



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

**Legionella:
Brug af varmeveksler i en familiebolig
med korte rørstrækninger
23. oktober 2014**



Titel:

Legionella:

Brug af varmeveksler i en familiebolig med korte rørstrækninger

Udarbejdet for:

Esbjerg Forsyning A/S

Fredericia Fjernvarme A.m.b.a.

AffaldVarme Aarhus (AVA)

Roskilde Forsyning A/S

Albertslund Forsyning

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut

Energi and Klima

Installation og Kalibrering

Gregersensvej

2630 Taastrup

Forfatter:

Leon Steen Buhl

Oktober 2014



Indholdsfortegnelse

1	BAGGRUND FOR PROJEKTET.....	4
1.1	FORMÅL MED PROJEKTET.....	4
1.2	HVORFOR ER QPCR VALGT TIL PROJEKTET?.....	4
1.3	PROJEKTETS BETYDNING	4
1.4	PROJEKTETS DELTAGERE OG FINANSIERING.....	5
2	GENNEMFØRELSEN AF PROJEKTET.....	6
3	TESTRIGS	7
3.1	PLACERING.....	7
3.2	VANDTILSLUTNING.....	7
3.3	FJERNVARMEFORSYNING	7
3.4	OPBYGNING OG MATERIALER.....	7
3.5	TAPPEPROGRAM FOR FORSØG	8
3.6	TESTKØRSEL AF TESTRIG I ROSKILDE	9
3.6.1	OPSTILLING	9
3.6.2	INDSTILLING AF VANDSTRØM	9
3.6.3	INDSTILLING AF TIMER	10
3.6.4	INDSTILLING AF TEMPERATUR	11
3.6.5	OPRULNING AF PEX-RØR.....	12
3.6.6	PRØVEUDTAGNING	12
4	UDTAGNING AF PRØVER.....	13
4.1	VEJLEDNING TIL PRØVEUDTAGNING	13
5	RESULTAT AF PRØVER OG MÅLINGER	14
6	TOLKNING AF RESULTATER.....	15
6.1	BESKRIVELSE AF QPCR	15
6.2	OPFØLGNING.....	15
6.3	STATENS SERUM INSTITUTS VURDERING AF QPCR-METODEN.....	16
6.4	TOLKNING OG VURDERING AF DE ENKELTE RESULTATER	16
6.5	GENEREL VURDERING	21
6.6	BEHOV FOR YDERLIGE UNDERSØGELSER.....	21
6.7	LOGNING AF TEMPERATURER.....	21



6.8	RELATEREDE INTERNATIONALE UNDERSØGELSER	21
6.8.1	TECHNISCHE UNIVERSITÄT I DRESDEN.....	21
6.8.2	DSF/FPRCEN/TR 16355, TEKNISK RAPPORT OM LEGIONELLA	22
6.8.3	TECHNISCHE REGEL DVGW ARBEITSBLATT W 551.....	22



1 Baggrund for projektet

Baggrunden for projektet er et ønske om at opnå besparelser i form af ressourcer for fjernvarmeværkerne, hvis de har mulighed for at køre med lave frem- og returtemperaturer i ledningsnettet.

I Bygningsreglementet er der angivet regler for, at det ved etablering af brugsvandsanlæg til varmt vand skal sikres, at der ikke er mulighed for vækst af bakterier i systemet, og her sigtes primært på vækst af legionella. Det betyder bl.a., at der er grænser for, hvor lave temperaturer der kan accepteres i sådanne systemer. Der er dog i udenlandske standarder angivet muligheder for at operere med lavere temperaturer, hvis installationen er udført som en installation med veksler og fordelerrør, og der maksimalt er tre liter vand i den samlede installation inklusive veksler og rør frem til tapstedet.

Dansk Standards udvalg vedr. vandforsyning, DS-S-314, blev i 2011 spurgt om mulighederne for at anvende de udenlandske erfaringer i Danmark. Udvalget svarede, at der først bør gennemføres forsøg, som dokumenterer, at denne type installation er uden risiko for smitte med legionella.

1.1 Formål med projektet

Der er derfor projektets formål - gennem prøvning på fem ens installationer - at dokumentere, at det er risikofrit at nedsætte temperaturen i fjernvarmeinstallationer, som er opbygget med en varmeveksler og en brugsvandsinstallation med fordelerrør. Den samlede vandvolumen frem til tapstedet må ikke overstige tre liter. Dokumentationen er foretaget ved, at der over 12 måneder hver måned er udtaget vandprøver. Disse er efterfølgende blevet undersøgt af et laboratorium for indhold af legionella ved hjælp af qPCR-metoden. Metoden er nærmere beskrevet i afsnit 6.1.

1.2 Hvorfor er qPCR valgt til projektet?

Grunden til, at valget faldt på qPCR frem for dyrkning, var, at det i første omgang var formålet at følge udviklingen i et system med forskellige temperaturer for at få et overblik over, hvilken effekt det havde på væksten af legionella at sænke temperaturen til 45 °C fremfor at holde den på 55 °C.

1.3 Projektets betydning

En nedsættelse af fjernvarmefremløbstemperaturen vil både give energibesparelser i ledningsnettet og økonomiske fordele for fjernvarmeværkerne og i sidste ende for brugerne.

Gennem de seneste år har en lang række fjernvarmeforsyninger foretaget en generel tilpasning i form af anvendelse af VA-teknologier i deres forsyningsstrategi. Der er i denne sammenhæng både tale om anvendelse af biomaterialer, men også anvendelse af solvarme som forsyningskilde. En optimal udnyttelse af disse forsyningskilder er ofte baseret på at kunne køre lavtemperaturdrift på forsyningsystemet.



Der er indført skærpede krav i Bygningsreglementet til bygningers energimæssige ydeevne, og disse krav vil blive skærpet yderligere i 2015. Det betyder, at behovet for energi til bygningsopvarmning reduceres, og at opvarmning af brugsvand efterhånden vil blive den mest energikrævende del af forbruget. Såfremt brugsvandsproblematikken løses, vil der derfor være mulighed for store økonomiske og miljømæssige gevinster ved lavere fremløbstemperaturer.

1.4 Projektets deltagere og finansiering

Projektet er gennemført og finansieret af de fem deltagende fjernvarmeforsyninger:

Esbjerg Forsyning A/S

Claus A. Nielsen
Thomas Bornhøft

Fredericia Fjernvarme A.m.b.a.

Carl Hellmers
John Sletting Nielsen

AffaldVarme Aarhus (AVA)

Bent K. Olsen
Hans Mathiesen
Kjeld Bo Andersen
Peter Lykke Sørensen

Roskilde Forsyning A/S

Torben Rasmussen

Albertslund Forsyning

Hans-Henrik Høg
Kurt Nielsen
Svend Steen Larsen
Wisam El-khatib

Skanderborg-Hørning Fjernvarme (medkoordinator)

Peter Jensen

Teknologisk Institut har stået for planlægning og analyse af vandprøver som en del af projektet.

