



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Aftale vedrørende Dansk Fjernvarmes F&U-konto

nr. 2016-01

Små brugsvandsvekslere til lavtemperatur
og uden legionellaproblemer



Titel:

Små brugsvandsvekslere til lavtemperatur og uden legionellaproblemer

Udarbejdet for:

Dansk Fjernvarme

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 2
2630 Taastrup
Installation og Kalibrering

Januar 2018

Forfatter: Leon Buhl

Indholdsfortegnelse

1. Forord.....	4
2. Sammenfatning.....	5
Sammenfatning vedrørende temperaturer i fjernvarmerør.....	5
Sammenfatning vedrørende temperaturer i brugsvand.....	5
3. Baggrund for undersøgelsen	7
3.1. Formålet med projektet.....	8
3.2. Projektets betydning	8
3.3. Projektets praktiske gennemførelse	8
4. Gennemførelsen af projektet 2016 - 2017	10
5. Testtrigs.....	11
5.1. Ombygning af testtrigs	11
5.2. Tappeprogram for forsøg	12
5.2.1. Indstilling af vandstrøm	13
6. Temperaturmålinger på veksler og system	14
6.1. Gennemførte målinger	14
6.2. Temperaturer i veksler	16
6.2.1. Sammenfatning vedrørende temperaturforløb i veksler.....	21
6.3. Temperaturforløb i brugsvandsrør.....	22
6.3.1. Sammenfatning vedrørende temperaturer i brugsvand.....	23
6.4. Temperaturforløb for fjernvarmerør	24
6.4.1. Sammenfatning vedrørende temperaturer i fjernvarmerør.....	25
6.5. Konklusion af temperaturmålinger	26
7. Udtagning af vandprøver	27
7.1. Skema for prøvetagning	27
7.2. Vejledning for prøveudtagning af vandprøver	28
8. Resultater af prøver.....	32
8.1. Beskrivelse af prøvemethoder	32
8.1.1. Dyrkning.....	32
8.1.2. PCR.....	32
8.2. Resultaterne fra vandprøverne	34
8.3. Oversigt over resultaterne	37
8.4. Diskussion af resultaterne.....	42

1. Forord

Rapporten er støttet af Dansk Fjernvarme og er blevet til i et samarbejde mellem følgende parter:

Formand for projektets styregruppe

Carl Helmers, Fredericia Fjernvarme

Teknologisk Institut

Projektleder Leon Steen Buhl

Faglig projektmedarbejder Niels Winther

Faglig projektmedarbejder Lotte Bjerrum Friis-Holm

Faglig projektmedarbejder Morten Karstoft Rasmussen

Øvrige projektdeltagere/virksomheder:

AffaldVarme Aarhus

Faglig projektleder Jens Erik Hedegaard

Albertslund Forsyning, fjernvarme

Faglig projektleder Wisam El-khatib

Faglig projektleder Kurt Nielsen

DIN forsyning A/S, Esbjerg

Faglig projektleder John Elmertoft

Fredericia Fjernvarme

Faglig projektleder Carl Hellmers

Faglig medarbejder Jan Amstrup Andersen

Faglig medarbejder Bjørn Pedersen

FORS

Faglig projektleder Simon Kaare Jochumsen

Skanderborg-Hørning Fjernvarme

Faglig projektleder Peter Jensen

Faglig medarbejder Bruno Sørensen

Gemina Termix

Faglig projektleder Lars Christensen

Statens Serum Institut har behandlet alle prøverne

Faglig projektleder Søren Anker Uldum

2. Sammenfatning

Formål med undersøgelsen

Formålet med projektet har været at vise, at små brugsvandsvekslere kan anvendes ved lavtemperaturfjernvarme med minimal risiko for legionella samt efterfølgende medvirke til ændringer i det regelsæt, der findes i Bygningsreglementet og Vandnormen DS 439.

Projektet formål har været at belyse temperatur- og legionellaforløb i en brugsvandsveksler under drift, dvs. ved gennemførelse af et normtappeprogram over flere døgn. Forventningen har været, at dette ville dokumentere, at legionellaudviklingen i sådanne installationer kan holdes under kontrol blot ved det temperaturforløb, der opstår i veksleren, og det tilhørende rørsystem ved normal drift.

Projektets formål har samtidig været at udvikle en klar vejledning og dokumentation for, at brugsvandsinstallationer baseret på små varmevekslere i sig selv er sikre mod legionella i brugsvand, der opvarmes med fjernvarmevand på 55°C.

Temperaturer i vekslere

Ved en fjernvarmefremløbstemperatur på maks. 60°C eller derunder sker der ikke en stigning inde i veksleren efter standsning af tapningen, der vil kunne gøre, at veksleren desinficeres. Det vi sige, at temperaturen kortvarigt stiger til over 60°C.

Sammenfatning vedrørende temperaturer i fjernvarmerør

Konklusionen er, at anlæggene har kørt med de fremløbstemperaturer, som de er indstillet til, nemlig ca. 60/50°C. Det betyder, at forsøget er gennemført under forhold, der svarer til "rigtig" lavtemperaturdrift, hvad angår veksleren med 45°C brugsvand.

Sammenfatning vedrørende temperaturer i brugsvand

En sammenfattet vurdering af målingerne er, at temperaturen i slangerne er faldet til et niveau svarende til rumtemperaturen (ca. 20°C) relativt hurtigt efter tapningen eller en periode, der svarer til ca. 30-45 minutter.

Længden af koblingsledninger fra fordelerrør til tapsted både i vekslerinstallationer og tilsvarende stigstrengssystemer i lejligheder vil normalt ikke overstige 25 meter og vil ligesledes normalt være i dimension $\varnothing 15$ mm, uanset hvordan teknikrum og tapsteder er placeret i forhold til hinanden. Det betyder i praksis, at det varme vand vil være fremme ved tapstedet inden 10-15 sekunder ved normal tapning.

Dette betyder, at denne type fordelerrørssystemer vil forekomme både i enfamiliehuse og i større brugsvandsinstallationer med stigstreng.

Generelt

Forsøget er gennemført, så det svarer til "rigtig" lavtemperaturdrift, hvad angår veksleren med 45°C brugsvand, hvor fremløb for fjernvarme har været indstillet til 50°C.

Test for legionella

Resultaterne var ikke helt som forventet. Overordnet set var der ingen betydelig sammenhæng mellem driftstemperaturer og niveauer af dyrkbare *Legionella* eller *Legionella* påvist ved PCR. Dels var der anlæg, hvor der slet ikke blev påvist *L. pneumophila* ved dyrkning (Esbjerg og Fredericia), dels var der anlæg, hvor der ikke var en konstant påviselig forskel i niveauerne af *L. pneumophila* mellem vand ved 45°C og 55°C (Albertslund og Århus-Viby). Det vil sige, at der er andre forhold (udvikling) end temperaturniveauet, der har gjort sig gældende for, at *Legionella* kunne/ikke kunne etablere sig.

I denne forsøgsrække er der ikke taget så mange B-prøver, men man ser dog for de to anlæg, hvor effekten af dette kan bedømmes, at der er et kraftigt fald i niveauet af *L. pneumophila* fra A- til B-prøver. For anlægget i Albertslund er legionellakimtallet stort set acceptabelt i de fleste B-prøver, hvad enten der er tale om 45°C eller 55°C. For alle B-prøverne (på nær én – 55B anden tapning) for anlægget i Aarhus-Viby er legionellaniveauerne dog for høje i forhold til det anbefalede niveau på ≤ 1000 cfu/L.

Ovenstående understreger vigtigheden af at have et godt flow i systemet, og at denne faktor nok er mindst lige så vigtig som at have høje temperaturer.

Generelt viser den gennemførte undersøgelse, at der fremover stadig vil være behov for, at også installationer med små vandmængder og korte rørstrækninger bør undersøges nærmere i relation til sammenhæng mellem lavere temperaturer end de minimum 50°C, der lige nu er angivet i vandnormen og mulighed for vækst af legionella, ligesom effekten af god gennemskylning af anlægget bør undersøges nærmere.

3. Baggrund for undersøgelsen

I de tekniske bestemmelser for brugsvandsinstallationer i fjernvarmeanlæg er der for langt de fleste forsyningers vedkommende angivet, at der skal regnes med temperatursæt fra opvarmningsmediet på 60/40°C til varmeinstallation og for varmtvandsanlægget 60/30°C (jf. Varmenormen DS 469:2013). Dette betyder i praksis, at varmtvandsforsyningen skal kunne fungere ved minimumskravet til fx fjernvarmeforsyning på 60/30°C.

Mange forsyninger har ønsker om at kunne sænke fremløbstemperaturen helt ned til 50°C. Minimumskrav er i praksis 60°C, såfremt der skal produceres varmt brugsvand ved en temperatur på 50-55°C, som Bygningsreglementet og Vandnormen (DS 439) foreskriver.

Med afsæt i disse udfordringer blev der i 2013 igangsat et projekt "Varmevekslerinstallationer til fjernvarme, der ikke giver legionellaproblemer" omfattende etablering af fem test-rigs hos forsyningerne i hhv. Aarhus, Albertslund, Brøndby, Esbjerg og Fredericia. Frem til 2014 (12-månedersperiode) gennemførte projektet en række tests og månedlige analyser.

Resultaterne af projektet, der blev egenfinansieret af forsyningerne og med Teknologisk Institut som projektleder og omfattede samlet 180 vandanalyser, er rapporteret i "Legionella - brug af varmeveksler i en familiebolig med korte rørstrækninger", 23. oktober 2014.

I projektet pågik måling af legionella på baggrund af qPCR-metoden, der er en metode til fastlæggelse af det samlede antal levende og døde bakterier. Denne molekylærbiologiske metode blev valgt ud fra dels en forventning om, at det samlede bakterieantal ville stige med stigende driftstid, dels at den forholdsvis hurtigt viste resultater af analyserne. Det kunne imidlertid konstateres, at bakterieantallet i nogle tilfælde varierede både ved koldt-vandsforsyningen og under drift, og at der gennem forsøgsperioden ikke skete en signifikant stigning i det samlede antal levende og døde bakterier.

En evaluering både i projektkredsen og i forbindelse med afholdelse af en temadag den 8. december 2014 med deltagelse af bl.a. Søren Uldum fra Statens Seruminstitut ledte til den konklusion, at det for at komme videre med at finde egnede brugsvandsinstallationer til lavtemperatur vil være hensigtsmæssigt at gennemføre et opfølgende projekt med fokus på måling af de levende bakterier. Dvs. ved hjælp af de mere langsommelige dyrknings-metoder (10-20 dages leveringstid).

Behovet for – og den almene interesse i at gå videre med undersøgelserne – er senere blevet understreget gennem præsentation af resultaterne fra 2013-14-projektet ved dels en konference "Vand-komfort & -kvalitet i offentlige bygninger" 24. april 2015 i Slagelse, dels den internationale IEA- og CHP-konference "Low Temperature District Heating for Future Energy Systems" på NTU i Trondheim. I sidstnævnte deltog tillige en række norske og tyske eksperter i legionellaproblemer ved fjernvarmeinstallationer.

Dette sammenholdt med, at en række danske forsyninger og vekslerproducenter bakkede op om en opfølgning, er baggrunden for nærværende projekt.

3.1. Formålet med projektet

Formålet med projektet er at vise, at små brugsvandsvekslere kan anvendes ved lavtemperaturfjernvarme med minimal risiko for legionella samt efterfølgende at påvirke til ændringer af det regelsæt, der findes i BR og Vandnormen DS 439.

Projektet skal - med afsæt i test og analyse fra minimum fem praksisnære testinstallationer hos forsyningerne - belyse temperatur- og legionellaforløb i en brugsvandsveksler under drift, dvs. ved gennemførelse af et normtappeprogram over flere døgn. Forventningen er, at dette vil dokumentere, at legionellaudviklingen i sådanne installationer kan holdes under kontrol blot ved det temperaturforløb, der opstår i veksleren og det tilhørende rørsystem ved normal drift.

Projektets formål er samtidig at udvikle en klar vejledning og dokumentation for, at brugsvandsinstallationer baseret på små varmevekslere i sig selv er sikre mod legionella i brugsvand, der opvarmes med fjernvarmevand på 55°C.

3.2. Projektets betydning

Resultaterne fra projektet vil være et nyttigt grundlag i forbindelse med fjernvarmeværkers beslutningsproces angående ønsker om nedsættelse af fremløbstemperaturen enten lokalt eller i hele forsyningsområdet og med afledte energi- og miljømæssige fordele. Samtidig vil det kunne understøtte en opdeling af fjernvarmeinstallationen for større etageejendomme i mindre lejlighedsinstallationer svarende til det, der gælder for enfamiliehuse.

Generelt vil resultaterne være centrale for det videre arbejde angående legionellasikre brugsvandsinstallationer til udnyttelse af lavtemperaturfjernvarme, også med hensyn til at påvirke fremtidige ændringer i det danske normgrundlag vedrørende fjernvarmeinstallationer til varmt brugsvand.

Med den betydelige internationale interesse for emnet vil de endvidere kunne understøtte en generel øget anvendelse af fjernvarmeløsninger i etageejendomme baseret på opdeling i mindre enheder og dermed understøtte dansk eksport af små fjernvarme- og brugsvandsvekslere.

Betydningen af projektets resultater vil også være af generel interesse for andre typer lavtemperaturanlæg, fx varmepumpeanlæg.

3.3. Projektets praktiske gennemførelse

Gennem projektet, der er beskrevet i rapporten "Legionella - brug af varmeveksler i en familiebolig med korte rørstrækninger" fra oktober 2014 og finansieret af forsyningerne, blev der etableret en række praksisnære teststande for undersøgelse af fjernvarmeunitsinstallationer og legionellaproblematik.

Med afsæt i disse teststande gennemføres over en periode på 12 måneder praksisnære test og minimum 150 vandanalyser med henblik på at undersøge sammenhængende temperatur- og bakterieforløb i vekslerinstallationer til varmt brugsvand, herunder specifikt om udviklingen i levende legionellabakterier.

Endvidere undersøges muligheden for at foretage analyser fra de eksisterende testinstallationerne med henblik på at måle og undersøge den dannelse af biofilm, som evt. er blevet dannet i den mellemliggende godt toårige periode. Såfremt der er dannet biofilm, vil dannelsen være sket på baggrund af velkendte installationer og driftsforhold over en veldefineret periode.

