, Nødvand, Varmt behandlet returvand, RO lagertank	Bactiquant
	15.05.14	Automatiske haner med hygiejneskyl	Bactiquant

### 3.1 Hovedvandleddninger og centrale vandanlæg

For at forstå årsagen til de forskellige vandkvaliteter, der blev målt på Rigshospitalet og Hvidovre Hospital, var det vigtigt at kende vandkvaliteten i hovedvandleddninger og fra centrale vandanlæg.

På Rigshospitalet blev der den 11.02.2014 og den 18.03.2014 udtaget prøver fra hovedledningerne med koldt vand til Opgang 2, Opgang 3 og Opgang 5 (se Figur 3-1).



FIGUR 3-1 PRØVETAGNING PÅ HOVEDLEDNINGEN VED OPGANG 2 OG 3 I CENTRALKOMPLEKSET. TIL VENSTRE SES BRÆNDING AF HANEN INDEN PRØVETAGNING, I MIDTEN SES HANEN VED OPGANG 2 OG TIL HØJRE SES HANEN VED OPGANG 3.

Resultaterne er vist i Tabel 3-2. Der blev analyseret total kim og *Legionella* samt Bactiquant tal (skalering i høje og lave niveauer for total kim og *Legionella* fremgår af Afsnit 3.2). Der blev målt lave niveauer af total kim og *Legionella*. Set i forhold til det københavnske drikkevand [78] indikerede Bactiquant analysen fra den 11.02, at vandet var af god kvalitet, men at det var middelhøjt ved målingen den 18.03.2014. Den forhøjede værdi den 18.3 formodes at skyldes forurening fra bakterievækst udtagningsrøret. Vandkvaliteten ved indgangen til bygningen og til opgangene vurderes derfor at være god.

TABEL 3-2 RESULTATER FRA PRØVER TAGET I KÆLDEREN PÅ HOVEDVANDLEDDNINGEN TIL OPGANG 2, 3 OG 5 PÅ RIGSHOSPITALET D. 11.02.2014 OG D. 18.03.2014.

Sted	Total kim/l		Legionella/l		Bactiquant	
	11.02	18.03	11.02	18.03	11.02	18.03
Opgang 2	< 100	< 100	< 100	< 100	27	66
Opgang 3	< 100	< 100	< 100	< 100	24	237
Opgang 5		< 100		< 100		152

På Hvidovre Hospital blev vandkvaliteten i det kolde brugsvand i hovedledningen til Center 1 målt d. 15.05.2014 ved Bactiquant analyse. Prøvetagningsstedet er vist på Figur 3-2.



**FIGUR 3-2** KOLDT BRUGSVAND, HOVEDLEDNING CENTER 1, AMBULATORIEETAGE, HVIDOVRE HOSPITAL

Udover hovedvandleddningen til Center 1 blev der også udtaget prøver til Bactiquant og *P. aeruginosa* analyse af nødvand, varmt brugsvand fra den centrale cirkulationsledning, varmt behandlet vand (retur), RO lagertanken og reservoiret for teknisk vand. Disse prøver blev udtaget for at undersøge vandkvaliteten i de forskellige typer vand, som distribueres på hospitalet.



**FIGUR 3-3** NØDVAND, HVIDOVRE HOSPITAL



**FIGUR 3-4** VARMT BRUGSVAND, CENTRAL CIRKULATIONSLEDNING VED FILTER, 50° C, HVIDOVRE HOSPITAL





FIGUR 3-5 VARMT BEHANDLET VAND, RETUR, HVIDOVRE HOSPITAL



FIGUR 3-6 RO LAGERTANK, HVIDOVRE HOSPITAL



FIGUR 3-7 RESERVOIR FOR TEKNISK VAND, HVIDOVRE HOSPITAL

Resultaterne er præsenteret i Tabel 3-3. Der blev ikke fundet *P. aeruginosa* i nogen af prøverne. Bactiquant resultaterne viser en fin vandkvalitet, især på det kolde og varme brugsvand samt nødvand, med Bactiquant tal på omkring 40. Vandet i RO lagertanken vand viste uventet relativt høje værdier med et Bactiquant tal på 200, mens reservoiret for teknisk vand ikke uventet også lå relativt højt med et Bactiquant tal på 220.

TABEL 3-3 RESULTATER FRA PRØVER TAGET VED CENTRALE VANDANLÆG PÅ HVIDOVRE HOSPITAL D. 15.05.2014.

Beskrivelse	BQ tal	<i>P. aeruginosa</i> (/100 ml)
Koldt brugsvand, hovedledning Center 1, Ambulatorie etage	42	< 1
Nødvand	44	< 1
Varmt brugsvand, Central Cirkulationsledning ved filter, 50°C	40	< 1
Varmt behandlet vand, retur	75	< 1
RO lagertank	200	< 1
Reservoir teknisk vand	220	< 1

Det kan konkluderes, at det kolde vand der leveres til Rigshospitalet og til Hvidovre Hospital har en god kvalitet. Det samme gælder for det varme brugsvand i cirkulationsledningen på Hvidovre Hospital. Der foreligger ikke målinger af det varme vand i den centrale cirkulationsledning på Rigshospitalet. Det kan endvidere konkluderes, at selv RO vand kan have forhøjet bakterielt indhold.

### 3.2 Geografisk variation af vandkvaliteten på afdelingsniveau

Opbygningen af vandsystemer spiller en vigtig rolle for kvaliteten af det vand, der i sidste ende kommer ud af hanen. Opholdstiden er en parameter, der er af væsentlig betydning. Opholdstiden hænger sammen med f.eks. afstand til hovedledningen, døde ender, sjældent anvendte haner. Andre parametre, som kan påvirke vandkvaliteten, er f.eks. temperatur og de materialer, der er anvendt.

For at undersøge betydningen af vandsystemets fysiske opbygning blev der gennemført to målekampanjer på Rigshospitalets Afsnit 2124 (Kirurgisk Gastroenterologisk Klinik, 29 tapsteder) og Afsnit 5051 (Hæmatologisk Afdeling for børn, 17 tapsteder). Afsnit 2124 og 5051 blev udvalgt, da der tidligere er set forhøjede værdier i vandprøver fra disse afsnit, og da patientgrupperne samtidig er særligt sårbare.

Der blev udtaget vandprøver d. 11.02.2014 og d. 18.03.2014 fra alle tilgængelige tapsteder på de to afsnit. Tapstederne var vandhaner ved vaske på stuer og i personalerum, brusere samt rengøringshaner. Der blev udtaget 250 ml lunket vand fra hvert tapsted. Prøverne blev udtaget og sammenblandet af 125 ml fra varm hane og 125 ml fra kold hane. Varmt vand blev udtaget først og vandet løb ikke inden prøvetagning, dvs. at vandet, der havde stået i vandhanen, kom med i prøvetagningen. Billeder fra prøvetagningen på afsnit 2124 ses på .



FIGUR 3-8 PRØVETAGNING PÅ AFSNIT 2124. TIL VENSTRE SES PRØVETAGNING FRA EN BRUSER MED FILTERENHED, IMIDTEN SES PRØVETAGNING FRA EN RENGØRINGSHANE I AFFALDSRUMMET OG TIL HØJRE SES PRØVETAGNING FRA EN VASK I PERSONALERUMMET.

Resultater fra Afsnit 2124 er vist i Tabel 3-4 og resultater fra Afsnit 5051 er vist i Tabel 3-5. Der er analyseret for total kim og *Legionella* ved konventionel pladespredning, og der er også foretaget Bactiquant analyse.

**TABEL 3-4 KIMTAL, LEGIONELLA OG BACTIQUANT-TAL FOR PRØVER TAGET PÅ AFSNIT 2124 DEN 11. FEBRUAR OG 18. MARTS 2014.**

Dør nr	Type	Total kim/l		Legionella/l		Bactiquant	
		11.02	18.03	11.02	18.03	11.02	18.03
12214	Porcelænsvask	18000	195000	< 100	5400	883	782
12214	Stålvask	26400	105000	6400	33600	30017	34754
12251	Hane	20800	20000	3600	1800	16862	7918
12253/12255	Vask	14400	12200	< 100	1200	534	827
12257	Håndvask	10600	5300	7000	4400	423	1772
12257	Køkkenvask	2800	280000	1400	1200	297	6497
12258	Vask stue	436000	196000	2400	2200	1663	1897
12258	Vaskbad	180000	9600	800	16000	839	2851
12261	Brus	8300	576000	< 100	< 100	12106	5095
12262	Vask stue	36000	122000	800	14000	464	2158
12262	Vaskbad	116000	364000	5400	2000	5348	3174
12265	Vask	48000	174000	21200	20800	239	753
12266	Vask stue	128000	162000	< 100	7800	760	1887
12266	Vask bad	88000	94000	6600	2600	650	1204
12267	Hane	208000	475000	61600	20800	1778	1220
12267	Brus	24000	3600	< 100	< 100	15	21
12270	Vask stue	196000	19200	< 100	< 100	931	1741
12270	Vask bad	57000	11700	11000	5800	1122	538
12274	Vask kontor	256000	133000	66400	4800	9392	6041
12278	Vask	32000	17600	25200	37200	929	2967
12282	Vask stue	103000	752000	33200	20000	1067	10684
12282	Vaskbad	188000	276000	6200	14200	3979	3607
12286	Vask stue	272000	208000	23200	14000	1948	1477
12286	Vask bad	41000	544000	8000	13600	4024	4948
12290	Vask stue	230000	5100	28000	12000	1827	453
12290	Vask bad	140000	6800	9600	3800	497	413
12290a	Vaskstue	301000	40400	10200	5400	1858	5531
12290a	Vaskbad	98000	34000	14000	1600	1090	983

**TABEL 3-5 KIMTAL, LEGIONELLA OG BACTIQUANT-TAL FOR PRØVER TAGET PÅ AFSNIT 5051 DEN 11. FEBRUAR OG 18. MARTS 2014.**

Dør nr	Type	Total kim/l		Legionella/l		Bactiquant	
		11.02	18.03	11.02	18.03	11.02	18.03
5301	Vask	109000	416000	1200	200	890	6228
5304a	Vask kontor	3000000	47200	< 100	7200	2653	725
5307	Vask	20300	68000	< 100	800	626	923
5309	Vask	700	100	52400	152000	1464	2154
5310	Vask sluse	14200	243000	1800	4000	1760	8716
5310	Vask bad	504000	400000	< 100	< 100	1731	1675
5310	Brus m/filter	< 100	< 100	< 100	< 100	4232	60
5311	Vask	448000	832000	39200	8000	2427	2016
5314	Vask sluse	260000	-	39200	-	2062	-
5314	Vask bad	231000	-	3800	-	1633	-
5314	Brus m/filter	< 100	-	< 100	-	315	-
5320	Vask kontor	32000	16900	200	< 100	613	531
5322	Vask	640000	6700	< 100	18000	1293	327
5324	Vask	67000	153000	3600	600	1062	492
Legestue	Vask	504000	375000	< 100	2600	1776	1032

Generelt viser resultaterne, at kimtal, *Legionella*-forekomst og Bactiquant tal er væsentligt højere ved tapstederne på afsnittene end i de kolde hovedledninger. Vandkvaliteten forringes altså i vandsystemet internt på hospitalet.

Resultaterne fra Tabel 3-4 og Tabel 3-5 er også plottet ind på et kort over afdelingerne, så man kan se hvor de forskellige tapsteder er beliggende i forhold til hinanden. På kortene ses resultaterne for

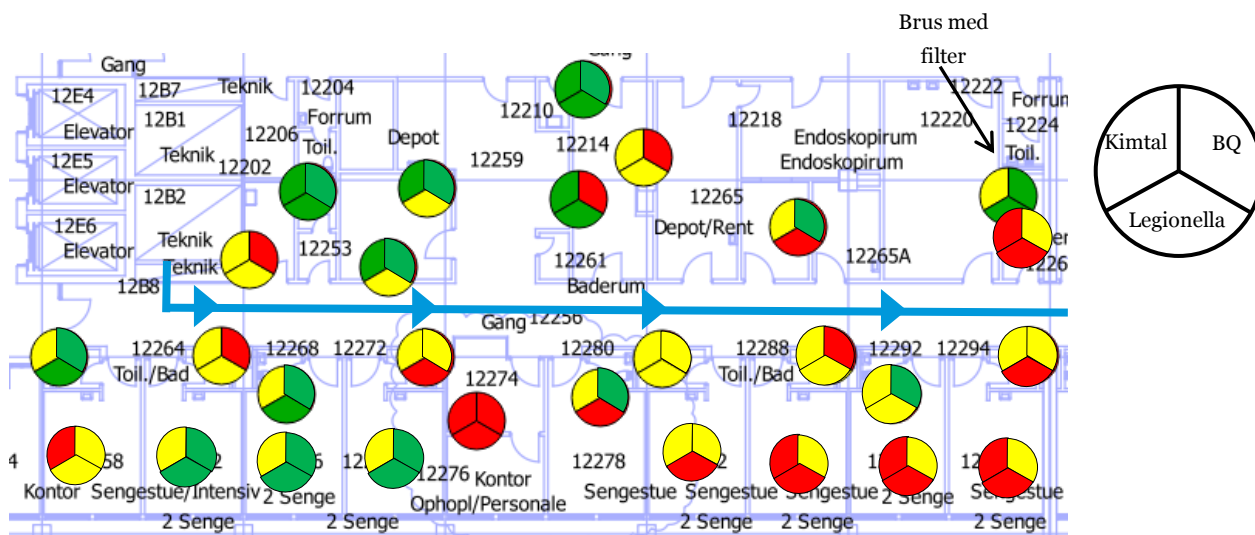
total kim, *Legionella* og Bactiquant. Der er anvendt en farvekode (rød/gul/grøn) for at vise værdiernes størrelsesorden. Farvekoderne fremgår af Tabel 3-6.

Aktionsgrænserne for total kim er baseret på Drikkevandsbekendtgørelsens [77] kvalitetskrav for kimaltal ved 37 °C (Rigshospitalet bruger dog en blodagar jf. Bilag 1) og Rigshospitalets erfaringer, mens *Legionella*-grænserne er baseret på SSI's anbefalinger (jf. Afsnit 2.1.1). I forhold til Bactiquant har HOFOR udarbejdet operationelle aktionsgrænser i koldt drikkevand ud fra parallelanalyser af Bq og kimaltal[78]. Grænserne ligger ved Bq tal på 40 og 200. Da Bactiquant tallet i varmt vand typisk ligger meget højere end i koldt vand, vil anvendelse af disse grænser her næsten udelukkende give rød farvekode. Vi har derfor valgt grænser for Bactiquant, så fordelingen mellem rød, gul og grøn er mere ligelig, således at en eventuel geografisk variation kan vise sig.

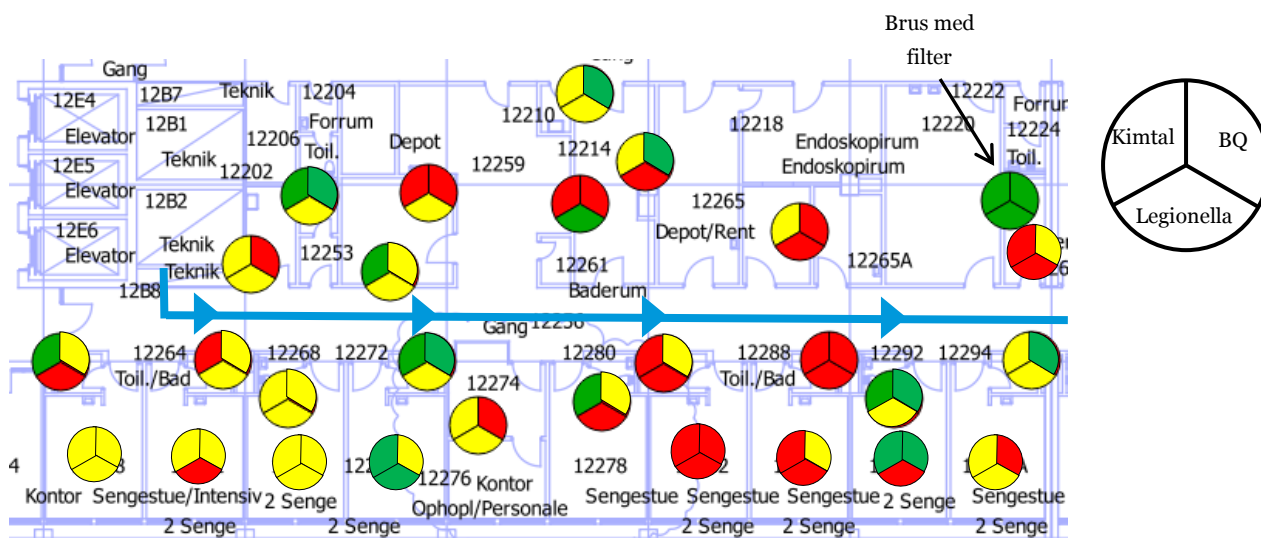
TABEL 3-6 FARVEKODER FOR AKTIONSGRÆNSER FOR TOTAL KIM, *LEGIONELLA* OG BACTIQUANT

Total kim [total kim/l]	Grøn	0 – 20.000
	Gul	20.000 – 200.000
	Rød	>200.000
Legionella [Legionella/l]	Grøn	0 – 1.000
	Gul	1.000 – 10.000
	Rød	>10.000
Bactiquant	Grøn	0 – < 1000
	Gul	1000 – 4.000
	Rød	>4.000

Figur 3-9 og Figur 3-10 viser resultaterne fra Afsnit 2124 fra henholdsvis d. 11.02.2014 og d. 18.03.2014. Vandet til afsnittet kommer fra en hovedledning, der løber i en teknikskakt ved elevatorerne. Derfra løber en vandledning i loftet langs gangen, og fra denne ledning udgår der forgreninger til hvert tapsted.

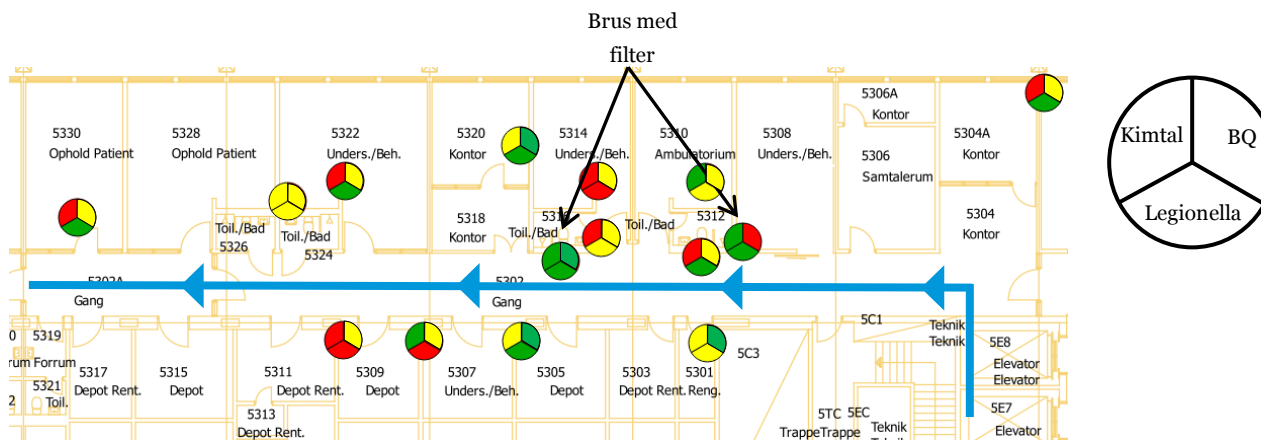


FIGUR 3-9 KORT OVER AFSNIT 2124 KIRURGISK GASTROENTEROLOGISK KLINIK, DER VISER RESULTATER FRA PRØVETAGNINGEN DEN 11. FEBRUAR 2014

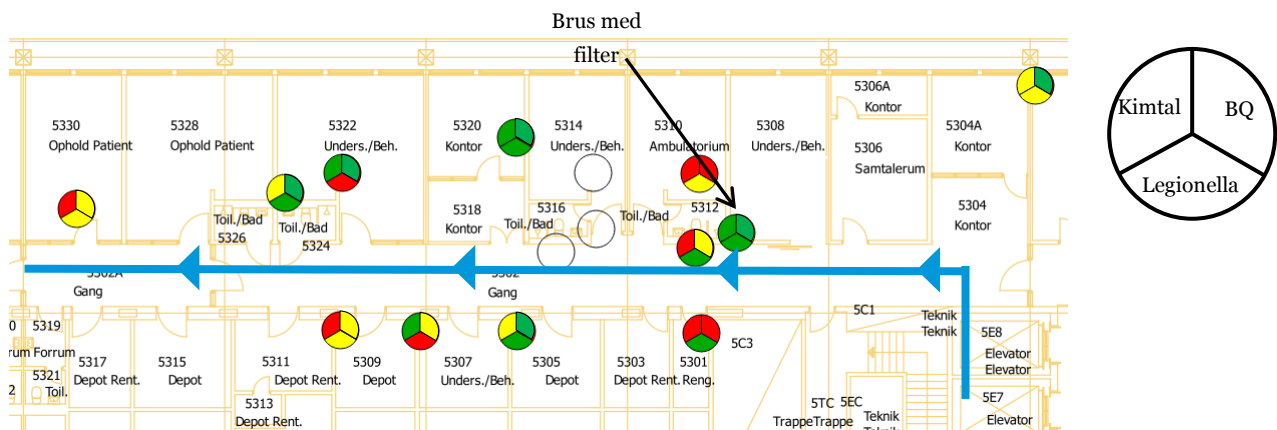


FIGUR 3-10 KORT OVER AFSNIT 2124 KIRURGISK GASTROENTEROLOGISK KLINIK, DER VISER RESULTATER FRA PRØVETAGNINGEN DEN 18. MARTS 2014

På afd 2124 den 11. februar (Figur 3-9) er det overordnede visuelle indtryk, at vandkvaliteten forringes fra venstre mod højre, dvs med afstanden fra tilløbet fra hovedledningen i teknikskakten. Især ser stjerne nederst til højre ud til at have ringe kvalitet. Undtagelser er de to tapsteder nærmest ved teknikskakten og kontor nederst til venstre i billedet, der har ringe kvalitet og bruseren der har høj kvalitet. Ved prøvetagningen den 18. marts (Figur 3-10) ses en lignende, men mindre tydelig fordeling.



FIGUR 3-11 KORT OVER AFSNIT 5051, DER VISER RESULTATER AF PRØVETAGNINGEN DEN 11. FEBRUAR 2014



FIGUR 3-12 KORT OVER AFSNIT 5051, DER VISER RESULTATER AF PRØVETAGNINGEN DEN 18. MARTS 2014. CIRKLER UDEN FARVE INDIKERER UDGÅEDE PRØVER.

Kortene over resultaterne fra Afsnit 5051 viser ikke tydelige tendenser.

Den geografiske afbildning af vandkvaliteten på afdeling 2124 indikerer, at vandkvaliteten kan være geografisk ujævnt fordelt. Fordelingen kan afspejle, at forbruget varierer på de forskellige tapsteder, F.eks. om de har været brugt umiddelbart inden prøvetagningen, eller det kan afspejle afstanden til hovedledningen i teknikskakten eller de anvendte materialer. Resultaterne indikerer derfor, at den geografiske præsentation kan give et forbedret grundlag for at identificere kritiske punkter, hvor der kan gøres en indsats for at forbedre vandkvaliteten. Resultaterne viser også, at der kan være variation i resultaterne fra dag til dag og fra afdeling til afdeling. Som det vises i Afsnit 3.4, har forbruget inden prøvetagningen en stor betydning for vandkvaliteten. En bedre tilrettelæggelse af prøvetagningen og et kendskab til den forudgående anvendelse af tapstederne vil være nødvendig for at kunne tolke resultaterne. Der er således et behov for, at udvikle en mere standardiseret metode til identifikation af de kritiske punkter i ledningsnettene.

### 3.3 Brusere med point-of-use filter

Der blev taget prøver fra en brusere på Rigshospitalets Afsnit 2124 og fra to brusere på Afsnit 5051, hvorpå der var monteret point-of-use filtre (200 nm). Resultaterne er vist i Tabel 3-7. Resultaterne viser *Legionella* koncentration under detektionsgrænsen (100 CFU/L) i samtlige prøver. Kimtallene var også lave undtagen i prøven fra Afsnit 2124 taget d. 11.02.14. Bactiquant viser dog relativt høje niveauer, især for bruseren i 5310 d. 11.02.14.

I den daglige brug bliver filtrene afsprittet udvendigt inden brug, for at forhindre at der sidder bakterier på ydersiden af filtret. Afsprøjtning af filtrene fandt ikke sted i forbindelse med prøvetagningen.

Resultaterne viser, at filtrene fjerner *Legionella*. Kimtallene og Bactiquant analyserne indikerer derimod, at der er risiko for bakterievækst efter filtrene.

TABEL 3-7 RESULTATER FRA PRØVER TAGET FRA BRUSERE PÅ RIGSHOSPITALET AFSNIT 2124 OG 5051, HVOR DER VAR MONTERET POU FILTRE.

Dør nr	Type	Total kim/l	<i>Legionella</i> /l	Bactiquant
		11.02	18.03	11.02 18.03
12267	Brus m/filter	-	3600	< 100 < 100 15 21
5310	Brus m/filter	< 100	< 100	< 100 < 100 4232 60
5314	Brus m/filter	< 100	-	< 100 - 315 -

### 3.4 Udvikling i vandkvalitet over tid

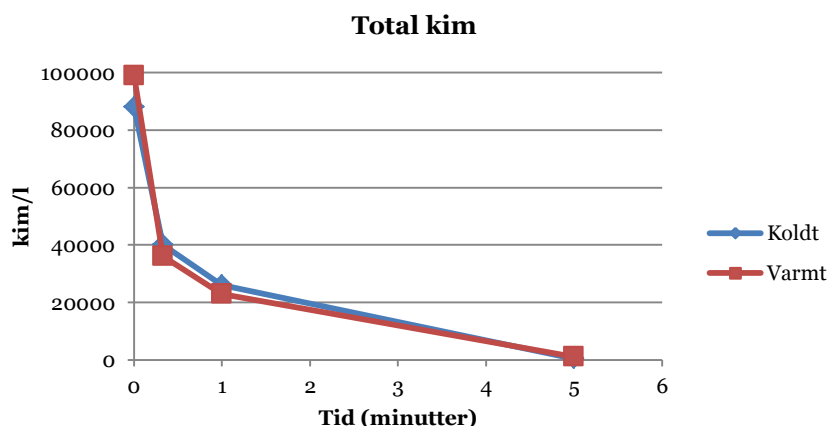
For at undersøge effekten af at lade vandet løbe, blev der udtaget en række prøver over tid af koldt og varmt vand fra den samme hane. Den anvendte hane var den ved vasken i medicinrummet 5311 på Rigshospitalets Afsnit 5051. Denne vask bliver kun sjældent brugt af personalet, og det var forventet, at hanen ikke var blevet anvendt tidligere samme dag. Resultaterne fra prøvetagningen er vist i Tabel 3-8 og i Figurene 3.13, 3.14 og 3.15.