Deltagere fra Teknologisk Institut:

Leon Steen Buhl (koordinator)
Helle Stendahl Andersen
Kaj L. Bryder
Niels Winther



2 Gennemførelsen af projektet

Det var planlagt, at projektet skulle starte op i januar/februar 2013, men på grund af forskellige opstartsvanskeligheder blev de første prøver først udtaget i april 2013. Der blev herefter løbende udtaget prøver til analyse i 12 måneder frem til april 2014.

Opstartsvanskelighederne var bl.a. relateret til selve testriggene, hvor der bl.a. måtte skiftes styreventiler. Projektet har siden forløbet forholdsvis uproblematisk.

Der er afholdt tre projektmøder i løbet af projektforløbet, hvor der er foretaget forskellige justeringer i forhold til gennemførelsen af projektet.

Det har bl.a. på grund af ansvarsfordelingen været vanskeligt at tage beslutninger i visse situationer, og det var derfor også vanskeligt at komme i gang. Erfaringerne viser, at projektet burde have været mere tydeligt beskrevet, især i relation til procedure og ansvarsfordeling.

Opstarten på eventuelle fremtidige projekter bør foregå som et forprojekt, hvor der fx startes med en testrig et sted, som godkendes, hvorefter projektet startes endeligt op.



3 Testrigs

For at sikre, at resultaterne af vandprøverne blev så ensartede som muligt, blev der udarbejdet en vejledning til, hvor og hvordan testrigs skulle placeres og monteres. Der blev ligeledes udarbejdet arbejdstegninger over udformningen af testrigs, således at de efterfølgende kunne justeres til den aktuelle drift, der skulle undersøges.

Der blev lavet et samarbejde med Gemina Termix om udformningen af testrigs, og de færdige rigs blev leveret til de enkelte forsyninger, som derefter monterede dem på aktuelle lokaliteter i deres forsyning som beskrevet i vejledningen.

3.1 Placering

Testriggen skal placeres i et rum, hvor rumtemperaturen ikke kommer til at påvirke testresultaterne. Det vil i praksis sige, at en rumtemperatur på maks. 25 °C vil være acceptabel. En temperatur på 20 - 22 °C bør dog tilstræbes.

3.2 Vandtilslutning

Der skal foretages en tilslutning med drikkevand til testriggen. Dette bør enten foretages med rustfri stålør, kobberrør eller varmforzinkede stålør. Der bør af hensyn til testresultaterne ikke anvendes plastrør. Dimensionen på tilslutningsledningen bør være 18 mm eller en tilsvarende dimension.

Ledningen til koldt drikkevand bør være i så kort afstand som muligt fra indføringen i bygningen. Såfremt der kan være fare for opvarmning af vandet i ledningen til over ca. 20 - 22 °C, bør ledningen isoleres. Koldt vand tilsluttes de to units på normal måde.

3.3 Fjernvarmeforsyning

Der føres fjernvarme frem til testriggen. Fremløbstemperaturen bør være mindst 70 °C. Fjernvarme tilsluttes de to units på normal måde.

3.4 Opbygning og materialer

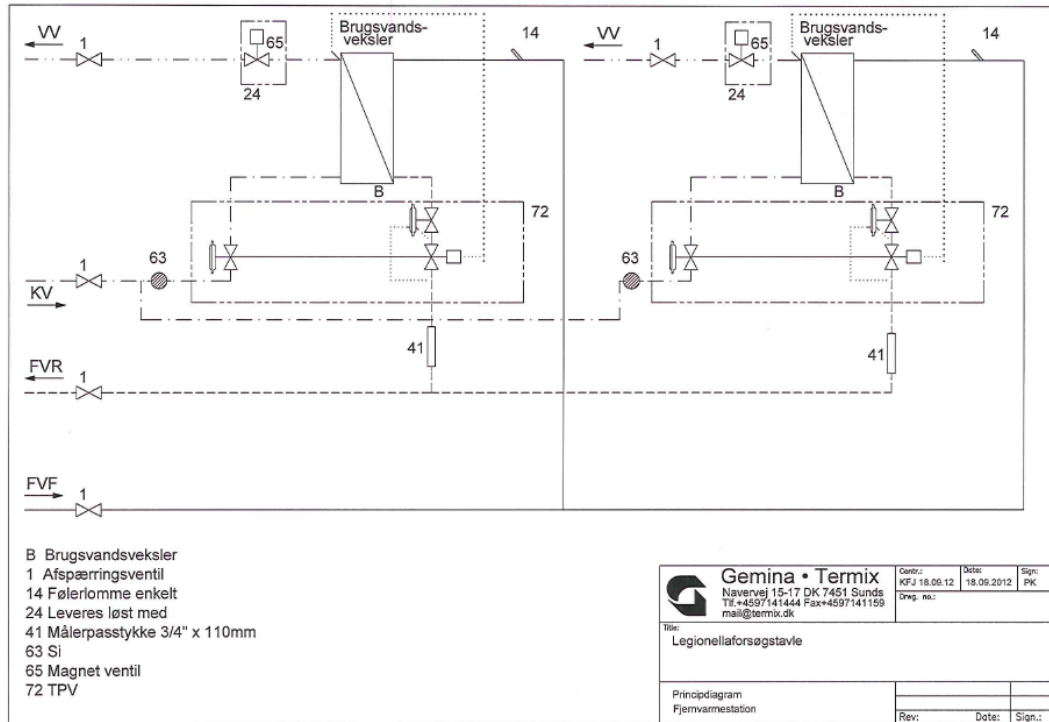
Testriggen opbygges som angivet på arbejdstegningen fra Gemina Termix på næste side. Specifikationer for de anvendte materialer er følgende:

- Fra units frem til fordelerrør anvendes rustfri rør i dimension $\varnothing 15$ mm.
- Fordelerrør er med tre afgange, hvoraf de to afproppes og den sidste anvendes.
- Der anvendes oprullet isoleret PEX-rør i en længde af 25 meter og i dimension $\varnothing 15 \times 2$ mm.

Arrangement for prøveudtagning og aftapning er vist på detailtegningen. Til prøveudtagning anvendes en forkromet tapventil uden slangeforskrumning i dimension $\frac{1}{2}$ ". Til at styre tappeprogrammet anvendes en elektronisk timer, der skal indstilles til minutter og gerne sekunder. Denne kobles til to magnetventiler, fx Danfoss type EV 220B 20B, i dimension $\frac{1}{2}$ ". På en gevindstuds efter magnetventilen monteres en vandstrømsregulator, der er beregnet for 0,14 l/sek.



Der monteres eventuelt fire målere som angivet på tegningen. De to af målerne foran hver unit på fjernvarmesiden er placeret, så der evt. kan beregnes/dokumenteres energibesparelse ved nedsættelse af temperaturen. Måleren på det kolde vand er placeret for at kunne kontrollere vandforbruget under forsøgene og evt. sammenligne disse de enkelte testtrigs imellem. Det samme gælder for fjernvarmemåleren på tilgangen til testtriggene.