På teststandene tilpasses opstillingerne, således at brugsvandsproduktionen kan ske med fjernvarmefremløbsvand på hhv. 60°C og 55°C. Der etableres temperaturfølere, således at der kan måles sammenhængende (tidsstempel) værdier af fremløbstemperatur, udvendig vekslertemperatur og koldt- og varmtvandstemperatur af veksler og af tapsted.

På hver prøvestand er der etableret et varmtvandstappeprogram, der styres af en magnetventil. Tappeprogrammet følger DS 439. Der logges, fra tapningen starter og til 10 min. efter, at tapningen er afsluttet. Logningen sker med sekundinterval.

Da det tidligere projekt dokumenterede, at der ikke skete en opblomstring af legionella i varmtvandssystemet, indeholder dette projekt en måleserie, der har til formål at dokumentere temperaturforløbet i veksleren under tappeforløbet. Projektet skal vise, om der under hver tapning sker store ændringer af temperaturen i veksleren og om denne eventuelle temperaturgymnastik udsætter varmtvandstilberedningen for den i DS 439 beskrevne temperaturgymnastik. I dette lille system sker den eventuelle gymnastik blot hver gang, der tappes og ikke efter et andet fastlagt program. Dette måleprogram vil blive gennemført med den nødvendige frekvens i målinger og over et nærmere antal tapninger, men ikke i hele prøveperioden. En del af projektet vil være en nærmere definition og opsætning af måleprogram.

Projektet gennemføres i samarbejde mellem de deltagende forsyninger og vekslerproducent samt Teknologisk Institut, der er projektleder. Statens Serum Institut udfører målinger af legionella.

Forsyningerne udpeger i deres kreds en formand, som vil bistå projektledelsen i projektets gennemførelse, fx i forbindelse med tilretning ud fra eventuelle forsinkelser og problemer hos de enkelte forsyninger. En repræsentant for hver forsyning, herunder formanden, udgør sammen med Teknologisk Institut projektets styregruppe.

4. Gennemførelsen af projektet 2016 - 2017

Projektet var planlagt til at starte medio 2016, men på grund af forskellige problemer med ombygningen af testrigs og indstilling af temperaturer, blev de første prøver først udtaget i januar 2017. Der blev herefter løbende udtaget prøver til analyse i 10 måneder frem til oktober 2017.

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

Opstartsforsinkelserne var bl.a. relateret til selve testtriggene, hvor der skulle projekteres, udføres og monteres shuntarrangementer på samtlige units. Projektforsløbet har været fint siden.

5. Testrigs

De eksisterende testrigs fra det tidligere projekt har grundlæggende været anvendt, men der foretages en mindre ombygning i forbindelse med fjernvarmetilslutningen, således at det bliver muligt at styre fjernvarmefremløbstemperaturen separat til hver af de to vekslere.

5.1. Ombygning af testrigs

I forbindelse med gennemførelse af projektet er de eksisterende testrigs blevet ombygget, således at det har været muligt at indstille fjernvarmetemperaturen til egentlig lavtemperaturdrift. Det betyder i praksis, at temperaturerne har været indstillet til henholdsvis 60°C og 50°C som fjernvarmefremløbstemperaturer.

Indstillingerne er foretaget ved, at der er påbygget to shuntkredse på hvert af de eksisterende anlæg.



Billede af et af shuntarrangementerne med pumper og reguleringsventiler.

5.2. Tappeprogram for forsøg

Tappeprogrammet er som ved de tidligere forsøg 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. Tiderne for tapningerne er forskudte døgnmæssigt af hensyn til prøvetagningen, der skal foregå om formiddagen.

Der gennemføres et tappeprogram med 0,14 l/sek., der ser således ud:

Klokkeslæt	Antal liter	Tid for tapning (minutter)
02:30	35	4,2
03:00	35	4,2
03:30	10	1,2
04:00	10	1,2
Periode for prøvetagning. Helst mellem kl. 09:30 og 11:30 hvis det er muligt.		
12:00	10	1,2
13:00	10	1,2
14:00	10	1,2
15:00	35	4,2
18:00	10	1,2

Det beskrevne tappeprogram gælder for en normalfamilie, men der ville kunne beskrives andre tappeprogrammer for andre beboersammensætninger, fx i lejligheder, ungdomsboliger og på plejecentre og i ældreboliger.

5.2.1. Indstilling af vandstrøm

Tappeprogrammet gennemføres med en vandstrøm svarende til 0,14 liter/sek. - 0,15 liter/sek. (8,4 liter/min. - 9 liter/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 fx monteret to typer TA RADITRIM (se billeder).



Vandstrømmen kan indstilles ved hjælp af en unbrakonøgle og et målebæger med streginddeling.

6. Temperaturmålinger på veksler og system

I forbindelse med projektopstarten fremkom der en formodning om, at temperaturen i vekslerne efter afsluttet tapning ville stige på grund af den afbrudte koldtvandstilførsel og den stadig relativt højere temperatur fra fjernvarmevandet på vekslerens primærside.

En temperaturstigning efter endt tapning ville i teorien betyde, at temperaturen på det varme brugsvand i veksleren ville stige til et sted mellem den indstillede værdi og primærtemperaturen, dvs. fjernvarmevandets fremløbstemperatur, og at veksleren derved ved fjernvarmetemperaturer over 60°C kunne være termisk selvdesinficerende.

For at af- eller bekræfte teorien blev vekslerne monteret med temperatursensorer tilkoblet små dataloggere, der kunne sende data hjem via WiFi. Der blev indkøbt to dataloggere, og den ene blev monteret på anlægget hos AffaldVarme Aarhus for at indhøste erfaringer med virkemåde, følernes placering, dataforbindelse m.m., da centralen på Bjørnholms Allé ligger relativt tæt på Teknologisk Institut. Alle anlæggene var monteret og indreguleret individuelt lokalt.

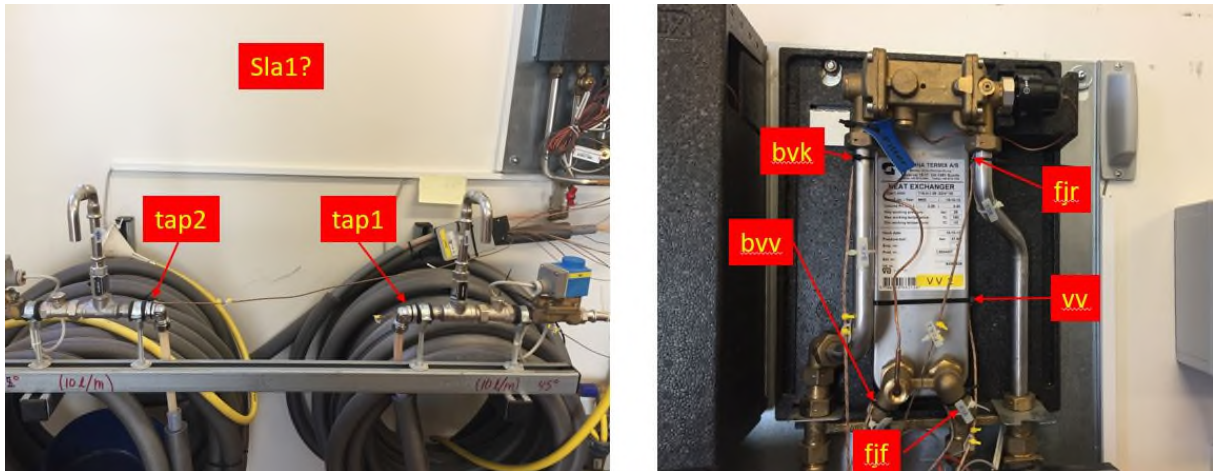
6.1. Gennemførte målinger

Efter endt test- og måleperiode i Aarhus blev dataloggerne flyttet til Esbjerg og Fredericia, og efterfølgende til Albertslund og Roskilde, således at monitoreringsperioderne bestod af 1+2+2 anlæg.

Hver datalogger blev monteret med 13 sensorer som følger:

1. BVK1 (koldt brugsvand, anlæg 1)
2. BVK2 (koldt brugsvand, anlæg 2)
3. BVV1 (varmt brugsvand, anlæg 1)
4. BVV2 (varmt brugsvand, anlæg 2)
5. FJF1 (fjernvarme, frem, anlæg 1)
6. FJF2 (fjernvarme, frem, anlæg 2)
7. FJR1 (fjernvarme, retur, anlæg 1)
8. FJR2 (fjernvarme, retur, anlæg 2)
9. TAP1 (aftapning, anlæg 1)
10. TAP2 (aftapning, anlæg 2)
11. VV1 (veksler, anlæg 1)
12. VV2 (veksler, anlæg 2)
13. SLA1 (slange)

Sensorerne var termocouplere type T, og de blev fastgjort til målepunkterne med strips omkring det rør, hvor temperaturen skulle måles. Denne løsning blev vurderet til at være den bedste og mest enkle i forhold til, at der ikke var mulighed for montering af følerlommer de pågældende steder. Samplingsfrekvensen var 1 Hz.



Nogle af målepunkternes placering i system.

Vekslertemperaturen blev af praktiske grunde målt på overfladen af siden, hvor de enkelte vekslerplader samles. Da vekslerpladerne er meget tynde, var det ikke muligt at montere føleren direkte på kanten af en brugsvandsplade, så for at midle forskellen mellem primær- og sekundærplader, dvs. fjernvarme hhv. brugsvand, blev der mellem føleren og veksleren monteret en ca. 10×10 mm kobberplade, og der blev anvendt varmeledende pasta på begge sider af pladen.

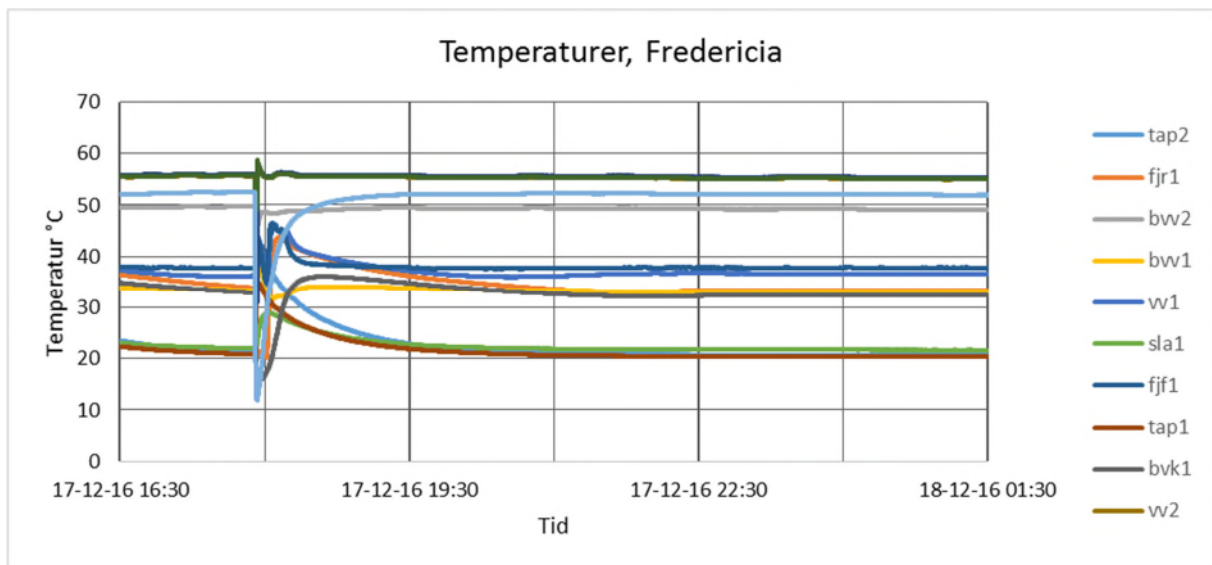
På anlæggene i Fredericia skete der som formodet en temperaturstigning i veksleren efter endt tapning. Stigningen var størst, længstvarende og på ca. 10°C på vv1, mens den på vv2 var relativt beskednen i såvel temperatur og varighed.



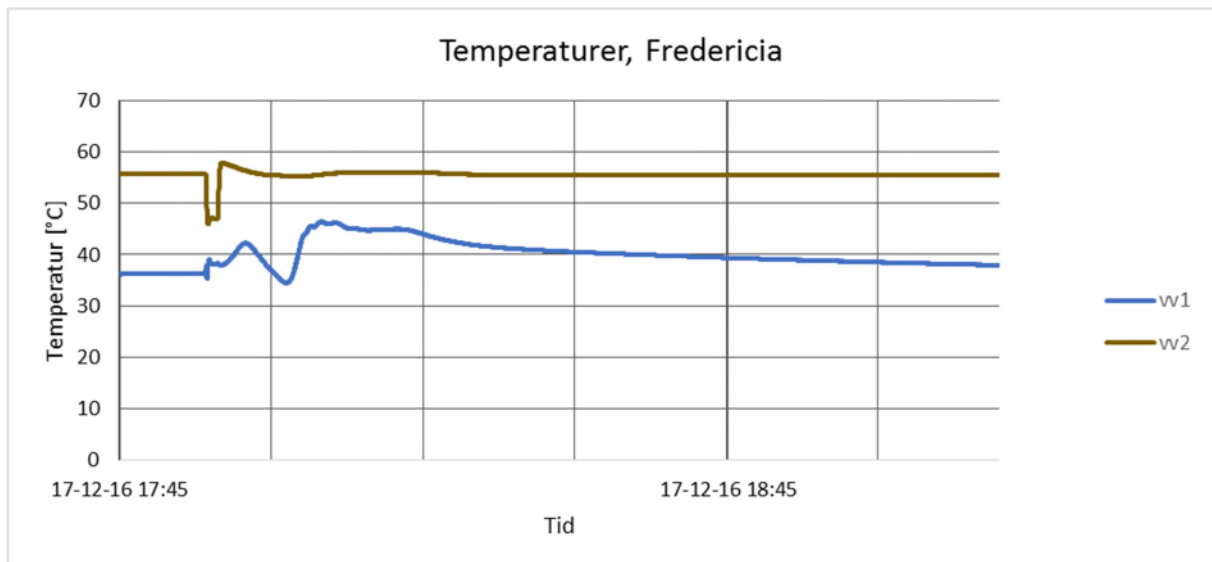
Det samlede dataopsamlingssystem som det er sammensat.