TABEL 3-8 RESULTATER FRA PRØVER TAGET OVER TID FRA HANEN VED HÅNDVASKEN I RUM 5311 PÅ AFSNIT 5051 D. 10.07.2014.

Vandtype	Volumen/tid	Total kim/l	Legionella/l	Bactiquant
Koldt vand	Straks	88000	< 100	105
Koldt vand	Efter 2 liter	40000	< 100	115
Koldt vand	Efter 6 liter	26000	< 100	59
Koldt vand	Efter 5 minutter	400	< 100	42
Koldt vand	Efter 5 minutter, uden perlator	3400	200	46
Varmt vand	Straks	99000	86400	2232
Varmt vand	Efter 2 liter	36000	72000	1840
Varmt vand	Efter 6 liter	23000	23200	1038
Varmt vand	Efter 5 minutter	1100	6600	798
Varmt vand	Efter 5 minutter, uden perlator	400	4400	725

Der ses en tydelig reduktion for alle parametre i både det kolde og det varme vand efter vandet har løbet.

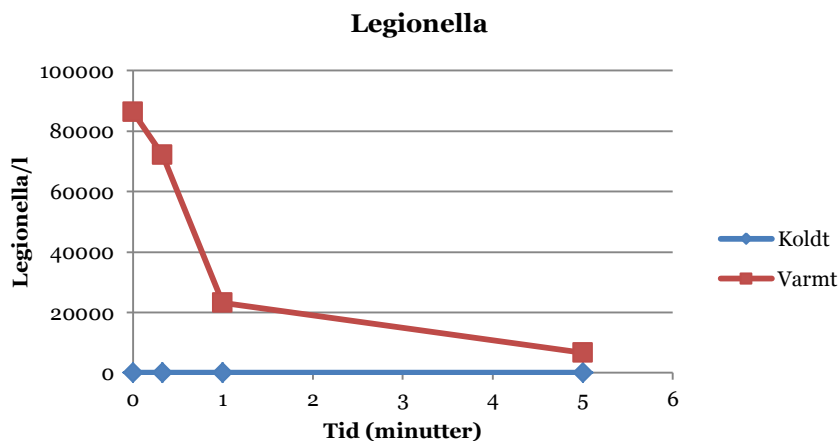
Figur 3-13 viser udviklingen i total kim for både det kolde og varme vand. Bakterieniveauerne falder med tiden og er relativt ens i det kolde og varme vand. Kimtallene falder til under aktionsgrænsen (20.000 CFU/l) og er nogenlunde ens i det kolde og det varme vand. I det kolde vand når kimtallet ikke helt ned på baggrundsniveauset i hovedledningen (< 100 CFU/L). Fjernelse af perlatoren synes, at få kimtallet til at stige.



FIGUR 3-13 UDVIKLINGEN I TOTAL KIMTAL OVER TID FOR KOLDT OG VARMT VAND TAGET FRA HANEN I RUM 5311 D. 10.07.2014.

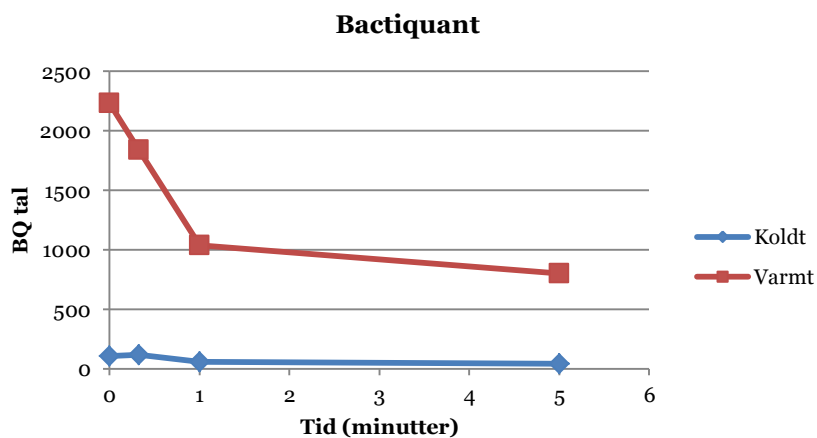
Figur 3-14 viser udviklingen i *Legionella* over tid. Der blev især fundet *Legionella* i det varme vand. Koncentrationen var meget høj i straksprøven samt prøven efter 2 liter. Også i prøven efter 6 liter og 5 minutter var indholdet af *Legionella* over aktionsgrænsen på 1.000 cfu/l. Der blev fundet spor af *Legionella* i det kolde vand efter perlatoren var taget af, hvilket sandsynligvis skyldes at biofilm med *Legionella* er blevet frigivet/blottet i forbindelse med afmonteringen (stemmer også med at

kimtallet stiger ifm. med afmontering af perlatoren). Resultatet peger overordnet på, at ledningsnettet for varmt vand på afdelingen har forhøjede koncentrationer af *Legionella*.



FIGUR 3-14 UDVIKLINGEN I LEGIONELLA OVER TID FOR KOLDT OG VARMT VAND TAGET FRA HANEN I RUM 5311 D. 10.07.2014.

Figur 3-15 viser udviklingen i Bactiquant resultaterne. Ligesom for *Legionella* viste Bactiquant analysen stor forskel på det varme og det kolde vand. Bactiquant tallet var meget højere i det varme vand end i det kolde vand. Dette viser, at det varme vand generelt har et højere bakterieindhold end det kolde vand. I det kolde vand kom Bactiquant tallet ned på et lavere niveau end det der blev målt i hovedledningen i opgang 5 (152).



FIGUR 3-15 UDVIKLINGEN I BACTIQUANT TALLET OVER TID FOR KOLDT OG VARMT VAND TAGET FRA HANEN I RUM 5311 D. 10.07.2014.

Der er endvidere gennemført en mindre test af effekten af hygiejneskyld på automatiske vandhaner på Hvidovre Hospital, der viste en reduktion af Bactiquant tallet fra 236 til 156 efter 1 min skyldning. Vi havde ikke kendskab til forbruget inden prøvetagningen.

Det kan konkluderes, at hygiejneskyl er en effektiv måde at reducere både *Legionella* og andre bakterier til baggrunds niveauet i det umiddelbart bagvedliggende ledningsnet både i det kolde og det varme vand. Det ser derfor ud til, at alle tre parametre kan anvendes til at identificere, om vandkvalitetsproblemerne ligger nær ved tapstedet, eller om systemet som sådan er koloniseret. Dog kræves der en bedre undersøgelse af vandet i hovedledningerne, for at kunne afgøre hvor langt ude i systemet problemerne opstår.



### 3.5 Legionella i en ny bygning (Opgang 86)

Problematikken omkring *Legionella* i en ny bygning på Rigshospitalet (Opgang 86) er beskrevet i Afsnit 0 omkring Rigshospitalets erfaringer. Resultater fra prøvetagninger fra automatiske vandhaner på forskellige etager fra juli 2014 fremgår af Tabel 3-9. Prøvetagningerne blev gennemført inden etablering af klorering og filtrering.

Resultaterne underbygger Rigshospitalets øvrige observationer af høje niveauer af *Legionella* i denne nye bygning. Det kan endvidere bemærkes, at der generelt ikke måles *Legionella* i det kolde vand på nær i en enkelt vandhane (8610 Venterum), hvilket peger på forurening af det kolde vand med varmt vand i dette armatur. Det svarer også til Rigshospitalets observationer af defekte armaturer i denne bygning med gennemslag fra det varme til det kolde vand [69].

TABEL 3-9 RESULTATER FRA PRØVER TAGET I BYGNING 86 D. 03.07.14.

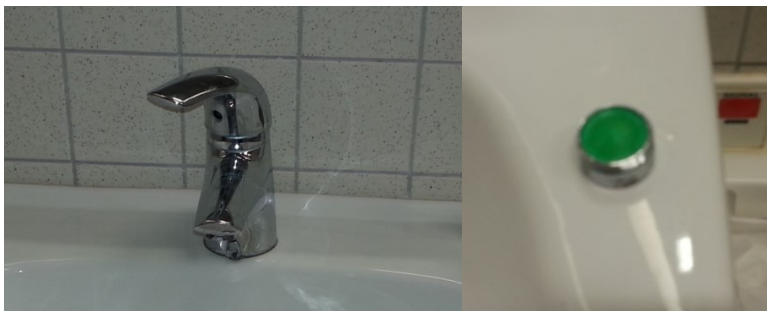
Dør nr.	Prøvetype	Total kim/l	Legionella/l
8610 Venterum Stuen	Straks	2600	7000
	Koldt efter 30 sekunder	1000	1000
	Varmt efter 30 sekunder	2200	30000
8622 Patienttoilet 1. sal	Straks	23000	400
	Koldt efter 30 sekunder	800	< 100
	Varmt efter 30 sekunder	1100	2000
8642 Skyllerum 3. sal	Straks	23000	4600
	Koldt efter 30 sekunder	10200	< 100
	Varmt efter 30 sekunder	1600	2600
8652 Stue 4. sal	Straks	176000	3400
	Koldt efter 30 sekunder	1500	< 100
	Varmt efter 30 sekunder	900	3000

Undersøgelsen viser effekten af at foretage hygiejneskyl på det kolde vand, hvis selve ledningssystemet ikke er koloniseret. På det varme vand viser undersøgelserne, at hygiejneskyl kan have væsentlig effekt, men også at det i tilfælde hvor hele varmtvandssystemet tilsyneladende er koloniseret med *Legionella* ikke kan bringe koncentrationerne ned under aktionsgrænsen (1.000 CFU/l).

### 3.7 Skift af perlatorer

Perlatorer (luftblandere), som ofte er monteret for enden af vandhaner, kan være reservoir for betydelig bakteriel vækst (jf. Afsnit 2.2 om de engelske erfaringer).

To målekampagner på Hvidovre Hospitals brugsvand blev gennemført i henholdsvis april og maj 2014. Målingerne blev foretaget på Afsnit 112 (Infektionsmedicinsk sengeafdeling) og Afsnit 123 (Traumatisk hjerneskade). Afsnittene blev udvalgt for at belyse indvirkningen af skift af perlatorer på vandhaner. Perlatorerne på vandhanerne på de to afsnit blev skiftet mellem prøvetagningen i april og den i maj. De blev skiftet løbende over en periode på to uger. Figur 3-16 viser en af vandhanerne og den afmonterede perlator.



FIGUR 3-16 HANE PÅ HVIDOVRE HOSPITAL OG BILLEDE AF DEN AFMONTEREDE PERLATOR.

Der var 12 og 15 tapsteder på hvert afsnit. Den 15.05 udgik prøve to prøver grundet isolation på stuen, som forhindrede adgang til hanerne.

Vandprøverne blev udtaget mellem kl. 7.30 og 8.30. Straksprøverne blev udtaget og sammenblandet af 125 ml fra varm hane og 125 ml fra kold hane. Varmt vand blev udtaget først, og vandet løb ikke inden prøvetagning, dvs. at vandet, der havde stået i vandhanen, kom med i prøvetagningen. Der blev også udtaget en prøve efter cirka fem liter vand var løbet gennem hvert tapsted. Denne prøve bestod også af en blanding af varmt og koldt vand. Alle prøverne blev analyseret med Bactuquant. Den 10.04 blev alle med få undtagelser analyseret for *P. aeruginosa* med Pseudalert, mens kun 10 udvalgte prøver blev analyseret den 15.05. På begge dage blev 10 af prøverne udtaget efter fem liter udvalgt til videre analyse for total kim og *Legionella*.

Resultaterne fra målingerne d. 10.04.2014 og d. 15.05.2014 er vist i Tabel 3-10.

TABEL 3-10 RESULTATER FRA PRØVER TAGET PÅ HVIDOVRE HOSPITAL D. 10.04.2014 OG D. 15.05.2014. DER ER SKIFTET PERLATORER MELLEM DE TO PRØVETAGNINGER. DER ER PÅ BEGGE DAGE TAGET STRAKSPRØVER OG PRØVER EFTER 5 LITER VAND. PA BETYDER *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*. I.A. BETYDER IKKE ANALYSERET.

Dør nr.	Beskrivelse	10.04.2014						15.05.2014					
		Straks		Efter 5 liter				Straks		Efter 5 liter			
		BQ tal	PA/100 ml	BQ tal	Total kim/l	Legionella/ l	PA/100 ml	BQ tal	PA/100 ml	BQ tal	Total kim/l	Legionella/ l	PA/100 ml
410.17.605	Stue, vask	130	<1	87			<1	255	<1	115			i.a.
420.16.603	Afdelingsterapeut, vask	102	<1	98			<1	33	<1	30			i.a.
450.16.602	Afhenterstation, vask	243	<1	93			<1	130	<1	780			i.a.
450.16.603	Rengøringsrum, hane med slange	671	93	94			6	40	<1	44	2200	100	<1
450.17.604	Personalekøkken, vask	79	<1	81			<1	104	<1	54			i.a.
460.15.604	Stue, vask	125	<1					166	<1	378			i.a.
460.15.604	Stue, brus	422	<1					157	<1	63	4700	200	<1
470.16.601	Træningskøkken, vask	141	<1	176			<1	252	<1	175			i.a.
470.16.602	Teknikrum/Gipsrum, vask	114	<1	97	400	<100	<1	61	<1	55	2400	200	<1
470.17.604	Stue, brus	93	<1	203	6400	<100	<1	173	<1	56			<1
470.17.604	Stue, vask			86	1400	<100	<1						
410.17.606	Skylleum, vask i midten	88	i.a.	202			<1	133	<1	129	12000	2600	i.a.
510.14.502	Stue, automatisk hane							234	<1	22			i.a.
510.14.502	Stue, toilet	250	i.a.					78	<1	104			i.a.
520.14.502	Stue, hane	126	i.a.	128	700	<100	<1						
520.14.502	Stue, brus	2692	i.a.	136	<100	<100	<1						
520.16.501	Køkken	53	i.a.	73	300	<100	<1	165	<1	73			i.a.
540.16.501	Afsenderstation, vask	153	i.a.	85			<1	48	<1	43	1200	100	<1
540.16.501	Afsenderstation, håndvask	62	i.a.	91			<1	69	<1	38			i.a.
560.17.503	Stue, håndvask	163	i.a.	124			1	108	<1	47	35600	<100	<1
560.17.503	Stue, brus	320	i.a.	92			<1	277	<1	48			i.a.
570.16.501	Personalerum	77	i.a.	148	11200	3000	<1	94	<1	135	4700	300	<1
570.16.503	Personalettoilet	111	i.a.	159			<1	65	<1	52	12200	<100	<1
570.16.504	Personalettoilet, hane	66	i.a.	93			<1	209	<1	621			i.a.
570.17.502	Stue, hane	149	i.a.	199	10600	<100	<1	277	<1	68	3500	200	<1
570.17.502	Stue, brus	59	i.a.	157	400	5000	i.a.	4123	<1	50	200	400	<1
580.16.501	Personalekøkken	60	i.a.	77	400	<100	<1	144	<1	32			i.a.
Gennemsnit		262		121				308		134			

Bactiquant-resultaterne indikerer generelt en rimelig vandkvalitet, med de fleste resultater under 200. Der ses ikke et fald i Bactiquanttallene i prøverne fra d. 15.05.14 sammenlignet med prøverne fra d. 10.04.14, hverken for straksprøverne eller prøverne efter fem liter. For nogle tapsteder ses den højeste værdi i april og for andre i maj. Der er derfor ikke på baggrund af Bactiquant resultaterne en indikation af en effekt ved udskiftningen af perlatorerne mellem de to prøvetagningsdage. For straksprøverne er en del af forklaringen, at forbruget på det enkelte tapsted inden prøvetagningen kan variere mellem de to dage. Gennemsnitligt set falder Bactiquant tallet fra straksprøver til prøver taget efter 5 minutter på begge dage. En del af forskellen skyldes enkelte høje straksværdier, der reduceres kraftigt efter 5 minutter. Hvis der ses bort fra disse, er forskellen minimal.

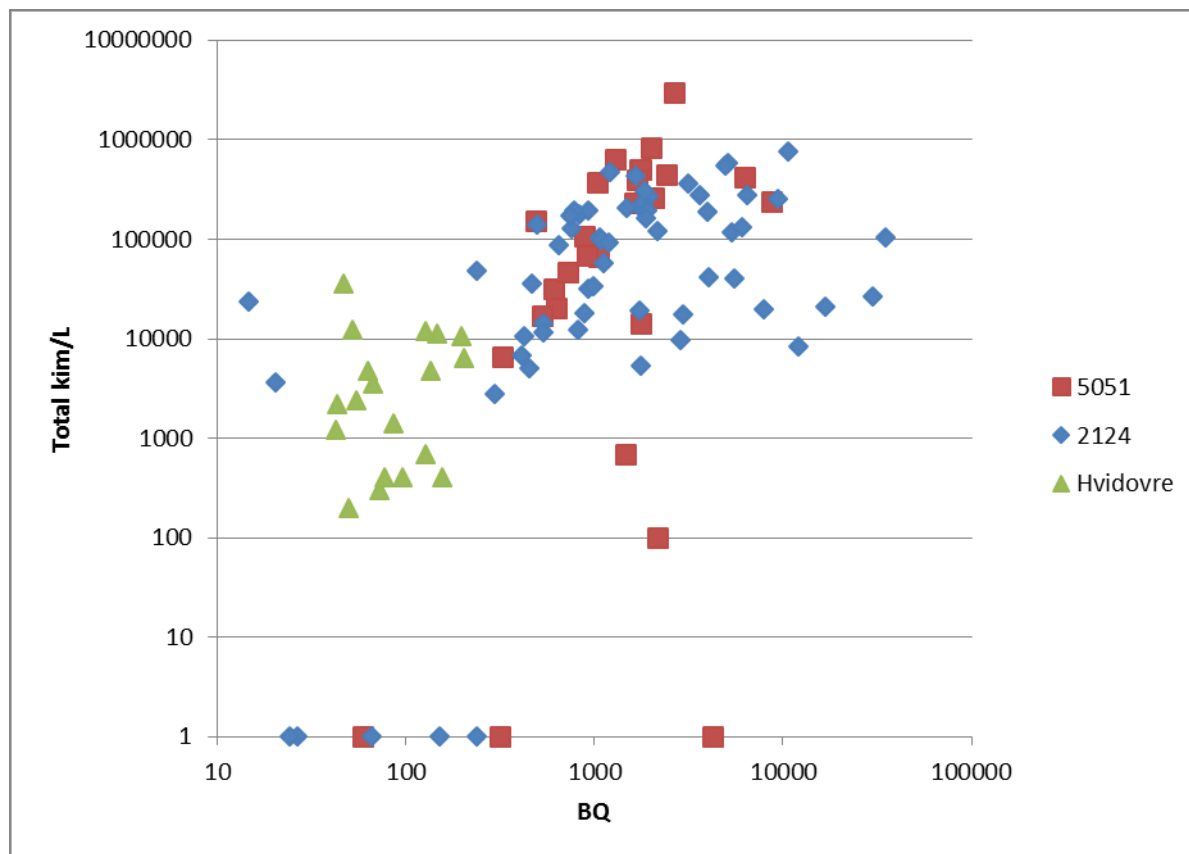
Der blev fundet *P. aeruginosa* i to tapsteder ved prøvetagningen d. 10.04.14. I rengøringsrummet 450.16.603 blev der fundet *P. aeruginosa* både i straksprøven og prøven taget efter 5 liter. På den pågældende hane, som anvendes til at fylde spande til rengøring, var der monteret en fleksibel slange. Slangen blev efter prøvetagningen afmonteret og sendt til videre analyse. Det andet tapsted, hvor der blev fundet *P. aeruginosa*, var håndvasken på stue 560.17.503. Der blev ikke fundet *P. aeruginosa* den 15.03.14, hvor også slange i rengøringsrummet var afmonteret.

Der blev fundet *Legionella* i to ud af de 10 undersøgte tapsteder d. 10.04.14: i personalerummet 570.16.501 og i bruseren på stue 570.17.502. Begge tapsteder blev undersøgt igen d. 15.05.14, og her var niveauerne faldet til under aktionsgrænsen på 1.000 CFU *Legionella*/l. Den 15.05.14 blev der fundet *Legionella* i 8 ud af 10 prøver, alle undtagen 1 (410.17.606 Skyllerum, vask i midten) var under aktionsgrænsen på 1.000 CFU/l. Resultaterne fra den 15.05.14 kan tyde på, at systemet generelt er koloniseret på et lavt niveau.

Kimtal og *Legionella* blev ikke målt på de samme 10 tapsteder og kan ikke anvendes til at vurdere effekten af de skiftede perlatorer.

Dokumentation af effekten af skift af perlatorer vil kræve en større og mere tilbunds gående undersøgelse.

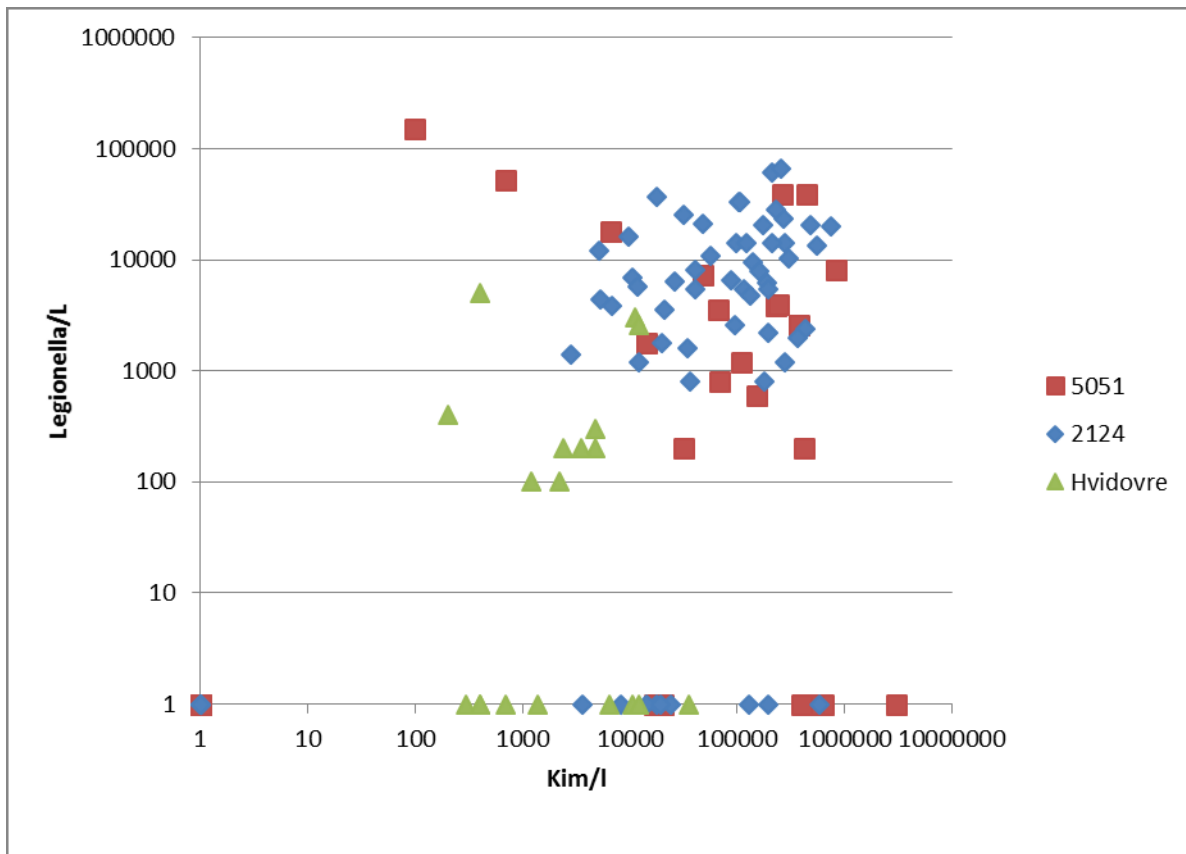
### 3.8 Sammenhænge mellem kimtal, *Legionella* og Bactiquant



FIGUR 3-17 FORHOLD MELLEM TOTAL KIM OG BQ-TAL I PRØVER FRA RIGSHOSPITALET OG HVIDOVRE SYGEHUS. RESULTATER UNDER DETEKTIONSGRÆNSEN, SOM ER 100 KIM/L, ER ANGIVET SOM 1 KIM/L.

