Resume af den forskning m.v., der hidtil er foretaget om temperaturer og legionella

VIDENUDVIKILING
VIDENANVENDELSE
VIDENOVERFØRSEL

Leon Buhl
Teknologisk Institut
Energi & Klima
Installation & Kalibrering

Hovedindhold i præsentation

- Projektet of dets baggrund og formål
- Hovedresultater af gennemgang fra forskellige danske og udenlandske rapporter om legionella
- Alternative metoder til bekæmpelse af legionella
- Konklusioner og resumeer

Projektets baggrund og formål

- Dansk Fjernvarmes F&U-udvalg imødekom i 2010 en ansøgning fra Teknologisk Institut på et projekt om lavtemperaturfjernvarme og om hvorledes man ved denne driftsform kan undgå problemer med legionella i installationerne for varmt brugsvand produceret med lavtemperaturfjernvarme. Projektet har fået titlen *Lavtemperaturfjernvarme der ikke giver legionellaproblemer* og har Dansk Fjernvarmes F&U-projektnummer 2010-04.

Projektets baggrund og formål

Kort beskrivelse af projektets formål

- Der er besparelser i form af ressourcer for fjernvarmeværkerne såfremt de har mulighed for at køre med lave frem- og returtemperaturer i ledningsnettet.
- I Bygningsreglementet er der angivet regler for, at der ved etablering af varmt brugsvandsanlæg skal sikres, at der ikke er mulighed for vækst af bakterier i systemet, og der sigtes her bl.a. primært på vækst af legionella. Dette betyder bl.a., at der er sat grænser for, hvor lave temperaturer, der kan accepteres i sådanne systemer.
- Der er dog andre tekniske muligheder end den fjernvarmefremløbstemperatur der foreskrives i dag i henholdsvis BR10 og fjernvarmeværkernes tekniske beskrivelser for at sikre og dokumentere, at reglementets krav til sikring mod bakterievækst opretholdes.
- Det er formålet med dette projekt at beskrive alternative tekniske løsninger til høj fjernvarmefremløbstemperatur, og gennem dette projekt hvor mindre pilotforsøg at afklare, hvorvidt disse løsninger opfylder reglementets krav til sikring mod bakterievækst og legionella i systemerne.

Hovedresultater

I forbindelse med projektets indledende fase har der været lavet en litteratursøgning på danske og udenlandske projektrapporter, undersøgelser, vejledninger m.m. om legionella i systemer for varmt brugsvand. Omstående er konklusioner og resumeer fra disse publikationer udgivet i perioden 1994-2010

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Mikrobielle problemer i varmtvandssystemet. Dansk VetTidsskr. 1988
- Vækst af mikroorganismer i lavtemperaturvarmeanlæg – rapport over et forprojekt. SBI. 1990
- Bakteriologiske forhold ved elektrolytisk korrosionsbeskyttelse af varmtvandssystemer, SBI-meddelelse 104. 1993
- Bakterievækst i varmtvandssystemer. SBI-rapport 235. 1994
- Bakterievækst i varmtvandssystemer. Særtryk fra Vandteknik. 1994
- Hudgener ved brusebadning. SBI-rapport 263. 1996
- Badegener i tilknytning til varmtvandsproduktion. SBI-meddelelse 117. 1996
- Kortlægning og påvirkning af bakterievækst i et større varmtvandssystem. SBI-rapport 264. 1997
- Mikrobiologisk vandkvalitet i varmtvandsinstallationer. SBI-rapport 298. 1998
- Bekæmpelse af bakterier i varmtvandssystemer. Teknologisk Institut. 1999
- Checkliste for bakterievækst i varmtvandssystemer udarbejdet til brug for ELOkonsulenter. Teknologisk Institut. 1999
- Vurdering af alternativer til forøgelse af varmt brugsvands driftstemperatur til 60 °C. Teknologisk Institut. 2000
- Legionella i varmt brugsvand. Overvågning, udredning og forebyggelse af legionærsygdom. Den Centrale Afdeling for Sygehushygiejne, Statens Serum Institut. 2000
- Fakta om legionella. HVAC nr. 3. 2000
- Undersøgelse af legionella i solvarmebeholdere og i traditionellebeholdere. Teknologisk Institut. 2001
- AGFW-Merkblatt FW 526. Varmekontrol af legionellavækst. Implementering af DVGWstandard W 551 i fjernvarmeforsynede områder. AGFW. 2006
- Drift af varmtvandsinstallationer – sådan minimeres problemer med legionella. En vejledning til det tekniske personale i Århus Kommune. 2010

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Ingen af de undersøgte rapporter giver entydige løsninger på, hvorledes risiko for legionella elimineres fuldstændigt. På baggrund af de i rapporterne undersøgte anlæg er der dog flere indikationer for, at såfremt et anlæg er vedligeholdt optimalt og drives efter gældende forskrifter, er risikoen for legionella stærkt reduceret.