Detailtegning af testrig fra Gemina Termix

3.5 Tappeprogram for forsøg

Tappeprogrammet er baseret på DS 439's tappeprogram. Der tappes med 0,14 l/sek. Tappeprogrammet er beregnet ud fra en familie på fire personer med et forbrug på 40 l varmt vand pr. døgn. Der gennemføres et tappeprogram med 0,14 l/sek., der ser således ud:

Klokkeslæt	Antal liter	Tid for taping (minutter)
06:30	35	4,2
07:00	35	4,2
07:30	10	1,2
08:00	10	1,2
16:00	10	1,2
17:00	10	1,2
18:00	10	1,2
17:00	35	4,2
22:00	10	1,2

3.6 Testkørsel af testrig i Roskilde

Der blev foretaget en testkørsel af testriggeren i Roskilde den 14. januar 2013. Resultatet af testkørslen er angivet i de efterfølgende afsnit.

3.6.1 Opstilling

Testriggeren i Roskilde er i januar 2013 færdigmonteret, så den er klar til testkørsel. På billedet herunder kan den færdige opstilling ses.

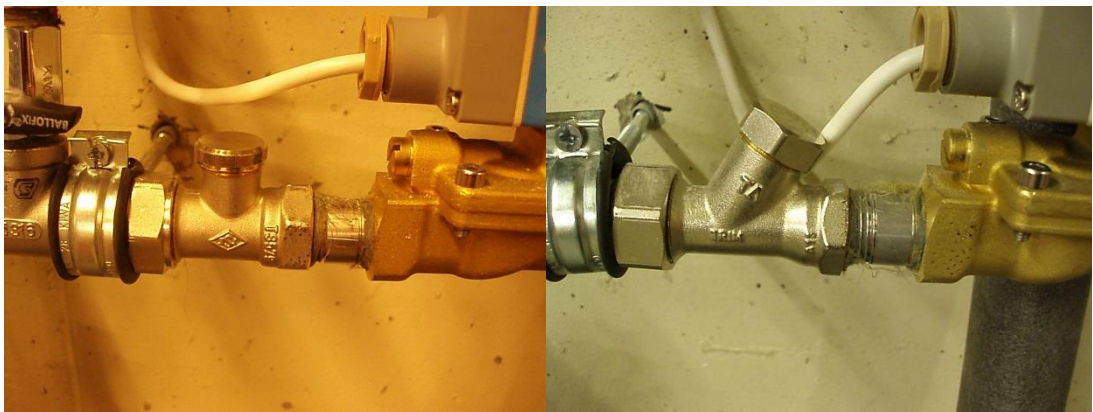


Billede af testrig færdigmonteret på væg.

Der er målt en temperatur på ca. 23 °C i rummet.

3.6.2 Indstilling af vandstrøm

Tappeprogrammet gennemføres med en vandstrøm svarende til 0,14 - 0,15 l/sek. (8,4 - 9 l/min.). Vandstrømmen indstilles på reguleringsventil monteret før PEX-rør. Det er ikke nødvendigvis samme type reguleringsventiler, der er monteret på de enkelte units. På unit i Roskilde er der monteret to typer TA RADITRIM (se billederne herunder).



Vandstrømmen kan indstilles ved hjælp af en unbrakonøgle og et målebæger med streginddeling som vist på billedet herunder.



Billede af målebæger, som formentlig har været leveret sammen med unit.

Der indstilles til mellem 8,4 og 9 l/min. (pil). Det vurderes generelt, at det ikke er muligt at indstille til en fuldstændig præcis vandstrøm, hvilket afspejler virkeligheden.

3.6.3 Indstilling af timer

I forbindelse med testkørslen var det ikke muligt af finde en manual for indstillingen af timeren (LOGO 23 ORC), men der blev efterfølgende downloadet en manual, der dækker timeren. Timeren skal indstilles efter skemaet herunder.

Tappeprogrammet er baseret på DS 439's tappeprogram. Der tappes med 0,14 - 0,15 l/sek. Tappeprogrammet er beregnet ud fra en familie på fire personer med et forbrug på 40 l varmt vand/døgn. Der gennemføres et tappeprogram med 0,14 - 0,15 l/sek., der ser således ud:

Klokkeslæt	Liter	Tid for tapning (minutter)	Testrig 1 varmtvands-temperatur tappet [°C]	Testrig 2 varmtvands-temperatur tappet [°C]
06:30	35	4,2	45	55
07:00	35	4,2	45	55
07:30	10	1,2	45	55
08:00	10	1,2	45	55
16:00	10	1,2	45	55
17:00	10	1,2	45	55
18:00	10	1,2	45	55
17:00	35	4,2	45	55
22:00	10	1,2	45	55

3.6.4 Indstilling af temperatur

I forbindelse med testkørslen kunne det konstateres, at det var vanskeligt eller næsten umuligt at indstille den ene veksler til en temperatur på maks. 45 °C. Det var meget vigtigt, at temperaturen kom ned på 45 °C ved tapstedet, således at det ikke efterfølgende kunne postuleres, at for varmt vand havde ”desinficeret” rørinstallationen ved hver tapning.

Gemina Termix blev kontaktet inden den endelige opstart, og det blev aftalt, at der skulle installeres en anden type styreventil, inden forsøget blev startet op. Der blev efterfølgende monteret en ny type styreventil, Termix TPV-regulator, der regulerer brugsvandet i forhold til både flow og temperatur ned til 45 °C.



Billede fra testkørsel, hvor temperaturen var næsten 50 °C, selvom reguleringsventilen var skruet helt i bund.



Reguleringsventil skruet helt i bund uden at temperaturen kommer ned på 45 °C.

3.6.5 Oprulning af PEX-rør

På et spørgsmål om, hvorledes PEX-rørene skal være rullet op, blev det vedtaget, at der skulle anvendes 25 meter PEX-rør i dimension $\varnothing 15$ mm. Dette svarer til den normalt maksimale længde i et enfamilieshus. Det stemmer samtidig overens med den tidligere 10-sekundersregel, der var angivet i vandnormen (maks. 10 sekunders ventetid for det varme vand ved tapstedet ved 0,2 l/sek. tappet).

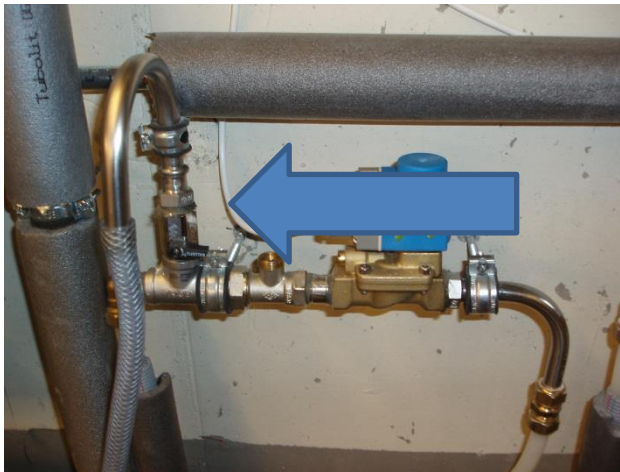


Billede af oprullede rør under unit.