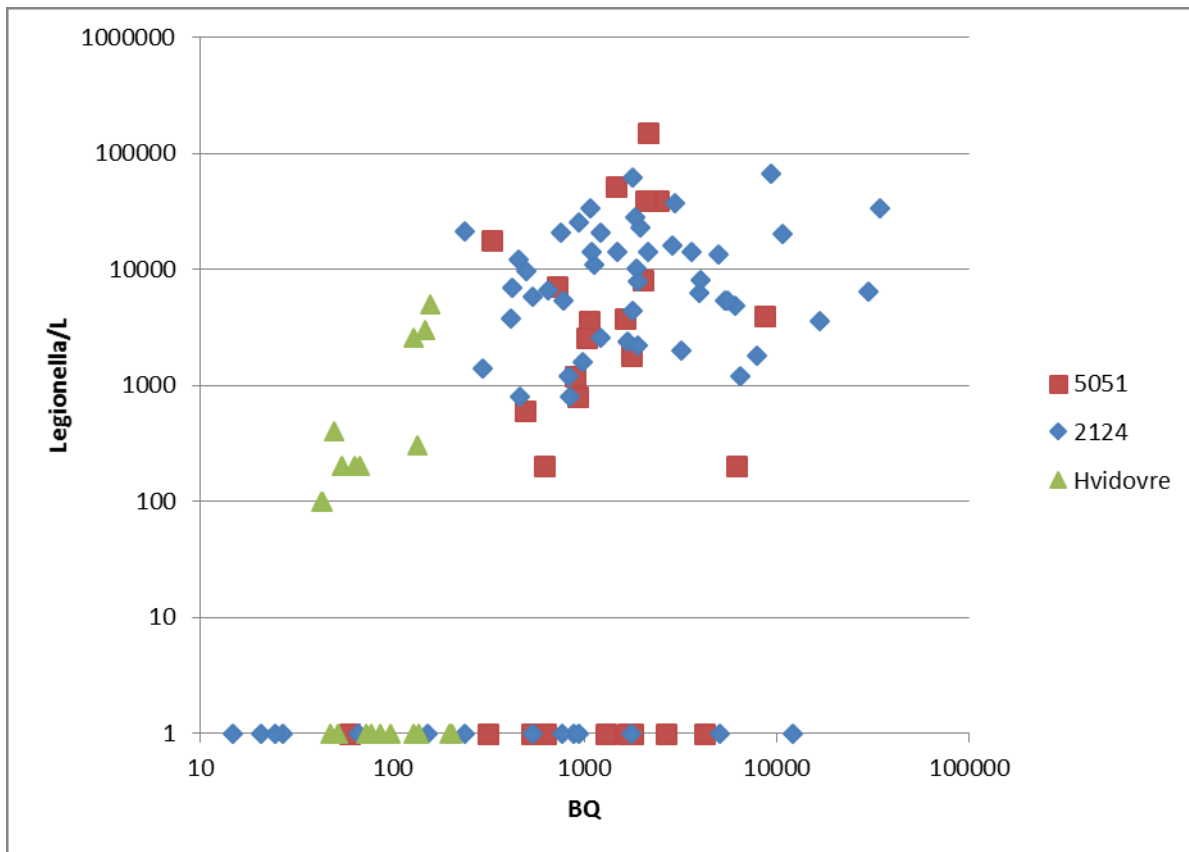
De samtidige analyser for *Legionella*, kimtal og BQ af prøverne fra Rigshospitalet fra den 11. februar og 18. marts og prøver fra Hvidovre Hospital den 10. april og 15. maj 2014 giver mulighed for at sammenligne resultaterne.

Forholdet mellem kimtal og BQ i prøver fra Rigshospitalet og Hvidovre er vist i Figur 3-17. Figuren viser en tendens til en positiv sammenhæng mellem BQ og kimtal, når alle resultater tages i betragtning, og svag eller ingen sammenhæng, når man betragter den enkelte afdeling. Det er et typisk resultat for naturlige prøver, da kimtallet detekterer aggregerede bakterier, f.eks. flager af biofilm, som et kim, mens BQ detekterer alle bakterier, som indeholder det analyserede enzym, og derfor kan give et højt udslag, selv om der er lave kimtal. De lave kimtal på Figur 3-17 stammer fra vandet ved indløb til bygningerne (ligger i serie 2124) og fra to brusere med filter (i serie 5051). Det viser, at det vand, der leveres fra vandforsyningen, har en tilfredsstillende kvalitet, og at filtrene fjerner alle bakterier, der kan vokse på blodagar ved 37 °C. Det er bemærkelsesværdigt, at der er relativt højt BQ i de to brusereprøver. Det antages, at det skyldes, at der er bakterier i det filtrerede vand, der ikke vokser på blodagar ved 37 °C. I nogle tilfælde er der lavt BQ og højt kimtal. Specielt er der to lave BQ tal (i serie 2124) med relativt højt kimtal. Det er begge fra bruseren i rum 12267. Der er derfor nok ikke tale om målfejl. Det kan skyldes, at der bakterier i vandet, som ikke har det enzym, der analyseres i BQ, og som kan vokse på blodagar.



FIGUR 3-18 FORHOLDET MELLEM KIMTAL PÅ BLODAGAR VED 37 °C OG LEGIONELLA I PRØVER FRA RIGSHOSPITALET OG HVIDOVRE SYGEHUS. PRØVER MED RESULTAT UNDER DETEKTIONSGRÆNSEN (100 CFU/L) ER ANGIVET SOM 1 KIM/L

Forholdet mellem kimtall og *Legionella* i prøver fra Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er vist i Figur 3-18. Punktet 1,1 dækker over otte prøver, hvoraf tre er fra brusere med filtre, og fem er indløb til bygningerne. I en række prøver er koncentrationen af *Legionella* under detektionsgrænsen og kimtallet samtidigt højt. Det tolkes som steder i ledningsnettet med en relativ ringe mikrobiologisk vandkvalitet, og hvor *Legionella* stadig ikke har koloniseret systemet i tilstrækkelig grad til at blive detekteret. Et højt kimtall, som indikerer en forringet vandkvalitet og risiko for opbygning af biofilm, medfører ikke nødvendigvis tilstedeværelse af *Legionella*. For prøverne, hvor *Legionella* er detekteret, ses ikke tydelig sammenhæng.



FIGUR 3-19 FORHOLDET MELLEM BQ OG LEGIONELLA I PRØVER FRA RIGSHOSPITALET OG HVIDOVRE SYGEHUS PRØVER MED RESULTAT UNDER DETEKTIONSGRÆNSEN ER ANGIVET SOM 1 KIM/L.

Forholdet mellem BQ og *Legionella* i prøver fra Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er vist i Figur 3-19. Der ses en tendens til stigende risiko for tilstedeværelse *Legionella* ved højt BQ, når alle data, hvor der er detekteret *Legionella*, tages i betragtning, idet koncentrationerne på Hvidovre Hospital generelt er lavere end på Rigshospitalet. Der ser ud til at være en positiv korrelation mellem BQ og *Legionella* på Hvidovre Hospital, men ikke på de to afdelinger på Rigshospitalet.

Resultaterne viser, at høje BQ tal indikerer en forøget risiko for tilstedeværelse af *Legionella*, men et højt BQ tal betyder ikke, at der er *Legionella* tilstede. Det kan forklares ved, at en forringet mikrobiologisk vandkvalitet indikerer et potentiale for biofilmdannelse. Resultaterne viser endvidere, at kimtal og Bactiquant tal ikke umiddelbart kan erstatte hinanden og skal vælges i forhold til behov og ressourcer. Kimtallet er at foretrække, hvis man har en erfaren laborant til rådighed, og man er interesseret i indikationer af hvilke bakterier, der er tilstede, mens Bactiquant er at foretrække, hvis man ikke har en erfaren laborant til rådighed, og formålet med analyserne er at vurdere den generelle mikrobiologiske vandkvalitet.

### 3.9 Kemiske parametre- metaller og miljøfremmede stoffer

Udover at undersøge det bakterielle indhold af brugsvandet, er der også i projektet udført målinger for at undersøge indholdet af en række metaller og miljøfremmede stoffer. Der er målt for disse kemiske parametre på en straksprøve bestående af halvt koldt og halvt varmt vand. Der er endvidere målt på en prøve af det kolde og varme vand efter vandet har løbet i 30 sekunder ved fuldt tryk. Prøver blev udtaget fra tre forskellige haner fra forskellige områder af Rigshospitalet, én på Afsnit 2124, én på Afsnit 5051 og én i Bygning 86.

Resultaterne er vist i Tabel 3-11, Tabel 3-12 og Tabel 3-13. Overordnet set viser resultaterne, at prøverne af kolde drikkevand ikke overskrider drikkevandskvalitetskravene. Straksprøverne af det blandede kolde og varme brugsvand overskrider i to områder drikkevandskvalitetskravene for bly og nikkel, og det samme gælder prøven af det varme brugsvand i et enkelt tilfælde. Da det varme brugsvand ikke anvendes som drikkevand betragtes de målte koncentrationer ikke som sundhedskritiske.

Koncentrationerne af bly og nikkel var over kvalitetskravene for drikkevand i straksprøven (halvt varmt og koldt vand) fra Rigshospitalets Afsnit 2124, men ikke i prøverne af det kolde og varme vand udtaget efter 30 sekunder. Der blev ikke fundet phthalater eller Bisphenol A i prøverne fra Afsnit 2124.

**TABEL 3-11 UDVALGTE METALLER, PHTHALATER OG BISPENOL A I EN TAPHANE PÅ RIGSHOSPITALET AFSNIT 2124. VANDKVALITETSKRAV FOR DRIKKEVAND ER OGSÅ ANFØRT [77]**

[µg/l]	Straks	Koldt (efter 30 sek)	Varmt (efter 30 sek)	Vandkvalitetskrav for drikkevand	
				Værdi ved indgang til ejendom	Værdi ved forbrugers taphane
Bly (Pb)	<b>80</b>	1,3	2	5	10
Kobber (Cu)	330	930	68	100	2000*
Nikkel (Ni)	<b>22</b>	1,5	2,2	20	20
Zink (Zn)	1400	40	230	100	5000*
Diethylhexylphthalat (DEHP)	<0,1	<0,1	<0,1	1	1
Di-n-butylphthalat (DBP)	<0,1	<0,1	<0,1	1**	5**
Benzylbutylphthalat (BBP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	<0,1	<0,1	<0,1		
Di-n-octylphthalat (DNOP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diethylphthalat (DEP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diisononylphthalat	<0,1	<0,1	<0,1		
Bisphenol A	<0,01	<0,01	<0,01		

\*ved henstand 12 timer i forbrugerens installation

\*\*sum for phthalater udover DEHP

I prøven fra Rigshospitalets Afsnit 5051 var koncentrationen af bly i det varme vand over kvalitetskravet for drikkevand. Nikkelkoncentrationen i straksprøven var også over vandkvalitetskravet. Der blev målt 0,23 µg/l BBP i det kolde vand, men dette overskrider ikke kvalitetskravet. Samtidig blev der målt Bisphenol A i det kolde vand og i straksprøven, men også her var koncentrationerne under kvalitetskravet.

**TABEL 3-12 UDVALGTE METALLER, PHTHALATER OG BISPENOL A I EN TAPHANE PÅ RIGSHOSPITALET AFSNIT 5051. VANDKVALITETSKRAV FOR DRIKKEVAND ER OGSÅ ANFØRT [77]**

[µg/l]	straks	Koldt (efter 30 sek)	Varmt (efter 30 sek)	Vandkvalitetskrav for drikkevand	
				Værdi ved indgang til ejendom	Værdi ved forbrugers taphane
Bly (Pb)	5,8	0,32	<b>12</b>	5	10
Kobber (Cu)	520	290	78	100	2000*
Nikkel (Ni)	<b>62</b>	1,4	14	20	20
Zink (Zn)	990	28	4600	100	5000*
Diethylhexylphthalat (DEHP)	<0,1	<0,1	<0,1	1	1
Di-n-butylphthalat (DBP)	<0,1	<0,1	<0,1	1**	5**
Benzylbutylphthalat (BBP)	<0,1	0,23	<0,1		
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	<0,1	<0,1	<0,1		
Di-n-octylphthalat (DNOP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diethylphthalat (DEP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diisononylphthalat	<0,1	<0,1	<0,1		
Bisphenol A	0,07	0,11	<0,01		

\*ved henstand 12 timer i forbrugerens installation

\*\*sum for phthalater udover DEHP



I prøven fra Rigshospitalets Bygning 86 var ingen af de undersøgte stoffer til stede i koncentrationer over vandkvalitetskravene.

**TABEL 3-13 UDVALGTE METALLER, PHTHALATER OG BISPENOL A I EN TAPHANE PÅ 4. SAL I BYGNING 86. VANDKVALITETSKRAV FOR DRILLEVAND ER OGSÅ ANFØRT [77]**

[µg/l]	straks	Koldt (efter 30 sek)	Varmt (efter 30 sek)	Vandkvalitetskrav for drikkevand	
				Værdi ved indgang til ejendom	Værdi ved forbrugers taphane
Bly (Pb)	0,69	5,1	8,2	5	10
Kobber (Cu)	25	77	210	100	2000*
Nikkel (Ni)	1,7	2,3	2,9	20	20
Zink (Zn)	59	69	150	100	5000*
Diethylhexylphthalat (DEHP)	<0,1	<0,1	<0,1	1	1
Di-n-butylphthalat (DBP)	<0,1	<0,1	<0,1	1**	5**
Benzylbutylphthalat (BBP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	<0,1	<0,1	<0,1		
Di-n-octylphthalat (DNOP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diethylphthalat (DEP)	<0,1	<0,1	<0,1		
Diisononylphthalat	<0,1	<0,1	<0,1		
Bisphenol A	<0,01	0,01	<0,01	0,5	0,5

\*ved henstand 12 timer i forbrugers installation

\*\*sum for phthalater udover DEHP

### 3.10 Opsamling på måleprogrammet

Der er gennemført en række undersøgelser på Rigshospitalet og Hvidovre Hospital med henblik på at afprøve forskellige metoder til at identificere kritiske punkter, hvor risiko for infektion via vandet kan kontrolleres. Konklusionerne fra måleprogrammet er:

- Den mikrobielle vandkvalitet ved hovedvandforsyningen til hospitalerne er god på både Rigshospitalet og Hvidovre Hospital
- Vandkvaliteten forringes i vandsystemerne på Rigshospitalet, og i mindre grad på Hvidovre Hospital, således at kvaliteten ved tapstederne er ringere end i hovedledningerne.
- Der blev detekteret få metaller og miljøfremmede stoffer i vandet på Rigshospitalet. Det kolde vand overskred ikke drikkevandskvalitetskravene for metaller og miljøfremmede stoffer. Bly og nikkel var over drikkevandskravene i det varme vand (ikke sundhedskritisk, da det varme vand ikke benyttes som drikkevand), mens der blev fundet Bisfenol A og Benzylbutylphthalat under drikkevandskravene i det kolde vand.
- Undersøgelserne kunne ikke dokumentere en effekt af at skifte perlatorer. En eventuel effekt blev sandsynligvis skjult i variationer, der var relateret til forskelligt forbrug mellem dagene på de enkelte tapsteder. Der skal et mere grundigt analyseprogram til for at afgøre, om der er en effekt.
- Undersøgelse af straksprøver og efterfølgende prøver, hvor vandet har løbet, viser, at vandhaner og/eller vandet umiddelbart før hanen er et kritisk punkt. Både kimtal, *Legionella* og Bactiquant analyserne kan give information om, hvorvidt problemet ligger ved tapstedet eller i systemet. Der skal udføres tilstrækkelige undersøgelser af vandet i både hovedledningerne til både det kolde og det varme vand for at kunne identificere, hvor langt tilbage vandkvalitetsproblemerne ligger.
- Hygiejneskyl, hvor vandet løber inden brug, er et effektivt middel til at reducere bakterietallene. Også hvor det må antages at hele systemet er koloniseret reduceres tallene i flere tilfælde betydeligt selvom koncentrationerne ikke kommer under aktionsgrænserne. Undersøgelserne bekræfter at tapsteder som står ubrugte hen har høje bakterietal og er dermed særligt kritiske
- En geografisk kortlægning af den bakterielle vandkvalitet kan identificere kritiske områder. Kortlægning af vandkvaliteten skal udføres på baggrund af en veltilrettelagt målekampagne, der inddrager et grundigt kendskab til forbruget på de enkelte tapsteder.
- De anvendte analysemetoder har alle fordele og ulemper. Analyserne skal vælges ud fra behov og ekspertise.
- Ved ibrugtagning af nye bygninger, er det vigtigt at introducere vand til systemet på en hensigtsmæssig måde således at systemet ikke forurenes fra start.

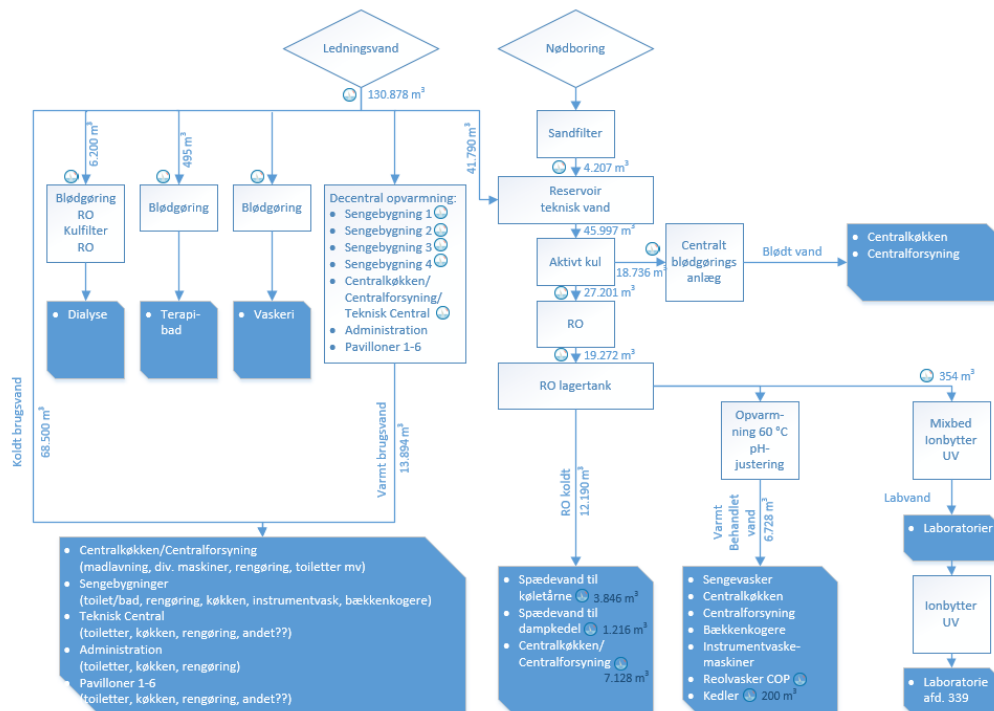
# 4. Risikovurdering og kritiske punkter i brugsvands-systemet på hospitaler

## 4.1 Introduktion

I dette kapitel gennemføres en risikovurdering for *Legionella* og *P. aeruginosa* på hospitaler med henblik på at identificere kritiske punkter for intervention og danne baggrund for at identificere teknologibehov. Konkrete risikovurderinger på hospitaler bør forstås af et vandteam, der er sammensat, så der er tilstrækkelig teknisk og hygiejnisk viden til at identificere og løse problemerne

Brugsvandssystemer på hospitaler er karakteriseret ved at være store komplekse systemer med stærkt varierende forbrug i forskellige dele af systemet. Herudover er det generelt gældende for hospitaler, at man ind imellem flytter rundt på afdelinger. Det betyder, at afdelinger, som var tiltænkt betydelige vandforbrug flytter, og efterlader lokaler med installationer, som meget sjældent – eller aldrig - bliver brugt. Man får derfor lavt flow og stillestående vand i betydelige dele af systemet. Det betyder samtidigt, at det kolde brugsvand bliver varmere ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ) og det varme brugsvand bliver køligere ( $< 50^{\circ}\text{C}$ ). Og stillestående lunkent vand giver optimale betingelser for biologisk vækst.

Figur 4-1 viser en skitse over vandforsyningen på Hvidovre Hospital og illustrerer hvordan brugsvandssystemet typisk fører vand frem til sengestuer m.m. på hospitaler.



FIGUR 4-1 SKITSE OVER VANDFORSYNINGEN PÅ HVIDOVRE HOSPITAL [2].

## 4.2 Hvor på hospitalet er der sandsynlighed for, at noget går galt?

Jf. foregående afsnit er det specielt hvor vand står stille, har lave flow og hvor der forekommer lunkent vand, at vandbårne patogener kan trives. Hertil kommer lokaliteter, som jævnligt er i kontakt med vand (f.eks. brusenicher) eller hvor vand henstår (f.eks. vandlåse). I det følgende er de potentielt kritiske punkter gennemgået i forhold til:

- Ledningssystemet for koldt og varmt brugsvand
- Vandarmaturer og de sidste metre inden tapstedet
- Vaske, afløb, brusenicher og toiletter

De potentielt kritiske punkter skal kombineres med en viden om, hvorvidt der er følsomme patienter til stede. Det er ved denne kombination, at der er særlig risiko for, at patienter bliver syge. Afdelinger med følsomme patienter er beskrevet i Afsnit 4.3.

Blomstervaser, ismaskiner, rengørings- og desinfektionsudstyr (såsom mopper og forstøvere) og svømmebassiner fungerer som reservoir og smittespredning for vandbårne opportunistiske patogener. Disse forhold er nærmere afdækket i Afsnit 4.4 om smitteveje.

### 4.2.1 Ledningssystemet for koldt og varmt brugsvand

Det er en generelt accepteret forståelse, at hvis *Legionella* forekommer i varmt og koldt brugsvand, er det ensbetydende med, at hele ledningssystemet er koloniseret. Det er typisk det varme brugsvand, der er koloniseret, da vækstoptimum for *Legionella* (32-42° C) lettere opnås i varmtvandssystemerne, men *Legionella* kan også forekomme i koldvandssystemer (jf. f.eks. måleresultater fra Rigshospitalet). For *P. aeruginosa* forholder det sig anderledes. Her kan de sidste meter inden tapstedet være koloniseret uden resten af ledningsnettet er det. Og kilden til koloniseringen med *P. aeruginosa* kan, udover at være fra vandforsyningen, også stamme fra forurening fra personale, patienter m.m. (jf. Kapitel 2).

Både *Legionella* og *P. aeruginosa* er knyttet til vækst af biofilm i ledningssystemerne jf. Kapitel 2. Områder i ledningssystemerne, som fremmer vækst af biofilm, er derfor de steder, der er potentielt problematiske. Biofilmen giver god beskyttelse til flere typer bakterier, men også til amøber, som så igen kan huse *Legionella*. Biofilmen beskytter bakterierne mod temperatur, pH-variationer samt desinfektionsmidler som f.eks. klordioxid.

Følgende faktorer kan medføre, at der sker vækst af biofilm i ledningsnettet på eksisterende hospitaler (de sidste meter i ledningssystemet før tapsteder er beskrevet i det efterfølgende afsnit):

- Områder i ledningssystemet med lavt flow eller stillestående vand. Dvs. døde ender, men også lunger og bøjninger der kan give lavere flow. Vores undersøgelse har tydelig vist, at tapsteder, der anvendes sjældent, er kilde til høj bakterie og *Legionella* forekomst (se afsnit 3.4). Samtidigt kan ikke-metal rørføring (plastrør, gummipakninger m.m.) fungere som næringskilde til vækst af biofilm
- Områder i koldtvandssystemer, hvor temperaturen er over 12 °C. F.eks. hvor koldtvandsrør er ført uden isolering tæt på varmtvandsrør. Eller bare hvor vandet benyttes sjældent.
- Områder i varmtvandssystemer, hvor temperaturen er under 50 °C. Typisk områder med afgreninger fra varmtvandscirkulationen og områder, som er midlertidigt eller permanent ude af drift. Varmtvandstemperaturen bør være 60 °C og temperaturen ved alle tapsteder bør være over 50 °C. Ligeledes bør returtemperaturen i cirkulationen være over 50 °C [12]. Risiko for skoldning af patienter er en problemstilling man bør være opmærksom på, hvis man hæver fremløbstemperaturen. Udfordringen er at balancere risiko for skoldning i forhold infektionsrisiko

- Opbevaring af koldt eller varmt vand. Stillestående vand giver gode muligheder for vækst af biofilm. Det kan f.eks. være varmtvandsbeholdere eller opbevaring af teknisk vand (afsaltet vand). Et eksempel herpå er de relativt høje Bactiquant tal, der er fundet i RO vandet på Hvidovre Hospital (se afsnit 3.1).

Ved nybygning eller renovering af hospitaler er der en stor sandsynlighed for at ledningssystemet bliver koloniseret med biofilm. Det kan skyldes følgende:

- Henstand af vand i ledningssystemet inden ibrugtagning af ny bygning. Typisk trykprøves vandinstallationerne flere uger, eller i visse tilfælde flere måneder, før bygningen tages i brug. Dvs. der henstår vand i både koldt- og varmtvandsinstallationerne, som giver optimale muligheder for vækst af biofilm. Disse situationer forekommer både i DK (f.eks. ved opførelse af ny bygning på Rigshospitalet) og i udlandet (se f.eks. [52] )
- Brug af varmt vand fra eksisterende varmtvandssystem i ældre del af hospitalet. Ved opførelse af nybygninger i forbindelse med eksisterende hospitaler kan det ske, at man vælger at benytte varmt vand fra varmtvandscirkulationen fra den eksisterende bygningsmasse (det er f.eks. sket ved opførelse af nybygning på Rigshospitalet). På denne måde koloniseres det nye ledningssystem med f.eks. *Legionella* fra det gamle varmtvandssystem.

#### 4.2.2 Vandarmaturer og de sidste meter inden tapstedet

De sidste meter inden tapstedet vil i sagens natur give mere henstand af vandet ind i de centrale dele af rørsystemet, som man har set på Rigshospitalet (se afsnit 3.4). Samtidigt udføres de sidste meter af systemet ofte af ikke-metal materialer, som giver gode betingelser for vækst af biofilm. Hertil kommer, at man lige inden tapstedet vil have det mest lunkne vand. Dvs. at det kolde vand bliver varmere ved henstand ligesom det varme vil blive koldere, hvis tapstedet ikke benyttes. Endelig har man i selve armaturet, eller ved brug af termostatstyrede tapsteder, blanding af varmt og koldt vand til brug af vask og badning af patienter og personale. Ovenstående er alle forhold, som giver gunstige vilkår for bakteriel vækst og biofilm dannelse, herunder vækst af *P. aeruginosa*, i de sidste metre inden tapstedet og i selve armaturet/brusere.