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Et stort problem i varmvandssystemer er den biofilm, som dannes i beholdere, vekslere og ledningsnet. Er anlægget endvidere korrosionsbeskyttet giver den beskyttende zinkafgivelse på anlæggets indvendige overflader grobund for dannelse af øget bakterievækst.

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Mængden af bakterier i de undersøgte anlæg i varierede ofte over tid, hvorfor en prøve ikke nødvendigvis er repræsentativ for de faktiske forhold i anlægget på et tidligere eller senere tidspunkt. **Legionella kan desværre ikke måles kontinuerligt men kun ved prøvetagning og efterfølgende analyse i laboratoriet.**

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

Kimtal og deres betydning

- Når det gælder kimtal, er dette forhold ikke så indlysende. I mange tilfælde arbejdes der med grænseværdier (som fx 20 kim/ml), og i så tilfælde har det kun betydning, om man er over eller under grænseværdien**. Ved undersøgelser af bakterier i varmt vand findes der ingen grænseværdier, og hvis der var, ville de være snævert knyttet til specifikke bakterier eller til den forskrevne måleprocedure, så rent faktisk ved man ikke, hvor store de her målte kimtal skal være, før de skal betragtes som værende for høje.**

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Som en første grov vurdering af kimtals betydning er nedenstående vurdering blevet diskuteret:
- De anførte værdier siger ikke noget absolut om den dermed forbundne risiko, men de kan give et fingerpeg, om i hvilke tilfælde, der bør reageres, og med hvilke foranstaltninger.

kim/ml	ved 37 °C/PCA	ved 55 °C og 65 °C
0-10	i orden	i orden
10-100	lavt	lavt
100-1.000	højt	moderat
1.000-10.000	meget højt	højt
10.000-100.000	meget højt	højt
100.000-1.000.000	ekstremt højt	meget højt
>1.000.000	ekstremt højt	ekstremt højt

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- Rapporterne, publikationerne og vejledningerne indeholder i mange tilfælde de samme gennemgående konklusioner baseret på såvel forsøg som på erfaringer. Det er derfor væsentligt stadig at følge disse ved drift af varmtvandsanlæg indtil nærmere dokumentation foreligger.

- Af ovenstående kan det derfor udledes, at legionella i de fleste tilfælde kan reduceres/bekæmpes ved anvendelse af en eller flere af de efterfølgende metoder

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- **Regelsæt 1**
- Holde en vandtemperatur på 60 °C i anlægget for produktion af varmt brugsvand
- Temperaturen på det varme brugsvand ved fjerneste tapsted bør ikke være under 50 °C
- Indbygge temperaturgymnastik – gennemskylle (desinficere) ved en temperatur på 70 °C

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- **Regelsæt 2**
- Gennemskylle anlægget ugentligt ved byggerier med personer i risikogruppe 1, (dvs. lokalcentre og plejehjem)
- Gennemskylle anlægget månedligt ved risikogruppe 2 og 3, (dvs. svømmehaller og øvrige bygninger)

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- **Regelsæt 3**
- Rengør og desinficer bruseslanger og bruserhoveder to gange årligt ved risikogruppe 1, (dvs. lokalcentre og plejehjem)
- Foretag gennemskylning af bruseslanger og bruserhoveder efter brug med koldt vand hvilket reducerer legionellavækst

Hovedresultater – Undersøgte rapporter

- **Regelsæt 4**
- Forhindre bakterien i at trives og formere sig (vækst sker primært i temperaturområdet 25-45 °C)
- Temperaturen på det kolde brugsvand bør være under 12 °C
- Oprethold vedvarende cirkulation i varmtvandssystemet
- Reducer ledningslængden fra cirkulationsledningen til tapstedet
- Fjern blinde / døde rørstrækninger
- Undgå centrale blandingsanlæg til varmt brugsvand med temperatur under 50 °C
- Forhindre afkøling af varmtvandsledninger – isolering