6.2. Temperaturer i veksler

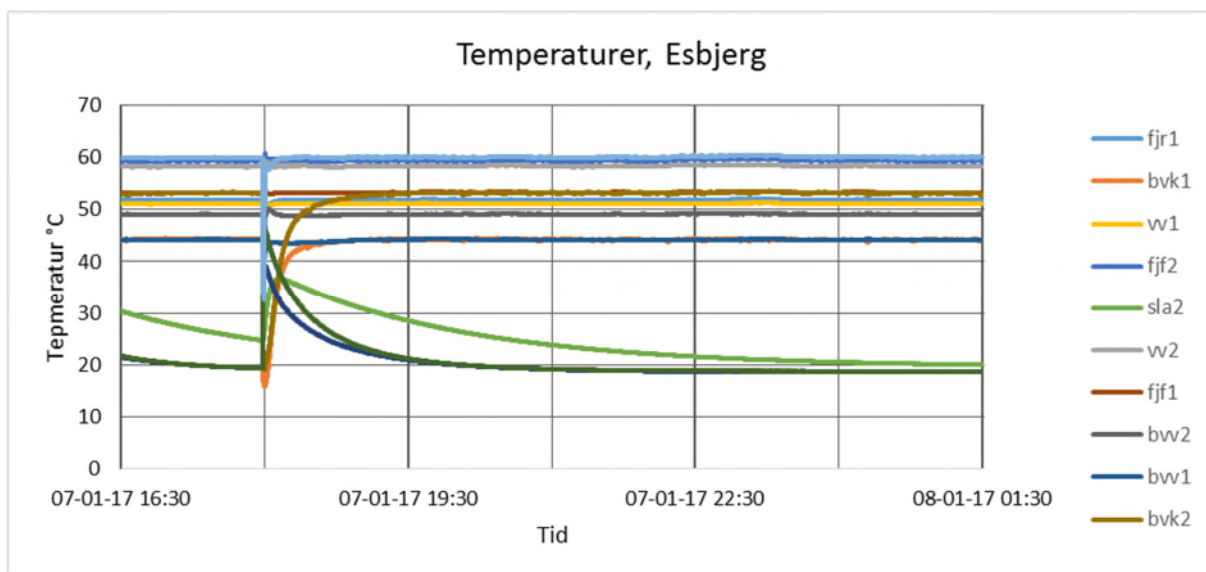
På de nedenstående grafer ses temperaturforløbene omkring en tapning registreret på føleren på veksleren og i det samlede system.



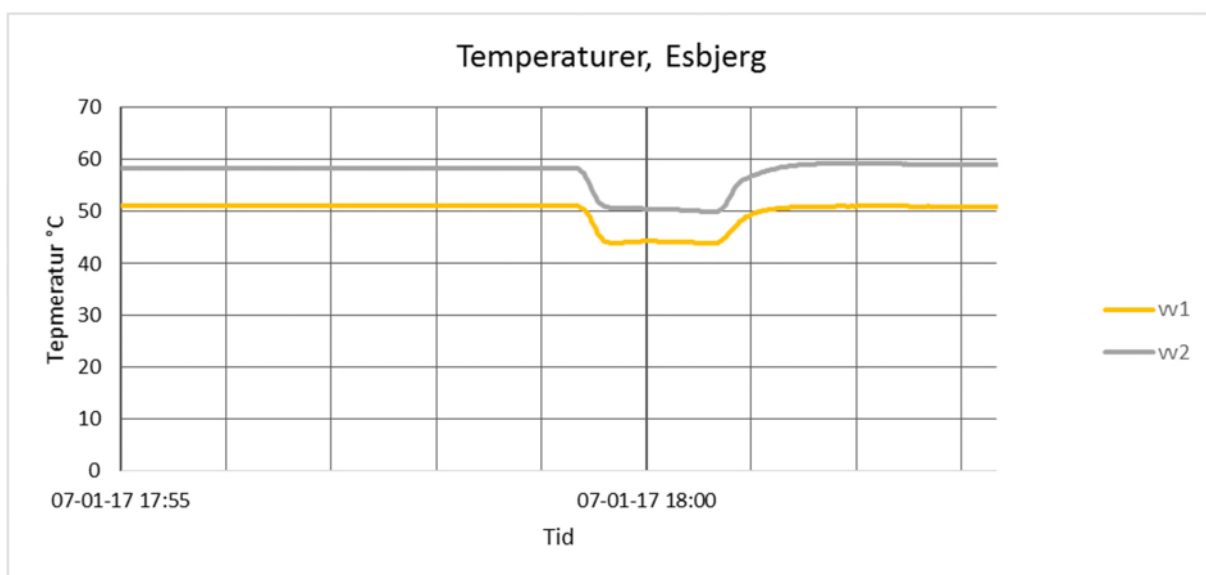
Eksempel på temperaturforløbene omkring en tapning i Fredericia. Vekslertemperaturerne vv1 og vv2 ses isoleret på efterfølgende graf.



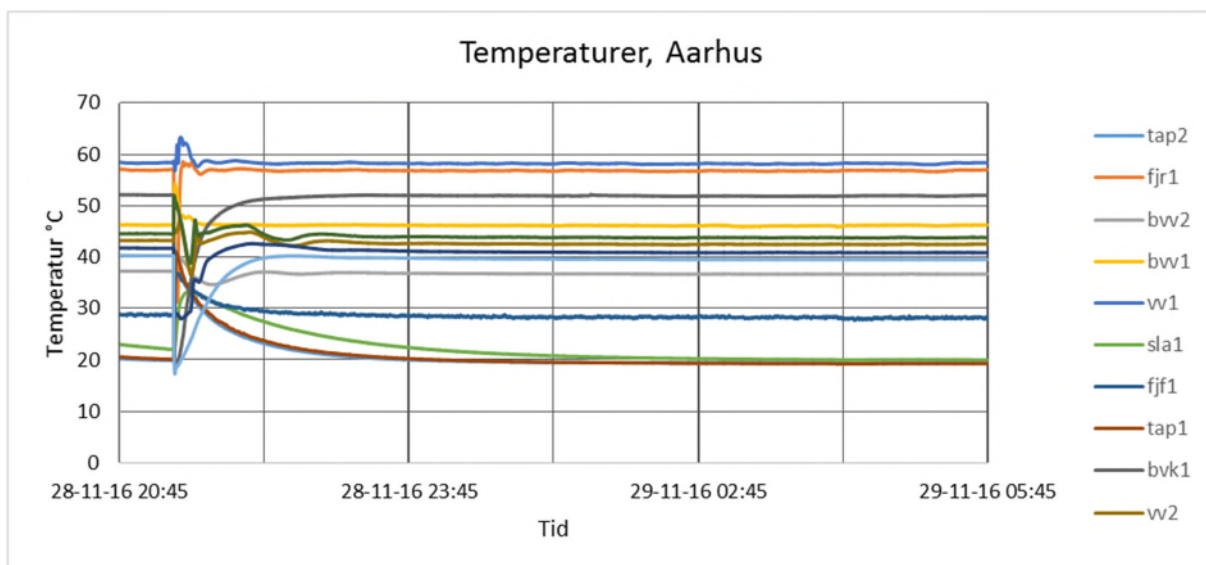
Eksempel på temperaturforløbene i vekslerne vv1 og vv2 omkring en tapning i Fredericia. Af kurverne ses det, at temperaturen i veksleren ikke stiger mere end et par grader over driftstemperaturen.



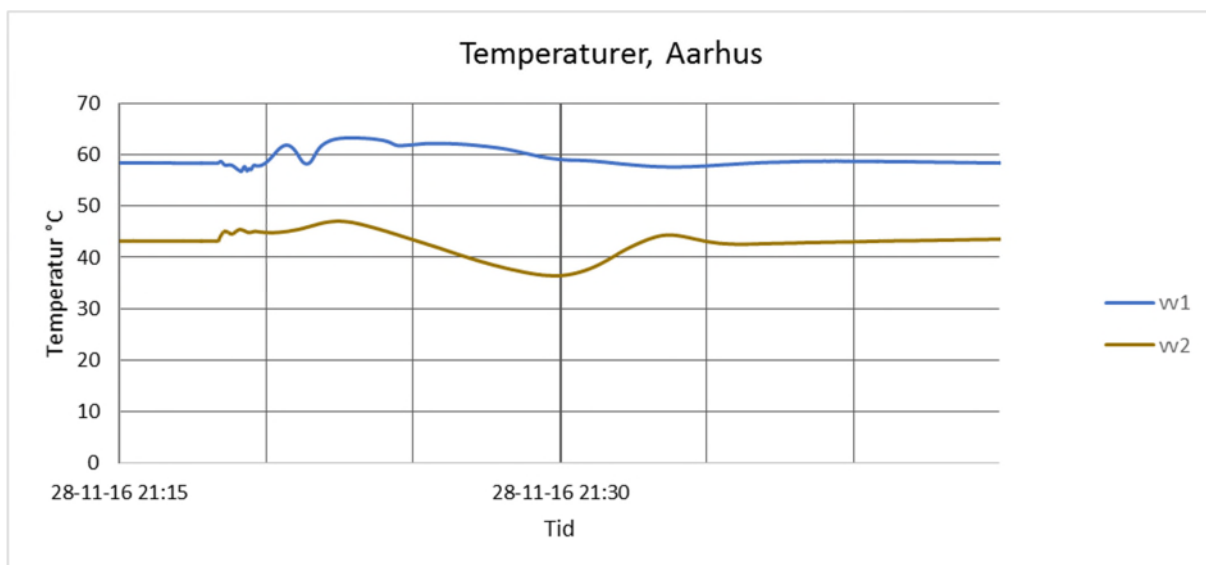
Eksempel på temperaturforløbene omkring en tapning i Esbjerg. Vekslertemperaturerne wv1 og wv2 ses isoleret på efterfølgende graf.



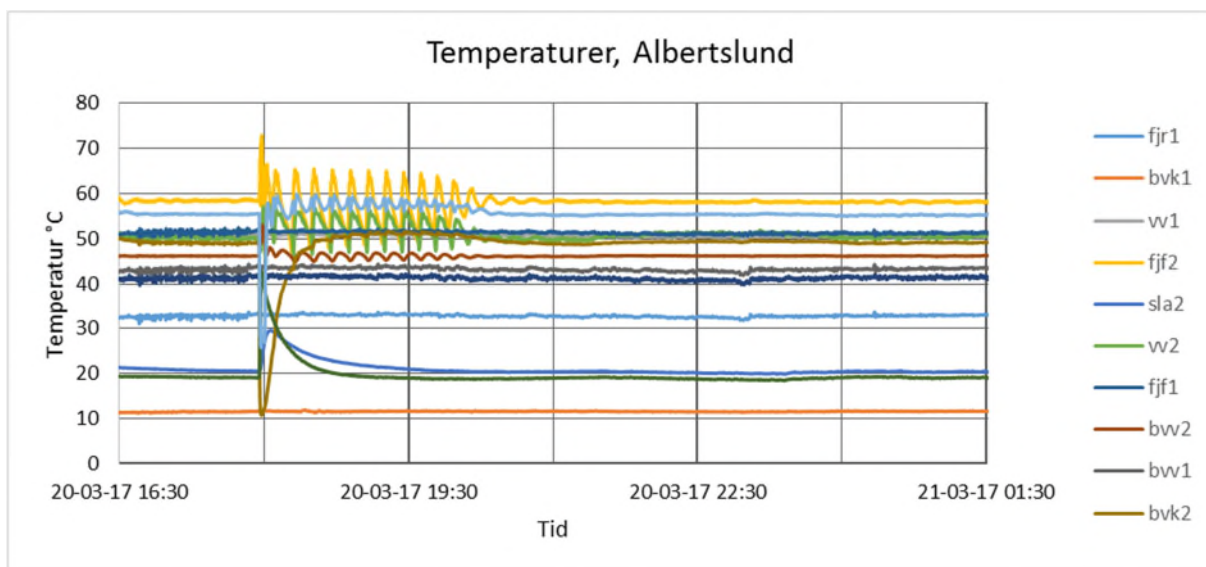
Eksempel på temperaturforløbene i vekslerne wv1 og wv2 omkring en tapning i Esbjerg. Der kan ikke registreres temperaturstigning i veksleren.



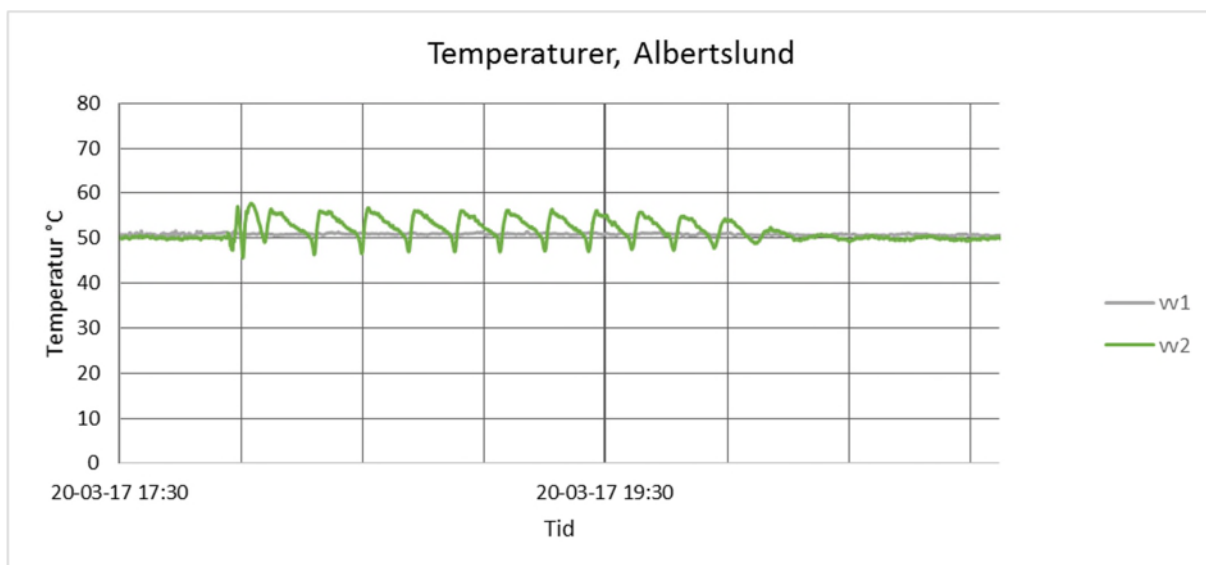
*Eksempel på temperaturforløbene omkring en tapning i Aarhus.
Vekslertemperaturerne vv1 og vv2 ses isoleret på efterfølgende graf.*