Følgende forhold kan i særlig grad medføre, at der sker vækst af biofilm i armaturet og de sidste meter af ledningsnettet:

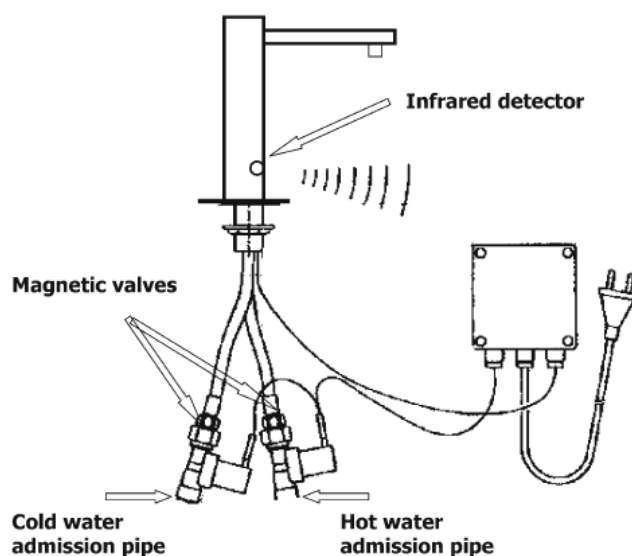
- Henstand/stagnation. Håndvaske og andre tapsteder er ofte opstillet i rigeligt antal på hospitalerne. Det betyder, at mange tapsteder står ubenyttede hen eller benyttes meget sjældent. F.eks. er der tre håndvaske plus bad på hver isolationsstue i et nyt byggeri på Rigshospitalet (Opgang 86).
- Temperatur. Henstående vand i ledninger og armaturer med temperaturer mellem 12 og 45° C giver jf. kapitel 2 optimal vækst for *P. aeruginosa* og *Legionella*.
- Bløde slanger og komplekse armaturer. Fleksible slanger monteret på armaturer er ganske udbredte og giver potentiale for øget biofilm-vækst på samme måde, som det er dokumenteret, at komplekse armaturer med mange plastdele kan medføre kolonisering med *P. aeruginosa*. Generelt er armaturer, slanger og rør, som er fremstillet af gummi og blød plast, en potentiel kilde til øget vækst af biofilm jf. Afsnit 2.2.
- Automatiske håndfri armaturer. Disse armaturer har i særlig grad tendens til at blive koloniseret af specielt *P. aeruginosa*. Flere undersøgelser har vist forhøjet forekomst af *P. aeruginosa* og *Legionella*. Problematikken omkring de automatiske armaturer er nærmere beskrevet i nedenstående afsnit.
- Tilkalkede perlatorer. Flere undersøgelser viser, at perlatorer (luftblandere), herunder specielt tilkalkede perlatorer og perlatorer af plast, er koloniseret med *P. aeruginosa*. De Nordirske undersøgelser af armatur-komponenter viser, jf. Afsnit 2.2, at når perlatorer var positive med *P. aeruginosa*, så var selve vandhanehuset det også. Dette indikerer, at nyligt udskiftede perlatorer hurtigt vil blive rekoloniseret. Det er derfor ikke effektiv metode til permanent reduktion af forekomst af *P. aeruginosa*.

- Bruseslanger. Bruseslanger i brusebade eller vaskerum er almindeligt kendte områder, som kan huse biofilm og dermed både *P. aeruginosa* og *Legionella*. Målingerne på Hvidovre Hospital viste, at en bruseslange fra et vaskerum var koloniseret med *P. aeruginosa* (jf. Kapitel 4), ligesom Rigshospitalet har fundet, at bruseslanger har været koloniseret med både *P. aeruginosa* og *Legionella*, som har medført nosokominelle infektioner på børneonkologiske, hæmatologiske afsnit, og brandsårsafsnit.

Diskussioner omkring de automatiske håndfri armaturer har fyldt meget på hospitalerne i både Danmark og udlandet igennem de seneste år. Derfor er dette område nærmere uddybet nedenfor.

#### Automatiske håndfri armaturer

Flere internationale referencer har de seneste 10-15 år påpeget, at vand fra automatiske armaturer har en øget forekomst af specielt *P. aeruginosa* og *Legionella* i forhold til traditionelle armaturer. Der er f.eks. gennemført en fransk undersøgelse i 2005 på henholdsvis en intensiv og hæmatologisk afdeling. Der blev udtaget 92 vandprøver fra automatiske og 135 fra manuelle armaturer. 39% af vandprøverne fra de automatiske armaturer indeholdt *P. aeruginosa*, mens kun 2% af prøverne fra de manuelle armaturer var positive. Det var forskellige stammer af *P. aeruginosa* i hver af de positive vandhaner. Undersøgelsen viste ingen forskel i forekomsten af *P. aeruginosa* mellem forskellige mærker af automatiske armaturer. Klorering af armaturerne med natriumhypoklorit i to timer medførte ikke, at de blev fri for *P. aeruginosa*. [36]. Figur 4-2 viser den typiske opbygning af et automatisk håndfri armatur.



FIGUR 4-2 PRINCIPSKITSE FOR ET AUTOMATISK HÅNDFRIT ARMATUR. MAGNETVENTILER TILFØRER HENHOLDSVIS KOLDT OG VAMT VAND [36]

På John Hopkins Hospital i Dallas, USA undersøgte man i hele 2009 vand fra 20 manuelle og 20 automatiske armaturer, der alle modtog vand fra den samme forsyning. Undersøgelsen viste, at 50% af de automatiske armaturer indeholdt vand med *Legionella* sammenlignet med 15% af de manuelle armaturer. Kimtallene var forhøjede for henholdsvis 26% af de automatiske og 13% af de manuelle armaturer. Klorering med klordioxid ændrede ikke væsentligt på kimtallene. Undersøgelsen konkluderede, at årsagen til de forhøjede *Legionella* og kimtal i de automatiske armaturer i høj grad skal tilskrives de utallige dele og ventiler, som armaturerne består af. Man konstaterede at alle komponenter i de elektroniske vandhaners indre var koloniseret med *Legionella* [39].

I Østrig blev der i 2013 udført en laboratorieundersøgelse af otte automatiske håndfri armaturer med det formål, at teste om skyl med faste intervaller (også kaldet hygiejneskyl) kan løse problemerne. De automatiske armaturer kan indstilles til at skylle med bestemte intervaller. Endvidere ville man undersøge om ”forskyll” eller ”efterskyl” kan afhjælpe de højere bakterieforekomster.

Undersøgelsen viste, at et forskyl med koldt vand (18 °C) i 30 sekunder er den mest effektive metode til at få bakterietallet (CFU/l) ned på et automatisk armatur. Men også et efterskyl i 10 sekunder med koldt vand, som medførte at der ikke stod lunket vand i armaturet efter brug, havde en positiv effekt. Armaturer som kun blev brugt hver uge eller måned havde de højeste bakterietal, mens armaturer, der blev brugt 10 gange dagligt alle lå på ca. samme niveau [38].

Årsagerne, til at de automatiske armaturer i flere tilfælde har højere forekomst bakterier, kan på baggrund af ovenstående artikler opsummeres i følgende:

- Henstanden af lunkent vand i armaturerne på omkring 35 °C giver ideelle vækstbetingelser for bl.a. *P. aeruginosa*
- De mange plastikkomponenter i armaturenes indre giver gode muligheder for vækst af biofilm – og specielt magnetventiler udført i plastik er sammen med haneudløbet udpeget som hotspots
- De lave flow og vandtryk, som ledes igennem armaturet, giver gode muligheder for vækst af biofilm. Automatiske armaturer medfører typisk lavere vandforbrug end traditionelle armaturer
- Endvidere nævner flere referencer (se f.eks. [1]) også risikoen for, at kontaminere vandhanen udvendigt med hænderne når patienter/personale forsøger at få det automatiske armatur aktiveret.

Central Enhed for Infektionshygiejne på Statens Serum Institut har i CEI-NYT i 2013 udgivet anbefalinger omkring brug af automatiske armaturer. CEI refererer også de internationale erfaringer og beskriver, at der er formodninger om, at den øgede forekomst af mikroorganismer i automatiske armaturer skyldes et lavere vandflow, en lavere fremføringstemperatur og større tendens til biofilmdannelse i disse vandhaners indre dele. CEI beskriver samtidigt, at DS 2451-2 ”Styring af infektionshygiejne i sundhedssektoren – Del 2: Krav til håndhygiejne” i dag anbefaler, at der installeres ikke-håndbetjente vandhaner ved reovering og nybyggeri[37].

CEI konkluderer, at man fortsat anbefaler armaturer som kan betjenes håndfrit, men at hospitalerne lokalt i den infektionshygiejniske enhed skal vurdere risikoen ved opsætning og brug af elektroniske vandhaner. Hospitalet skal sikre sig, at man har et kontrolprogram, som overvåger vandkvaliteten. Specielt i afdelinger med sårbare patienter (f.eks. på hæmatologiske afdelinger) skal alternativer til automatiske armaturer overvejes

### 4.2.3 Vaske, afløb, brusenicher og toiletter

Udover selve brugsvandsledningssystemet og de tilknyttede armaturer/slanger er alle lokaliteter, som jævnligt bliver våde, eller hvor vand henstår, potentielt kritiske punkter i forhold til vækst af biofilm og kolonisering med kritiske patogener som f.eks. *P. aeruginosa*. Det drejer sig i særlig grad om følgende:

- Håndvaske og afløb. Håndvaske anvendes når personale, patienter og pårørende desinficerer hænder, men håndvaske udgør, sammen med deres afløb, samtidig et reservoir for bakterier. Pga. det kraftige antibiotika-selektionspres hos patienter på hospitaler vil multiresistente bakterier være rigt repræsenteret i dette reservoir. Multi-resistente *P. aeruginosa* er fundet i afløb fra vaske på sengestuer i flere undersøgelser – også de samme stammer, som inficerede patienter har haft [56]. Følgende faktorer kan medføre at bakterier spredes fra vask og afløb til de kliniske områder:
  - Ringe designede vaske, hvor vandstrålen sprøjter direkte ned i afløbet/vandlåsen, medfører sprøjt fra afløbet ud på personer og udstyr, som står placeret i nærheden af vasken (se f.eks. [57])
  - Uhensigtsmæssige rengøringsrutiner, hvor f.eks. kluden føres fra afløbet til vandhanen, kan medføre, at vandhane-tuden bliver koloniseret, hvorefter bakterierne kan spredes med brugsvandet (Se Figur 4-3).
  - I tilfælde af stoppet afløb vil afløbsbakterierne kunne spredes til patienter/personale
  - Borde med sterilt/rent udstyr som håndteres i nærheden af vasken, f.eks. pga. af pladmangel eller ubetænksomhed, kan blive koloniseret via sprøjt.
- Brusenicher/badekar. Brusenicher med ringe/snævre afløbsforhold, eller afløb som sjældent rengøres, kan medføre opstuvning af vand, som vil være en blanding af badevand og vand fra afløbsvandlåsen. Dette kan forværres hvis bruseren leverer for meget vand i forhold til afløbskapaciteten. Erfaringer fra USA viser endvidere, at afløb i badekar kan forurene badevandet med *P. aeruginosa*. Det er sket fordi afløbet under opfyldning er blevet aflukket nedenunder afløbsristen. Dvs. at afløbsristens biofilm har forurenset badevandet [62].
- Tilstopning af kloakrør. Tilstopning af kloakrør kan medføre opstuvning og heraf følgende oversvømmelser med afløbsvand fra gulvafløb, toiletter og vaske. Sammenhæng mellem afløbsbakterier og infektion med resistente *P. aeruginosa* er sandsynliggjort via undersøgelser på engelske hospitaler, hvor man bl.a. viste, at en resistent *P. aeruginosa* stamme, som tidligere havde medført infektioner, kunne måles i afløb og spildevand i perioder, hvor ingen patienter var inficeret. Tilstopning af kloakrør forekommer relativt ofte på hospitaler, fordi personale/patienter ofte skyller vaskeklude og håndklæder ud i toilettet. Det er f.eks. observeret på Herlev Hospital i forbindelse med drift af renseanlæg og beskrevet for engelske hospitaler i [56]. Også sengetøj, skalpeller etc. forekommer i kloaksystemet. Samtidigt kan overbelastede og forkert benyttede maceratorer installeret til bortskaffelse af papbækkener medføre tilstopninger af kloaknettet
- Toiletter. I forbindelse med toiletskyl dannes der vanddråber og aerosoler, som kan indeholde bakterier og vira, der bagefter kan findes i luften og på overflader i nærheden af toilettet [43] [44], og dermed potentielt give anledning til smittespredning. Problemet kan reduceres ved at låget lukkes ved skyl [44]. *P. aeruginosa* vil kunne vokse op i cisternen, hvis den ikke anvendes gennem længere tid (få dage), og biofilm, der kan huse *P. aeruginosa* eller *Legionella*, vil kunne dannes både i cisternen og toiletkummen.



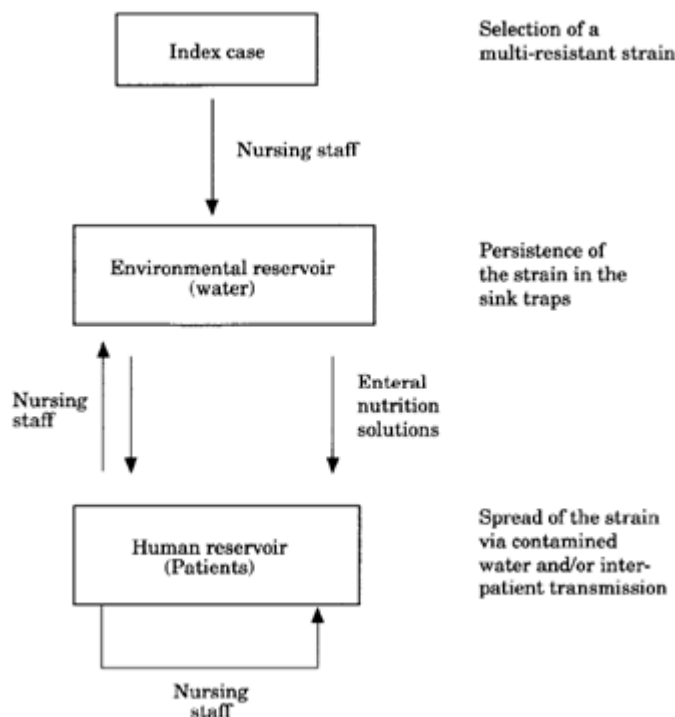


FIGUR 4-3 UHENSIGTMÆSSIG RENGØRINGSRUTINER, HVOR BAKTERIER FRA AFLØBETS BIOFILM SPREDES TIL VANDHANER [66]

Vekselvirkningen mellem vandsystemet/afløb og personale/patienter, hvor kolonisering og infektion med kritiske bakterier kan gå vandsystem/afløb til patient/personale og vice versa er beskrevet i flere studier. Se f.eks. [23] [45] [46] [47] [48]. I det nedenstående er beskrevet et eksempel fra et intensiv afsnit på et fransk hospital (Eksempel 1) og et andet eksempel fra en kirurgisk intensiv afdeling og to transplantationsafsnit på et Canadisk hospital.

*Eksempel 1. Overførsel af P. aeruginosa mellem patienter, vaske/afløb og vandhaner*

Et fransk hospital oplevede et udbrud med multiresistente *P. aeruginosa* hos 36 patienter over en periode på halvandet år på et neurokirurgisk intensiv afsnit (13 senge). Den samme multiresistente stamme blev fundet i vandet fra vandhaner og vandlåse på afsnittet ved hjælp af DNA typning. Vandhaner fra et andet afsnit med samme vandforsyning indeholdte ikke den resistente stamme. Det blev derfor konkluderet at stammen ikke stammede fra vandforsyningen, men i stedet stammede fra interaktionen mellem patienter vaske og vandhaner. Figur 4-4 viser interaktionen og den formodede overførsel af den epidemiske stamme mellem den først smittede patient (index case), reservoiret i form af vandlåse og patienterne [55].



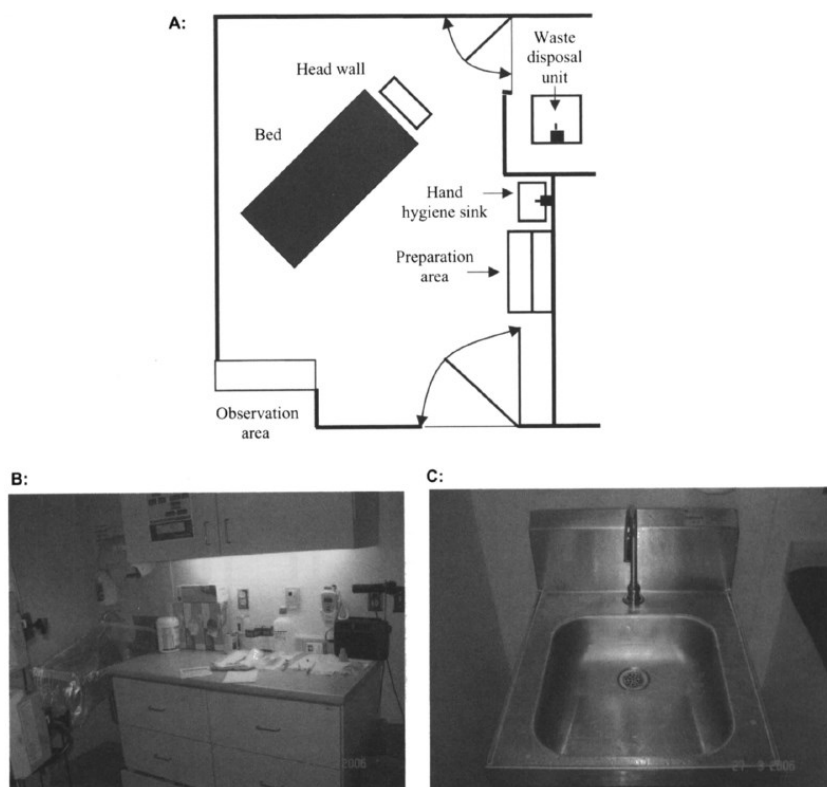
**FIGUR 4-4 FORMODET MØNSTER FOR OVERFØRSEL AF EPIDEMISK MULTIRESISTENT *P. AERUGINOSA*-STRENG UNDER HALVANDET ÅRS UDBRUD PÅ ET NEUROKIRURGISK AFSNIT MED 13 SENGE [55].**

Udbruddet stoppede ikke efter man havde gennemført isolering af de smittede patienter, men først efter at man lukkede afsnittet i en periode og udskiftede alle vaske på stuerne. Siden er alle vandlåse blevet desinficeret tre gange om dagen á 15 minutter ved klorering. Herefter er den multiresistente stamme ikke blevet målt i hanevandet. Man konkluderede, at det humane reservoir (patienterne) og miljøreservoiret (vandlåse) havde forsynet hinanden med den resistente stamme under udbruddet, selvom den relative betydning af de to kilder forblev ukendt [55].

*Eksempel 2. Overførsel af P. aeruginosa til patienter via vaske/afløb*

Et Canadisk hospital havde fra december 2004 til marts 2006 et udbrud med en bestemt multiresistent stamme af *P. aeruginosa* hos 36 patienter. Udbruddet forekom på et kirurgisk intensiv afsnit og på to afsnit med transplantations-patienter. Alle afsnit havde immunkompromitterede patienter. I alt 17 af de inficerede patienter døde, heraf kunne 12 dødsfald henføres til infektion med den pågældende stamme. Kilden til infektionerne blev identificeret til biofilm i afløb fra håndvaske. Ved test med fluorescerende stof blev det dokumenteret visuelt, at når håndvaskene benyttedes til håndvask sprøjtede afløbsindholdet mindst én meter væk fra vasken [57].

Figur 4-5 viser det typiske design af en af de 22 enkeltsegestuer i intensivafdelingen. Håndvasken er 1,3 meter fra sengen, og vasken er samtidigt placeret lige ved siden af det bord, som benyttes til håndtering af medicin og steril udstyrsforberedelse. Vandhanen er en håndfri model, hvor strålen er designet til at gå direkte ned i afløbet uden først at ramme siden af vasken.



**FIGUR 4-5 TRE ILLUSTRATIONER FRA INTENSIVAFDELINGEN PÅ DET CANADISKE HOSPITAL [57].**

Prøver fra vandhaner og brusehoveder blev udtaget fra alle tre afdelinger (i alt 53 prøver) og kun to viste sig positive med udbrudsstammen. Og intet af det testede kliniske udstyr viste positive

resultater. Derimod var 26 ud af 213 prøver fra afløb positive. Biofilmanalyser ved mikroskopering viste, at levedygtige *P. aeruginosa* af den multiresistente samme var tilstede. Udsultningsforsøg viste, at stammen efter 6 uger uden næring var i stand til straks at blive mere end fordoblet indenfor 24 timer efter tilsætning af næringsstoffer.

Desinfektion af håndvaske, som havde vist sig positive med udbrudsstammen, blev afprøvet. Man testede desinfektion med gel med hydrogenperoxid i vask afløbet, mens vask og vandhane blev desinficeret med vandig opløsning. Resultaterne viste, at desinfektionen ikke var en effektiv holdbar løsning, da afløbene forholdsvis hurtigt blev rekoloniseret med udbrudsstammen.

Det var først efter, at håndvaskene i alle tre afsnit med udbrud blev lukket, at udbruddet blev stoppet. Vaskene blev renoveret ved, at afløbene blev udskiftet og nye vandhaner, der ikke løber direkte ned i afløbet, blev installeret, og sammen med lavere vandtryk, minimerede man sprøjt til omgivelserne. Samtidigt blev en væg opstillet mellem vask og bord på stuen, og alt udstyr blev flyttet mere end en meter væk fra vasken [57].

Artiklen evaluerer, at det specielt var ændringer i håndvask- og vandhanedesign og ændringer i placeringen af håndvaske i forhold til senge og arbejdsborde, som havde afgørende betydning for, at udbruddet med den multiresistente stamme blev standset. Vandhanerne var tidligere de populære høje ”gåsnekker”, som har mundingen hele 25,4 cm over vasken, hvilket minimerer utilsigtede berøringer af vasken i forbindelse med vask af genstande og hænder, men som til gengæld i kombination med et højt vandtryk giver store sprøjt. Sprøjt fra afløbet blev vist, at blive spredt mere end en meter væk.

Opfølgende undersøgelser har vist, at den multiresistente stamme fortsat eksisterer i afløbene på de pågældende afsnit ét år efter, at udbruddene blev standset. Men der er kun konstateret ét nyt tilfælde med infektion med den resistente stamme (patienten havde mange åbne sår). Artiklen konkluderer, at håndvaskdesign og -placering er essentielle elementer i design af hospitalsrum – specielt på intensivafdelinger [57]. Senere undersøgelser har vist, at *P. aeruginosa* kunne etablere sig i og blev afgivet fra en eksperimentel biofilm dannet af biofilmmateriale fra et af de afløb, der er beskrevet i førnævnte studium [58]. Disse undersøgelser giver tilsammen en påvisning af, at *P. aeruginosa* kan etablere sig i biofilm i afløb fra håndvaske, at de løbende kan afgives, og at vand fra afløb i dårligt designede vaske kan sprøjte mere end en meter væk fra vasken ved almindelig brug. En række andre undersøgelser har også påvist forekomst af resistente *P. aeruginosa* i afløb fra vaske [56] [59].

### 4.3 Afdelinger med sårbare patienter

Alvorlige hændelser som følge af smitte med vandbårne patogener er mest sandsynlige i afdelinger med særligt sårbare patienter med svækket immunforsvar eller afdelinger med patienter med stor risiko for infektion som følge af brud på huden i form af åbne sår og katetre. Sårbare patienter kan defineres som immunkompromitterede patienter omfattende [42]:

- Patienter med unormalt lavt niveau af hvide blodlegemer (leukopeni og neutropeni). Eftersom de hvide blodlegemer er en del af immunforsvaret medfører en reduktion af deres antal en øget risiko for infektion
- Patienter med kræft i lymfeknuderne (lymfon)
- Patienter som behandles med kemoterapi, højdosis steroider eller andre immunsuppressiva dagligt i mere end to uger (f.eks. med behandling med prednisolon, hydrocortison, methylprednisolon, dexamethason, cortison)
- Patienter under indlæggelse med transplantation

Følgende afdelinger har på denne baggrund sårbare/immunkompromitterede patienter blandt deres patienter:

- Hæmatologiske afdelinger
- Dialyse afdelinger (Hæmodialyse)
- Infektionsmedicinske afdelinger

- Onkologiske afdelinger
- Afdelinger med HIV-patienter
- Cystisk fibrose-afdelinger
- Thoraxkirurgiske afdelinger (hjerte- og lungetransplantation)
- Hepatologiske afdelinger (leversygdomme og levertransplantation)
- Nefrologiske afdelinger (nyre og urinvejsygdomme, herunder nyretransplantation)
- Neonatal-afdelinger
- Intensivafdelinger generelt

Hertil kommer afdelinger med patienter, som i særlig grad har kontakt med vand i forbindelse med åbne sår, katetre el.lign. Det drejer sig om:

- Brandsårsafdelinger
- Plastikirurgiske afdelinger
- Fødeafdelinger med vandfødsler

## 4.4 Smitteveje

### 4.4.1 Legionella

*Legionella* forekommer i varmtvandsystemer og er hovedsageligt relateret til biofilm og elementer i vandsystemet, der fremmer biofilmdannelse. Den primære overførsel til patienterne sker ved inhalering af aerosoler med *Legionella* eller ved aspiration, f.eks. i forbindelse med katetre indført gennem næsen. Aspiration i forbindelse med katetre etc. er ikke medtaget i vurderingen. Det antages, at alle katetre og andet invasivt udstyr er desinficeret, som krævet i DS2451, og dermed som udgangspunkt er sterilt og ikke forurennet inden anvendelse. Vand til befugtning eller vask af respiratorer indebærer den højeste risiko, hvis det er forurennet med *Legionella*. Vi har valgt ikke at medtage dette, da det antages, at der anvendes risikofrit vand. På baggrund af oplysningerne i Kapitlerne 2, 4.1, 4.2 og 4.3 vurderes de mest sandsynlige smitteveje at være fra et inficeret varmtvandssystem til patienten ved:

- Inhalering af aerosoler ved brusebadning
- Inhalering af aerosoler fra vandhaner
- Inhalering af aerosoler fra vaskens afløb dannet ved sprøjt når vandet rammer
- Inhalering af vand ved toiletskyl
- Inhalering af aerosoler eller aspiration fra fødselsbassiner
- Dekorative springvand

### 4.4.2 Pseudomonas aeruginosa

*P. aeruginosa* overføres ved direkte eller indirekte kontakt med forurennet vand. *P. aeruginosa* kan være kommet med vandet fra den offentlige vandforsyning, spildevandssystemet eller kan være overført til vandsystemet fra patienter, personale eller besøgende. Vi antager her, at alle katetre og andet invasivt udstyr er desinficeret, som krævet i DS2451, og dermed som udgangspunkt er sterilt og ikke forurennet inden anvendelse. På baggrund af oplysningerne i kapitlerne 2, 4.1, 4.2 og 4.3 vurderes de mest sandsynlige smitteveje at være:

- Overførsel fra vask eller vaskens afløb via sprøjt til sår, slimhinder og øjne ved håndvask
- Overførsel til patient fra forurenede overflader nær håndvaske
- Overførsel fra vand eller vandhane til sår, slimhinder og øjne ved håndvask
- Overførsel fra badevand (herunder i badekar) ved ”manuel” vask og pleje af patienter.
- Overførsel fra bruser til sår, slimhinder og øjne ved badning
- Overførsel fra blomstervaser
- Overførsel fra toilet via sprøjt og aerosoler til sår, slimhinder og øjne
- Overførsel til patient fra forurenede overflader nær toiletter
- Overførsel fra dekorative springvand

## 4.5 Risikovurdering

### 4.5.1 Legionella

For *Legionella* har vi opstillet en semikvantitativ risikovurdering baseret på litteraturen med henblik på at prioritere implementering af risikoreduktion og identifikation af teknologibehov.