Afslutningen af rørene er ført til afløb, så der ikke kommer vand på gulvet ved taping.

3.6.6 Prøveudtagning

På billedet herunder er udformningen af prøveudtagningshaner vist.



Billede af prøveudtagningshane (pil).



4 Udtagning af prøver

I forbindelse med udtagning af vandprøverne er der udarbejdet en vejledning af Kemisk og Mikrobiologisk Laboratorium på Teknologisk Institut i Aarhus. Denne vejledning er anvendt i forbindelse med udtagning af vandprøverne.

4.1 Vejledning til prøveudtagning

En vandprøve udtages således:

1. ID-mærkat udfyldes og sættes på prøveflasken (hvidt låg).
2. Der åbnes for vandet, som skal løbe 2-3 sek. før prøvetagning.
3. Handsker tages på før udførelse af trin 4 og 5.
4. Prøveflasken (hvidt låg) fyldes op til start af halsindsnævring med vand direkte fra kilden. Undgå at berøre flaskens hals eller indersiden af låget.
5. Låget skrues godt på prøveflasken (hvidt låg).
6. Særlige bemærkninger om prøvetagning noteres på bagsiden af følgesedlen, fx
 - a) navn på forsyning og dato for prøveudtagning
 - b) temperatur i varmtvandstanken/-systemet.
7. Flasker lægges i enten IQ Kit[®]-boksen eller en anden kasse. Boksen lukkes godt (evt. med tape) og sendes med Post Danmark til Teknologisk Institut.

I forbindelse med forsendelse af prøverne har der et par gange været problemer med at få prøverne frem til tiden. Dette har primært skyldtes Post Danmark. Forsinkelserne har betydet, at prøver, der ikke er nået frem i tide, ikke indgår i undersøgelsen. Af opsummeringen i resultatoversigten kan det ses, hvornår der har været problemer med at forsendelsen ikke er nået frem. Der er statistisk set tale om et meget lille antal, der ikke har påvirket resultatet.



5 Resultat af prøver og målinger

Hovedresultaterne af undersøgelserne er vist i de efterfølgende skemaer. Tolkningen af resultaterne fremgår af kapitel 6.

Forsyning	Koldt vand_09.04.13	Koldt vand_14.05.13	Koldt vand_11.06.13	Koldt vand_02.07.13	Koldt vand_06.08.13	Koldt vand_03.09.13
Århus	0	224000	53100	53100	127000	60800
Albertslund	4110	122000	122000	53100	76400	384000
Esbjerg	40300	306000	306000	0	45400	21300
Fredericia	51600	12600	12600	14100	19400	10600
Roskilde	0	0	0	9630	11000	0

Koldt vand_03.09.13	Koldt vand_05.11.13	Koldt vand_03.12.13	Koldt vand_07.01.14	Koldt vand_04.02.14	Koldt vand_05.03.14
74700	91400	102000	7530	50700	21700
12200		23700	8240	18700	0
57600	5150	2280000	6180	38800	9200
21100	8520	4110	6100	51000	4080
7690	19600	21400	4370	9090	7730

De samlede resultater fra koldt vandsprøverne

Forsyning	45C_09.04.13	45C_14.05.13	45C_11.06.13	45C_02.07.13	45C_06.08.13	45C_03.09.13
Århus	6000	1430000	91900	91900	106000	119000
Albertslund	3740	17900	17900	15800	22000	18600
Esbjerg	0	30200	30200	36000	16100	6360
Fredericia	16200	50300	50300	12600	36700	6880
Roskilde	0	0	1	18700	11000	0
45C_01.10.13		45C_05.11.13	45C_03.12.13	45C_07.01.14	50 C_04.02.14	45C_05.03.14
42800		31300	99700	10800	83100	80800
11000		0	42000	17400	18600	8810
1		1	14300	729	4500	2780
1		3680	4880	5340	5690	2720
15300		214000	152000	5190	13100	95400

De samlede resultater fra prøverne på 45 °C varmt vand

Forsyning	55 C_09.04.13	55 C_14.05.13	55 C_11.06.13	55 C_02.07.13	55 C_06.08.13	55 C_03.09.13
Århus	8820	75000	15400	17900	33600	41900
Albertslund	3440	43600	11700	15600	13100	13400
Esbjerg	0	19300	78500	7210	13200	12000
Fredericia	5740	15100	12100	1	7230	9640
Roskilde	4130		111000	921000	342000	
55 C_01.10.13	55 C_05.11.13	55 C_03.12.13	55 C_07.01.14	55 C_04.02.14	55 C_05.03.14	
12700	30700	9310	1910	83100	34700	
57000		30700	27200	18600	8410	
8380	7520	34900	1970	4500	3700	
12200	3390	7890	3010	5690	1450	
17200	542000	150000	55500	13100	79300	

De samlede resultater fra prøverne på 55 °C varmt vand



6 Tolkning af resultater

I forbindelse med tolkning af resultater for screening af legionella anvendes en oversigt over anbefalede grænseværdier fra Statens Serum Institut (SSI). Denne oversigt er baseret på, at resultaterne stammer fra dyrkning og vil derfor alene være baseret på anbefalinger i relation til, hvor mange levende legionellabakterier, der er i vandet.

Der findes tilsvarende tyske anbefalinger fra DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V).

I forbindelse med dette projekt er anvendt en anden metode (qPCR – kvantitativ PCR), hvor der måles både døde og levende celler. Anbefalinger fra SSI og DVGW vil derfor ikke kunne anvendes direkte på resultaterne i denne undersøgelse.

6.1 Beskrivelse af qPCR

Til kvantificering af total legionella er der benyttet en molekylærbiologisk hurtigmetode (qPCR – kvantitativ PCR). Metoden, som er udviklet af Teknologisk Institut, er en DNA-baseret metode, som detekterer både levende og døde celler. Princippet i metoden er, at der udvælges en gensekvens, som findes i alle legionellaarter. Ved at kvantificere antallet af denne gensekvens i hver prøve, kan antallet af legionellaceller beregnes.

Ved hver analyse medtages en positiv kontrol af legionella for at sikre, at DNA-ekstraktion og qPCR-analysen er forløbet tilfredsstillende. Derudover bliver alle prøver spiket med en intern kontrol for at undersøge, om prøverne indeholder stoffer, som hæmmer analysen.

Metoden er særligt velegnet til screeningsopgaver, hvor der er behov for at finde ud af, om der er legionella i systemet. Metoden er ligeledes meget velegnet til nøje at følge udviklingen i et system og få svar på, om de tiltag, der er gjort for at sænke væksten af legionella, er effektive.

En anden meget benyttet metode til kvantificering af legionella er dyrkning, hvor en delmængde af en vandprøve overføres til et vækstmedie, og kun de levedygtige legionellabakterier vokser frem. Denne metode er ikke valgt i dette projekt.