Hovedresultater – Fjernvarmeforsyninger og vv forsyning

Værk	Veksler	Beholder	Note*
Ejstrupholm	Ja*	Ja	Primært beholder, men veksler tilladt hvis dimensioneret for 60/20 °C, uden brugsvandscirkulation samt forsynet med boosterpumpe.
Esbjerg	Ja	Ja	Ved nybyggeri bør anvendes magasinbeholder på min. 100 l.
Fyn (Odense og Nordfyns kommuner (Otterup))	Ja*	Ja	Beholder på min. 100 l anbefales. Veksler alene frarådes.
Grenaa	Ja*	Ja*	Veksler tilladt. I yderområder skal anvendes beholder uden nærmere volumen.
Haderslev	Ja*	Ja	Beholder eller veksler tilladt. Anvendes anden unit end værkets skal der anvendes boosterpumpe, hvilket også gælder i visse forsyningsområder.
Hadsund	Ja*	Ja	Beholder eller veksler tilladt. I visse forsyningsområder dog forsynet med boosterpumpe.
Helsingør	Ja*	Ja	Som hovedregel skal anvendes beholder med volumen ned til 60 l. Veksler kun med tilladelse fra værket.
Hundested	Ja*	Ja	Eksisterende vekslere erstattes med beholder ved udskiftning.
Kalundborg	Ja*	Ja	Beholder anbefales, men veksler er tilladt. Områdeafhængig.
Ringkøbing	Ja	Ja	Beholder eller veksler tilladt.
Silkeborg	Ja*	Ja*	Veksler på maksimalt 100 kW pr. stikledning tilladt i visse dele af forsyningsområdet. I visse nyudstykninger er der krav om beholder uden nærmere volumen.
Skagen	Ja	Ja	Beholder eller veksler tilladt.
Skive	Ja	Ja	Beholder eller veksler tilladt.
Slagelse	Ja*	Ja	Veksler tilladt. Ved anlæg større end tofamilieshuse skal værket kontaktes.
Svendborg	Ja*	Ja*	Eksisterende vekslere tilladt indtil videre. Ved nybyggeri anvendes beholder på min. 150 l indirekte tilsluttet.
Sønderborg	Ja	Ja	Beholder eller veksler tilladt.
Thisted	Ja*	Ja*	Beholder i udvalgte områder, ellers veksler tilladt.
Vejle	Ja*	Ja	Veksler må anvendes efter forudgående skriftlig tilladelse.
Vordingborg	Nej	Ja	Veksler er ikke tilladt.
Aalborg	Ja*	Ja	Veksler generelt tilladt fraset visse forsyningsområder.
Aarhus	Ja*	Ja	Veksler tilladt. I nyudstykninger evt. særlige krav. Større forbrugere skal sikre en jævn belastning.

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- Temperaturchok (temperaturgymnastik)
- Kloring
- Ultraviolet stråling (UV)
- Ozon
- Anodisk oxidation
- Kobber-sølv ionisering
- Chlordioxid
- Omvendt osmose. Membranteknologi

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

1. Temperaturchok (temperaturgymnastik)

- Denne metode er en termisk udryddelsesproces, og består i at hæve varmtvandsbeholderens temperatur op over 60 °C, og helst højere end 66 °C hvis det er muligt, og samtidig med cirkulerende vandstrøm gennem alle forretninger i installationen i op til 30 minutter.

- Den krævede tid til en effektiv desinfektion vil afhænge af vandtemperaturen, når den kommer frem til forgreningerne. En effektiv desinfektion af hele systemet er også afhængig af at det er muligt at cirkulere vandet ved en temperatur over 60 °C i alle forgreninger. Det sidste kan være vanskeligt såfremt der er automatiske indreguleringsventiler i anlægget, og disse er af ældre type med fast indstilling af temperaturen.

- ► Resumé: Termisk udryddelse ved hjælp af høj temperatur giver midlertidige resultater. Det er meget arbejdskrævende, der er mulighed for skoldningsrisici og det er forbundet med store udgifter til energi. Det er vanskeligt at opnå fuldstændig effektivitet og giver i bedste fald kun kortsigtet (uger til måneder) effektivitet.