Risikovurderinger indeholder normalt en kombination af hyppighed og konsekvens. Her anvendes kun én konsekvens, Legionærsygdom. Det er således kun hyppigheden af sygdom, der vurderes.

For hver eksponeringsvej (se 4.4.1) har vi beregnet en relativ risiko på basis af *Legionella* dosis, følsomhed af patient og *Legionella* virulens. Beregningerne er vist i bilag 5.

Resultatet af risikovurderingen giver følgende højest prioriterede smittescenarier uden hensyntagen til *Legionella* koncentration:

1. Bruser, følsom patient, SG1
2. Bruser, følsom patient, non-SG1
3. Dekorative springvand, følsom patient, SG1
4. Ved vandhaner eller ved vaske med sprøjt, følsom patient, SG1
5. Dekorative springvand, ved vandhaner eller ved vaske med sprøjt, følsom patient, non-SG1

Det ses af listen, at det er brusere (SG1 og non-SG1), vandhaner og sprøjt fra vaske for følsomme patienter og SG1, der er højest prioriterede. Det er værd at bemærke, at non-SG1 ved høje koncentrationer udgør en høj risiko sammenlignet med lave koncentrationer af SG1.

Vi har for overskuelighedens skyld i denne vurdering kun skældnet mellem *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 og Serogruppe non-1 vel vidende, at der er variation i virulens inden for Serogruppe 1, og at f.eks. Serogruppe 3 og 6 også er årsag til Legionærsygdom.

### 4.5.2 P. aeruginosa

For *P. aeruginosa* har vi ikke kunnet finde tilstrækkeligt med litteraturdata til at gennemføre en kvantitativ sammenligning mellem de forskellige smitteveje. Vurderingen af smittevejene i forhold til hinanden bliver derfor en kvalitativ eller semikvantitativ vurdering baseret på kendskab til *P. aeruginosa* økologi, forekomst og kendte kritiske punkter og sammenhænge med risikofaktorer. En vigtig forskel mellem *P. aeruginosa* og *Legionella* er, at *P. aeruginosa* kan og vil vokse - også ved temperaturer under 25 °C - i fugtige miljøer, hvor der er nedbrydeligt organisk stof og næringssalte tilstede. Ved temperaturer omkring og over 20 °C vil *P. aeruginosa* kunne vokse hurtigt frem (2-3 dage) og udkonkurrere naturlig biofilmflora i vandsystemer. Ved temperaturer under 15 °C vil *P. aeruginosa* i højere grad blive udkonkurreret i den naturligt forekomne biofilm (jf. Afsnit 2.1.2). Det betyder, at en forurening med blot én eller ganske få *P. aeruginosa* vil kunne give anledning til fremvækst af mange *P. aeruginosa*. Hvis den infektive dosis hos følsomme mennesker ikke er meget forskellig fra den infektive dosis hos dyr (100 til 10.000 *P. aeruginosa*), vil fremvækst af *P. aeruginosa* i fugtige miljøer kunne udgøre en signifikant risiko. Infektion med multiresistente *P. aeruginosa* vil være mere alvorlige end infektion med ikke resistente, idet behandlingen kan blive vanskeliggjort.

De enkelte smitteveje er vurderet og opstillet i en prioriteret rækkefølge herunder:

1. Overførsel fra vask eller vaskens afløb via sprøjt til sår, slimhinder og øjne ved håndvask  
En forurening med *P. aeruginosa* af vasken eller vaskens afløb vil kunne ske via vandet eller via en koloniseret patient, besøgende, personale eller rengøringsudstyr. Vi fandt f.eks. *P. aeruginosa* i en slange, der blev anvendt i forbindelse med rengøring på Hvidovre Hospital (Se afsnit 3.7). Vand herfra ville potentielt kunne spredes til lokaliteter, hvor vandet anvendes. Efter forureningen vil *P. aeruginosa* kunne etablere sig og vokse til høje koncentrationer. Sprøjt fra afløbet kan herefter forurene patienters hænder, arme og

- ansigt. Der er langt højere sandsynlighed for at finde *P. aeruginosa* i håndvaskenes afløb end i vandet fra vandhanen [57]. Risikoen for smittespredning fra vasken eller dens afløb må derfor anses for at være højere end spredning fra vandet eller vandhanen
2. Overførsel til patient fra forurenede overflader nær håndvaske.  
Sprøjt og aerosoler vil spredes i rummet og afsættes på overfladerne, som herefter bliver berørt, f.eks. af personalet [63] [64]. Studier har endvidere vist, at *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus thuringiensis*, MS2 coliphager (en bakterievirus) og poliovirus 1 i høj grad overføres til hænder ved berøring. Overførslen er højere fra hårde glatte overflader end fra porøse overflader og højere ved høj luftfugtighed. [65] Det er således sandsynligt, at eventuelle *P. aeruginosa*, som afsættes på overflader nær vasken, vil overføres til enten patienters hænder eller bar hud og medføre infektion, eller til personalets eller besøgendes hænder og herefter overføres til patienten.
  3. Overførsel fra bruser til sår, slimhinder og øjne ved badning.  
Risikoen for infektion ved direkte overførsel fra vandet vil afhænge af koncentrationen af *P. aeruginosa*. Fritlevende *P. aeruginosa* vil formentlig sjældent forekomme i tilstrækkeligt høje koncentrationer til at give en direkte infektion, med mindre vandet har stået stille i længere tid inden anvendelse. Derimod er der sandsynlighed for, at bruserslange og brusers hoved understøtter vækst i biofilm. Da eksponeringen er højere end i forbindelse med håndvask, vurderes det at risikoen er højere.
  4. Overførsel fra vand eller vandhane til sår, slimhinder og øjne ved håndvask  
Risikoen for infektion ved direkte overførsel fra vandet vil afhænge af koncentrationen af *P. aeruginosa*. Fritlevende *P. aeruginosa* vil formentlig sjældent forekomme i tilstrækkeligt høje koncentrationer til at give en direkte infektion, med mindre vandet har stået stille i længere tid inden anvendelse, mens klumper af biofilm, der kommer med vandet, kan tænkes at indeholde tilstrækkelig mange *P. aeruginosa* til at give en infektion. Det samme gælder for klumper af biofilm fra filtre og komponenter fra vandhanen. Automatiske vandhaner kan indebære en større risiko end manuelle, idet de kan indeholde flere komponenter, der kan understøtte biofilmdannelse. Hvis man drikker vand direkte fra hanen, vil følsomme patienter have en forøget risiko for infektion, da ansigtet kommer tæt på kilden.
  5. Overførsel fra badevand ved ”manuel” vask og pleje af patienter.  
I denne situation vil risikoen afhænge af koncentrationen i det vand, der anvendes til vask af patienterne. Vask omkring katetre og lignende invasivt udstyr vil formentlig give risiko for infektion selv ved lave doser, idet katetrene vil kunne tjene som overflade og evt. også som vækstsustrat for *P. aeruginosa*.
  6. Overførsel fra blomstervaser  
Vand i blomstervaser vil være et relativt velegnet substrat for *P. aeruginosa*, som i løbet af få dage vil kunne vokse op til høje koncentrationer. Hvis vandet skiftes og drypper fra blomsterne på nærliggende overflader, vil det kunne være en smittekilde. Pga. af de gode muligheder for vækst i vandet anses vand i blomstervaser for at give relativt høj smitterisiko, hvis vandet forurenes fra f.eks. vandhanen eller fra blomsterne.
  7. Overførsel fra toilet via sprøjt og aerosoler til sår, slimhinder og øjne.  
Ligesom der sker spredning af vand fra håndvaske, sker der også spredning af vand fra toiletter. En undersøgelse af spredning fra toiletter viste, at *Clostridium difficile* kunne findes i luften omkring toilettet i op til 90 minutter efter skyl, og at der blev spredt mellem 8 og 61 synlige dråber. Et lukket låg reducerede emissionen væsentligt. [44]. Den gram negative bakterie *Serratia marcescens* er vist at blive spredt til gulv og cisterner [43] En almindelig antagelse er, at man indtager 10 µl vand via aerosoler ved et toiletbesøg [60]. Der er således stor risiko for spredning af *P. aeruginosa* fra toiletter, hvis de får lov at vokse op i cisternen, eller hvis de etablerer sig i biofilmen i cisternen eller under kummens kant. Idet hænder og ansigt er tættere på håndvasken end på toilettet, må det dog antages, at risikoen for infektion med *P. aeruginosa* ved direkte eksponering er større ved vask end ved toilet.

8. Overførsel til patient fra forurenede overflader nær toiletter.  
Berøring af forurenede overflader ved nær toiletter vil på samme måde kunne give anledning til overførsel af *P. aeruginosa* til patienter enten direkte til patienten eller via andre. Det må antages, at personale og besøgende berører overflader ved toiletter i mindre grad end overflader ved håndvaske. Vi vurderer derfor, at overførsel fra overflader nær håndvaske indebærer en højere risiko end overflader nær toiletter.
9. Overførsel fra dekorative springvand  
Hvis *P. aeruginosa* overføres til et dekorativt springvand vil den kunne etablere sig og vokse op til høje koncentrationer og spredes til overflader i nærheden, og vil herefter kunne udgøre en smitekilde ved berøring. Det er sandsynligt, at følsomme patienter vil have begrænset kontakt til dekorative springvand i forhold til overflader på stuerne. Det samme vil gælde for personale og besøgende. Det vurderes derfor, at dekorative springvand vil kunne udgøre en smitekilde, men sandsynlighed er mindre end for håndvande og toiletter.

# 5. Behov for udvikling og afprøvning af ny vandteknologi

Det primære formål med projektet er, at afklare behov for ny vandteknologi til brugsvand på hospitaler, som kan minimere risikoen for vandbåren infektion af patienter. På baggrund af den gennemførte risikovurdering er der i det nedenstående opstillet en oversigt over specifikke behov for ny vandteknologi. Oversigten er struktureret efter de potentielt kritiske punkter i hospitalernes brugsvandsystem og de tilknyttede områder, hvor brugsvandet benyttes. Behovet for vandteknologi skal overvejende ses i forhold til afdelinger med immunkompromitterede patienter (afdelinger beskrevet i Afsnit 4.3) – og skal derfor i vidt omfang ses afgrænset til de lokaliteter på hospitalerne, som huser disse afdelinger.

## 5.1 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til hovedledningssystemet for koldt brugsvand

Problematikken omkring hovedledningssystemet for koldt brugsvand er, som beskrevet i Afsnit 4.2.1, områder med lavt flow/stillestående vand og områder, hvor temperaturen er over 12° C. Hospitalerne har store ledningsnet, som ofte er knopskudt og ændret over en årrække, og der er derfor kun begrænset brugbart kortmateriale over nettet. Ligesom vandforbrugsmønstre ændrer sig løbende i takt med, at afdelinger flyttes, og nye aktiviteter kommer til. Dvs. at det ofte vil være et vanskeligt og uoverskueligt arbejde at få overblik over ledningsnettet og de områder, hvor vand står stille, og/eller har en for høj temperatur. Samtidigt aktualiseres sikring af koldt vandstemperaturer yderligere i takt med stigende temperaturer som følge af klimaforandringerne. Der kan forventes flere *Legionella*-tilfælde om sommeren ved stigende middelsommertemperaturer.

På den baggrund har projektet identificeret følgende behov for udvikling og afprøvning af teknologi:

- Enkel og omkostningseffektiv metode til at kortlægge vandledningsnettet, så nettet kan lægges ind i et elektronisk kortsystem (GIS)
- Enkel elektronisk logbog til dokumentation af ændringer af vandledningsnettet, således at kortmaterialet altid er opdateret (fremadrettet)
- Enkel og omkostningseffektiv metode til at kortlægge vandets temperatur, og/eller flow, i de forskellige dele af ledningssystemet. Dermed kan døde ender og områder med for høj temperatur identificeres og udbedres. Mulig teknologi kan være brug af sporstoffer, avancerede og prisbillige flowmålere etc. Se også afsnit 5.5.
- Metoder til at holde koldt vandstemperaturen under 12°C. Det kan f.eks. være nye former for isoleringsmaterialer/-metoder

I forbindelse med nybygning:

- Når ledningssystemet i en ny hospitalsbygning er trykprøvet er det vigtigt, at undgå længere tids henstand inden ibrugtagning med deraf følgende vækst af biofilm i ledningsnettet. Problemet kan afhjælpes via bedre byggestyring således, at nye bygninger tages i brug umiddelbart efter trykprøvningen. Alternativt kan ”skylle-regimer” iværksættes således, at vandet udskiftes dagligt. Begge dele er svære at få gennemført i



praksis i en travl byggeplanlægning. Der er derfor behov for nytænkning med koncepter/fremgangsmåder for at undgå denne uhensigtsmæssige henstand af vand i ledningsnettet ved nybygning af hospitaler.

## 5.2 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til hovedledningssystemet for varmt brugsvand

Problemerne omkring hovedledningssystemet for varmt brugsvand er opsummeret i Afsnit 4.2.1, hvor også de kritiske faktorer, som medfører vækst af biofilm, er beskrevet.

På denne baggrund er der identificeret følgende behov for udvikling og afprøvning af teknologi:

- Enkel og omkostningseffektiv metode til kortlægning ledningssystemet samt vandets temperatur. Jf. ovenstående om koldt brugsvand er kortmaterialet ofte forældet og mangelfuldt. Derfor er der et tilsvarende behov for kortlægning af områder med lavt flow (døde ender m.m.) og for lav temperatur for mange hospitalers varmtvandssystemer. Ny fremgangsmåde (2015) til at anvende temperaturmålinger og –kortlægninger til at risikovurdere gamle ledningssystemer er f.eks. beskrevet i [70]
- Effektiv metode til at holde temperaturen over 50° C alle steder i varmtvandssystemet. *Legionella* og *P. aeruginosa* kan ikke vokse ved temperaturer over 50° C. Det bør testes og afprøves om opvarmning tæt på brugsstedet samt el-tracing er mulige og energieffektive metoder
- Udvikling af rørsystemer og materialer, som ikke giver næring til biofilm
- Effektive metoder til at bekæmpe vækst af biofilm i varmtvandssystemet. Hvis optimal temperatur til effektiv bekæmpelse af *Legionella* i varmtvandssystemet ikke kan opnås, kan der være behov for at bekæmpe vækst af biofilm med andre metoder:
  - Kemisk bekæmpelse med desinfektionsmidler. Der er behov for udvikling af effektive metoder, som samtidigt ikke korroderer ledningssystemet eller medfører nye sundhedsskadelige effekter i form af f.eks. giftige reaktionsprodukter eller nye kritiske patogener. F.eks. har dosering af monochloramin i nogle studier vist sig, at medføre farvorable forhold for opvækst af *Mycobacterium* og øget afsmitning af bly fra installationer. Aspekterne omkring kemisk desinfektion er uddybet i det nedenstående afsnit.
  - Biologisk bekæmpelse. En række undersøgelser har vist, at det muligvis kan lade sig gøre at reducere de opportunistiske patogener ved at tilsætte organismer som udkonkurrerer eller hæmmer de opportunistiske patogener [67]. Tilsvarende at biologisk bekæmpelse i gartnerier kan erstatte pesticider, kan probiotisk behandling af ledningssystemer måske også vise sig at være en effektiv behandling uden de kemiske desinfektionsmidlers ulemper. Et eksempel kan være, at prækolonisere nye ledningssystemer med sunde mikroorganismer, der er i stand til at forhindre vækst af opportunistiske patogener. Dette kan f.eks. ske ved, at man via et granulært aktiv kul-filter kan udså moden og ønsket mikroflora i de nye vandinstallationer. Et andet eksempel kan være, at benytte bakteriofager (bakterievirus) til at bekæmpe *Legionella* og amøber, som huser *Legionella* [67]

### *Kemisk desinfektion*

Desinfektion af brugsvandssystemer i større bygninger er en kompleks problemstilling. Biofilmen kan betragtes som en levende organisme, der ændrer form og tilstand afhængigt af forholdene. Når man starter en kontinuert kemisk lavdosisbehandling af et biofilm-koloniseret ledningssystem, vil det medføre en selektionsproces, hvor nogle bakterier bliver reduceret, nogle vokser frem og andre henstår i dvaletilstand. Erfaringerne med chokbehandling med høje doser af desinfektionsmidler (f.eks. med klordioxid) er, at det giver kortvarig effekt og hurtig genvækst (se f.eks. [12]).

Tabel 5-1 opsummerer resultater fra en tysk test af en række desinfektionsmidler i en laboratorieopstilling med testslanger.

**TABEL 5-1 TEST AF FORSKELLIGE DESINFEKTIONSMIDLERS REDUKTION AF HENHOLDSVIS HETEROTROFE TOTALKIM (CFU) OG TOTALE ANTAL CELLER (TCC) I TESTSLANGER [68]**

Aktiv ingrediens	Dosering	Koncentration	Periode	Reduktion	Reduktion
		mg/l		CFU/cm <sup>2</sup>	TCC/cm <sup>2</sup>
Cl <sub>2</sub> (ECA) <sup>1</sup>	Kontinuert	0,3	70 dage	>6 log	>4 log
Cl <sub>2</sub> (ECA) <sup>1</sup>	Intermitterende	25	6 timer	>6 log	>6 log
ClO <sub>2</sub>	Kontinuert	0,2	70 dage	>6 log	>3 log
ClO <sub>2</sub>	Intermitterende	10	6 timer	>6 log	>1 log
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Ag	Intermitterende	10.000	4 timer	>6 log	<1 log
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + frugtsyre	Intermitterende	10.000	4 timer	>6 log	<1 log
O <sub>3</sub>	Diskontinuert	0,1	14 dage	>6 log	>6 log

1) ECA: Electrochemically activated, 2)

Undersøgelsen viste, at alle desinfektionsmidler, når de bliver brugt korrekt, kan reducere kimtallet (vækst på agar i 7 dage ved 20° C), til under detektionsgrænsen. Men desinfektionsmidlerne kunne, på nær ozonering, ikke tilsvarende reducere det totale antal celler – TCC (Total Cell Count – hvor alle cellers DNA farves og tælles under mikroskop). Og mikroskopering viste, at der fortsat kunne ses biofilmvækst i slangerne, men i en ændret form. CFU målemetoden fanger kun omkring 1% af det totale antal bakterier [68], mens TCC-metoden også fanger døde bakterier og bakterier i dvale. Det er dokumenteret, at *P. aeruginosa* kan skifte til en dvaletilstand (VBNC: Viable But Not Culturable) under ufavorable betingelser. Dvs. at hvis desinfektionsmidlet svigter i en kortere periode, kan patogener forventes at vokse hurtigt frem igen (også fordi bakterierne vil kannibalisere på næring fra døde bakterier [53]), og desinfektion er derfor en blivende foranstaltning. Man kan ikke forvente, at man bliver ”færdig” med desinfektion efter en periode. Et biofilm-koloniseret brugsvandssystem vil altid være koloniseret.

Rigshospitalet konstaterede i 2014 forhøjede koncentrationer af *Legionella* i en af deres sengebygninger og installerede derfor et anlæg til dosering af klordioxid (0,2 mg/l) til varmtvandssystemet. Efter 2,5 måneders drift målte man, at total kim (antal kolonier på blodagar ved 37° C) ved 10 taphaner i bygningen ikke var faldet, men derimod var steget med ca. en faktor 10. Man målte også fortsat *Legionella* i vandet (jf. Afsnit 0). Dette understreger pointen om, at dosering af desinfektionsmiddel til et biofilmkoloniseret ledningssystem er kompleks, og at resultatet kan være uforudsigeligt. Desinfektionsmidlet vil typisk ændre sammensætningen af biofilmen, men ikke fjerne den.

Generelt set skal dosering i forbindelse med kemisk desinfektion ses i forhold til, at desinfektionsmidlet ikke må nå op i koncentrationer, hvor det bliver sundhedsskadeligt for brugerne, herunder skal faren for dannelse af giftige reaktionsprodukter vurderes. Højdosering (chokbehandling) egner sig dårligt til hospitaler, fordi det normalt er vanskeligt at lukke bygninger for brug af vand i en periode. Samtidigt skal man være opmærksom på korrosion i systemet. En koncentration på under 0,2 mg klordioxid/l skulle dog ikke give korrosionsproblemer[68]

Fordele og ulemper ved forskellige kemiske desinfektionsmidler til *Legionella*-bekæmpelse er nærmere evalueret i [71]. Konklusionerne kan kort opsummeres således:

- Kobber-sølv ioner. Kobber og sølv ioner doseres til det varme vand i doser på 0,2-0,8 mg kobber ioner/l og 0,01-0,08 mg sølv ioner/l. Metoden betegnes af forfatterne, som den bedst dokumenterede og mest effektive metode til *Legionella*-bekæmpelse på hospitaler i

- dag. Ulempen er, at grænseværdien for afledning af kobber med spildevand til kloak i Danmark er 0,1 mg/l, da kobber er stærkt toksisk overfor vandlevende organismer [72]
- Klordioxid. Klordioxids effektivitet er ikke fuldt tilstrækkeligt dokumenteret, men man er optimistisk i forhold til at udfordringerne med klordioxid vil blive overvundet. Man anbefaler det på nuværende tidspunkt til mindre systemer hvor virkningsgraden kan være høj, hvor der benyttes ikke-galvaniserede rør og det organiske indhold til vandet er lavt. Flere studier om effektivitet efterlyses.
  - Monokloramin. Monokloramin beskrives som et lovende desinfektionsmiddel, da det er mere stabilt og derfor kan trænge længere ind i biofilm end klordioxid og kobber-sølv-ioner. Langtidsstudier af effektivitet mangler. Af ulemper fremhæves, at on-site produktionen kan være vanskelig, og at der er målt øget forekomst af mycobakterier og øget afsmitning af bly fra rørsystemer. Andre studier dog har ikke kunnet påvise øget forekomst af mycobakterier [81]
  - Chok-klorering. Chok-klorering betegnes som den dyreste og mest upålidelige desinfektionsmetode. Der sker en utilstrækkelig indtrængen i biofilm i rørsystemerne, kraftig korrosion og dannelse af carcinogene reaktionsprodukter.

Omkring brug af kemiske desinfektionsmidler bør man også være opmærksom på Biocidforordningen[4]. Brug af biocider til desinfektion af vand er i dag underlagt Biocidforordningen. Biocidforordningen foreskriver at alle aktivstof-biocider skal være godkendt af EU's kemikaliestyrelse (ECHA). Dette omfatter også fx klordioxid, som produceres onsite. Både aktivstoffet og anvendelsen af aktivstoffet i den specifikke funktion skal være godkendt. Og leverandøren skal kunne dokumentere at man er i besiddelse af en sådan godkendelse, hvis brug af desinfektionsmidlet skal være lovligt indenfor EU.

### **5.3 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til vandarmaturer og de sidste metre inden tapstedet**

De sidste metre inden tapstederne er de mest kritiske dele af ledningssystemet pga. af henstand, lunkent vand og forekomst af mange ikke-metalliske materialer. Alle sammen forhold som giver gode betingelser for biofilm-vækst. De kritiske faktorer for vækst af biofilm i vandarmaturer og de sidste metre inden tapstedet er nærmere beskrevet i Afsnit 4.2.2.

På denne baggrund er der identificeret følgende behov for udvikling og afprøvning af teknologi:

- Design af sengestuer/behandlingsrum, som medfører at sjældent benyttede og overflødige vandhaner fjernes. Sjældent benyttede og overflødige vandhaner bør afskaffes, og fremføringen af vand bør afblændes helt tilbage til en hovedledning med jævnlige forbrug/cirkulation for at forhindre, at der opstår døde ender.
- Udvikling af automatiske skylregimer for vandhaner. Jævnlig skyl (dvs. dagligt) er effektivt til at holde kimtallet nede i brugsvandet og kan derfor gennemføres for de vandhaner, som ellers benyttes sjældent (jf. Afsnit 4.2.2 om automatiske vandhaner er f.eks. ugentlige skyl ikke tilstrækkeligt til at holde kimtallene nede).
- Udvikling af temperatur-styret rørføring og armaturer. Da de vigtigste patogene vandbakterier er mesofile med optimal vækst fra 20 til 45 °C, kan det være effektivt at sørge for, at stillestående vand i armaturer, tilførselsslanger m.m. aldrig bliver over f.eks. 12 °C, og at det varme vand aldrig bliver under 50°C. Det kan derfor være et mål, at udvikle et sådan system som via skylning eller opvarmning/køling (el-tracing) kan sikre temperaturerne.
- Udvikling af simple armaturer med metalrørføring. Komplekse armaturer med mange plast- og gummikomponenter, samt bløde slanger til armaturet, medfører øget vækst af biofilm. F.eks. har magnetventil blokke af plastik vist sig at medføre vækst af biofilm (jf. [38] og Afsnit 4.2.2). Helt simple armaturer med overvejende metalkomponenter og rørføring er at foretrække.