6.2 Opfølgning

Hvis der skal foretages yderligere undersøgelser, vil der igen blive udført qPCR-analyse på både total legionella og den sygdomsfremkaldende art legionella pneumophila. Derudover vil der også blive fortaget dyrkning iht. DS 3029 for at undersøge antallet af levedygtige celler. I tilfælde af positive prøver vil prøverne blive sendt til Statens Serum Institut for at blive identificeret i forhold til deres serotype.



6.3 Statens Serum Instituts vurdering af qPCR-metoden

Teknologisk Institut kontaktede embedslægen og spurgte om, hvorvidt, embedslægen ville acceptere en qPCR-metode til måling af legionella. Embedslægen havde ingen holdning til spørgsmålet, eftersom det afgøres af de enkelte kommuner. Embedslægen rådede derfor Teknologisk Institut til at kontakte Søren Uldum fra SSI, som er embedslægernes kontaktperson.

Ifølge Søren Uldum er en qPCR-metode velegnet til et projekt som det beskrevne, hvor der laves kontinuerte målinger for at følge udviklingen, fordi det er muligt at se, om legionella overhovedet kan vokse i systemet. Hvis der skal laves en risikovurdering, vil Søren Uldum dog foretrække dyrkningsmetoden, da de levedygtige bakterier kvantificeres ved denne metode.

Det vigtigt at redegøre for fordele og ulemper ved qPCR-metoden i den endelige rapport, så det er helt klart, hvilke resultater der fremkommer, og hvad de kan bruges til.

På denne baggrund blev det vurderet, at det ville være i orden at benytte qPCR-metoden til dette projekt. Der kan evt. efterfølgende suppleres med dyrkningsmetoden for at få undersøgt, om legionella bliver ikke-levedygtig af at blive opvarmet til hhv. 45 °C og 55 °C.

6.4 Tolkning og vurdering af de enkelte resultater

I forbindelse med gennemførelsen af projektet har der på enkelte værker i forbindelse med enkelte prøver vist sig at være meget store udsving i resultaterne. Dette er kommet til udtryk i forbindelse med prøverne for både det kolde vand og det varme vand på hhv. 45 °C og 55 °C.

SSI har i en rapport fra 2000 angivet forslag til reaktionsgrænser for legionella i varmt brugsvand. I det efterfølgende har SSI kommenteret deres egne forslag til grænserne.

SSI-GUIDE TIL REAKTIONSGRÆNSER FOR VARMTVANDSSYSTEMER I BOLIGER

Det antages, at risiko for legionærsygdom er størst, hvis der påvises mange legionella-bakterier i den (de) undersøgte varmtvandsprøve(r). Det er imidlertid ikke muligt at angive en præcis sammenhæng mellem mængden af fundne legionellabakterier i en prøve og risiko for legionærsygdom.

Der er flere årsager hertil:

- *Koncentrationen af legionellabakterier i et vandssystem 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 fx vandforbrug og materialer til rør og slanger.*
- *Der er stor variation i virulensen (evnen til at forårsage sygdom) blandt legionella-stammer. 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 sundheds-tilstand og modstandskraft over for infektion.*
- *Aerosoldannelse, intensitet og varighed af påvirkningen, samt tilstedeværelse af amøber i vandet har formentlig betydning for smitterisikoen.*

I tabellen herunder er angivet forslag til reaktionsgrænser ved påvisning af legionella i varmtvandsystemer i boliger. På grund af ovenstående forbehold er de angivne grænser kun en rettesnor, og det kan derfor ikke udelukkes, at vandsystemer, hvorfra der er påvist lavere koncentrationer af legionellabakterier (<1000 cfu/liter) i nogle tilfælde vil kunne forårsage sygdom.

Anbefalede grænseværdier for Legionella.

Legionella CFU/ml	Handlingskonsekvens/reaktion iht. Statens Serum Institut	Vurdering iht. DVGW Arbeitsblatt W 551	Handling iht. DVGW Arbeitsblatt W 551	Yderligere undersøgelser iht. DVGW Arbeitsblatt W 551	Opfølgning iht. DVGW Arbeitsblatt W 551
10 – 1.000	Lavt tal. Dog udtryk for, at Legionella-bakterie kan vokse i systemet	Ingen / lav kontaminering	¹ Ingen ² Ingen	¹ Ingen ² Ingen	¹ Efter 1 år ² Efter 1 år
1.000 -10.000	Lavt til moderat antal bakterier. Det skal overvejes, om der kan foretages enkle forbedringer af anlægget, f.eks. drifts-temperatur, fjernelse af "døde ender".	Moderat kontaminering	¹ Ingen ² Sanering er påkrævet i nærmeste fremtid.	¹ Indenfor 4 uger ² Max. indenfor 1 år.	¹ Efter 1 år ² 1 uge efter desinfektion, eller sanering
10.000 – 100.000	Forholdsvis højt bakterietal. Det skal overvejes, om der kan foretages forbedringer af anlægget og/ eller desinfektion.	Høj kontaminering	¹ Krav til sanering er afhængig af resultatet af yderligere undersøgelser ² Sanering er påkrævet meget hurtigt.	¹ Med det samme ² Indenfor 3 uger	¹ Efter 1 år ² 1 uge efter desinfektion, eller sanering
≥ 100.000	Meget højt bakterietal. Anlægget bør gennemgås med henblik på afhjælpende foranstaltninger	Ekstrem høj kontaminering	¹⁺² Det er påkrævet straks at stoppe spredning af kontamineringen. (Desinfektion og bruger-indskrænkning, f.eks. bruseforbud) sanering er påkrævet.	¹⁺² Straks	¹⁺² 1 uge efter desinfektion eller sanering

Iht. DVGW-Arbeitsblatt 551, skal der ved fund af Legionella, udtages en opfølgende prøve. I skemaet er handling ved prøve 1 angivet med ¹, og handling ved prøve 2 angivet med ².

Ud fra anbefalede grænseværdier fra SSI og DVGW-Arbeitsblatt W 551, er der blevet lavet 3 niveauer. Derudover, er det valgt at sætte grænsen ved 10.000 CFU/L, dvs. der hvor bør foretages forbedringer, samt en kritisk grænse ved 100.000 CFU/L, som er der hvor kontamineringen straks skal stoppes.

Ovenstående tabel angiver de anbefalede reaktionsgrænser, som SSI og DVGW angiver for *levende* legionellaceller i vandinstallationer. Af vejledningen kan det bl.a. ses, at især det røde felt (>100.000) bør give anledning til, at der foretages indgreb i forbindelse med installationen.

