



TEKNOLOGISK
INSTITUT



DANSK
FJERNVARME

Dansk Fjernvarmes F&U-konto

Et grundlag for vurdering af vandvarmere

F&U Rapport nr. 2014-07



Titel:

Et grundlag for vurdering af vandvarmere - Den gode brugerinstallation

Udarbejdet for:

Dansk Fjernvarme

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 2
2630 Taastrup
Energieffektivisering & Ventilation

December 2016

Forfatter: Christian Holm Christiansen

Følgegruppe:

En følgegruppe har været tilknyttet projektet med følgende deltagere:

Kai Borggreen, Fjernvarmens Serviceordning

Villy Jensen, Aalborg Varme A/S

Robert Jensen, FORS A/S, Fjernvarme

Jean Honoré, Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a.

Jakob Rasmussen, Fjernvarme Fyn A/S

Indholdsfortegnelse

1. Resumé.....	5
2. Indledning	6
2.1. Projektets formål	6
2.2. Projektets gennemførelse	6
2.3. Projektets resultater	6
3. Gennemstrømningsvandvarmere	7
3.1. Ydelse	7
3.2. Isolering	7
3.3. Temperaturregulering	7
A: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og internt bypass.....	7
B: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og eksternt bypass	8
C: To selvvirkende ventiler, en trykstyret og en temperaturstyret regulator i serie med eksternt bypass.....	9
D: Elektronisk flow- og temperaturstyret regulator med internt bypass.....	10
4. Prøvestand	12
4.1. Varmekilde	12
4.2. Stikledning	12
4.3. Måleudstyr og dataopsamling	13
4.4. Tappeautomat.....	13
4.5. Forsyning af koldt vand	15
4.6. Vurdering af nøjagtighed	15
5. Grundlag for vurdering af vandvarmere.....	16
5.1. Hvad skal grundlaget kunne?	16
5.2. Målestandarder og metoder	16
5.2.1. Ecodesign og energimærkning for el- og gasvandvarmere	16
5.2.2. DS 439 – Vandnormen.....	17
5.2.3. EN 1148 – Måling af ydelse af fjernvarmevekslere.....	19
5.3. Forslag til testgrundlag.....	19
5.3.1. Anvendelsesgrundlaget.....	19
6. Afprøvning og evaluering af grundlag.....	25
6.1. Sammenfatning vandvarmer 1	25
6.1.1. Tappeprofil "L".....	25
6.1.2. Trappetest	27

6.2.	Sammenfatning vandvarmer 2	29
6.2.1.	Tappeprofil "L"	29
6.2.2.	Trappetest	31
6.3.	Sammenfatning vandvarmer 3	33
6.3.1.	Tappeprofil "L"	33
6.3.2.	Trappetest	35
6.4.	Samlet evaluering.....	37
6.4.1.	Test af tappemønster.....	37
6.4.2.	Trappetest	38
6.4.3.	Samlet testgrundlag	38
6.4.4.	Formidling	39
7.	Referencer.....	40

1. Resumé

Gennem en lang årrække har produktnyhederne inden for vandvarmere og fjernvarmeunits været begrænsede, men det har ændret sig markant de seneste år bl.a. som følge af nye krav i varmenormen (DS 469) og normen for teknisk isolering af installationer (DS 452). Især for gennemstrømningsvandvarmerne er der sket rigtig meget. De nye effektive vandvarmere benytter sig af forskellige tekniske tiltag til at reducere tomgangstab og returtemperatur, fx nye veksler typer, nye reguleringsventiler, elektroniske styringer og kraftigt forbedret isolering. Der er bare meget lidt samlet viden om, hvordan de fungerer, indstilles og betjenes mest hensigtsmæssigt - en viden, der ikke alene kan udtrækkes af produkternes datablad.

I dette projekt er etableret og afprøvet et grundlag til vurdering af vandvarmere til fjernvarme. Der findes allerede et *formelt grundlag* til at dokumentere ydelser på fjernvarmevekslere (EN 1148) og til måling af om installationsunits opfylder krav til teknisk isolering (DS 452, Anneks C). Disse formelle krav kan eftervises og dokumenteres, men de afspejler ikke nødvendigvis den reelle drift eller anvendelse af brugerinstallationerne fx tomgangstab, gennemsnitsafkøling og reel brugsvandsydelse. I projektet er der derfor udviklet et grundlag vi har valgt at kalde *anvendelsesgrundlaget*.