- Udvikling af perlatorer/luftblandere, som ikke (eller i begrænset omfang) koloniseres med biofilm. Det skal i denne sammenhæng bemærkes, at løbende skift af samme type perlatorer ikke alene kan forhindre forekomst af *P. aeruginosa* – selvom undersøgelser har vist, at det er disse komponenter i armaturer, som i huser de største forekomster. Udskiftede perlatorer vil hurtigt blive re-koloniseret, da hele armaturet typisk er koloniseret.
- Udvikling af prisbillige point-of-use filtre til vandhaner og brusere. Point-of-use filtre med 0,2 µm filtrering er vist effektive i projektet (se afsnit 3.3) og flere andre undersøgelser (se f.eks. [23]). Prisen er i dag omkring 300 kr for et filter/bruserenhed, der skal udskiftes hver eller hver anden måned. Der er behov for udvikling af prisbillige alternativer, som dokumenteret renser effektivt, holder længere end én til to måneder og ikke forurenes udvendigt (sidstnævnte kan være årsag til spredning af patogener fra et ellers effektivt filter).  
En ekstra bonus ved brug af point-of-use-filtre er, at de kan benyttes til at producere bakteriefrit drikkevand til de immunkompromitterede patienter frem for at benytte dyrt certificeret flaskevand. Det sker f.eks. på Herlev Hospital i dag (jf. Afsnit 2.4)
- Udvikling af bruseslanger, som ikke koloniseres med biofilm. Bruseslanger er almindeligt kendt som kritiske områder for vækst af biofilm, og de varmedesinficeres derfor også i flere tilfælde, før følsomme patienter skal bades [54]. Der afprøves også løbende, på f.eks. Rigshospitalet, alternative bruseslanger, som begrænser vækst af biofilm (som alternativ til de omkostningstunge filter-løsninger). Man bør i denne sammenhæng være opmærksom på, at bruseslanger, som automatisk tømmes for vand via drænventil, frarådes af Health and Safety Executive i Storbritannien, da disse slanger kan understøtte vækst af *Legionella* [19]
- Udvikling af robust protokol til test af armaturer f.eks. med ved hjælp af standardiserede koncentrationer af *Legionella* og *P. aeruginosa*, faste henstandstider etc. Se eksempel på testprotokol i [80]. En sådan protokol vil kunne skabe grundlaget for en kvalificeret efterspørgsel af ny vandteknologi fra hospitalerne.

#### 5.4 Behov for udvikling og afprøvning af ny teknologi til vaske, afløb, brusenicher og toiletter

De områder som ofte bliver våde, eller hvor vand henstår, er - jf. Afsnit 0 - kritiske områder i forhold til vækst af biofilm, og udgør derfor potentielle reservoirer for kritiske patogener. De steder, hvor det specielt er sandsynligt, at noget går galt, og smittevejene er beskrevet i Afsnit 4.4.

Med hensyn til afløb fra vaske, brusenicher m.m. er der den særlige problemstilling, at biofilmen i afløbet må forventes konstant at være koloniseret med kritiske stammer af patogener som f.eks. multiresistente *P. aeruginosa*. Undersøgelser viser, at selv et år efter et udbrud kan specifikke udbrudsstammer forsat måles i biofilm i afløbene fra hospitalsrum (jf. Afsnit 0). Og forsøg med kemisk desinfektion af afløbsrør/vandlås viser, at disse interventioner er vanskelige/besværlige at gennemføre, og ikke har varig effekt (hurtig rekolonisering). Derfor betragtes det i dette projekt som et vilkår, at afløbssystemet er koloniseret med kritiske patogener. Derfor fokuserer projektet på behov for udvikling og afprøvning af teknologi til at begrænse/eliminere eksponering af patienter med bakterier fra afløbssystemet fremfor at sigte på at ”rense” afløb, vandlås og kloakker.

På ovenstående baggrund kan der identificeres følgende behov for udvikling og afprøvning af teknologi:

- Design af håndvaske (herunder armatur og afløb/vandlås), som minimerer sprøjt fra vask under brug og minimerer mulighed for kolonisering af vandhane under brug (f.eks. ved placering af sæbe over vandhane som medfører, at der dryppes på vandhanen under brug). Et eksempel på nyt design af en håndvask er vist i Figur 5-1. Bemærk at afløbet er placeret i bagkanten således, at der ikke sker sprøjt her fra afløbets biofilm.



FIGUR 5-1 NY-DESIGNET HÅNDVASK FRA NORDIRSK HOSPITAL (BELFAST HEALTH AND SOCIAL CARE TRUST) [61]

- Design af brusenicher/badekar, hvor risiko for opstuvning/tilstopning er minimeret. Opstuvning medfører, at afløbets patogener bliver opblandet i badevandet (typisk ved brug af bruser på fuld styrke). Endvidere kan afløb fra badekar forurene badevandet, hvis afløbet ikke aflukkes/forsegles i toppen ved opfyldning. Erfaringer fra USA viser, at fejlagtigt designede afløb kan overføre *P. aeruginosa* til badevandet (jf. Afsnit 0)
- Design af toiletter, som minimerer vækst af biofilm i cisterne og i skål (f.eks. uden ”skyllekant” som typisk huser biofilm og er besværlig at rengøre) og minimerer sprøjt med vanddråber og aerosoler ved skyl. Toilettyper med automatiske låg eller mekanismer, der tvinger brugeren til at lukke låget kunne også være en løsning. Optimeret design af toiletter vil også reducere risikoen for spredning af fækale patogener.
- Indretning af kloakrør og daglig drift som forhindrer tilstopning. F.eks. udvikling af kloakrør/faldstammer, som minimerer risiko for tilstopning og afprøvning af nyt udstyr (f.eks. papirservietter, som ofte utilsigtet ender i kloak), som ikke medfører tilstopning. Man bør også være opmærksom på mulig tilstopning ved drift med nyopstillede maceratorer til papbækkerner/-kolber

## 5.5 Behov for udvikling og afprøvning af nye analyse- og kortlægningsmetoder

Hurtige og prisbillige analyser for de opportunistiske patogener vil være et nyttigt værktøj i forhold til kortlægning og risikovurdering af vandkvaliteten i vandsystemer. Traditionelle mikrobiologiske analyser strækker sig over flere dage op til uger, da de er baseret på vækst på agar og efterfølgende tælling af kolonier. Hurtige og billige analyser er en vigtig forudsætning for at komme effektivt videre med de behov for udvikling og test af teknologier, som er beskrevet i de foregående afsnit. Men nye analysemetoder er også et teknologiudviklingsområde i sig selv, som kan tages i brug på hospitalerne.

Man kan dele behovene for analyser efter deres formål:

- Diagnose af systemet med henblik på at gennemføre en risikovurdering og træffe beslutninger om og hvordan der skal inter文eres
- Metoder til at overvåge implementering af interventionerne
- Metoder til at overvåge om interventioner virker efter implementering

Metoderne kan være:

- Generelle mikrobiologiske analyser i stil med kimtal og Bactiquant (BQ)
- Specifikke analyser for patogener
- Ikke-mikrobielle metoder, der detekterer andre parametre, som f.eks. kan anvendes som operationelle parametre.

#### *Behov for udvikling og afprøvning af metoder til generel bestemmelse af kimtal/bakteriel aktivitet*

De generelle metoder kan give en indikation af den generelle mikrobiologiske tilstand i ledningsnettet. Projektets undersøgelser har vist, at der er forøget sandsynlighed for tilstedeværelse af *Legionella* hvis BQ tallet er højt. Der er behov for gennemførelse af udvidede undersøgelser til at vurdere anvendelsen af BQ og andre generelle metoder, som hurtig indledende diagnose af, om der kan være problemer, og hvor hotspots er, herunder om det er tapstedet eller systemet der er forurenet.

Der kunne f.eks. være tale om udvikling eller tilpasning af metoder til bestemmelse af biofilm.

#### *Behov for udvikling og afprøvning af metoder til bestemmelse af specifikke patogener*

For at gennemføre en tilbundsående risikovurdering af *Legionella* er der behov for adgang til hurtig bestemmelse af serogruppe og MAb type, idet de har forskellig virulens. Hurtigmetoder til bestemmelse af *Legionella* serogruppe og MAb type vil derfor være meget velkomne.

Med hensyn til *P. aeruginosa* har projektet afprøvet hurtigmetoden Pseudalert fra Idexx til detektion i vandprøver og i biofilm i bruserslange. Testen viste, at Pseudalert ikke er egnet til analyse af prøver med høj forekomst af andre bakterier (som det f.eks. er tilfældet i biofilm i bruserslanger) pga. af falske positive resultater. Der er derfor behov for udvikling og afprøvning af metoder til hurtig detektion af *P. aeruginosa* i vaske, slanger, haner og andre installation.

#### *Behov for udvikling af metoder til identifikation af kritiske områder, hvor der skal interveneres for at forbedre vandkvaliteten.*

For at gennemføre en effektiv intervention mod dårlig vandkvalitet (for både koldt og varmt vand) skal vandkvalitetens geografiske fordeling kendes. Da vandkvaliteten og måleresultatet på det enkelte tapsted er afhængigt af forbruget, skal man kende forbruget (hvor meget og hvornår) for at tilrettelægge et effektivt måleprogram. Der er derfor behov for billige vandmålere, der kan detektere vandforbrugene i på de enkelte tapsteder på hele afdelinger. Der er indvidere behov for etablering og afprøvning af principper for opstilling effektive måleprogrammer, som i kombination med eksisterende eller nyudviklede analysemetoder, kan give størst mulig chance for, at interventioner bliver succesfulde.

#### *Behov for udvikling og afprøvning af ikke-mikrobielle metoder*

Projektet har identificeret sprøjt og aerosoldannelse fra vaske m.m. som en faktor i spredningen af vandbårne patogener. Der er derfor behov for en metode til at afgøre i hvilket omfang sprøjt fra vaske, toiletter, brusere m.m. er kritiske. Mulige metoder kan være udlægning af materiale der opfanger og tydeliggør sprøjt, luft analyser og videooptagelser, herunder også bestemmelse af aerosol størrelsesfordeling.

#### *Behov for effektive metoder til overvågning af interventioner mod Legionella*

Desuden er der behov for effektive metoder og systemer til overvågning af f.eks. frit klor, temperatur, eller andre relevante parametre i ledningsnet til gennemførelse, overvågning og dokumentation af effektive interventioner mod *Legionella*.

# Referencer

- [1] Exner, M., Kramer, A., Lajoie, L., Gebel, J., Engelhart, S., Hartemann, P. 2005. Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. *American Journal of Infection Control*. 33, 5 SUPPL. 1, S26-S40
- [2] Pruden, A., Edwards, M. A. and Falkinham III, J.O. 2013 State of the Science and Research Needs for Opportunistic Pathogens in Premise Plumbing. Water Research Foundation, Denver, Co, USA. [www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4379.pdf](http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4379.pdf)
- [3] Beauté, Julien; Robesyn, Emmanuel; de Jong, Birgitta; Coulombier, Denis; Hallström, Lara Payne; Takkinen, Johanna; Ursut, Dana; Zucs, Phillip. 2014. Legionnaires' disease in Europe, 2012. European Centre for Disease Prevention and Control. Stockholm. <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/legionnaires-disease-surveillance-2012.pdf>
- [4] Biocidforordningen. Forordningen om biocidholdige produkter (forordning (EU) nr. 528/2012)
- [5] Boshuizen HC, Neppelenbroek SE, Van Vliet H, Schellekens JFP, Den Boer JW, Peeters MF, et al. Subclinical Legionella infection in workers near the source of a large outbreak of legionnaires disease. *Journal of Infectious Diseases* 2001;184(4):515-518.
- [6] Armstrong TW, Haas CN. Legionnaires' disease: Evaluation of a quantitative microbial risk assessment model. *Journal of Water and Health* 2008;6(2):149-166.
- [7] Whiley H, Keegan A, Fallowfield H, Ross K. 2014. Uncertainties associated with assessing the public health risk from Legionella. *Frontiers in Microbiology* 2014;5(SEP)
- [8] Bouwknegt M, Schijven JF, Schalk JAC, de Roda Husman AM. Quantitative risk estimation for a Legionella pneumophila infection due to whirlpool use. *Risk Analysis* 2013;33(7):1228-1236.
- [9] Olsen D, Jeppesen VF, Bagge L. Undersøgelse for Legionella i drikkevand. Miljørapport nr. 994. Miljøstyrelsen; 2005
- [10] Declerck P. Biofilms: the environmental playground of Legionella pneumophila. *Environmental Microbiology* 2010;12(3):557-566.
- [11] Azuma K, Uchiyama I, Okumura J. Assessing the risk of Legionnaires' disease: The inhalation exposure model and the estimated risk in residential bathrooms. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 2013;65(1):1-6
- [12] SSI. Legionella i varmt brugsvand. Statens Serum Institut; 2000
- [13] EWGLI. EWGLI Technical Guidelines for the investigation, control and prevention of travel associated Legionnaires' disease; 2011
- [14] DS2451-12:2012. Styring af infektionshygiejne i sundhedssektoren - Del 12: Krav til procedurer på tandklinikker.
- [15] Pettersen JE. Forebygging av Legionellasmitte - en veiledning. 3. utgave. Vann Rapport 118.; 2012. Folkehelseinstituttet.
- [16] VHA. Prevention of healthcare-associated Legionella disease and scald injury from potable water distribution systems. Washington, DC: Veterans Health Administration; 2014

- [17] More M, Sheldon S. Updated Cuidelines for the Control of Legionella in Western Pennsylvania; 2014
- [18] HSE. Legionnaires' disease. The control of Legionella in water systems. Approved code of practice and guidance on regulations. Part 1. L8. In. 4 ed; 2013
- [19] HSE. Legionnaires' disease. The control of Legionella in water systems. Approved code of practice and guidance on regulations. Part 2. L8. 2014
- [20] Roser DJ, van den Akker B, Boase S, Haas CN, Ashbolt NJ, Rice SA. Dose–response algorithms for water-borne *Pseudomonas aeruginosa* folliculitis. *Epidemiology & Infection* 2014;FirstView:1-14
- [21] Bartram J, Chartier Y, Lee JV, Pond K, Surman-Lee S, editors. Legionella and the prevention of legionellosis: WHO; 2007.
- [22] Nielsen SL, Pedersen C, Jensen TG, Gradel KO, Kolmos HJ, Lassen AT. Decreasing incidence rates of bacteremia: A 9-year population-based study. *Journal of Infection* 2014;69(1):51-59.
- [23] Loveday HP, Wilson JA, Kerr K, Pitchers R, Walker JT, Browne J. Association between healthcare water systems and *Pseudomonas aeruginosa* infections: A rapid systematic review. *Journal of Hospital Infection* 2014;86(1):7-15.
- [24] RÅDET FOR DEN EUROPÆISKE UNION. RÅDETS DIREKTIV 98/83/EF af 3. november 1998 om kvaliteten af drikkevand. In. De Europæiske Fællesskabers Tidende 1998. p. L 330/32.
- [25] Danmap. DANMAP 2013 - Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark: Statens Serum Institut. National Veterinary Institute, TUD. National Food Institute, TUD.; 2013.
- [26] Venier AG, Leroyer C, Slekovec C, Talon D, Bertrand X, Parer S, et al. Risk factors for *Pseudomonas aeruginosa* acquisition in intensive care units: A prospective multicentre study. *Journal of Hospital Infection* 2014;88(2):103-108.
- [27] <http://qmrwiki.msu.edu>
- [28] Dr Mike Weinbren - Legionella and Pseudomonas in a new hospital water system, Liverpool on 6th February 2014, (<http://vimeopro.com/convenus/specialist-masterclass-liverpool/video/86515850>)
- [29] Rigshospitalet Infektionshygiejnisk Enhed. Årsberetning 2012.
- [30] <http://www.bbc.com/news/uk-northern-ireland-16645597>
- [31] <http://www.bbc.com/news/uk-northern-ireland-17627635>
- [32] RQIA. Independent Review of Incidents of *Pseudomonas aeruginosa* Infection in Neonatal Units in Northern Ireland. Final Report. May 2012.
- [33] Health Protection Agency. Investigation of *Pseudomonas aeruginosa* on biofilms in water tap assemblies from neonatal units in Northern Ireland. May 2012
- [34] Personlig samtale med hygiejnesygeplejerske Rie Mikkelsen. 13.01.2015.
- [35] Hvidovre Hospital. Brugsvandsinstallationen. Registrering af Legionella og Pseudomonas. Tilstandsvurdering af rørinstallation. Marts 2012. Revision maj 2013. Udarbejdet af Grontmij.
- [36] Merrer J. *et al.* Should electronic faucets be used in intensive care and hematology units? *Intensive Care Med* (2005). 31: 1715-1718.



- [37] CEI-NYT Information fra Central Enhed for Infektionshygiejne. Elektroniske håndfri vandhaner. CEI-NYT nr. 124 februar 2013
- [38] Suchomel M. *et al.* Influence of pre- and post-usage flushing frequencies on bacterial water quality of non-touch water fittings. *BMC Infectious Diseases* 2013, 13:402.
- [39] SHEA. Electronic Faucets Unsafe for Use in High-Risk patient Hospital Settings. Study Shows Automatic Faucets Carry High Levels of Bacteria. March 2011.
- [40] Personlig samtale med overlæge Jette Bangsborg, Klinisk Mikrobiologisk Afdeling Herlev Hospital. 22.01.2015.
- [41] Personlig samtale med hygiejnesygeplejerske Dorte Buhl, Klinisk Mikrobiologisk Afdeling Herlev Hospital. 22.01.2015.
- [42] Statens Serum Institut, <http://www.ssi.dk/Smitteberedskab/Infektionshygiejne/Overvaagning/Praevalensundersogelser/FAQ%20vedr%20praevalensundersogelser.aspx>
- [43] Barker J, Jones MV. 2005. The potential spread of infection caused by aerosol contamination of surfaces after flushing a domestic toilet. *Journal of Applied Microbiology*;99(2):339-347.
- [44] Best EL, Sandoe JAT, Wilcox MH. 2012. Potential for aerosolization of *Clostridium difficile* after flushing toilets: the role of toilet lids in reducing environmental contamination risk. *Journal of Hospital Infection*;80(1):1-5.
- [45] Knoester M, de Boer MGJ, Maarleveld JJ, Claas ECJ, Bernards AT, de Jonge E, et al. An integrated approach to control a prolonged outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* in an intensive care unit. *Clinical Microbiology and Infection* 2014;20(4):O207-O215.
- [46] Johansson E, Welinder-Olsson C, Gilljam M. Genotyping of *Pseudomonas aeruginosa* isolates from lung transplant recipients and aquatic environment-detected in-hospital transmission. *APMIS* 2014;122(2):85-91.
- [47] Rogues AM, Boulestreau H, Lashéras A, Boyer A, Gruson D, Merle C, et al. Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. *Journal of Hospital Infection* 2007;67(1):72-78.
- [48] Vallés J, Mariscal D, Cortés P, Coll P, Villagrà A, Díaz E, et al. Patterns of colonization by *Pseudomonas aeruginosa* in intubated patients: A 3-year prospective study of 1,607 isolates using pulsed-field gel electrophoresis with implications for prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Medicine* 2004;30(9):1768-1775.
- [49] Hines SA, Chappie DJ, Lordo RA, Miller BD, Janke RJ, Lindquist HA, et al. Assessment of relative potential for *Legionella* species or surrogates inhalation exposure from common water uses. *Water research* 2014;56(0):203-213
- [50] Foredrag ved Søren Uldum, SSI. Waterborne infection Master Class. Rotunden Nimp Hotel, København 29.01.2014
- [51] Department of Health. Water systems. Health Technical Memorandum 04-01: Addendum. *Pseudomonas aeruginosa* – advice for augmented care units. March 2013.
- [52] Weinbren, Mike. *Pseudomonas* and hospital water systems. Indlæg på Waterborne Infection Masterclass i Liverpool. 6. Februar 2014.
- [53] Flemming, Hans – Curt. The last metres before the tap where drinking water is at risk. Indlæg på Waterborne Infection Masterclass i Liverpool. 6. Februar 2014
- [54] Rigshospitalet, Infektionshygiejnisk Enhed (IHE). Årsberetning 2007.

- [55] Bert, F *et al.* Multi-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreak associated with contaminated tap water in a neurosurgery intensive care unit. *Journal of Hospital Infection* (1998) 39: 53-62.
- [56] Breathnach, A. S. *et al.* (2012). Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* outbreaks in two hospitals: association with contaminated hospital waste-water systems. *Journal of Hospital Infection* 82 (2012) 19-24.
- [57] Hota, S. *et al.* Outbreak of Multidrug-Resistant *Pseudomonas aeruginosa* Colonization and Infection Secondary to Imperfect Intensive Care Unit Design *Infection Control and Hospital Epidemiology*, January 2009, Vol. 30, No 1.
- [58] Ghadakpour M, Bester E, Liss SN, Gardam M, Droppo I, Hota S, et al. Integration and Proliferation of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 in Multispecies Biofilms. *Microbial ecology* 2014;68(1):121-131.
- [59] Voor AF, Severin JA, Lesaffre EMEH, Vos MC. A systematic review and meta-Analyses show that carbapenem use and medical devices are the leading risk factors for carbapenem-resistant *pseudomonas aeruginosa*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2014;58(5):2626-2637
- [60] EPHC, NRMCM, AHMC. National Water Quality Management Strategy Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 1). 2006
- [61] Mccracken, George. The Belfast Experience. Foredrag på MasterClass: Maintaining safe water systems – the ongoing battle. 29. Januar 2015. København.
- [62] Berroune, YF. *et al.* Outbreak of Severe *Pseudomonas aeruginosa* Infections Caused by a Contaminated Drain in a Whirlpool Bathtub. *Clinical Infectious Diseases*. 2000; 31:1331-7.
- [63] King MF, Noakes CJ, Sleight PA, Camargo-Valero MA. Bioaerosol deposition in single and two-bed hospital rooms: A numerical and experimental study. *Building and Environment* 2013;59(0):436-447.
- [64] King MF, Noakes CJ, Sleight PA. The role of surfaces in the transmission of bioaerosols from source to patient in hospital single and two-bed rooms. In: *Indoor Air 2014 - 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*; 2014; 2014. p. 673-679.
- [65] Lopez GU, Gerba CP, Tamimi AH, Kitajima M, Maxwell SL, Rose JB. Transfer efficiency of bacteria and viruses from porous and nonporous fomites to fingers under different relative humidity conditions. *Applied and environmental microbiology* 2013;79(18):5728-5734.
- [66] Makin, Tom. Waterborne pathogens in Healthcare premises. Foredrag på Waterborne Infection Masterclass: Maintaining safe water systems – the ongoing battle. 29. Januar 2015. København.
- [67] Wang H, Edwards MA, Falkinham JO, Pruden A. Probiotic approach to pathogen control in premise plumbing systems? A review. *Environmental Science and Technology* 2013;47(18):10117-10128.
- [68] Lenz, J *et al.* Verification of the efficiency of chemical disinfection and sanitation measures in in-building distribution systems. *Int. Journal of Hygiene and Environmental Health* 213 (2010) 198-203.
- [69] Personlig korrespondance med Maskinmester Jakob Joensen. September 2014.
- [70] Bédard, E *et al.* Temperature diagnostic to identify high risk areas and optimize *Legionella pneumophila* surveillance in hot water distribution systems. *Water Research* 71(2015) 244-256.

- [71] Lin, Yusen E., Controlling Legionella in Hospital Drinking Water: An Evidence-based Review of Disinfection Methods. *Infection Control And Hospital Epidemiology*. February 2011, Vol. 32, No 2.
- [72] Miljøstyrelsen. Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2 2006.
- [73] Rigshospitalet, Infektionshygiejnisk Enhed (IHE). Årsberetning 2012.
- [74] Andersen, Leif percival *et al.* Water-borne pathogens and control of water. IHE Rigshospitalet. Poster. 2013.
- [75] Rigshospitalet, Infektionshygiejnisk Enhed (IHE). Årsberetning 2009.
- [76] *Comparison of cultural methods for the recovery of Pseudomonas aeruginosa: the UNI EN ISO 16266 reference method and the alternative method Pseudalert* ®. Semproni, M., Briancesco, R., Giampaoli, S., Gianfranceschi, G., Paradiso, R., Romano Spica, V., Valeriani, F., Bonadonna, L. jan. - feb. 2014, *Ann Ig.* jan.-feb. 26 (1): 110-8. doi: 10.7416/ai.201.1963.
- [77] Miljøministeriet. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Bekendtgørelse Nr. 292 af 26.03.2014
- [78] <http://www.mycometer.dk/content/dk/bactiquant%C2%AE/resultatkategorier>
- [79] Nationale Infektionshygiejniske Retningslinjer for Tandklinikker. Central Enhed for Infektionshygiejne 1.1 udgave 2015
- [80] Miljøstyrelsen. Forsøgsprotokol for større vandbehandlingsanlæg: <http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2006/87-7052-147-6/html/helepubl.htm>
- [81] Baron JL, Harris JK, Holinger EP, Duda S, Stevens MJ, Robertson CE, et al. Effect of monochloramine treatment on the microbial ecology of Legionella and associated bacterial populations in a hospital hot water system. *Systematic and Applied Microbiology* 2015;38(3):198-205.
- [82] Hügler M. *et al.* *Growth Properties of Pseudomonas aeruginosa in drinking water distribution systems*. Presentation at WaterMicro 2015, Lisbon, Portugal. 15.09.2015.

## Bilag 1: Analysemetoder

### Bactiquant

Bactiquant er en hurtigmetode til kvantifikation af bakterier i vand. Metoden er baseret på detektion af et enzym specifikt til bakterier, som efter reaktion med et substrat kan måles ved fluorescens.

Først filtreres vandprøverne gennem en Millipore 0,22 PES lukket filterenhed, hvor bakterierne opsamles på membranens overflade. Dette gøres ved hjælp af en manifold, hvor der filtreres med sug, som vist på Figur B1- 1. Efter filtrering mættes membranen med et enzymsubstrat, som reagerer med enzymer i bakterierne og danner et fluorescerende stof. Den anvendte reaktionstid med substratet er 30 minutter. Når reaktionstiden er foregået, måles fluorescensen af hver prøve. Der måles også fluorescens på en kontrolprøve bestående af substrat, og denne baggrundsfluorescens trækkes fra de øvrige fluorescensresultater. Fluorescensmålingerne omregnes til et BQ-tal/250 ml ved hjælp af et regneark, som tager hensyn til temperatur, inkubationstid og prøvolumen.