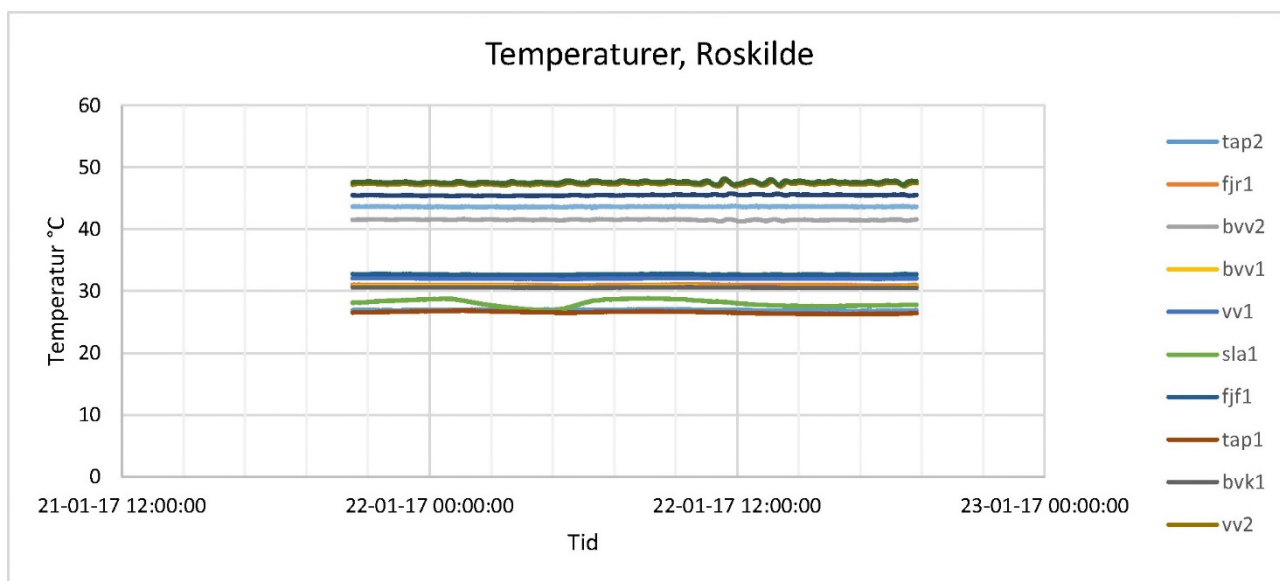
*Eksempel på temperaturforløbene i vekslerne vv1 og vv2 omkring en tapning i Aarhus.
Der er kun få graders stigning i temperaturen i veksleren og kun over kort tid.*



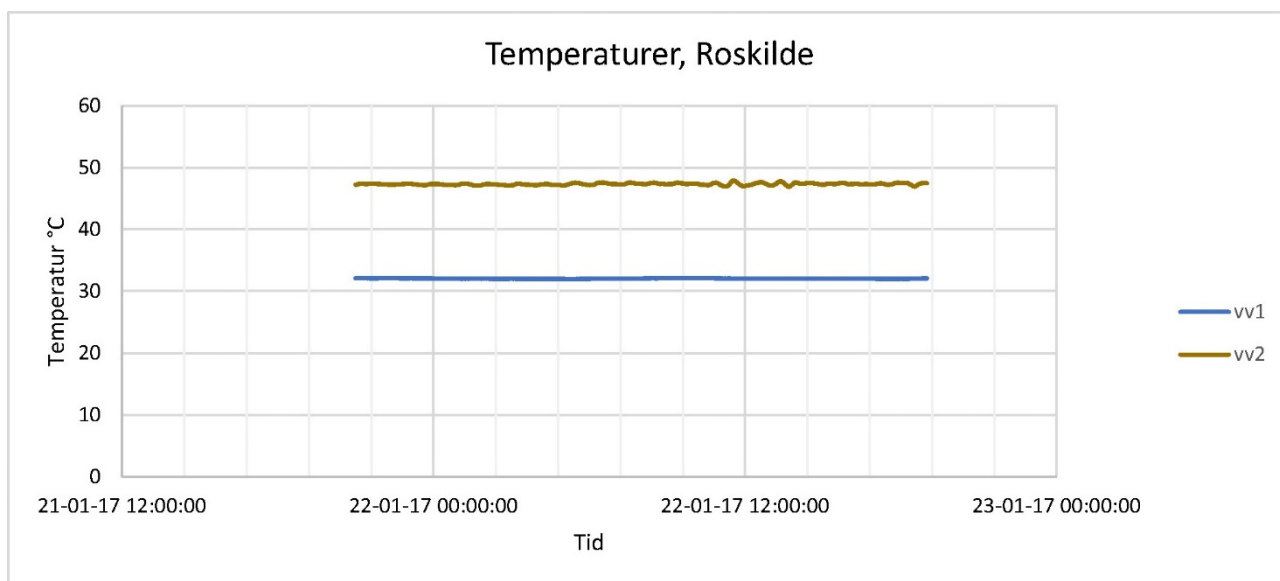
Eksempel på temperaturforløbene omkring en tapning i Albertslund. Vekslertemperaturerne vv1 og vv2 ses isoleret på efterfølgende graf.



Eksempel på temperaturforløbene i vekslerne vv1 og vv2 omkring en tapning i Albertslund. Der sker en pendling i temperaturen for den ene veksler formentlig på grund af en reguleringsventil.



Eksempel på temperaturforløbene omkring veksleren i Roskilde, idet tappeprogrammet tydeligvis ikke har kørt. Vekslertemperaturerne vv1 og vv2 ses isoleret på efterfølgende graf.



Eksempel på temperaturforløbene i vekslerne vv1 og vv2 i Roskilde. Det vurderes, at et stik er faldet ud i systemet, så der ikke har kunne måles korrekt.

6.2.1. Sammenfatning vedrørende temperaturforløb i veksler

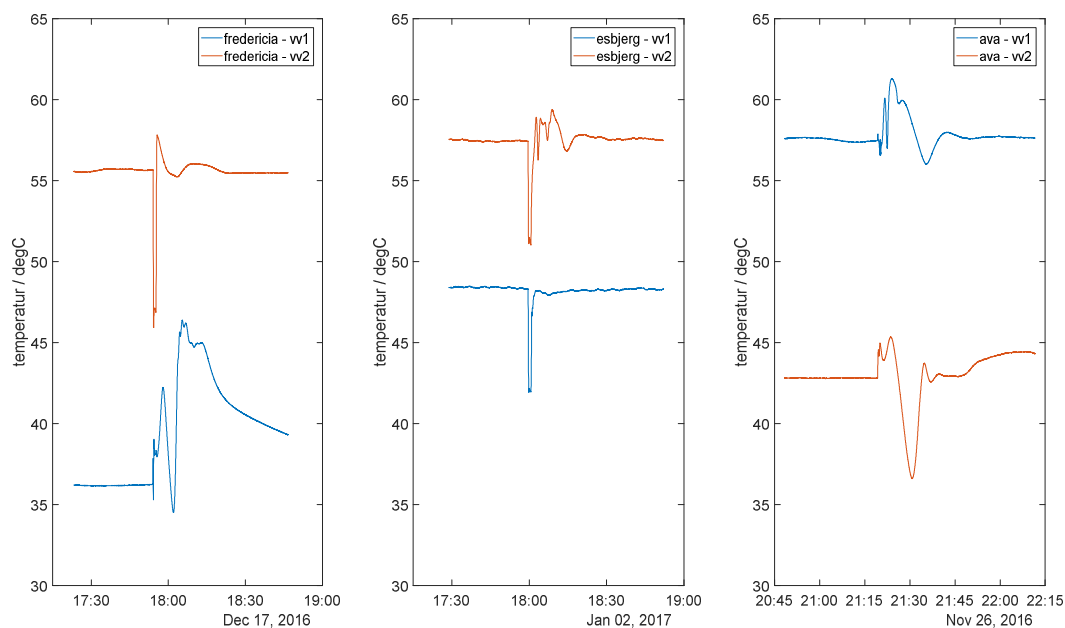
Som det fremgår af graferne, er det primært på anlægget i Aarhus, at der ved tapning skete en egentlig stigning på $\sim 5^{\circ}\text{C}$ af vekslertemperaturen på begge anlæg og begge med kort afkølingstid. I Fredericia skete der en stigning af temperaturen på $\sim 10^{\circ}\text{C}$ på anlæg 2 med en lang afkølingstid. I Esbjerg blev vekslertemperaturen ved tapning koldere. I Albertslund var temperaturen meget fluktuerende omkring en tapning, og i Roskilde har tapningerne med overvejende sandsynlighed ikke kørt.

Såfremt monitoreringen af temperaturforløbene omkring tapningerne skulle have været ens, ville en samlet, central temperatur- og tappetidsindregulering af anlæggene, fx fra producentside, have været en udmærket foranstaltning, idet der så havde været vished for, at temperaturer og tapninger fra første færd var ens svarende til projektets oprindelige intentioner.

Af hensyn til ønsket om energibesparelser gennem et reduceret ledningstab ved lavere fremløbstemperatur især om sommeren har det været et af projektets formål at dokumentere, hvorvidt vekslertemperaturen efter en tapning steg til et temperaturniveau, hvor veksleren kunne betragtes som selvdesinficerende. Det har således navnlig været vv2-temperaturerne, der har været interessante.

I ingen af tilfældene på de monitorerede anlæg har vv2-temperaturen været oppe i nærheden af 60°C , og vekslerne kan således ikke siges at have været selvdesinficerende under de til projektet værende driftsforhold i den periode, hvor monitoreringen skete.

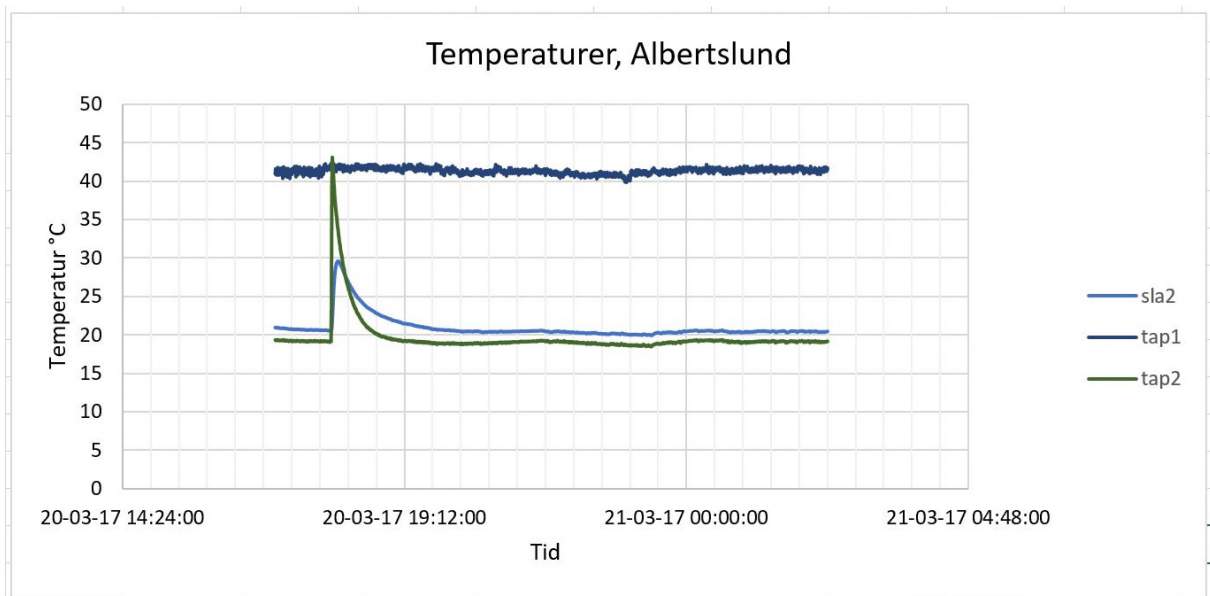
Herunder ses grafer, som er lavet i et program på basis af de samme måledata, som er anvendt til de ovenstående grafer lavet i Excel.



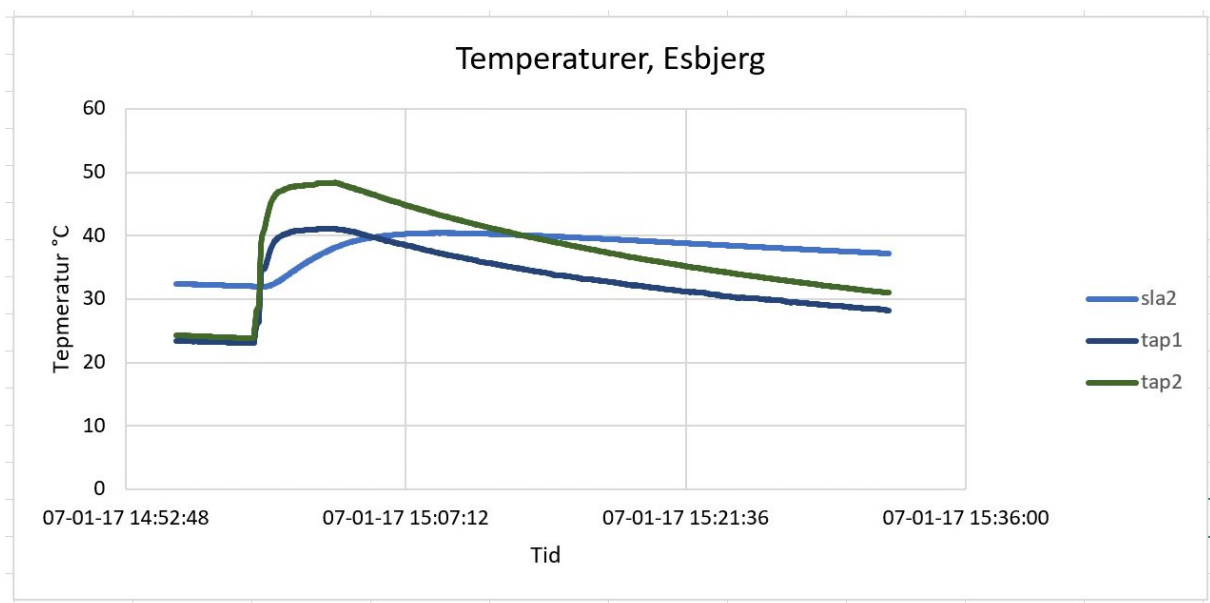
Uanset om der er tale om ens veksler med samme indstillinger, så opfører vekslerne sig forskelligt. Det skyldes formentlig automatikken samt primært fjernvarmetemperaturerne og trykket før shuntkreds. Der har fx ikke været monteret trykdifferensregulator i forbindelse med blandedkredsene. Dette vil også afspejle forbrugernes situation. Der kan ligeledes være en betydning i relation til isoleringskappes placering samt den generelle isolering af installation.