Forsyning	Koldt vand_09.04.13	Koldt vand_14.05.13	Koldt vand_11.06.13	Koldt vand_02.07.13	Koldt vand_06.08.13	Koldt vand_03.09.13
Århus	0	224000	53100	53100	127000	60800
Albertslund	4110	122000	122000	53100	76400	384000
Esbjerg	40300	306000	306000	0	45400	21300
Fredericia	51600	12600	12600	14100	19400	10600
Roskilde	0	0	0	9630	11000	0

Koldt vand_03.09.13	Koldt vand_05.11.13	Koldt vand_03.12.13	Koldt vand_07.01.14	Koldt vand_04.02.14	Koldt vand_05.03.14
74700	91400	102000	7530	50700	21700
12200		23700	8240	18700	0
57600	5150	2280000	6180	38800	9200
21100	8520	4110	6100	51000	4080
7690	19600	21400	4370	9090	7730

Tabellen herover opsummerer resultaterne fra samtlige koldtandsprøver. I forbindelse med enkelte af prøverne kan det også konstateres, at antallet af registrerede legionellabakterier er over 100.000. Da screeningen har medtaget både døde og levende celler, er det ikke muligt at konkludere, hvorvidt der vil være problemer i relation til SSI's og DVGW's anbefalinger.



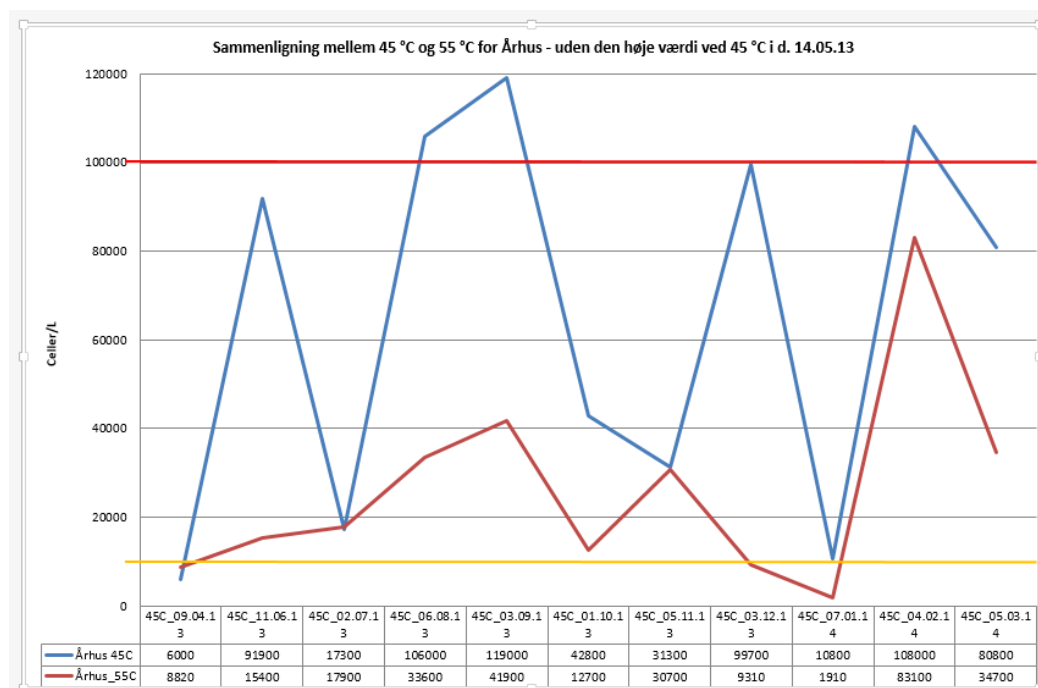
En efterfølgende nærmere undersøgelse af mulige årsager til, at der har været enkelte prøver med meget høje kimtal i koldvandsprøverne, har givet følgende mulige forklaringer:

Prøverne fra Aarhus den 14. maj 2013 har meget høje værdier. Prøverne er udtaget ved vandindføringen på den undercentral, hvor testriggene er opstillet. Det har efterfølgende vist sig, at den samlede installation på denne understation har meget store rørdimensioner og et relativt lille forbrug. Dette betyder, at hvis installationen ikke bliver gennemskyllet tilstrækkeligt, inden prøven udtages, er der risiko for at der tappes vand, der har stået i rørintallationen længe og ved høj temperatur.

Prøven fra Esbjerg af samme dato har også meget høje værdier. Baggrunden for dette kan være, at der i samme periode, som vandprøverne er udtaget, blev foretaget et større ledningsarbejde på de forsyningsledninger, der ligger lige op til testområdet. Ledningsarbejdet har kunnet forårsage, at fragmenter, der har løsrevet sig fra de eksisterende rør, har indeholdt biofilm og dermed bakterier.

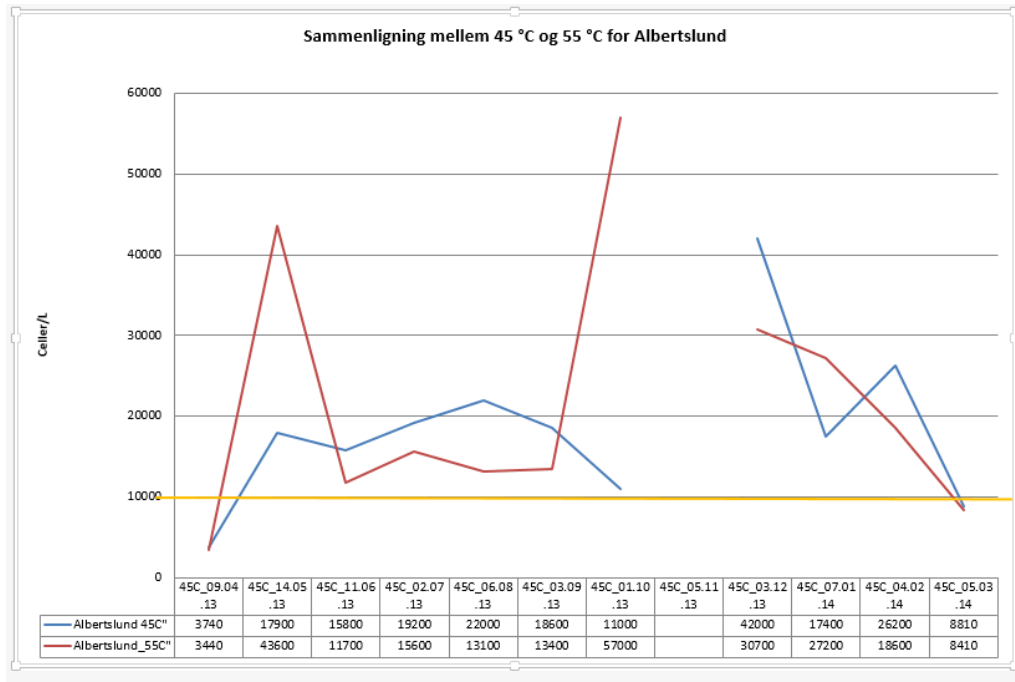
Det har ikke været muligt at få oplysninger, der har kunnet belyse eventuelle årsager til forhøjede værdier i de resterende prøver, der er markeret med rødt.

De efterfølgende tabeller er en opsummering af resultaterne fra de testtrigs, der har kørt med en temperatur på 45 °C og 55 °C opdelt på de enkelte forsyninger.