FIGUR B1- 1 ANALYSER MED BACTIQUANT METODEN. TIL VENSTRE SES PRØVER, DER LIGE ER BLEVET FILTRERET. TIL HØJRE SES FLUORESCENSMÅLEREN OG PRØVERNE.

### Konventionel dyrkning

Til den konventionelle dyrkning af prøver skal prøverne først filtreres. Filtreringsprocessen er vist på Figur B1- 2. 100 ml prøve filtreres gennem et 0,22 µm filter ved brug af en Millipore pumpe. Når prøven er kørt gennem filtret, skæres filtret fri med en steril skalpel, foldes ved hjælp af en steril pincet og overføres til et 50 ml sterilt Nuncrør med 10 ml Milli-Q vand. Derefter rystes nuncrøret med prøven i minimum 30 sekunder på en vortexmixer for at frigøre eventuelle *Legionella* bakterier fra amøber.



FIGUR B1- 2 FILTRERING AF PRØVER TIL KONVENTIONEL DYRKNING.

Efter filtreringen pipetteres prøven ud på agarplader, to blodplader (5 % hesteblood) og to MWY Legionella plader, og udstryges. På den ene blodplade afpipetteres 100 µl prøve og på den anden 1000 µl prøve. Der afpipetteres 500 µl på hver MWY plade. Figur B1- 3 viser udstrygning af

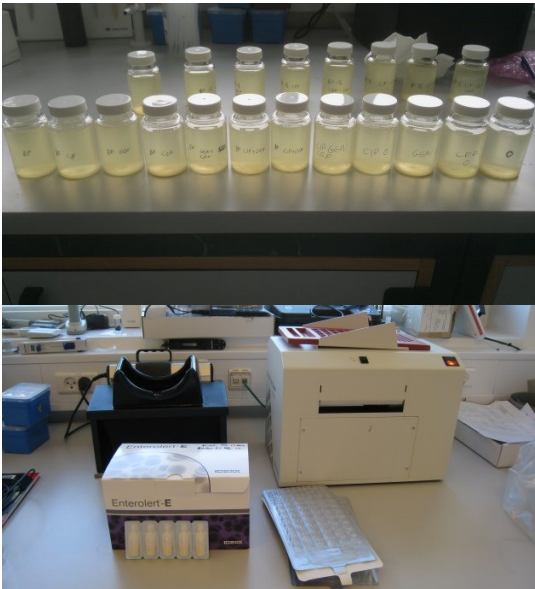
prøverne på agarplader. Efter udstrygning inkuberes pladerne i 72 timer ved 37 grader, hvorefter kolonierne tælles og omregnes til kolonier per liter. Detektionsgrænsen for analyserne er 100 CFU/L.



FIGUR B1- 3 UDSTRYGNING AF PRØVE PÅ AGARPLADER

### Pseudalert

Pseudalert er en metode til bestemmelse af *Pseudomonas aeruginosa*. Metoden er udviklet af IDEXX ([www.idexx.com](http://www.idexx.com)). IDEXX leverer et selektivt medium, som indeholder et substrat, der kløves af et enzyme, der er specifikt for *Pseudomonas aeruginosa*. Ved kløvningen dannes en fluorescerende farve. Analysen foregår ved at mediet hældes i prøven. Efter opløsning overføres prøven til en pose med 49 store og 48 små brønde. Posen inkuberes i 24 timer ved 38 °C. Fluorescerende brønde er positive. Der kvantificeres ved MPN ud fra antallet af positive brønde. Pseudalert er sammenlignelig med ISO 16256 ([www.idexx.com](http://www.idexx.com), (1)).



FIGUR B1- 4 PSEUDALERT MEDIUM, MPN-POSE OG UDSTYR TIL FORSEJLING AF POSE OG AFLÆSNING AF RESULTAT UNDER UV-BELYSNING. PRØVER TILSAT MEDIUM.

**Bilag 2: Analyseresultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet**

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet**

Afsnit 2124 og 5051, Rigshospitalet, 11.02.2014

Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L

Prøve nr	Mads nr	Dør nr	Total kim/l	Identifikation	Legionella/l
1 Varmt Vand	528/14H	5301	109000	A: 37 Ps. lign. B: 72 <i>Bacillus sp</i>	1200 Sero gr. 2-14
2	529/14H	5304a	>3000000	Ps. lign.	0
3	530/14H	5307	20300	A: 80 Ps. lign. B: 123 <i>Acinetobacter junii</i>	0
4	531/14H	5309	700	Ps. lign.	52400 Sero gr. 2-14
5	532/14H	5310 Vask i sluse	14200	Ps. lign.	1800 Sero gr. 2-14
6	Udgår				
7	533/14H	5310 Vask bad	504000	Ps. lign.	0
8	534/14H	5310 Brus m/filter	0		0
9	535/14H	5311	448000	Ps. lign.	39200 Sero gr. 2-14
10	536/14H	5314 Vask sluse	260000	Ps. lign.	39200 Sero gr. 2-14
11	Udgår				
12	537/14H	5314 Vask bad	231000	Ps. Lign.	3800 Sero gr. 2-14
13	538/14H	5314 Brus m/filter	0		0
14	539/14H	5320 kontor	32000	A: 317 Ps. lign. B: 3 <i>Acinetobacter pavus</i>	200 Sero gr. 2-14
15	540/14H	5322	640000	Ps. lign.	0
16	541/14H	5324	67000	Ps. lign.	3600 Sero gr. 2-14
17	542/14H	Legestue	504000	Ps. lign.	0
18	543/14H	Porcelæn Vask 12214	18000	A: 9 <i>Acinetobacte junii</i> B: 167 Ps. lign. C: 4 Skimmelsvampe	0
19	544/14H	Stål Vask 12214	26400	Ps. lign.	6400 Sero gr. 2-14
20	545/14H	Luft i rør 12251	20800	Lille stav ikke dyrkbar	3600 Sero gr. 2-14
21	546/14H	12253/12255	14400	A: 40 <i>Acinetobacte junii</i> B: 24 Ps. lign. C: 80 <i>Acinetobacter pavus</i>	0
22	547/14H	Håndvask 12257	10600	Ps. lign.	7000 Sero gr. 2-14
23	548/14H	Køkkenvask 12257	2800	Ps. lign.	1400 Sero gr. 2-14
24	549/14H	Vask stue 12258	436000	A: 29 <i>Bacillus sp.</i> B: 407 Ps. lign.	2400 Sero gr. 2-14
25	550/14H	Vask bad 12258	180000	Ps. lign.	800 Sero gr. 2-14
26	551/14H	Brus 12261	8300	Ps. lign.	0
27	552/14H	Vask stue 12262	36000	Ps. lign.	800 Sero gr. 2-14
28	553/14H	Vask bad	116000	Ps. lign.	5400

Prøve nr	Mads nr	Dør nr	Total kim/l	Identifikation	Legionella/l
		12262			Sero gr. 2-14
29	554/14H	12265	48000	Ps. lign.	21200 Sero gr. 2-14
30	555/14H	Vask stue 12266	128000	A: 44 Skimmelsvampe B: 84 <i>Acinetobacter junii</i>	0
31	556/14H	Vask bad 12266	88000	A: 11 Skimmelsvampe B: 2 koag. neg. kokker C: 71 Ps. lign. D: 4 Coryneforme stave	6600 Sero gr. 2-14

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet**  
**Afsnit 2124 og 5051, Rigshospitalet, 18.03.2014**  
**Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L**

Prøve nr	Mads nr	Dør nr	Total kim/l	Identifikation Bakterier/l	Legionella/l
1	931/14H	5301	416000	Ps lign 37000 Bacillus sp 379000	200
2	932/14H	5304a	47200	Ps lign	7200
3	933/14H	5307	68000	Coryneforme stave 2000 Ps lig 56000 <i>Acinetobacter junii</i> 10000	800
4	934/14H	5309	100	Ps lign	152000
5	935/14H	5310 Vask i sluse	243000	Ps lign 216000 Bacillus sp 27000	4000
6	Udgår				
7	936/14H	5310 Vask bad	400000	Ps lign 368000 Bacillus sp 32000	0
8	937/14H	5310 Brus m/filter	0		0
9	938/14H	5311	832000	Ps lign 768000 Bacillus sp 64000	8000
10	Udgår	5314 Vask sluse			
11	Udgår				
12	Udgår	5314 Vask bad			
13	Udgår	5314 Brus m/filter			
14	942/14H	5320 kontor	16900	Ps lign 5900 Bacillus sp 10700 Streptococcus sp 300	0
15	943/14H	5322	6700	Ps lign 58000 Bacillus sp 9000	18000
16	944/14H	5324	153000	Ps lign 46000 Bacillus sp 107000	600
17	945/14H	Legestue	375000	Ps lign 233000 Bacillus sp 142000	2600
18	946/14H	Porcelæn Vask 12214	195000	Koag neg kok 1000 Ps lign 194000	5400
19	947/14H	Stål Vask 12214	105000	Ps lign	33600
20	948/14H	Luft i rør 12251	20000	Ps lign	1800
21	949/14H	12253/12255	12200	Ps lign	1200
22	950/14H	Håndvask 12257	5300	Ps lign	4400
23	951/14H	Køkkenvask 12257	280000	<i>Acinetobacter junii</i> 10000 Ps lign 270000	1200
24	952/14H	Vask stue 12258	196000	Koag neg kok 7000 Ps lign 189000	2200
25	953/14H	Vask bad 12258	9600	Ps lign	16000
26	954/14H	Brus 12261	576000	Ps lign	0
27	955/14H	Vask stue 12262	122000	Ps lign	14000
28	956/14H	Vask bad 12262	364000	Ps lign	2000
29	957/14H	12265	174000	Ps lign	20800
30	958/14H	Vask stue 12266	162000	Skimmelsvampe 32000 Ps lign 130000	7800



Prøve nr	Mads nr	Dør nr	Total kim/l	Identifikation Bakterier/l	Legionella/l
31	959/14H	Vask bad 12266	94000	Skimmelsvampe 15000 Ps lign 79000	2600
32	960/14H	12267 Hane	475000	<i>Ps lign</i>	20800
33	961/14H	12267 Brus	3600	Streptococcer 100/l Acinetobacter pavus 2600 Ps lign 900	0
34	962/14H	Vask stue 12270	19200	Bacillus sp 4000 Ps lign 15200	0
35	963/14H	Vask bad 12270	11700	<i>Bacillus sp 100</i> Ps lign 11600	5800
36	964/14H	12274	133000	Bacillus sp 42000 Ps lign 91000	4800
37	965/14H	12278	17600	Skimmelsvampe 100 Ps.lign 17500	37200
38	966/14H	Vask stue 12282	752000	Bacillus sp	20000
39	967/14H	Vask bad 12282	276000	Skimmelsvampe 3000 Ps lign 273000	14200
40	968/14H	Vask stue 12286	208000	Ps lign	14000
41	969/14H	Vask bad 12286	544000	<i>Sphingomanas sp</i> 514000 Ps lign 30000	113600
42	970/14H	Vask stue 12290	5100	Ps lign	12000
43	971/14H	Vask bad 12290	6800	<i>Acinetobacter sp 3000</i> Ps lign 3800	3800
44	972/14H	Vask stue 12290a	40400	Ps lign	5400
45	973/14H	Vask bad 12290a	34000	Ps lign	1600
46	974/14H	2	0		0
47	975/14H	3	0		0
48	976/14H	5	0		0

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet  
Hvidovre Hospital, 10.04.2014  
Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L**

Prøve nr	Mads nr	Nr.	Totalkim/l	Identifikation Bakterier/l	Legionella
1	1349/14H	Personalekøkken 580.16.501	400	Ps lign	0
2	1350/14H	Stue brus 520.14.520	0		0
3	1351/14H	Vask 520.14.502	700	Ps lign	0
4	1352/14H	Personale vask 570.16.501	11 200	Ps lign	3000
5	1353/14H	Stue brus 470.17.604	6400	Koag neg kokker 1200 Coryneforme stave 5200	0
6	1354/14H	Giftrum vask 470.16.602	400	Ps lign	400
7	1355/14H	Stue vask 570.17.502	10 600	Acinetobacter junii	0
8	1356/14H	Vask 470.17.604	1400	Ps lign	0
9	1357/14H	Brus 570.17.502	400	Ps lign	5000
10	1358/14H	Køkken vask 520.16.501	300	Bacillus sp 200 Ps lign 100	0

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet  
Hvidovre Hospital, 15.05.2014  
Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L**

Prøve nr	Mads nr	Prøvetagningssted	Totalkim/l	Identifikation Bakterier/l	Legionella
1	1894/14H	60.17.503 Stue håndvask -18- Efter tid	35600/l	Ps lign 17400/l <i>Bacillus sp</i> 18200/l	0/l
2	1895/14H	410.17.606 Skylderum vask i midt Efter tid	12000/l	Ps lign 12000/l	2600/l
3	1896/14H	450.16.603 Rengøringsrum - 4 - Efter tid	2200/l	Ps lign 2200/l	100/l
4	1897/14H	460.15.604 Stue brus -7- Efter tid	4700/l	Koag neg kok 100/l Ps lign 4500/l <i>Bacillus sp</i> 100/l	200/L
5	1898/14H	470.16.620 Gipsrum vask -9- Efter tid	2400/l	Ps lign 2400/l	200/l
6	1899/14H	540.16.501 Afsenderst. Vask -16- Efter tid	1200/l	Ps lign 1200/l	100/l
7	1900/14H	570.16.501 Personalerum -20- Efter tid.	4700/l	Meget lidt materiale, tyk stor stav 600/l Ps lign 4100/l	300/l
8	1901/14H	570.16.503 Personalettoilet -21- Efter tid	12200/l	Ps lign 12200/l	0/l
9	1902/14H	570.17.502 Stue hane -23- Efter tid	3500/l	Ps lign 2600/l <i>Bacillus sp</i> 900/l	200/l
10	1903/14H	570.17.502. Stue brus -24- Efter tid	200/l	Coryneforme stave 200/l	400/l

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet**  
**Opgang 86, Rigshospitalet, 03.07.2014**  
**Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L**

Prøve	Mads	Totalkim/l	Identifikation	Legionella/l
1	8601 venterum midt for Straks	2600/l	Ps lign	7000/l
2	8601 venterum midt for Koldt	1000/l	Ps lign	1000/l
3	8601 venterum midt for Varmt	2200/l	Ps lign	30000/l
4	8622 til venstre patienttoilet straks	23000/l	Ps lign	400/l
5	8622 til venstre patienttoilet Koldt	800/l	Ps lign	0/l
6	8622 til venstre patienttoilet varmt	1100/l	Ps lign	2000/l
7	8642 Skyllerum til højre straks	23000/l	Ps lign 22000/l Koag neg kok 1000/l	4600/l
8	8642 Skyllerum til højre koldt	10200/l	Ps lign	0/l
9	8642 Skyllerum til højre varmt	1600/l	Ps lign	2600/l
10	8652 stue 4 til venstre straks	176000/l	Ps lign	3400/l
11	8652 stue 4 til venstre koldt	1500/l	Ps lign	0/l
12	8652 stue 4 til venstre varmt	900/l	Ps lign	3000/l

**Resultater fra Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet**  
**Afsnit 5051, Rum 5311, Rigshospitalet, 10.07.2014**  
**Analysernes detektionsgrænser er 100 CFU/L**

<b>Prøve</b>	<b>Prøvemateriale</b>	<b>Totalkim/l</b>	<b>Identifikation</b>	<b>Legionella/l</b>
1	Koldt vand straks	88000/l	Ps lign	0/l
2	Koldt vand efter 2 liter	40000/l	Ps lign	0/l
3	Koldt vand efter 6 liter	26000/l	Ps lign	0/l
4	Koldt vand efter 5 min	400/l	Ps lign	0/l
5	Koldt vand uden perlator	3400/l	Ps lign 1400/l Koag neg kok 1200/l	200/l
6	Varmt vand straks	99000/l	Ps lign	86400/l
7	Varmt vand efter 2 liter	36000/l	Ps lign	72000/l
8	Varmt vand efter 6 liter	23000/l	Ps lign	23200/l
9	Varmt vand efter 5 min	1100/l	Ps lign	6600/l
10	Varmt vand uden perlator	400/l	Ps lign	4400/l

### Bilag 3: Analyseresultater fra DHI

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	19,7
Dato:	11-02-2014
Udført af:	cjl
Kunde id:	Rigshospitalet
Kalibrerings batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 % "	
Kalibreringsværdi	59

Prøve Identifikation	Rumtempera (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	vevægt høj v (gram)	Flaskervejgl lav værdi (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
1 528/14H	22	30	60	191	85	106	665	890
2 529/14H	22	30	60	221	86	135	2356	2653
3 530/14H	22	30	60	223	85	138	614	626
4 531/14H	22	30	60	218	86	132	1299	1464
5 532/14H	22	30	60	228	86	142	1662	1760
Udgår						0		
7 533/14H	22	30	60	234	91	143	1647	1731
8 534/14H	22	30	60	219	92	127	3506	4232
9 535/14H	22	30	60	241	91	150	2394	2427
10 536/14H	22	30	60	221	92	129	1766	2062
Udgår						0		
12 537/14H	22	30	60	234	92	142	1547	1633
13 538/14H	22	30	60	211	92	119	301	315
14 539/14H	22	30	60	220	92	128	563	613
15 540/14H	22	30	60	243	92	151	1312	1293
16 541/14H	22	30	60	187	92	95	707	1062
17 542/14H	22	30	60	240	92	148	1745	1776
18 543/14H	22	30	60	233	92	141	858	883
19 544/14H	22	30	60	217	91	126	24308	30017
20 545/14H	22	30	60	243	92	151	16384	16862
21 546/14H	22	30	60	221	92	129	502	534
22 547/14H	22	30	60	210	91	119	383	423
23 548/14H	22	30	107	215	92	123	341	297
24 549/14H	22	30	107	226	91	135	1546	1663
25 550/14H	22	30	107	213	92	121	758	839
26 551/14H	22	30	107	204	92	112	8800	12106
27 552/14H	22	30	107	209	91	118	458	464
28 553/14H	22	30	107	220	92	128	4496	5348
29 554/14H	22	30	107	220	92	128	303	239
30 555/14H	22	30	107	211	91	120	692	760

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	19,7
Dato:	05-02-2014
Udført af:	clj
Kunde id:	IHE
Kalibrerings batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	99

Prøve Identifikation	Rumtempera (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	evæggt høj v (gram)	Flaskevæggt lav værdi (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
31 556/14H	22	30	107	262	92	170	815	650
32 557/14H	22	30	107	226	91	135	1646	1778
33 558/14H	22	30	107	217	91	126	119	15
34 559/14H	22	30	107	231	92	139	937	931
35 560/14H	22	30	107	221	92	129	1035	1122
36 561/14H	22	30	107	227	93	134	8176	9392
37 562/14H	22	30	123	209	92	117	820	929
38 563/14H	22	30	123	208	91	117	923	1067
39 564/14H	22	30	123	208	92	116	3082	3979
40 565/14H	22	30	123	208	92	116	1572	1948
41 566/14H	22	30	123	221	92	129	3451	4024
42 567/14H	22	30	123	224	91	133	1681	1827
43 568/14H	22	30	123	198	92	106	461	497
44 569/14H	22	30	123	220	91	129	1660	1858
45 570/14H	22	30	123	226	92	134	1059	1090
46 571/14H	22	30	123	358	91	267	169	27
47 572/14H	22	30	123	361	92	269	165	24

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	19.7
Dato:	18.02.2014
Udført af:	clj
Kunde id:	Rigshospitalet
Kalibrering batch:	632
STD Værdi	632
+/- 2 %	
Kalibreringsværdi	59

Probe Identification	Rumtemper (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	Fæskeværdi værdi (gram)	Fæskeværdi biværdi (gram)	Vægt værdi (gram)	Almæsværdi (FE)	B0 tal beregnet
1 53281441	5301	30	59	285	91	174	2008	6228
2 53281441	5301a	30		287	92	145	738	725
3 53281441	5307	30	59	287	92	155	978	923
4 53281441	5308	30	59	288	92	130	637	2154
5 53281441	5307bæk i søene	30	59	288	92	184	9223	8746
<b>Udført</b>								
7 53281441	5307bæk bæl	30	59	227	92	135	409	1675
8 53281441	5307bæk n/Bæk	30	59	283	92	141	113	60
9 53281441	5311	30	59	289	92	147	4859	2046
10 53281441	5311bæk søene	30	59					
<b>Udført</b>								
12 53281441	5311bæk bæl	30	59			178	88	531
13 53281441	5311bæk n/Bæk	30	59	288	92	180	431	327
14 53281441	5321bæk bæl	30	59	271	91	159	581	492
15 53281441	5322	30	59	284	92	172	1197	1032
17 53281441	Legsøe	30	59	281	92	189	988	782
18 53281441	Parvask12212	30	59	288	92	134	29918	34754
19 53281441	Søsk12214	30	59	289	92	185	8333	7948
20 53281441	Luhim12251	30	59	215	92	123	741	827
21 53281441	1226312265	30	59	241	92	149	1762	1772
22 53281441	H-fæsk12267	30	59	283	91	142	5974	6497
23 53281441	Kæsk12267	30	59	280	92	138	1737	6497
24 53281441	Væsk12268	30	59	280	91	189	2831	1897
25 53281441	Væsk12268	30	59	280	91	189	2831	1897
28 53281441	Buak2281	30	59	227	92	135	4089	5095
27 53281441	Væsk12282	30	59	287	92	145	2085	2158
28 53281441	Væsk12282	30	59	282	92	140	2888	3174
29 53281441	12285	30	59	223	92	131	891	752
30 53281441	Væsk12288	30	59	211	92	119	1489	1887



Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	19,7
Dato:	18-03-2014
Udført af:	clj
Kunde id:	Rigshospitalet
Kalibrerings batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	59

Prøve Identifikation	Rumtempera (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	øvrøgt høl v (gram)	Flaskøvrøgt lav værdi (gram)	Vøgt vand (gram)	Analysøvrøgt (FE)	BQ tal beregnet
31 556/14H	22	30	59	223	92	131	1070	1204
32 557/14H	22	30	59	243	92	151	1240	1220
33 558/14H	22	30	59	221	92	129	76	21
34 559/14H	22	30	59	247	92	155	1789	1741
35 560/14H	22	30	59	235	92	143	552	538
36 561/14H	22	30	59	275	92	183	7146	6041
37 562/14H	22	30	59	229	91	138	2694	2967
38 563/14H	22	30	59	253	92	161	11087	10584
39 564/14H	22	30	59	232	91	141	3320	3607
40 565/14H	22	30	59	248	91	157	1546	1477
41 566/14H	22	30	59	257	91	166	5325	4948
42 567/14H	22	30	59	264	92	172	558	453
43 568/14H	22	30	59	228	92	136	419	413
44 569/14H	22	30	59	262	92	170	6087	5531
45 570/14H	22	30	59	262	91	171	1137	983
46 571/14H	22	30	59	253	93	160	127	66
47 572/14H	22	30	59	230	92	138	269	237
48	22	30	59	269	92	177	232	152

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	19,7
Dato:	18-03-2014
Udført af:	cjl
Kunde id:	Rigshospitalet
Kalibrering batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	59

Prøve Identifikation	Rumtemperat (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	æwægt høj v (gram)	Flaskewægt lav værdi (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
49	22	30	59	354	92	262	440	227
50	22	30	59	352	91	261	302	145
52	22	30	59	308	91	217	127	49
53	22	30	59	318	91	227	150	63
54	22	30	59	342	92	250	155	60
55	22	30	59	278	92	186	788	611
56	22	30	59	280	91	189	688	519
58	22	30	59	283	92	191	772	582
59	22	30	59	280	92	188	527	388
60	22	30	59	313	92	221	656	421
61	22	30	59	317	92	225	707	449
62	22	30	59	281	93	188	221	134
64	22	30	59	312	92	220	194	96
65	22	30	59	303	122	181	123	55
66	22	30	59	324	92	232	134	50
67	22	30	59	350	92	258	940	533
68	22	30	59	310	92	218	775	512
70	22	30	59	308	92	216	470	297
71	22	30	59	349	92	257	553	300
72	22	30	59	357	91	266	660	352

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	23
Dato:	03-07-2014
Udført af:	clj
Kunde id:	Riget bygn 86
Kalibrering batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	53

Prøve Identifikation	Rumtemperatur (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	Flaskevægt (gram)	Vægt lavet (gram)	Vandvolumen (ml)	Analysseværdi (FE)	BQ tal beregnet
1 8601 venterum midt f	23	30	53	253	144		4681	6286
2 8601 venterum midt f	23	30	53	241	150		280	369
3 8601 venterum midt f	23	30	53	241	91		38673	38117
4 8622 til venstre patie	23	30	53	252	92		498	412
5 8622 til venstre patie	23	30	53	250	92		320	250
6 8622 til venstre patie	23	30	53	236	92		23236	23834
7 8642 Skyllerum til hø	23	30	53	246	93		23001	22205
8 8642 Skyllerum til hø	23	30	53	247	92		1826	1693
9 8642 Skyllerum til hø	23	30	53	240	92		21266	21220
10 8652 stue 4 til venstr	23	30	53	238	91		9738	9754
11 8652 stue 4 til venstr	23	30	53	244	92		885	810
12 8652 stue 4 til venstr	23	30	53	246	92		29011	27838

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	29
Dato:	07-10-2014
Udført af:	cij
Kunde id:	Rigshospitalet
Kalibrering batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	52

Prøve Identifikation	Rumtemperatur (°C)	sektionstid (min)	Kontrol (FE)	Flaskevægt høj værdi (gram)	vægt lav værdi (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
1 Koldt vand straks	29	30	52	216	92	124	172	105
2 Koldt vand efter 2 liter	29	30	52	205	92	113	172	115
3 Koldt vand efter 6 liter	29	30	52	194	92	102	108	59
4 Koldt van efter 5 min	29	30	52	207	92	115	97	42
5 Koldt vand uden perlator	29	30	52	207	92	115	101	46
6 Varmt vand straks	29	30	52	236	92	144	3022	2232
7 Varmt vand efter 2 liter	29	30	52	222	93	129	2245	1840
8 Varmt vand efter 6 liter	29	30	52	197	91	106	1069	1038
9 Varmt vand efter 5 min	29	30	52	207	91	116	907	798
10 Varmt vand uden perlator	29	30	52	219	93	126	896	725