6.3. Temperaturforløb i brugsvandsrør

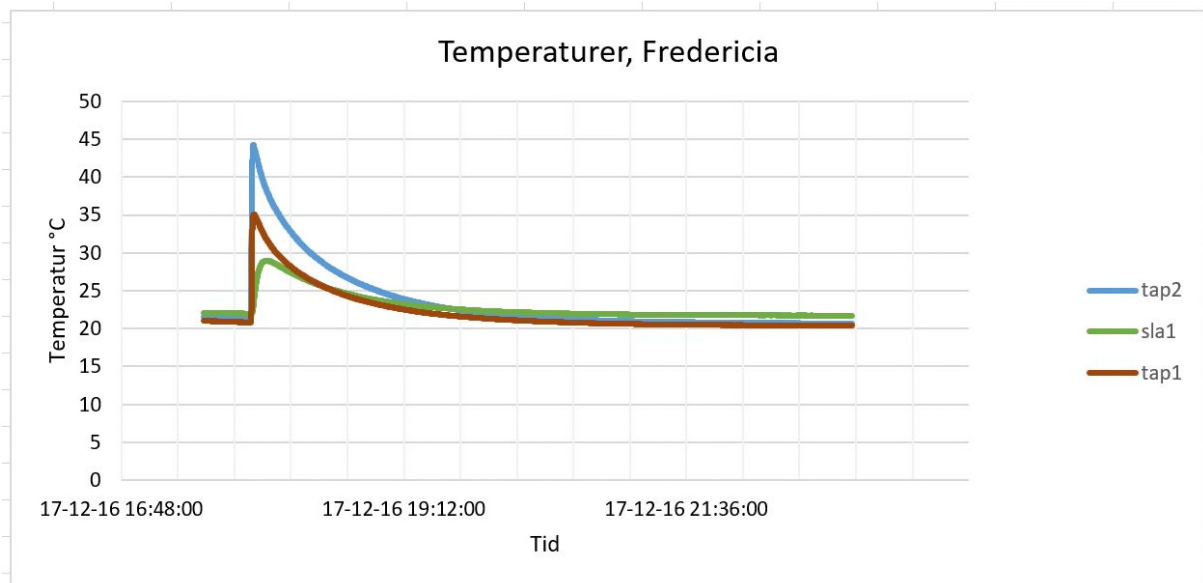
På de følgende grafer er vist temperaturforløbet i punkterne TAP1, TAP2 og SLG1. Disse er bl.a. udtryk for forløbet af afkøling og temperatur i rørledning under stilstand mellem tapningerne.



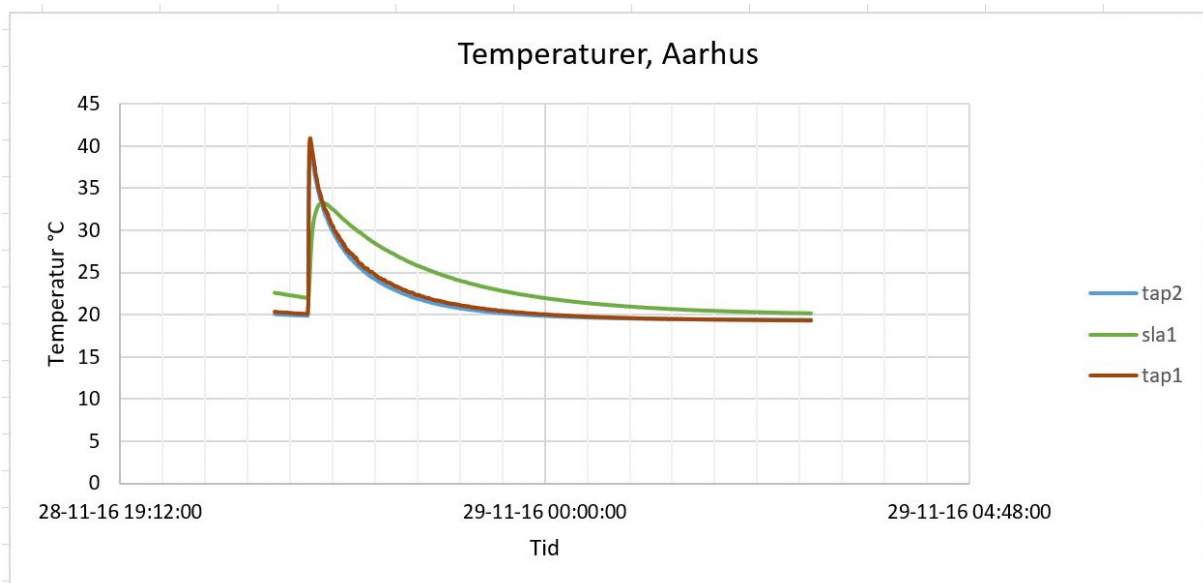
Eksempel på temperaturforløbene i systemet SLA, TAP1 og TAP2 omkring en tapning.



Eksempel på temperaturforløbene i systemet SLA, TAP1 og TAP2 omkring en tapning.



Eksempel på temperaturforløbene i systemet SLA, TAP1 og TAP2 omkring en tapning.



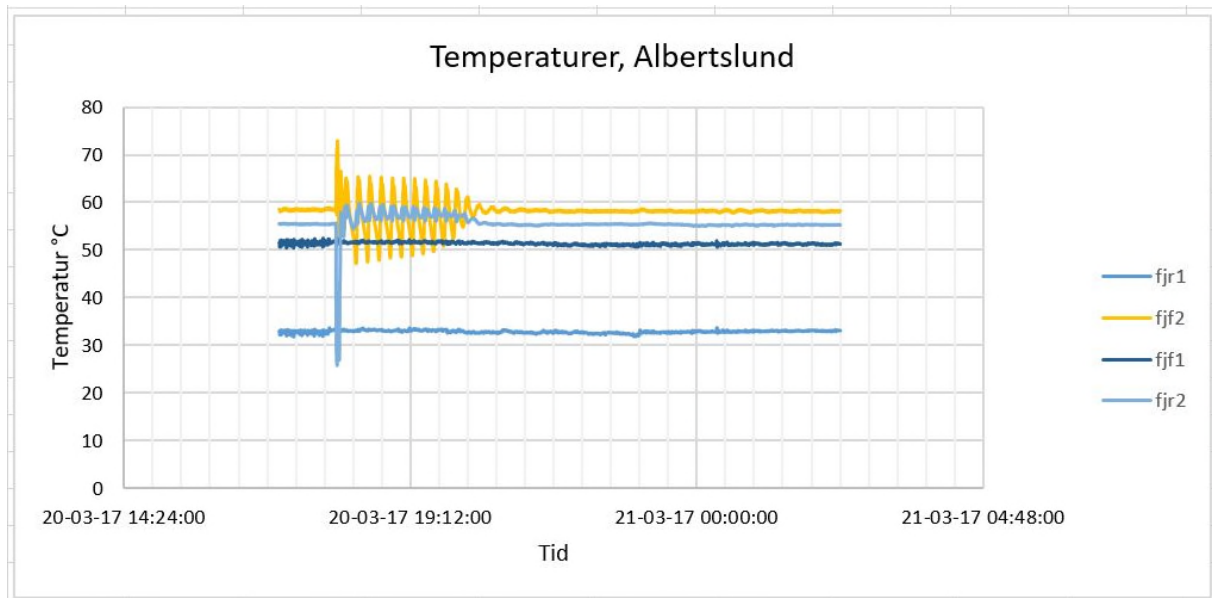
Eksempel på temperaturforløbene i systemet SLA, TAP1 og TAP2 omkring en tapning

6.3.1. Sammenfatning vedrørende temperaturer i brugsvand

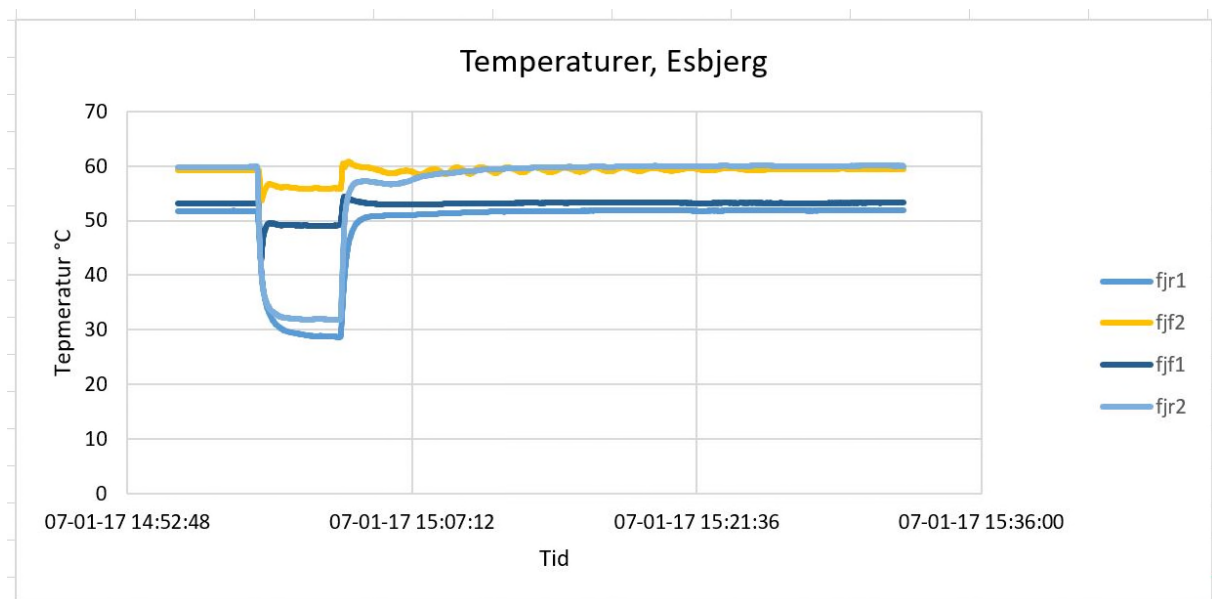
En sammenfattet vurdering af målingerne er, at temperaturen i slangerne faldet til et niveau svarende til rumtemperaturen (ca. 20°C) relativt hurtigt efter tapningen eller en periode, der svarer til ca. 30-45 minutter. Det svarer til, hvad der også vil forekomme i koblingsledningerne i større brugsvandsinstallationer med stigstreng og fordelingsledninger frem til fordelerrør placeret fx i en skakt og derfra koblingsledninger ud til de enkelte tapsteder.

6.4. Temperaturforløb for fjernvarmerør

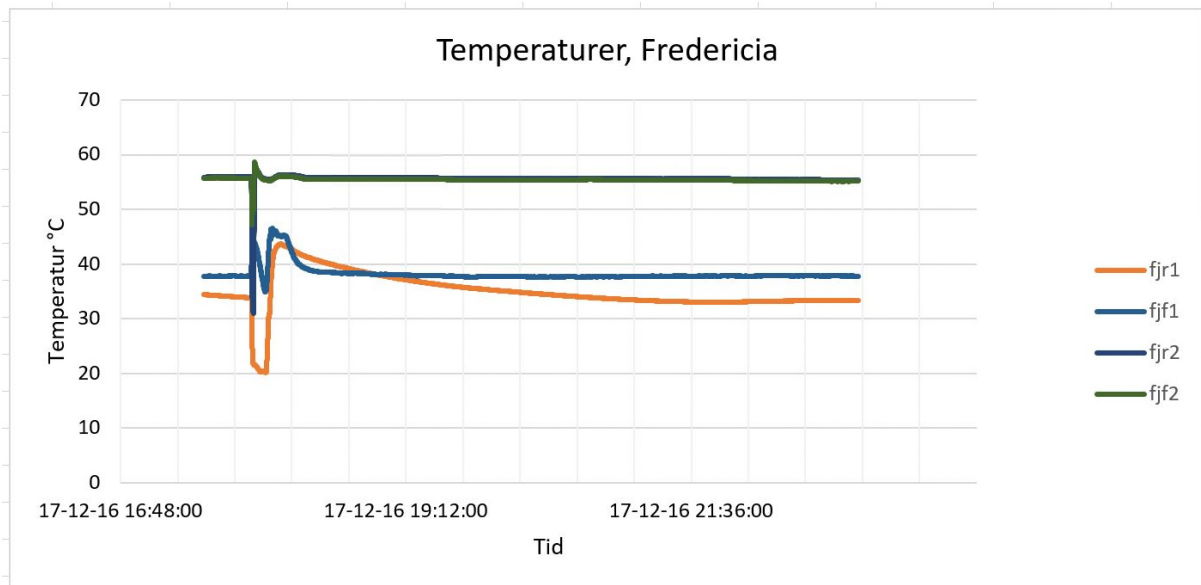
På de følgende grafer er vist temperaturforløbet i punkterne FJF1, FJF2, FJR1 og FJR2. Disse er bl.a. udtryk for afkøling og temperatur i rørledning under drift og stilstand.



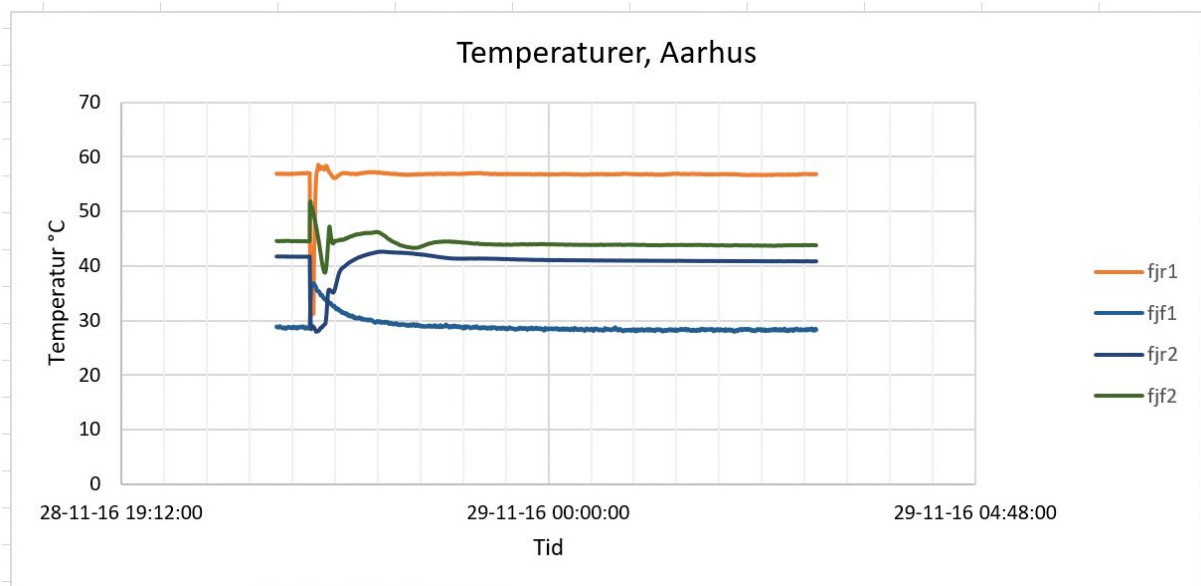
Eksempel på temperaturforløbene i systemet FJR1, FJR2, FJF1 og FJF2 omkring en tapning.