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **2. Kloring**
- For afhjælpende eller midlertidig desinfektion kan klor tilsættes varmtvandsbeholder på niveauer langt højere (20-50 mg/l frit klor) end normalt for drikkevand og skylles derefter igennem systemet. Ved kontinuerlig desinfektion er flowjusterede injektorer installeret for at frigive klorin i en drikkelig koncentration (1-2 mg/l frit klor) i hele vandsystemet. Imidlertid har det vist sig, at Legionella suspenderet i kloreret vand, pH 7,4, indeholdende 2,5 mg/l frit klor kan overleve 10 minutters inkubation (Gilpin et al, 1985).
- ► Resumé: Kontinuerlig klorering (1-2 ppm fri) er minimalt effektivt mod biofilm, har ikke vist sig yderst effektiv på legionella, og kan give korrosion, lugt eller smagsproblemer.
- Uacceptable smags- og lugt problemer generelt gør at brugen er begrænset ved brug over 2 mg / l.
- **Kloring af installationer vil i hvert tilfælde kræve, at det sker i samråd med de lokale myndigheder.**

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **3. Ultraviolet stråling (UV)**
- Sterilisering med ultraviolet lys dræber Legionella ved at forstyrre den cellulære DNA-syntese.
- Undersøgelser tyder på, at UV-stråling alene er utilstrækkelig til at bekæmpe Legionellabakterier. Det kan derfor anbefales, at der periodisk foretages kloring og pasteurisering sammen med UV-stråling for et give en effektiv legionellabkæmpelse.

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

4. Ozon

- Ozon opløses i et punkt i brugsvandssystemet for at opnå en dosis på omkring 1 til 2 ppm. Ideelt set sker det med en generator, der producerer ozon i forhold til vandmængden i stedet for en generator, der producerer ozon ved en konstant hastighed uafhængig af efterspørgslen. Ozon er et meget stærkt iltningsmiddel og har vist sig effektiv ved lave koncentrationer. Imidlertid kan det beskadige rør, og da det har en meget kort halveringstid, er det næsten umuligt at opretholde en væsentligt blivende mængde i forbindelse med et dynamisk vandsystem.

- **Tilsætning af Ozon i Danmark vil kræve myndighedstilladelse.**

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **5. Anodisk oxidation**
- Metoden er udviklet i Tyskland og baserer sig på princippet anodisk-oxidation. Den anodiske oxidationsproces dræber Legionella og andre bakterier, mens de sammen med vandet strømmer gennem det specialudviklede og patenterede apparat, hvori der er et oxidationskammer med en indbygget Titanium-anode. Modelprogrammet består af 3 modeller: S, M og L og har en behandlingskapacitet på 3,5 m^3/time, 6 m^3/time og 12 m^3/time.
- **Oxidationsprocessen dræber alle Legionellabakterierne samt fjerner biofilmbelægningerne i varmtvandsbeholdere og rørsystemer**. Når vandet passerer igennem apparatets anode dannes rene ilt-radikaler, som dræber Legionella-bakterierne. Endvidere vil den dannede Hypoklorid (< 3 mg/l) gradvist fjerne biofilm bakterierne.
- **For at sikre effekten af anlægget er det nødvendigt at hele vandstrømmen i et anlæg behandles, og at døde rørender undgås/elimineres.**

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **6. Kobber-sølv ionisering:**
- Kobber-sølv ioniseringen foregå i et gennemskyldnings ioniseringskammer, der indeholder kobber- og sølvelektroder installeret på varmtvandslinjer. Elektrisk strøm anvendes til elektroderne, hvorved positivt ladede kobber- og sølvioner frigives til varmtvandssystemet. Kombinationen af disse to metaller indeholder en betydelig synergi af antimikrobiel aktivitet.
- ► Opsummering: Effektiv behandling med langsigtet blivende effektivitet og med forholdsvis moderate årlige udgifter til behandling, men anskaffelsesudgiften er høj og pH-værdier højere end 8,0 kan begrænse effektiviteten og øge den operationelle vedligeholdelse og omkostningerne.
- **Mulighed for anvendelse i Danmark ser for tiden ud til at være meget begrænset.**