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	21,5
Dato:	10-04-2014
Udført af:	cjl
Kunde id:	Hvidovre
Kalibrerings batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 % "	
Kalibreringsværdi	49

Prøve Identifikation	Rumtemperatur (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	skævagt lav væ (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
1 470.17.606	21,5	31	49	91	283	210	88
2 420.16.603	21,5	30		93	169	108	102
3 460.15.604	21,5	30		92	171	133	125
4 460.15.604	21,5	30		93	152	401	422
5 470.16.601	21,5	35		92	176	181	141
6 570.16.504	21,5	30		92	276	113	66
7 570.17.502	21,5	30		91	276	256	149
8 560.17.503	21,5	30		92	270	275	163
9 540.16.501	21,5	30		91	280	268	153
10 570.16.503	21,5	30		92	275	191	111
11 580.16.501	21,5	31		92	281	108	60
12 540.16.501	21,5	31		92	268	108	62
13 410.17.604	21,5	30		93	169	137	130
14 450.17.604	21,5	35		92	163	94	79
15 470.16.602	21,5	35		92	166	138	114
16 520.14.502	21,5	30		92	277	218	126
17 570.16.501	21,5	30		92	277	133	77
18 510.14.502	21,5	30		92	277	432	250
19 520.14.502	21,5	30		92	277	4658	2692
20 520.16.501	21,5	30		92	277	91	53
21 560.17.503	21,5	31		92	249	514	320
22 450.16.603	21,5	30		92	177	742	671
23 450.16.602	21,5	35		92	158	280	243
24 570.17.502	21,5	31		92	266	102	59
25 470.17.604	21,5	35		92	151	102	93

Substrat batch:	118
Rumtemperatur:	10-04-2014
Dato:	clj
Udført af:	Hvidovre
Kunde id:	
Kalibrering batch:	632
STD Værdi	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	49

Prøve Identifikation			Rumtemperatur (°C)	Reaktionstid (min)	Kontrol (FE)	Skævagt lav væ (gram)	Vægt vand (gram)	Analyséværdi (FE)	BQ tal beregnet
udgæet	1 470.17.606	Skylleum Vask l	Efter 10 L	21,5	30	92	167	211	202
	2 420.16.603	Afdelingsrapel	Efter 10 L	21,5	30	92	162	99	98
				21,5	30		0		
	5 470.16.601	Træningskøkken	Efter 10 L	21,5	30	92	166	182	176
	6 570.16.504	Personaletoilet h	Efter 10 L	21,5	30	92	170	99	93
	7 570.17.502	Stue hane	Efter 10 L	21,5	30	92	144	179	199
	8 560.17.503	Stue Håndvask	Efter 10 L	21,5	30	92	156	121	124
	9 540.16.501	Vask Afsendersl	Efter 10 L	21,5	30	92	156	83	85
	10 570.16.503	Personaletoilet	Efter 10 L	21,5	30	92	162	161	159
	11 580.16.501	Personalekøkken	Efter 10 L	21,5	30	92	162	78	77
	12 540.16.501	Handvask a/senr	Efter 10 L	21,5	30	92	158	90	91
	13 410.17.604	stue brus	Efter 10 L	21,5	32	92	152	88	87
	14 450.17.604	Vask Personal	Efter 10 L	21,5	32	92	158	85	81
	15 470.16.602	Teknikrum Gipsr	Efter 10 L	21,5	32	92	153	99	97
	16 520.14.502	Stue hane	Efter 10 L	21,5	32	92	143	122	128
	17 570.16.501	Personalerum	Efter 10 L	21,5	32	92	166	164	148
				21,5	30		0		
	19 520.14.502	brus	Efter 10 L	21,5	30	92	169	144	136
	20 520.16.501	Køkken	Efter 10 L	21,5	30	92	173	79	73
	21 560.17.503	Stue Brus	Efter 10 L	21,5	30	92	176	101	92
	22 450.16.603	Rengøringsrum l	Efter 10 L	21,5	30	92	170	100	94
	23 450.16.602	Afrensterstation	\ Efter 10 L	21,5	30	92	178	103	93
	24 570.17.502	Stue brus	Efter 10 L	21,5	30	92	161	158	157
	25 470.17.604	Stue brus	Efter 10 L	21,5	30	92	162	205	203
	26 470.17.604	vask	Efter 10 L	21,5	30	92	172	92	86
	27	Hovedvandtforsyning	Centre	21,5	30	92	168	224	213
	28	KMA Koldtvandsautomat	l h	21,5	30	92	267	106	64

Substrat batch:	21
Rumtemperatur:	
Dato:	15-05-2014
Udført af:	clj/clp
Kunde id:	Hvidovre
Kalibrering batch:	632
STD Værdi: 48-52	632
" +/- 2 %"	
Kalibreringsværdi	49

Prøve identifikation	Rumtempera	Reaktionstid	Kontrol	(væagt høj vskevægt lav væ)	Vægt vand	Analysværdi	BQ tal
1	23	30	50	270	92	178	265
2	23	30	50	240	92	148	33
3	23	30	50	261	91	170	130
4	23	30	50	260	92	168	40
5	23	30	50	246	91	155	104
6	23	12	52	245	91	154	166
7	23	30	52	260	92	168	157
8	23	30	52	261	91	170	252
9	23	30	52	272	91	181	61
10	23	30	52	251	91	160	173
11	23	30	52	258	91	167	133
12A	23	30	52	182	91	91	234
12B	23	30	52	259	92	167	78
udgæet							
15	23	30	52	249	92	157	165
16	23	30	52	194	92	102	48
17	23	30	52	245	92	153	69
18	23	30	52	264	92	172	108
19	23	30	52	213	91	122	277
20	23	30	52	261	92	169	94
21	23	30	52	265	92	173	65
22	23	30	52	261	92	169	209
23	23	30	52	237	92	145	277
24	23	30	52	240	92	148	4123
25	23	30	52	230	92	138	144

Substrat batch:	21
Rumtemperatur:	15-05-2014
Dato:	clj/olp
Udført af:	Hvidovre
Kunde id:	Efter tid
Kalibrerings batch:	632
STD Værdi: 48-52	632
<sup>m</sup> +/- 2 % <sup>m</sup>	
Kalibreringsværdi	49

Prøve Identifikation	Rumtempera	Reaktionstid	Kontrol	Øvægt høl	vs	Øvægt gl	lav	Vægt vand	Analyseværdi	BQI tal
1-2	410.17.605	23	30	52	368	92	276	267	115	
2-2	420.16.603	23	30	52	362	92	260	104	30	
3-2	450.16.602	23	30	52	335	92	243	1332	760	
4-2	450.17.604	23	30	52	245	92	153	97	44	
5-2	450.17.604	23	30	52	362	92	270	150	54	
6-2	460.15.604	23	30	52	367	92	275	755	378	
7-2	460.15.604	23	30	52	263	92	171	125	63	
8-2	470.16.601	23	30	52	363	92	271	373	175	
9-2	470.16.602	23	30	52	270	92	178	118	55	
10-2	470.17.604	23	30	52	360	92	268	153	56	
11-2	410.17.606	23	30	52	269	92	167	197	129	
12A-2	510.14.502	23	30	52	304	92	212	83	22	
12B-2	510.14.502	23	30	52	350	92	258	234	104	
udgabet		23	30	52		92	-92		73	
15-2	520.16.501	23	30	52	370	92	278	189	73	
16-2	540.16.501	23	30	52	272	92	180	104	43	
17-2	540.16.501	23	30	52	332	92	240	113	38	
18-2	560.17.503	24	30	52	259	92	167	108	47	
19-2	560.17.503	24	30	52	313	92	221	128	48	
20-2	570.16.501	24	30	52	268	92	174	219	135	
21-2	570.16.503	24	30	52	259	92	167	114	52	
22-2	570.16.504	24	30	52	367	92	275	1267	621	
23-2	570.17.502	24	30	52	256	92	164	131	68	
24-2	570.17.502	24	30	52	225	92	133	99	50	
25-2	580.16.501	24	30	52	332	92	240	106	32	



Substrat batch:	21
Rumtemperatur:	15-05-2014
Dato:	gj/olp
Udført af:	Hvidovre
Kunde Id:	
Kalibreringsbatch:	632
STD Værdi: 48-52	632
<sup>m</sup> +/- 2 % <sup>m</sup>	
Kalibreringsværdi	49

Prove Identifikation	Rumtempera	Reaktionstid	Kontrol	eværgt høj	vskeværgt lav væ	Værgt vand	Analysæværdi	BQ tal	
101	Nødvand	23	30	48	221	92	129	86	44
102	Varmt brugsvand, Central Cirkulationsled	23	30	48	232	91	141	86	40
103	Varmt behandlet vand retur	23	30	48	247	92	155	126	75
104	RO lagertank	23	30	48	232	92	140	237	200
105	Reservoir teknisk vand	23	30	48	179	92	87	177	220
106	Fertiliserings vand	24	30	52	356	92	264	346	156
107	Fertiliserings vand efter 1 minut	24	30	52	366	92	264	495	236
108	Fertiliserings vand, Toilet, Hygiepneky,	24	30	52	253	92	161	436	335
109	Kødt brugsvand, hovedledning Center 1,	24	30	52	253	91	162	100	42

## Bilag 4: Analyseresultater fra Eurofins



Eurofins Miljø A/S  
Ladelundvej 85  
6600 Vejen  
Danmark  
Telefon: 7022 4266  
CVR/VAT: DK-2884 8198

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203731-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203731  
Kunde nr.: CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

### Analyserapport

<b>Prøvetype:</b>	Drikkevand				
<b>Prøvetager:</b>	Rekvirenten				
<b>Prøveudtagning:</b>					
<b>Analyseperiode:</b>	11.07.2014 - 21.07.2014				
<b>Prøvemærke:</b>	8. 12267, bad, koldt				
<b>Lab prøvenr:</b>	20373101	<b>Enhed</b>	<b>DL</b>	<b>Metode</b>	<b>Um (%)</b>
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	1.3	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	930	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	1.5	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	40	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

21.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

Hanne Jensen  
Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end \*) Ikke omfattet af akkrediteringen  
 >: større end Ip.: Ikke påvist  
 #: Ingen parametre er påvist Lm.: Ikke målelig  
 DL: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er iflg 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.  
 Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).  
 Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203734-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203734  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

Prøvetype:	Drikkevand					
Prøvetager:	Rekvirenten					
Prøveudtagning:						
Analyseperiode:	11.07.2014 - 21.07.2014					
Prøvemærke:	7. 12267, bad, straks					
Lab prøvenr:	20373401	Enhed	DL	Metode	Um (%)	
<b>Metaller</b>						
Bly (Pb)	80	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Kobber (Cu)	330	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Nikkel (Ni)	22	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Zink (Zn)	1400	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
<b>Blødgørere</b>						
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
<b>Phenoler</b>						
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30	

21.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Hanne Jensen  
Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end \*) Ikke omfattet af akkrediteringen  
>: større end l.p.: Ikke påvist  
#: Ingen parametre er påvist l.m.: Ikke målelig  
DL: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede målesikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Målesikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1


DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agem Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203732-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203732  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

Prøvetype:	Drikkevand				
Prøvetager:	Rekvirenten				
Prøveudtagning:					
Analyseperiode:	11.07.2014 - 18.07.2014				
Prøvemærke:	9. 12267, bad, varmt				
Lab prøvenr:	20373201	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	2.0	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	68	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	2.2	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	230	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

18.07.2014

  
Signe Vork Nissen  
Senior Kunderådgiver

Kundecenter  
Tel 70224266

**Legende:**

<: mindre end \*) Ikke omfattet af akkrediteringen  
 >: større end l.p.: Ikke påvist  
 #: Ingen parametre er påvist l.m.: Ikke målelig  
 DL: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203733-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203733  
Kunde nr.: CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

Prøvetype:	Drikkevand					
Prøvetager:	Rekvirenten					
Prøveudtagning:						
Analyseperiode:	11.07.2014 - 21.07.2014					
Prøvemærke:	5. 5051 koldt					
Lab prøvenr:	20373301	Enhed	DL	Metode	Um (%)	
<b>Metaller</b>						
Bly (Pb)	0.32	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Kobber (Cu)	290	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Nikkel (Ni)	1.4	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
Zink (Zn)	28	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30	
<b>Blødgørere</b>						
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diethylhexylphthalat (DEHP)	0.23	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24	
<b>Phenoler</b>						
Bisphenol A	0.11	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30	

21.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Hanne Jensen  
Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end  
>: større end

#: Ingen parametre er påvist  
DL: Detektionsgrænse

\*): Ikke omfattet af akkrediteringen

l.p.: Ikke påvist  
l.m.: Ikke målelig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt [www.eurofins.dk](http://www.eurofins.dk), søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup


Rapportnr.: AR-14-CA-00203730-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203730  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

Prøvetype:	Drikkevand				
Prøvetager:	Rekvirenten				
Prøveudtagning:					
Analyseperiode:	11.07.2014 - 18.07.2014				
Prøvemærke:	4. 5051, straks				
Lab prøvenr:	20373001	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	5,8	µg/l	0,025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	520	µg/l	0,04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	62	µg/l	0,03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	990	µg/l	0,5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	0,07	µg/l	0,01	M 2233 GC/MS	30

18.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Signe Vork Nissen  
Senior Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end  
>: større end  
#: ingen parametre er påvist  
DL: Detektionsgrænse

)\*: ikke omfattet af akkrediteringen  
lp.: ikke påvist  
lm: ikke målet

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt [www.eurofins.dk](http://www.eurofins.dk), søgeord: Måleusikkerhed.  
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).  
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agerm Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup


Rapportnr.: AR-14-CA-00203738-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203738  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

<b>Prøvetype:</b>	Drikkevand				
<b>Prøvetager:</b>	Rekvirenten				
<b>Prøveudtagning:</b>					
<b>Analyseperiode:</b>	11.07.2014 - 18.07.2014				
<b>Prøvemærke:</b>	6 5051, varmt				
<b>Lab prøvenr:</b>	20373601	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	12	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	78	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	14	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	4800	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

18.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Signe Vork Nissen  
Senior Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end  
>: større end  
#: Ingen parametre er påvist  
DL: Detektionsgrænse

{}: Ikke omfattet af akkrediteringen  
i.p.: Ikke påvist  
l.m.: Ikke målet

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt [www.eurofins.dk](http://www.eurofins.dk), søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup


Rapportnr.: AR-14-CA-00203728-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203728  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

<b>Prøvetype:</b>	Drikkevand				
<b>Prøvetager:</b>	Rekvirenten				
<b>Prøveudtagning:</b>					
<b>Analyseperiode:</b>	11.07.2014 - 18.07.2014				
<b>Prøvemærke:</b>	2. Byg. 86, 5 sal, koldt				
<b>Lab prøvenr:</b>	20372801	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	5,1	µg/l	0,025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	77	µg/l	0,04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	2,3	µg/l	0,03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	69	µg/l	0,5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0,1	µg/l	0,1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	0,01	µg/l	0,01	M 2233 GC/MS	30

18.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Signe Vork Nissen  
Senior Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end

>: større end

#: Ingen parametre er påvist

DL: Detektionsgrænse

"): Ikke omfattet af akkrediteringen

l.p.: Ikke påvist

l.m.: Ikke måletig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er iflg 2 x RSD%, se i øvrigt [www.eurofins.dk](http://www.eurofins.dk), søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1



DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agerø Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203862-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203862  
Kunde nr. CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport

Prøvetype:	Drikkevand				
Prøvetager:	Rekvirenten				
Prøveudtagning:					
Analyseperiode:	11.07.2014 - 21.07.2014				
Prøvemærke:	1. Byg 80 5 sal straks				
Lab prøvenr:	20366201	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	0.69	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	25	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	1.7	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	59	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

21.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224288

  
Hanne Jensen  
Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

<: mindre end  
>: større end

#: Ingen parametre er påvist  
DL: Detektionsgrænse

\*): Ikke omfattet af akkrediteringen  
l.p.: Ikke påvist  
l.m.: Ikke målelig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt [www.eurofins.dk](http://www.eurofins.dk), søgeord: Måleusikkerhed.  
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).  
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

DHI-Institut For Vand og Miljø  
Agern Alle 5  
2970 Hørsholm  
Att.: Christina Anna Hastrup

Rapportnr.: AR-14-CA-00203726-01  
Batchnr.: EUDKVE-00203726  
Kunde nr.: CA0000088  
Modt. dato: 11.07.2014

## Analyserapport


Prøvetype: Drikkevand  
Prøvetager: Rekvirenten  
Prøveudtagning:  
Analyseperiode: 11.07.2014 - 18.07.2014

Prøvemærke: 3. Byg 86, 5 sal., varmt

Lab prøvenr:	20372601	Enhed	DL	Metode	Um (%)
<b>Metaller</b>					
Bly (Pb)	8.2	µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	210	µg/l	0.04	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	2.9	µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	150	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
<b>Blødgørere</b>					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat (BBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat (DEP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
<b>Phenoler</b>					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

18.07.2014

Kundecenter  
Tel 70224266

  
Signe Vork Nissen  
Senior Kunderådgiver

**Tegnforklaring:**

< mindre end \*) Ikke omfattet af akkrediteringen  
> større end l.p.: Ikke påvist  
#: Ingen parametre er påvist l.m.: Ikke målelig  
DL: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede målesikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Målesikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 1

## Bilag 5: Semikvantitativ metode til risikovurdering af forekomsten af Legionella i varmtvandssystemer på hospitaler.

Til at vurdere en relativ dosis vil vi anvende principperne fra Hines *et al* 2004 [49]. De definerer en Emmission Factor (EF), som er forholdet mellem koncentrationen i luft og koncentrationen i vand:

$$EF = \frac{C_{luft}}{C_{vand}}$$

Hvor

$C_{luft}$  = koncentrationen af *Legionella* i luft (antal/m<sup>3</sup>)

$C_{vand}$  = koncentrationen af *Legionella* i vand (antal/Liter)

Vi antager, at det inhalerede volumen er proportional med eksponeringstiden og beregner en dosisfaktor ved multiplikation af EF og eksponeringstid. Se Tabel B5.1.

**TABEL B5.1 BEREGNING AF DOSISFAKTOR TIL BESTEMMELSE AF RELATIV RISIKO FOR LEGIONELLAINFEKTION. BEREGNINGEN ER BASERET PÅ EMISSIONSFAKTORER FRA [49] OG EKSPONERINGSTID**

Smittevej	Kritisk punkt	EF (L/m <sup>3</sup> )	Eksponeringstid (min/dag)	Dosisfaktor (EF · tid)
1	Bruseniche	0,0022	20	0,044
2	Ved vandhaner	0,00056	8,1	0,004536
3	Ved vaske med sprøjt	0,00056	8,1	0,004536
4	Toiletskyl	0,0000013	10	0,000013
5	Fødselsbassinner (den fødende)	0,000011	60	0,00066
6	Respiratorer	> 0,0022	1440	> 3,168
7	Dekorative springvand	0,00056	480	0,2688

3: Antages at være som vandhane, 5: Data fra "therapy pool". Aspiration ikke med. Angår den fødende. Der antages 1 times ophold. 6: antages at være > bruseniche, 7: Data fra vandhane. Eksponeringstid er sat til 10 min svarende til et kortvarigt ophold nær springvandet.

Koncentrationen af *Legionella* i det varme vand og forekomsten af forskellige serogrupper bestemmes ved analyse i den specifikke situation, når risikovurderingen foretages på et hospital.

I denne generelle vurdering anvender vi den kategorisering som HSE har anbefalet for Hospitaler (se ) dvs. 50 CFU/L, 500 CFU/L og 5000 CFU/L.

Vi vil her definere virulensen af de enkelte *Legionella* serogrupper som forholdet mellem serogruppens andel af kliniske isolater divideret med serogruppens andel af *Legionella* som forekommer i varmtvandssystemer.

Virulens defineres her af serogruppe og MAtype. Vi antager, at alle de hospitalserhvervede tilfælde af Legionærsygdom skyldes smitte via vand, at eksponeringsfaktorerne er ens for alle serogrupper, at laboratoriemetoderne detekterer de enkelte serogrupper lige godt, og at serogruppefordelingen på hospitaler er den samme som i andre større varmtvandssystemer, hvor data stammer fra. Virulensen for den enkelte serogruppe kan så udtrykkes, som forholdet mellem serogruppens andel blandt dyrkningsbekræftede tilfælde af Legionærsygdom og serogruppens andel *Legionella* i

varmtvandssystemer. Data til beregningen er taget fra foredrag holdt af Søren Uldum, SSI [50]. Beregningen viser, at SG1 MAb 3/1 + har den højeste virulens mens SG1 MAb 3/1 - og SG6 har den næsthøjeste virulens. Hvis data deles op på SG1 og non SG1, ses det, at SG1 er cirka 3 gange så virulent som non-SG1. Vi har her eksemplificeret risikovurderingen med forekomst af enten SG1 eller non-SG1. Se Tabel B5.2.

**TABEL B5.2: BEREGNING AF SEROGRUPPERNES VIRULENS PÅ GRUNDLAG AF FORDELINGEN AF SEROGRUPPER I KLINISKE ISOLATER OG I VARMTVANDSSYSTEMER. DATA FRA FOREDRAG HOLDT AF SØREN ULDUM, SSI [50].**

Serogruppe	Kliniske isolater hospital (%)	Varmtvands isolater (%)	Virulens på Hospitaler
SG1 MAb 3/1 +	8,0	1,8	4,4
SG1 MAb 3/1 -	20,0	10,9	1,8
SG3	8,0	8,6	0,9
SG6	35,0	20,0	1,8
Andre SG	29,0	59,1	0,5
SG1	28	13	2,2
Non-SG1	72	88	0,8

Patienternes følsomhed defineres som følsom eller ufølsom patient. Der tages udgangspunkt i dosis/respons relationerne for symptomfri smitte og Legionærsygdom. Vi antager, at følsomme patienter udvikler Legionærsygdom, når de smittes, det vil sige at de følger dosis responskurven for symptomfri smitte, mens ufølsomme patienter følger dosis-responskurven for Legionærsygdom (se Figur 2-2). Dvs. at følsomme patienter har en ID50% på 12 *Legionella* og ufølsomme patienter en ID50% på 6500 *Legionella*. Vi antager derfor, at følsomme patienter er 550 gange mere følsomme end ufølsomme patienter.

Den relative risiko beregnes herefter som:

$$Rr = \text{dosisfaktor} \cdot \text{følsomhed} \cdot \text{virulens}$$

Resultatet af den semikvantitative risikovurdering ses i Tabel B5.3

**TABEL B5.3 RELATIV RISIKO FOR FØLSOMME OG IKKE FØLSOMME PATIENTER EFTER EKSPONERING FOR VARIERENDE KONCENTRATIONER AF *L. PNEUMOPHILA* SEROGRUPPE 1 OG SEROGRUPPE NON-1. RESULTATER ER AFRUNDET AF HENSYN TIL OVERSKUELIGHEDEN.**

	Koncentration CFU/L	SG 1 følsom	SG1 ikke følsom	non SG1 følsom	non SG1 ikke følsom
1 Bruseniche	50	2500	5	1000	2
	500	25000	50	10000	20
	5000	250000	500	100000	200
2 Ved vandhaner	50	280	0	100	0
	500	2800	5	1000	2
	5000	28000	50	10000	20
3 Ved vaske med sprøjt	50	280	0	100	0
	500	2800	5	1000	2
	5000	28000	50	10000	20
4 Toiletskyld	50	1	0	0	0
	500	10	0	3	0
	5000	100	0	30	0
5 Fødselsbassinner (den fødende)	50	40	0	10	0
	500	400	1	100	0
	5000	4000	10	1000	3
7 Respiratorer	50	190000	350	70000	130
	500	1900000	3500	700000	1300
	5000	19000000	35000	7000000	13000
8 Dekorative springvand	50	350	1	100	0
	500	3500	10	1000	2
	5000	35000	100	10000	20

## Vandeffektive hospitaler

Hovedformålet med projektet har været at identificere behov for udvikling og afprøvning af dansk vandteknologi inden for brugsvandsområdet på hospitaler. Men inden der kan sættes konkret udvikling, afprøvning og demonstration i gang, er der behov for at få udpeget og prioriteret de mest kritiske områder i brugsvandssystemerne på hospitaler. Det er her gjort på grundlag af de deltagende hospitalers (Rigshospitalet, Hvidovre og Herlev Hospitaler) erfaringer og en sundhedsrisikovurdering. Sundhedsrisikovurderingen har været styrende for projektets identifikation af behov for udvikling og afprøvning af ny vandteknologi. Erfaringsopsamling og risikovurdering har været fokuseret på de mest fremtrædende opportunistiske patogener, som er *Legionella pneumophila* og *Pseudomonas aeruginosa*. I projektet er der gennemført et måleprogram på Rigshospitalet og Hvidovre Hospital med henblik på at afprøve forskellige metoder til at identificere kritiske punkter, hvor risiko for infektion via vandet kan kontrolleres. Måleprogrammet viste, at den mikrobielle vandkvalitet ved hovedvandforsyningen til hospitalerne er god på både Rigshospitalet og Hvidovre Hospital, men at vandkvaliteten forringes i vandsystemerne på Rigshospitalet, og i mindre grad på Hvidovre Hospital, således at kvaliteten ved tapstederne er ringere end i hovedledningerne. En undersøgelse af 28 tapsteder viste bl.a. at vandkvaliteten forringes, jo længere væk fra hovedvandforsyningen til afdelingen man kommer. Resultaterne underbygger altså, at det er i bygningsvandsystemerne, at vandkvaliteten forringes. Projektets identificerede behov for ny vandteknologi (Kapitel 5) bør udvikles, afprøves og demonstreres, så de bedste løsninger kan implementeres i de fremtidige hospitalsbyggerier. Dermed kan risikoen for, at sårbare patienter bliver smittet med vandbårne opportunistiske patogener, minimeres.



Miljøstyrelsen  
Strandgade 29  
1401 København K

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)