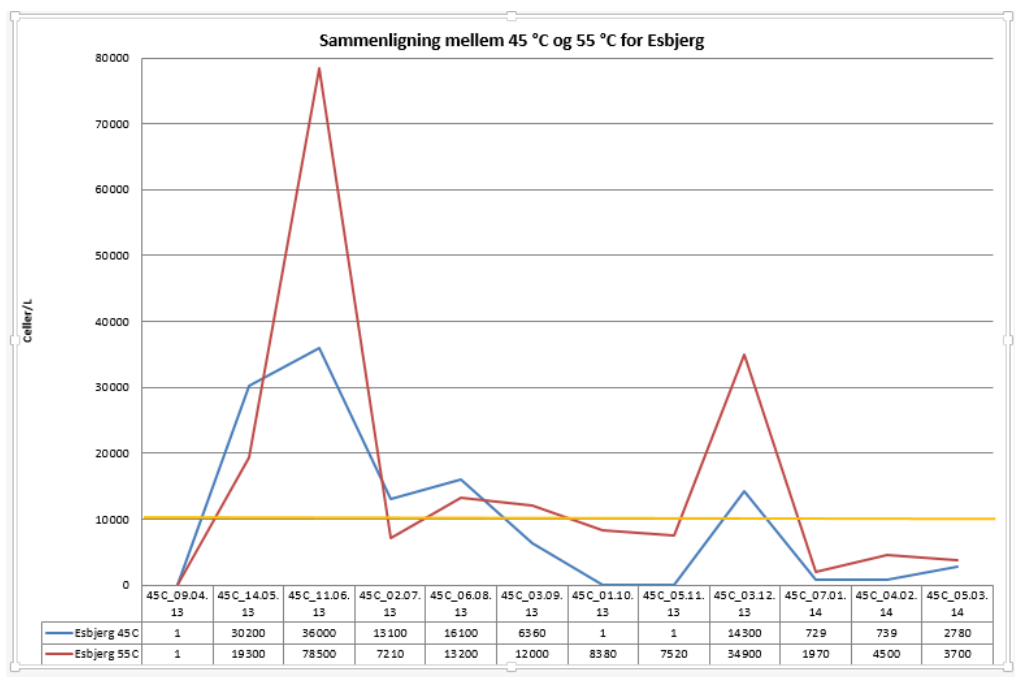


Af resultaterne fra Aarhus kan det ses, at der har været perioder, hvor værdierne har været høje. Årsagen skal formentlig søges i installationen generelt, hvor der har været et lille vandforbrug og høje temperaturer i omgivelserne for installationen. På grund af de høje tal blev der i januar 2014 foretaget en desinfektion af installationen, hvilket også fremgår af prøveresultaterne for denne måned. Værdierne i prøverne steg dog efterfølgende igen, hvilket formentlig skyldes forholdene på stedet.

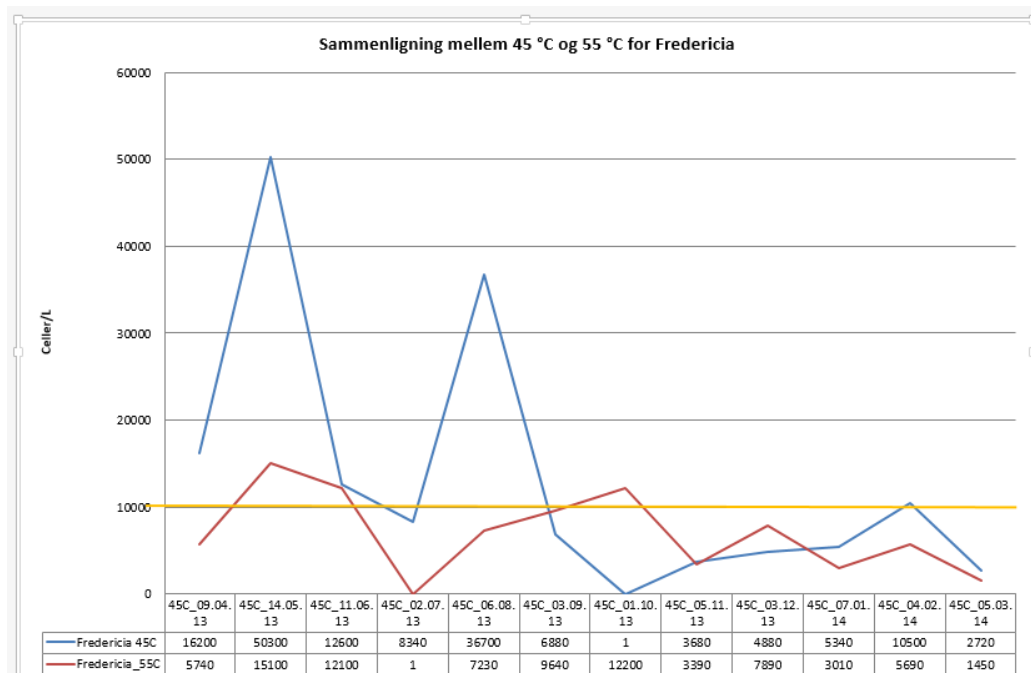
Generelt viser resultaterne, at der er højere værdier i installationen med 45 °C i forhold til 55 °C. Der kan ikke konstateres en egentlig konstant stigning i værdierne fra forsøgets start til slut.



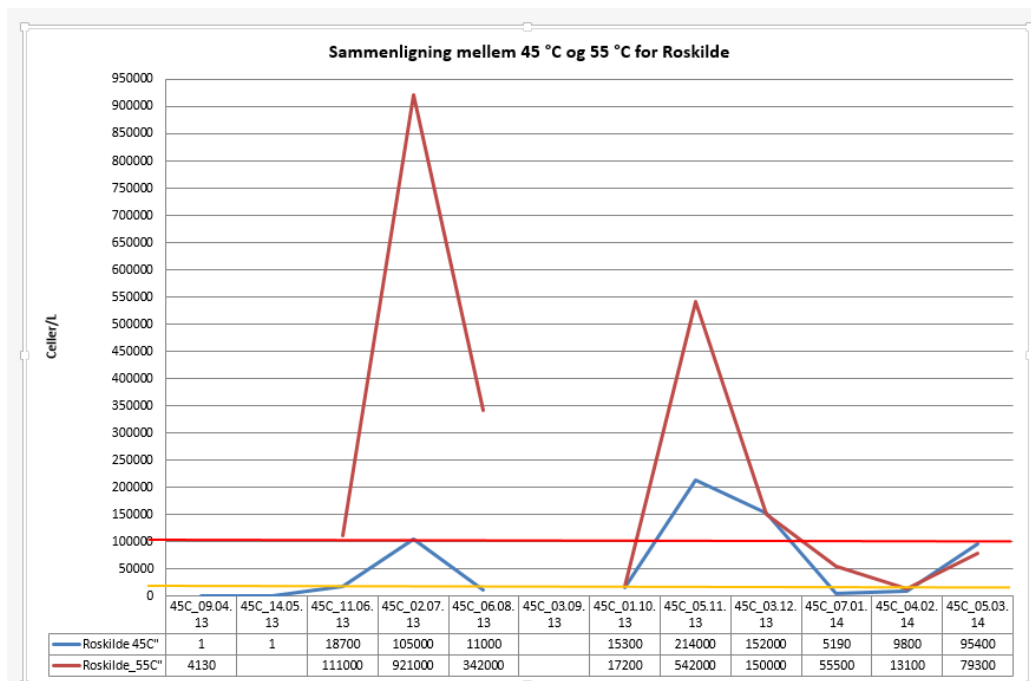
Resultaterne fra Albertslund viser et meget lille udsving i forhold til forskellen mellem 45 °C og 55 °C. Der kan ikke konstateres en egentlig konstant stigning i værdierne fra forsøgets start til slut.