Eksempel på temperaturforløbene i systemet FJR1, FJR2, FJF1 og FJF2 omkring en tapning.



Eksempel på temperaturforløbene i systemet FJR1, FJR2, FJF1 og FJF2 omkring en tapning.



Eksempel på temperaturforløbene i systemet FJR1, FJR2, FJF1 og FJF2 omkring en tapning

6.4.1. Sammenfatning vedrørende temperaturer i fjernvarmerør

Konklusionen her er, at anlæggene har kørt med de fremløbstemperaturer, som de er indstillet til, nemlig ca. 60/50°C. Det betyder, at forsøget er gennemført under forhold, der svarer til "rigtig" lavtemperaturdrift, hvad angår veksleren med 45°C brugsvand.

6.5. Konklusion af temperaturmålinger

Følgende hovedkonklusioner kan drages af målingerne:

1. Ved en fjernvarmefremløbstemperatur på maks. 60°C eller derunder sker der ikke en stigning inde i veksleren efter standsning af tapningen, der vil kunne gøre, at veksleren desinficeres. Det vi sige, at temperaturen kortvarigt stiger til over 60°C.
2. Temperaturen i brugsvandsslangerne falder inden for mellem 30 til 45 minutter til omgivelsestemperatur (20°C), efter at tapningen er ophørt og forbliver dér indtil næste tapning. Dette er den samme situation, som der vil være i fx større installationer med stigstreng og centralt placeret fordelerrør og koblingsledninger frem til de enkelte tapsteder.
3. Forsøget er gennemført, så det svarer til "rigtig" lavtemperturdrift, hvad angår veksleren med 45°C brugsvand, hvor fremløb for fjernvarme har været indstillet til 50°C.

7. Udtagning af vandprøver

Der har været udtaget prøver én gang pr. måned. Prøvetagningen har været gennemført over en periode på 10 måneder.

7.1. Skema for prøvetagning

Der har været udtaget henholdsvis A-, B- og koldtvandsprøver. A-prøver har været udtaget hver måned, og B- og koldtvandsprøver har været udtaget tre gange forskudt. Skemaet herunder viser planen over udtagning af prøverne. Her og i den efterfølgende vejledning (6.2) er A-, B- og KV-prøver nærmere beskrevet.

A-prøver = Prøve for VV ved 55 gr. C og 45 gr. C tappet direkte

B-Prøver = Prøve for VV ved 55 gr. C og 45 gr. C tappet ved konstant temperatur efter vandet har løbet i ca. 30 sekunder.

K-Prøve = Prøve tappet fra koldtvandsinstallationen efter at vandet har løbet så det er koldt, konstant temperatur.

Skema for udtag af vandprøver til Legionellatest.						
DATO		Albertslund	Roskilde	Aarhus	Fredericia	Esbjerg
10/1	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve	1	1	1	1	1
7/2	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver	2	2	2	2	2
	K-Prøve					
7/3	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve					
4/4	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve					
9/5	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve					
6/6	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-prøver					
	K-Prøve	1	1	1	1	1
4/7	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver	2	2	2	2	2
	K-Prøve					
8/8	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve					
5/9	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-Prøver					
	K-Prøve	1	1	1	1	1
3/10	A-prøver	2	2	2	2	2
	B-prøver	2	2	2	2	2
	K-Prøve					
SUM antal prøver						155

7.2. Vejledning for prøveudtagning af vandprøver

I forbindelse med projektet har SSI udarbejdet en vejledning for udtagning af vandprøverne for at sikre, at de efterfølgende resultater er så valide som muligt.

Prøverne skal udtages enten mandage eller tirsdage og på det tidspunkt af dagen, hvor vandet har stået længst i rørledningen.

Forberedelse

Sterile prøveflasker. Leveres af SSI.

Plasthandsker

Kontroller, om der er anmodet om både A- og B-prøver eller koldtvandsprøve.



Der skal anvendes de flasker, der sendes fra SSI. Adresselabels medsendes. Der skal anvendes plasthandsker i forbindelse med prøveudtagningen.

Prøverne skal returneres til SSI, Statens Serum Institut (se herunder).

Statens Serum Institut
Legionella lab.
Bygning 211 rum 109
Artillerivej 5
2300 København S

1. Udtagning af varmtvandsprøver (A-prøver)

Generelt skal der tappes én flaske med én liter vand (A-prøve).

Der skal tappes én liter direkte i flasken, uden at der aftappes vand fra systemet inden. Der skal ikke afsprittes eller desinficeres i øvrigt, da vi gerne vil have alt med. Lad vandet løbe med en langsom stråle og undgå, at flaskens tud berører taphanen, mens der tappes.



Udtagning af vandprøve. Der tappes direkte i flasken, når der åbnes for prøvehanen. Vandet skal IKKE løbe inden.

Tapstedet skal ikke afsprittes eller desinficeres, inden der aftappes.

Der tappes én liter i flasken. Dette kaldes for A-prøven.

På flaskens etikette noteres, hvilket tapsted (45 eller 55 °C) det er taget fra.



Temperaturen for det tappede vand skal måles og noteres på flaskens etikette og på følgesedlen (temperatur A).

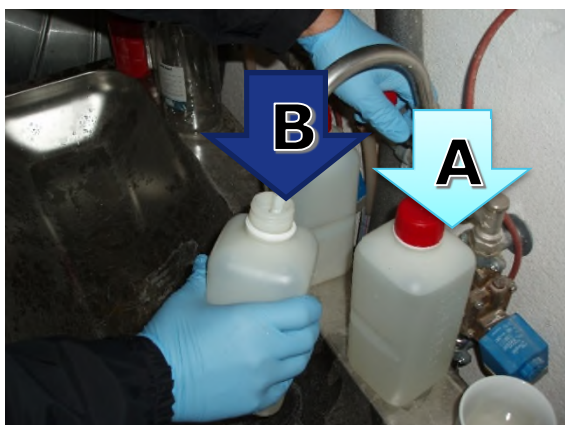
Fyld et plastkrus lige efter aftapningen af A-prøven og mål vandets temperatur i kruset.

Hvis der ikke skal tages en B-prøve, så lad vandet løbe, til der opnås konstant temperatur (ca. 1 min.) og mål temperaturen enten i strålen eller i et krus med aftappet varmt vand. Denne temperatur noteres på følgesedlen (temperatur B).

Temperaturen kan tages med et digitaltermometer

2. Udtagning af varmtvandsprøver (B-prøver)

Ca. to gange i forsøgsforløbet vil der ud over A-prøven blive bedt om en B-prøve.



Ved udtagning af B-prøve gøres følgende:

Lad vandet løbe til konstant temperatur, lad det løbe i yderligere 30 sek. (men ikke længere for så vil det ikke give en retvisende risikovurdering). Tap én liter og noter temperaturen på flaske og følgesedel.

Når der tappes både A- og B-prøver, skal der noteres A-prøve og B-prøve på flaskernes etiketter.

Temperaturen skal også måles her og noteres på flasken.

3. Udtagning af koldtvandsprøver

Der skal ca. to gange under forsøgsperioden udtages koldtvandsprøver. Der vil blive givet besked om, hvornår det skal være.

Udtagning af koldtvandsprøverne vil være anderledes end for varmtvandsprøverne.

Koldtvandstemperaturen skal måles og noteres på etiketten på prøveflasken.



Inden aftapning af koldtvandsprøven skal afgangsen fra den hane, der anvendes, desinficeres, fx ved afspritning både udvendigt og så meget det er muligt indvendigt op i tuden.



Lad derefter vandet løbe, til det er koldt (har den koldtvandstemperatur, der er mulig på stedet).



Derefter aftappes én liter i flasken.

Det noteres på etiketten på flasken, at det er en koldtvandsprøve.

Temperaturen for det kolde vand måles og noteres på etiketten på flasken.

8. Resultater af prøver

8.1. Beskrivelse af prøvemethoder

8.1.1. Dyrkning

Beskrivelse af prøvemethoder

I projektet er legionelladyrkning udført i henhold til ISO 11731-2:2004 (Detection and enumeration of Legionella – Part 2: Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts).

Analyseprincip: Flaskerne rystes godt, og 2 x 500 µl udtages og udsås direkte på to GVPC-agarplader (modified charcoal yeast extract agar med selektivt supplement). Henholdsvis 100 ml og 400 ml af prøven filtreres (0,4 µm pore-størrelse). Før filteret fjernes, behandles det med syre for at begrænse baggrundsvæksten. De to filtre overføres til hver sin GVPC-plade med oversiden (den side, hvor bakterierne sidder) opad. De fire agarplader for hver prøve inkuberes ved 36-37°C og inspiceres efter 3-4 dage og slutaflæses efter 7-10 dage.

Aflæsning: De fremkomne kolonier verificeres og tælles. Kolonierne kan verificeres på forskellig vis men mindst fem kolonier undersøges ved Oxoid latex agglutination, som kan skelne mellem *L. pneumophila* serogruppe 1, serogruppe 2-14 og *legionella* species (non-*pneumophila*). Udvalgte kolonier fra mindst to forskellige prøveudtag undersøges ved udvidet serogruppebestemmelse med monoklonale antistoffer (Dresden panel) med en ELISA teknik. Disse kolonier (isolater) fryses og gemmes.

Analysetid: 10 til 12 døgn.

8.1.2. PCR

Bestemmelse af legionella ved kvantitativ (q) PCR er udført i henhold til ISO/TS 12869 og NF T90-471.

Analyseprincip: I de tilfælde, hvor der er udført bestemmelse af legionella ved qPCR, er den resterende portion af prøven (ca. 500 ml) filtreret. Fra filteret er DNA direkte ekstraheret og undersøgt for *L. pneumophila*, *Legionella pneumophila* serogruppe 1 og *Legionella non-pneumophila* med tre forskellige primer og probesæt. I hvert qPCR-opsæt er der medtaget en fortyndingsrække af en standard med kendt antal genom-enheder (GU). Ud fra denne standard kan man beregne antal GU i den undersøgte prøve.

Analysetid: 2 til 4 døgn.

Ved PCR for *legionella* påvises både døde, levende og ikke-dyrkbare men levende bakterier. Alene af den grund kan man ikke forvente, at resultaterne for dyrkning og PCR vil være helt i overensstemmelse. Man kan formode, at det samlede antal af bakterier (døde, levende og ikke dyrkbare) kan være langt højere end det, man kan påvise ved dyrkning. Fund af *legionella* ved PCR fra dyrkningsnegative prøver er derfor en mulighed. Det kan fx tænkes, at *legionella* opformeres i rørender eller i returløbet for derefter at blive dræbt af det varmere vand i varmtvandsbeholderen. Vandet ved tapstederne kan således indeholde et stort antal døde celler. Dette kan måske være forklaringen på forskellen mellem resultaterne for PCR og dyrkning.

Et andet forhold, der kan bidrage til forskellige resultater for dyrkning og PCR, er, at man ved dyrkning ikke måler det faktuelle kimtal, men derimod kolonidannende enheder (cfu). Det er langt fra sikkert, at hver koloni kun hidrører fra én kim, fx kan en amøbevakuole indeholde over 1000 bakterier. Hvis den ikke ødelægges inden udsæd, vil hele indholdet måske kun resultere i én cfu. Ved PCR ville sådan en enkelt vakuole med bakterier kunne give en meget kraftig reaktion.

I den anden retning trækker, at nogle vandprøver indeholder komponenter (f.eks. rust), der er mere eller mindre hæmmende for PCR-reaktionen.

SSI-reaktionsgrænser

(Retningslinier fra EWGLI/ESGLI (opdateret 2011) – rejseassocieret legionærsygdom. Kan downloades fra https://www.esamid.org/fileadmin/src/media/PDFs/3Research_Projects/ESGLI/European_Guidelines_September_2011_v1_1.pdf). I 2016 kommer der en revideret udgave.

Reaktions grænser efter Legionella prøvetagning i varmt og koldt vand systemer	
Legionella bakterier (cfu/liter)	Handling påkrævet
Flere end 1000, men mindre end 10.000 (>1000, men < 10.000)	1. Hvis en mindre del af prøverne (10-20 %) i systemet er positive, skal der tages opfølgende prøver. Hvis et lignende antal genfindes, bør der laves en gennemgang af kontrolforanstaltninger og risikovurdering bør udføres for at identificere eventuelle afhjælpende foranstaltninger. 2. Hvis størstedelen af prøverne er positive, er systemet muligvis koloniseret med Legionella, om end i lavt antal. Desinfektion af systemet skal overvejes, men der bør udføres en umiddelbar gennemgang af kontrolforanstaltningerne. En risikovurdering bør udføres for at identificere eventuelle andre relevante afhjælpende foranstaltninger.
Flere end 10.000 (>10.000)	Der bør tages opfølgende prøver og en øjeblikkelig gennemgang af kontrolforanstaltninger og en risikovurdering bør udføres for at identificere andre relevante afhjælpende foranstaltninger, blandt andet desinfektion af systemet.

8.2. Resultaterne fra vandprøverne

I det følgende er resultaterne fra de enkelte test steder angivet i målingerne måned for måned.