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **7. Chlordioxid**
- Chlordioxid (ClO_2) er en meget reaktiv gas, der let opløses i vand, og er en ægte gas i opløsning. Det er ikke signifikant hydrolyser i vand, og dermed bevares biocidholdige aktivitet over et bredt pH-område. Dens primære virkningsmåde er oxidation, dog skal følgende tages i betragtning:
- den reagerer ikke med naturligt forekommende organiske forbindelser til dannelse af THM. (Trihalomethaner)
- er ikke-reaktiv med ammoniak og mest kvælstofholdige forbindelser
- Er mindre aggressiv til kobber og stål end klor
- ► Resumé: Chlordioxid er en effektiv behandling for Legionella og biofilm på et niveau så lavt som 0,2 mg/l med minimale indvendinger, men det skal genereres på stedet og behandlingsomkostninger bør overvejes.

Gennemgang af forskellige metoder til bekæmpelse af legionella i varmt brugsvand

- **8. Omvendt osmose. Membranteknologi**
- Kernen i membranteknologi er en patenteret ultrafiltreringsmembran, med en porestørrelse på 0,03µ. Den meget tætte membranstruktur betyder, at bakterier, partikler og de fleste vira tilbageholdes fra rentvandsiden. Membranen er fremstillet af forskellige polymerer, der gør den meget hydrofil, hvilket betyder, at den tiltrækker vand. Samtidig er dens opbygning meget robust og stabil, hvilket giver lang holdbarhed.
- Filtreringen ændrer ikke vandets kemiske sammensætning, dvs. mineraler og salte bevares i vandet. Der anvendes ingen kemikalier eller andre tilsætningsstoffer; filtreringen er en ren mekanisk operation.

Metoder til bekæmpelse opsummering (LBA)

Metoder til at bekæmpe Legionella

Metode	Mekanisme	Bemærkninger
Termisk desinfektion	Dræber mikroorganismer. Varmtvandstemperaturen hæves til over 70°C. Alle taphaner og brusere gennemskylles (heat and flush)	Øget kalkudfældning, skoldningsrisiko, øget energiforbrug og øget vandforbrug.
Termisk desinfektion El-tracing	Høje temperaturer dræber bakterier Driftsform uden cirkulation med mulighed for at opvarme hele vandsystemet til ønsket temperatur	Afprøves flere steder som alternativ til drift med varmtvandsbeholdere og cirkulation.
Ultrafiltrering	Filtrering af alt indkommende vand.	Mulighed for tilstopning af filtre og trykfald.
UV	Bestråling med UV-lys har en ødelæggende virkning på DNA, så celledeling hindres	Forskellige mikroorganismers følsomhed overfor UV er varierende. Naturligt forekommende komponenter som calcium og magnesium vil typisk udfælde på UV-røret og svække lyskildens intensitet.
Ultralyd & UV	Ultralydsbehandlingen gør bakterierne frit tilgængelige og dermed mere følsomme overfor behandling med UV	Under afprøvning i DK (Aqua System).

Metoder til bekæmpelse opsummering (LBA)

Metoder til at bekæmpe Legionella

Metode	Mekanisme	Bemærkninger
Klor	Inaktiverer bakterier og blokerer bakterielle processer	Mulighed for dannelse af bi-produkter
Klordioxide	Klordioxide forstyrrer transporten af nærringsstoffer over cellevæggen	Effektiv overfor bakterier, sporer, virus og andre patogener. Effektiviteten er stabil inden for et bredt pH-område (4 og 10) Danner ikke THM, fjerner biofilm
Ozon	Destruerer bakterier, sporer, amøber og inaktiverer virus, fjerner problemer med smag lugt og farve	Øger vandets indhold af letomsætteligt kulstof. Ozon nedbrydes hurtigt og er korrosivt
Elektrolytisk dannelse af kobber sølvioner	Kobber og sølv ioner er toksiske for bakterier.	Effektiviteten afhænger af vandets hårdhed og pH. Forbehandling af vandet øger effektiviteten. Koncentrationsniveau: Kobber = 100-400µg/l / Sølv = 10-40 µg/l
Elektrolytisk vandbehandling	Desinfektion med vandets egne stoffer – klorsyrling, ilt samt mindre mængder brintoverilte og ozon. Tilstedeværelsen af frit klor i området 0,1-0,3 mg/l er afgørende.	Afprøves i Tyskland – specielt på hospitaler.

Tak for jeres opmærksomhed
Er der spørgsmål?