Resultaterne fra Esbjerg viser et meget lille udsving i forhold til forskellen mellem 45 °C og 55 °C. Der kan ikke konstateres en egentlig konstant stigning i værdierne fra forsøgets start til slut. Det ser ikke ud til, at forhøjede værdier i det kolde vand har påvirket resultaterne for det opvarmede vand. Værdierne er generelt lave gennem hele forsøgsperioden.



Resultaterne fra Fredericia viser meget lille udsving i forhold til forskellen mellem 45 °C og 55 °C. Der kan ikke konstateres en egentlig konstant stigning i værdierne fra forsøgets start til slut.



Resultaterne fra Roskilde viser periodevis større udsving i forhold til forskellen mellem 45 °C og 55 °C. Værdierne er generelt meget høje frem til december 2013. Et besøg på værket viste, at der kunne opstå problemer i forbindelse med prøveudtagningen. Det blev aftalt, at proceduren for prøveudtagningen skulle ændres, hvilket påvirkede værdierne for de resterende prøver. Der kan ikke konstateres en egentlig konstant stigning i værdierne fra forsøgets start til slut.



6.5 Generel vurdering

Den samlede vurdering af resultaterne fra de fem værker er, at der ikke umiddelbart kan ses en konstant stigning i antallet af legionella i installationen, hvor temperaturen i forsøgsperioden har været holdt på 45 °C. Dette er ens for samtlige prøver fra forsyningerne.

Selv ved momentane påvirkninger, fx fra det kolde vand, giver dette ikke problemer med det varme vand ved små anlæg.

Der har været markante udsving i værdierne især i to af installationerne. Årsagerne til disse udsving kan formentlig forklares med installationsmæssige forhold og forhold i relation til den måde, prøverne har været udtaget på. Udsvingene i værdierne har dog ikke en karakter, der indikerer en generel tilvækst af biofilm og legionella i testinstallationen på 45 °C.

6.6 Behov for yderlige undersøgelser

qPCR-metoden giver ikke umiddelbart grundlag for at kunne konkludere, hvorvidt der er forekomster af legionella i installationerne i en grad, der nødvendiggør tiltag i relation til anbefalinger fra SSI og DVGW. Derfor vil en forsøgsrække, hvori der indgår dyrkning af legionella, være ønskelig, før det kan konkluderes, hvorvidt det er forsvarligt at nedsætte temperaturen til 45 °C.

Derudover vil det også være vigtigt at undersøge, hvilke legionellaserotyper, der er til stede ved de forskellige temperaturer, da det iht. SSI-notat (afsnit 6.4) har stor betydning for virulensen.

6.7 Logning af temperaturer

I forbindelse med gennemførelsen af projektet er der ud over udtagning af vandprøver m.v. foretaget en logning af temperaturene i installationerne.

6.8 Relaterede internationale undersøgelser

Der er bl.a. i Tyskland undersøgelser i gang, der svarer til dette projekt. Her undersøges mulighederne for, hvorvidt temperaturen har betydning, når der er tale om installationer med korte rørstrækninger og meget lille vandindhold.


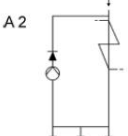
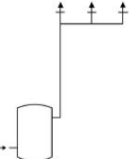
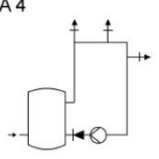
6.8.1 Technische Universität i Dresden

Diploming. Karin Rühling fra Technische Universität i Dresden er i gang med en undersøgelse af muligheden for at nedsætte temperaturen med 5-10 K i varmtvandsinstallationer. Dette er bl.a. beskrevet i en kort artikel i fagtidsskriftet EuroHeat&Power heft 3, 2014, side 41-45. Derudover har hun udarbejdet rapporten *Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung*. Rapporten kan downloades fra hjemmesiden:

http://tudresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/ew/foerderung_und_projekte/bericht_legionellen

6.8.2 DSF/FprCEN/TR 16355, teknisk rapport om legionella

Det europæiske standardiseringsarbejde CEN/TC 164 har under WG2 igangsat et arbejde med en teknisk rapport med titlen *Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption*. Rapporten foreligger som et færdigt dokument. Rapporten er udarbejdet i overensstemmelse med installationer beskrevet og udført efter DS/EN-serien, men der er angivet forskellige installationstyper med forskellige krav til temperaturer, der måske vil kunne have relation til danske installationstyper i fremtiden. Den mest interessante installationstype er A1 på figuren herunder, der vil kunne give muligheder i fremtidige enfamiliehuse.

Hot and cold water separately			
No storage		Storage	
No circulation of hot water	With circulation of hot water	No circulation of hot water	With circulation of hot water
A1 	A2 	A3 	A4 
	b The volume of water contained in the pipework between the circulation system and the tap which has the greatest distance to the system, has to be kept below 3 Liters E The water in the circulation loop shall be minimum 50 °C	a ≥ 55 °C the whole day or at least 1 h per day ≥ 60 °C. c Remove the sediment from the storage water heater taking into account local conditions and at least once a year.	b The volume of water contained in the pipework between the circulation system and the tap which has the greatest distance to the system to be kept below 3 Liters c Remove the sediment from the storage water heater taking into account local conditions and at least once a year. e The water in the circulation loop shall be minimum 50 °C

A1: Anlæg med varmeveksler og uden cirkulation. Der er ingen forslag til separat vekslerinstallation i en enkelt lejlighed.

6.8.3 Technische Regel DVGW Arbeitsblatt W 551

Den tyske standard *Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen* angiver en række anvisninger på forebyggelse af legionella i mindre og større installationer. I standarden er bl.a. anvisninger på planlægning, udførelse og drift af større og mindre brugsvandsanlæg til varmt vand. Endelig er der angivet forskellige metoder til bekæmpelse af legionella.

I relation til W 551 skal forordningen *Stammtext Trinkwasserverordnung und Legionellen (Stand 19.10.2011), Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung vom 3. Mai 2011* nævnes. Forordningen kræver, at større installationer (beholder over 400 liter, dog ikke én- og tofamiliehuse) skal undersøges for legionella én gang årligt. Der er i forbindelse med undersøgelsen stillet krav til et maksimalt tilladt kimtal i vandet.