Albertslund

Albertslund		1	2	3	4	5 (1)	5 (2)	6	7	8	9	10
Dyrk	45 A	98000	7000	20000	308000	1000	1000	1000	1410	9000	4000	1420
Leg kim	45 B		2880						830			1130
cfu/L	55 A	120	280	400	350	4000	1700	1900	1440	1480	21000	5000
	55 B		240						420			270
	Koldt	284						750			1400	528
PCR	45 A	113892	4020	32714	270000	IU	IU	5600	6400	IU	6600	5600
L. pneum	45 B		732						1000			1000
GU/L	55 A	2064	1122	828	1700	IU	IU	4600	4400	IU	60800	19000
	55 B		362						4400			400
	Koldt	1454						3400			7400	3800

Resultater for henholdsvis dyrkning (cfu/L) og PCR (GU/L)

	Prøveforbytning er rettet (kan være en fejl på SSI)			
	Det er ikke angivet om prøven er en A eller B prøve - kun 2 prøver			
	Det kan ikke læses om A prøven for 45 grader er 13 eller 43 grader varm			
	A temperaturer er angivet som hhv 46 og 53 grader, ingen B temperatur angivet			

Bemærkninger til resultatskema

Esbjerg

Esbjerg		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyrk	45 A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leg kim	45 B		0					0			0
cfu/L	55 A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55 B		0					0			0
	Koldt	0					0			0	
PCR	45 A	0	0	0	0	IU	0	400	IU	0	0
L. pneum	45 B		0					400			0
GU/L	55 A	0	0	0	0	IU	200	3600	IU	0	0
	55 B		0					0			0
	Koldt	0					0			0	

Resultater for henholdsvis dyrkning (cfu/L) og PCR (GU/L)

	Temperatur (B) målt til 33,7 grader, meget rust i prøven
	Temperatur (B) målt til 33,9 grader
	Temperatur (B) målt til hhv 35,3 grader (45 graders anlæg) og 38,1 grader (55 graders anlæg)
	Tyder på at der er kommet L. pneumophila i systemet
	Kun påvist serogruppe 1, sandsynligvis en analysefejl

Bemærkninger til resultatskema

Fredericia

Fredericia		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyrk	45 A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leg kim	45 B		0					0			0
cfu/L	55 A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55 B		0					0			0
	Koldt	0								0	
PCR	45 A	0	0	0	225	IU	0	0	IU	0	600
L. pneum	45 B		0					0			0
GU/L	55 A	0	0	10	0	IU	0	0	IU	60	0
	55 B		0					0			0
	Koldt	0					0			0	

Resultater for henholdsvis dyrkning (cfu/L) og PCR (GU/L)

	Kun påvist serogruppe 1, sandsynligvis en analysefejl
	Ingen følgeseddel, det vides ikke om B temp er målt eller blot angivet

Bemærkninger til resultatskema

Aarhus-Viby

Aarhus-Viby		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyrk	45 A	19000	14000	2000	33000	20000	8000	6000	15000	11000	73000
Leg kim	45 B		14000					2070			16000
cfu/L	55 A	7000	47000	8000	32000	4000	243000	124000	420000	369000	1000000
	55 B		2000					11000			9000
	Koldt	2					0			20	
PCR	45 A	21028	14616	13632	49000	IU	27000	32400	IU	20800	150400
L. pneum	45 B		10607					9400			50200
GU/L	55 A	12042	37860	7762	57000	IU	550000	224400	IU	545000	2139400
	55 B		900					39400			23600
	Koldt	0					0			0	

Resultater for henholdsvis dyrkning (cfu/L) og PCR (GU/L)

Det er ikke angivet om A prøverne er fra 45 el. 55 grader
Temperatur (B) målt til hhv 35,3 grader (45 graders anlæg) og 38,1 grader (55 graders anlæg)

Bemærkninger til resultatskema

Roskilde

Roskilde		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dyrk	45 A	81000	83000	Mangler	159000	Mangler	24000	Mangler	13000	Mangler
Leg kim	45 B							Mangler		
cfu/L	55 A	9000	53000	Mangler	19000	Mangler	21000	Mangler	16000	Mangler
	55 B							Mangler		
	Koldt	7000					60			Mangler
PCR	45 A	110684	98346	Mangler	250000		64500	Mangler	IU	Mangler
L. pneum	45 B							Mangler		
GU/L	55 A	21146	38906	Mangler	20000		11000	Mangler	IU	Mangler
	55 B							Mangler		
	Koldt	2108					0			Mangler

Resultater for henholdsvis dyrkning (cfu/L) og PCR (GU/L)

På grund af bl.a. strukturelle omlægninger på forsyningen (FORS) har der i fire af gangene for prøveudtagning været problemer, der har betydet, at prøverne mangler. Der har endvidere i en periode været problemer med indstillingen og funktionen af timeren, hvorfor anlægget ikke har kørt over en ikke nærmere defineret periode. Af temperaturmålingerne kan det dog ses, at timeren ikke har kørt, mens disse er taget.

8.3. Oversigt over resultaterne

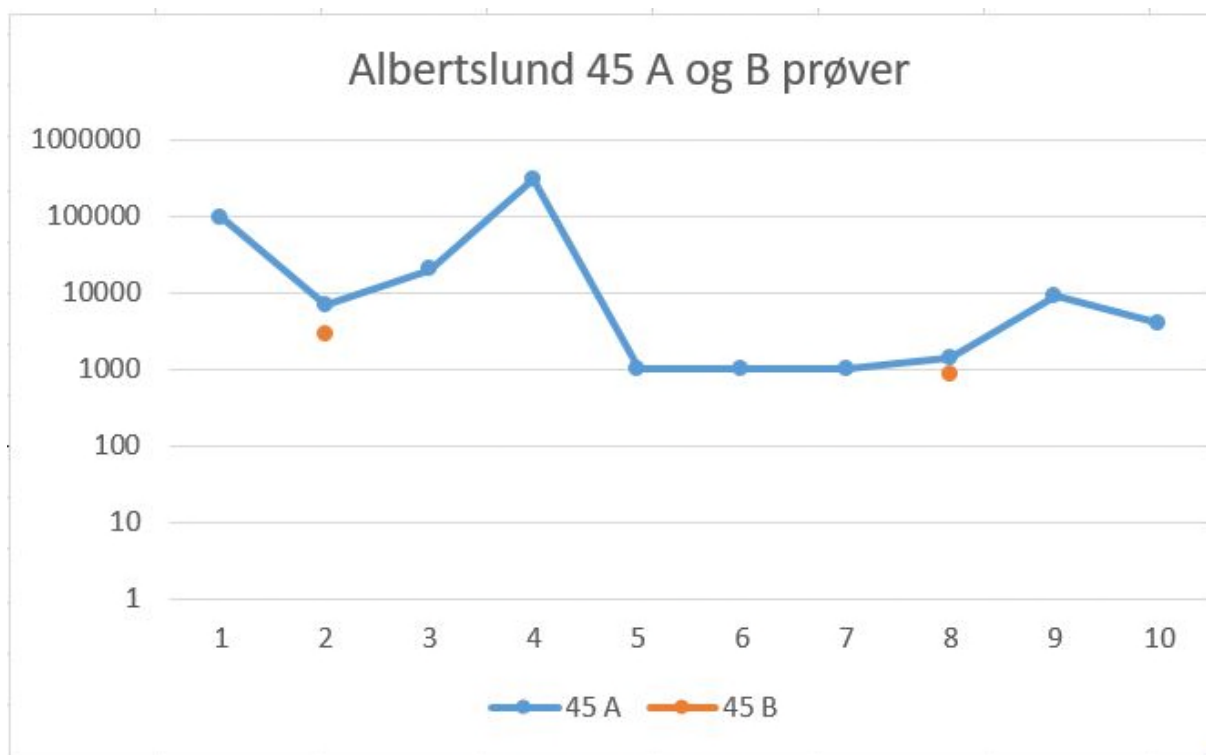
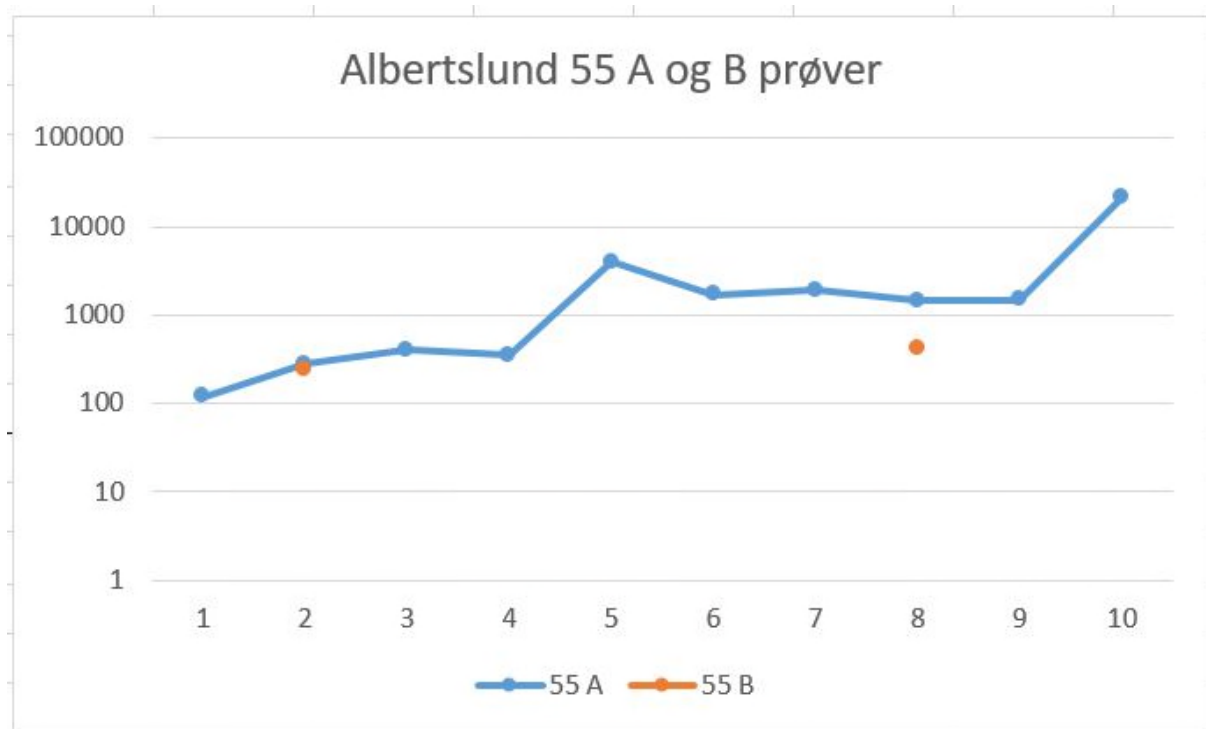
På to af prøvestederne, Fredericia og Esbjerg, har der ikke kunnet konstateres legionella i prøverne, hvilket har bevirket, at der ikke er anvendelige resultater fra disse teststeder.

I Roskilde er det kun halvdelen af de forudsatte prøver, der er udtaget, og timeren for tapninger har ikke kørt i en periode, hvilket betyder, at resultaterne herfra kan være tvivlsomme.

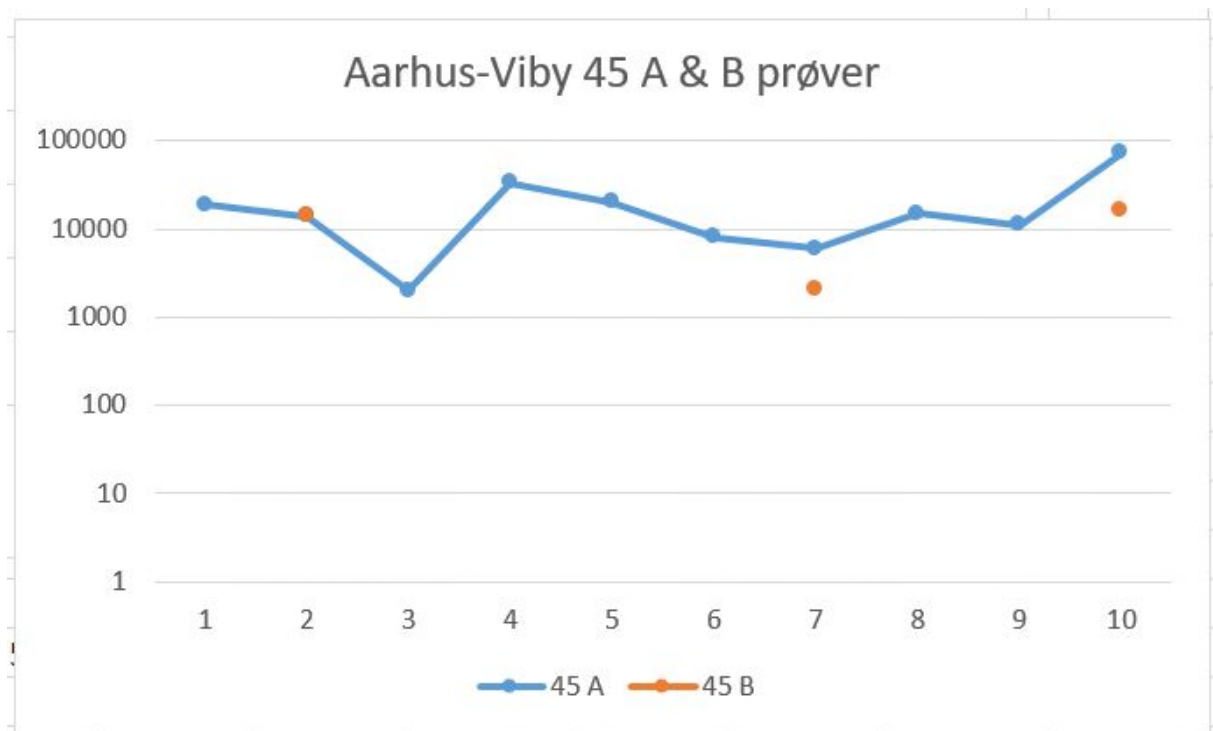
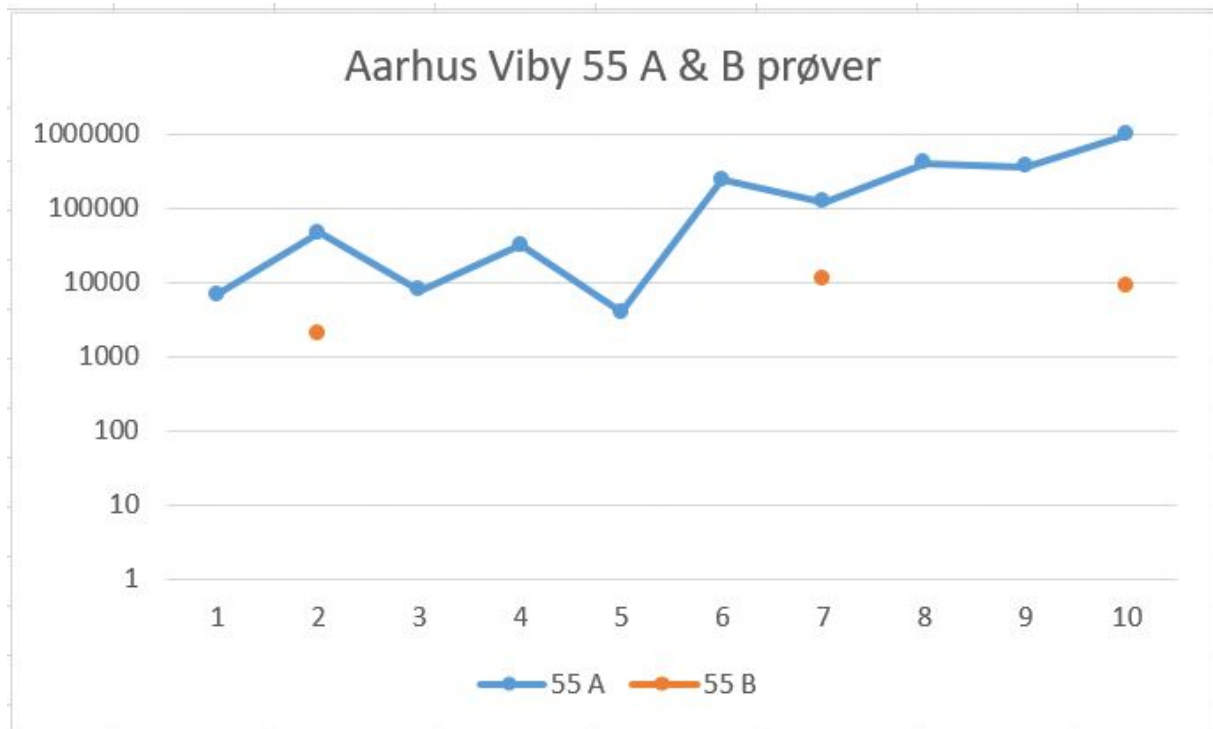
Det betyder i praksis, at det alene er prøverne fra Albertslund og Aarhus, der må forventes at give anvendelige resultater, og at den endelige tolkning er baseret på resultaterne fra disse to teststeder.

I det efterfølgende er vist diagrammer over de målte legionellaforekomster i Albertslund og Aarhus-Viby ved henholdsvis 45 og 55°C.

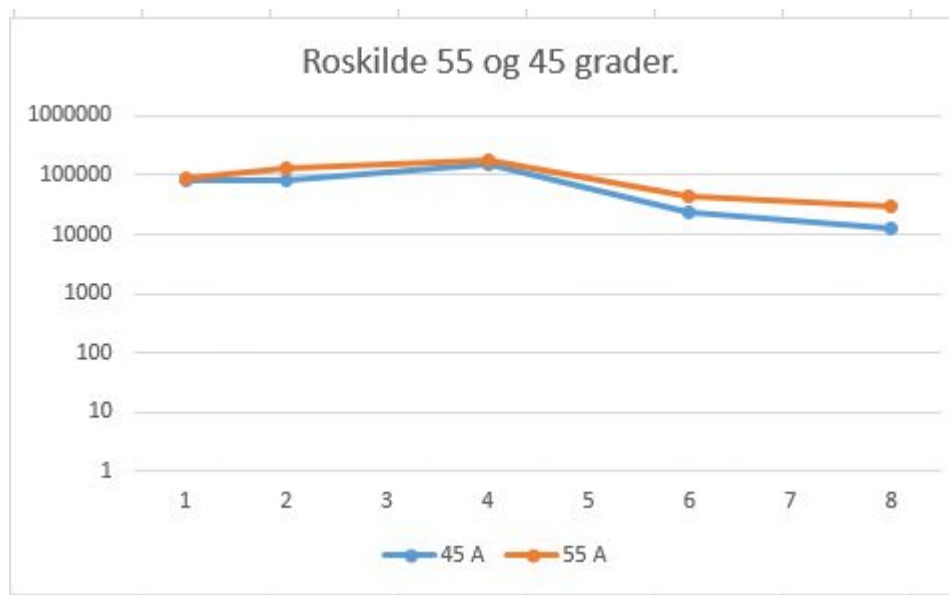
Albertslund



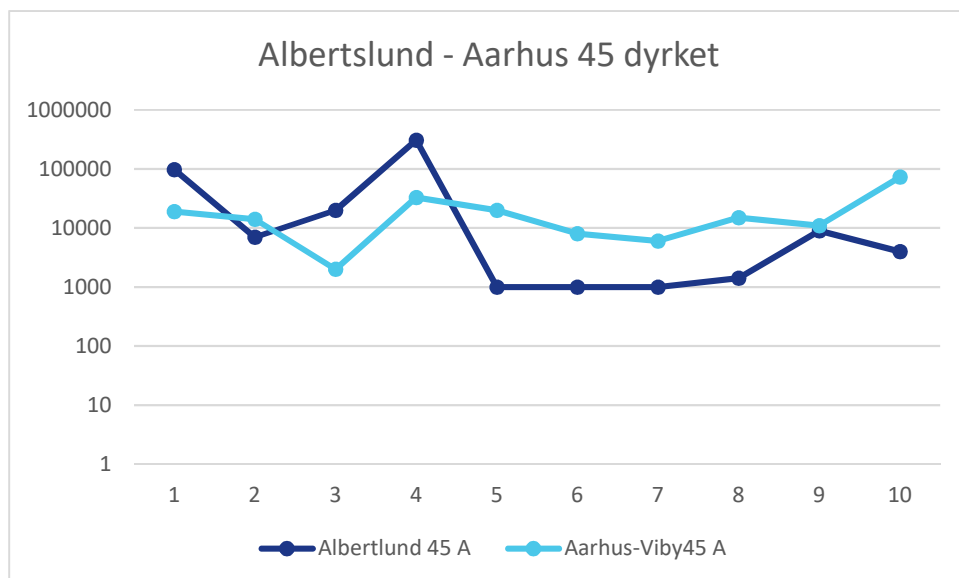
Aarhus-Viby



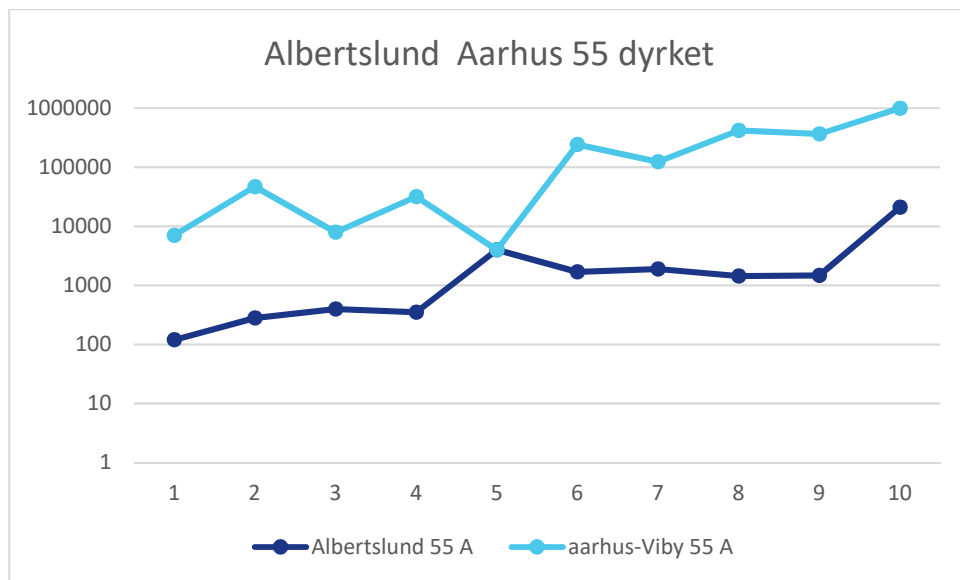
Roskilde



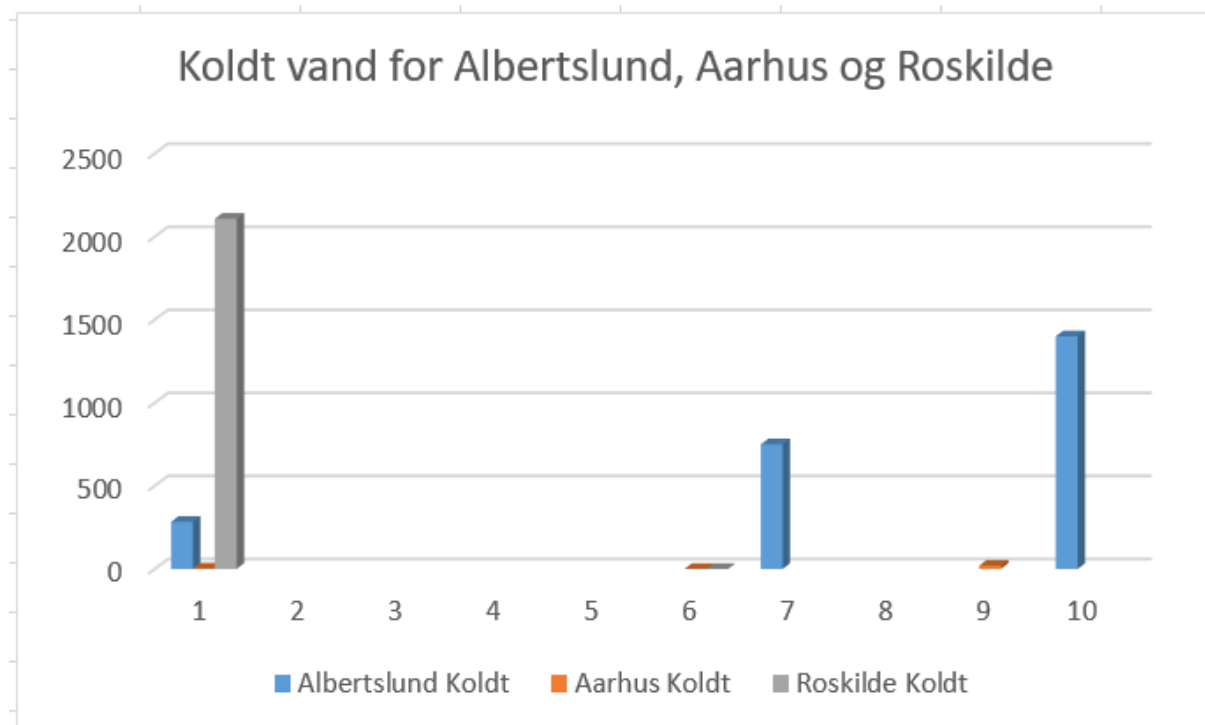
Samlet oversigt Albertslund og Aarhus, 45°C dyrket



Samlet oversigt Albertslund og Aarhus, 55°C dyrket



Koldt vand



8.4. Diskussion af resultaterne

Resultaterne var ikke helt som forventet. Overordnet set var der ingen betydelig sammenhæng mellem driftstemperaturer og niveauer af dyrkbare *Legionella* eller *Legionella* påvist ved PCR. Dels var der anlæg, hvor der slet ikke blev påvist *L. pneumophila* ved dyrkning (Esbjerg og Fredericia), dels var der anlæg, hvor der ikke var en konstant påviselig forskel i niveauerne af *L. pneumophila* mellem vand ved 45°C og 55°C (Albertslund og Århus-Viby).

Det vil sige, at der er andre forhold (udvikling) end temperaturniveauet der har gjort sig gældende, for at *Legionella* kunne/ikke kunne etablere sig. En mulig forklaring er, at det kolde vand, der forsyner anlæggene uden påvist *L. pneumophila* slet ikke indeholder bakterien, hvorved der således ikke kan ske en kolonisering.

I de tre anlæg, hvor der blev påvist *L. pneumophila*, blev der også påvist *L. pneumophila* i det kolde vand, der forsyner anlæggene, dog i lavt niveau. Resultaterne tyder på, at tilstedeværelse af *L. pneumophila* i forsyningsvandet medfører stor risiko for kolonisering og vækst af *L. pneumophila* selv i korte rørsystemer med lille vandmængde, der relativt hyppigt udskiftes. Det kan konkluderes, at for de undersøgte anlæg kan selv temperaturer på det anbefalede niveau ($\geq 50^\circ\text{C}$) ikke alene kontrollere legionellavæksten, så målingerne kommer til at ligge under det anbefalede niveau (≤ 1000 cfu/L).

Dette var et uventet resultat, som der ikke umiddelbart er en forklaring på. Det kan dog ikke afgøres, om de opnåede resultater er repræsentative for anlæg, der er i drift i beboelser, selvom normal drift var forsøgt simuleret.

Erfaringer med dyrkning af mange vandprøver på SSI fra private hjem tyder på, at en del af målingerne ligger langt over det niveau, der almindeligvis påvises. Der er også observeret nogle pludselige eller gradvise ændringer i niveauerne, som er uforklarlige, fx fra prøve 4 til 5 for 45°C-anlægget i Albertslund, hvor der er mere end 100 folds fald mellem de to prøver, og for Aarhus-Viby, hvor der mere eller mindre er en stigning gennem hele prøveperioden for 55°C-anlægget, og hvor der i sidste prøve (10) bliver påvist 1.000.000 cfu/L.

Hvis man antager, at der har været jævn drift (temperatur og vandforbrug) over hele perioden, er det ukendte forhold, der her spiller ind på legionellaniveauerne. Det skal nævnes, at grænseværdierne almindeligvis refererer til B-prøver, altså vandprøver taget efter, at det vand, der har stået stille i rørene, er skyllet ud, og der er opnået konstant temperatur. I denne forsøgsrække er der ikke taget så mange B-prøver, men man ser dog for de to anlæg, hvor effekten af dette kan bedømmes, at der er et kraftigt fald i niveauet af *L. pneumophila* fra A- til B-prøver. For anlægget i Albertslund er legionellakimtallet stort set acceptabelt i de fleste B-prøver, hvad enten der er tale 45°C eller 55°C. For alle B-prøverne (på nær én – 55B anden tapning) for anlægget i Aarhus-Viby er legionellaniveauerne dog for høje i forhold til det anbefalede niveau på ≤ 1000 cfu/L.

Ovenstående understreger vigtigheden af at have et godt flow i systemet, og at denne faktor nok er mindst lige så vigtig som at have høje temperaturer.