Anvendelsesgrundlaget består primært af to test:

- Test baseret på brugsvandstappemønstre, der viser, brugsvandskomfort, tomgangstab og gennemsnitlig afkøling over et døgn
- Test, der viser hvordan vandvarmeren og dens regulering reagerer på forskellige brugsvandsflow/ydelser

I samarbejde med projektets fjernvarmeselskaber er der udvalgt fire gennemstrømningsvandvarmere, som er blevet testet efter anvendelsesgrundlaget.

Resultaterne viser, at:

- Der er forskel på hvordan vandvarmerne holdes varme i tomgangsperioden. Det har væsentlig betydning for afkølingen i sommerperioden.
- Der er forskel på vandvarmerens evne til at regulere brugsvandstemperaturen. Det har ikke kun betydning for komforten, men også for afkølingen.
- Test baseret på brugsvandstappemønstre er en metode, der i langt højere grad end stationære test, dokumenterer en vandvarmers reelle tomgangsforbrug/evne til afkøling. I projektet er anvendt et EU-standardiseret tappemønster og der indgår en stikledning i forsøgsopstillingen. Tappemønsteret er meget detaljeret og giver nogle måletekniske udfordringer og det kan overvejes at forsimple dette. At anvende et EU-tappemønster giver til gengæld mulighed for at sammenligne vandvarmere til fjernvarme med tilsvarende for gas eller el.

Projektets resultater indgår i formidling til fjernvarmebranchen og Fjernvarmens Serviceordning med henblik på at sikre gode brugerinstallationer.

2. Indledning

2.1. Projektets formål

Projektets formål er at skabe et opdateret videngrundlag for principperne i de mange nye typer gennemstrømningsvandvarmere, der er kommet på markedet de seneste 3-5 år. De nye produkter benytter sig af forskellige tekniske tiltag til at reducere tomgangstab og returtemperatur fx nye veksler typer, nye reguleringsventiler, elektroniske styringer og kraftigt forbedret isolering. Projektet vil inkludere test af forskellige produkter i laboratoriet under kontrollerede, men realistiske forhold. Målgruppen er fjernvarmeværker, installatører og servicevirksomheder samt de tekniske skoler, som kan anvende grundlaget i deres undervisning af energimontører og montører under Fjernvarmens Serviceordning.

2.2. Projektets gennemførelse

Projektet er gennemført i 4 faser:

1. Etablering af grundlag
2. Afprøvning af grundlag
3. Evaluering
4. Formidling

2.3. Projektets resultater

Projektets overordnede resultater fremgår af sammenfatningen i kapitel 1 og af kapitel 6, afsnit 6.5.

3. Gennemstrømningsvandvarmere

Der er valgt forskellige gennemstrømningsvandvarmere til opgaven ud fra de produkter, der var på markedet ved projektets start (2014). Der kan således godt være kommet andre/opdaterede modeller på banen i mellemtiden. De deltagende fjernvarmeselskaber har været behjælpelige med at fremskaffe vandvarmerne. Nogle af vandvarmerne er selvstændige produkter, andre er indbygget i fjernvarmeunits. Det er dog udelukkende vandvarmerfunktionen, der er undersøgt.

3.1. Ydelse

Der har ikke været efterspurgt en bestemt dimensionerende brugsvandsydelse i forbindelse med testene, men de fysiske dimensioner for vekslerne er forskellige bl.a. på grund af forskelligt pladeantal og pladetyper, så ydelserne er også forskellige. Der er tale om loddede veksler for alle vandvarmerne. Vejledende brugsvandsydelser for vandvarmere er specificeret i DS 439.

3.2. Isolering

Der er ikke foretaget en måling af om de formelle krav til teknisk isolering jf. DS 452 er opfyldt, men alle produkter er fuldisolerede og der er ikke umiddelbart grund til at betvivle isoleringstilstanden.

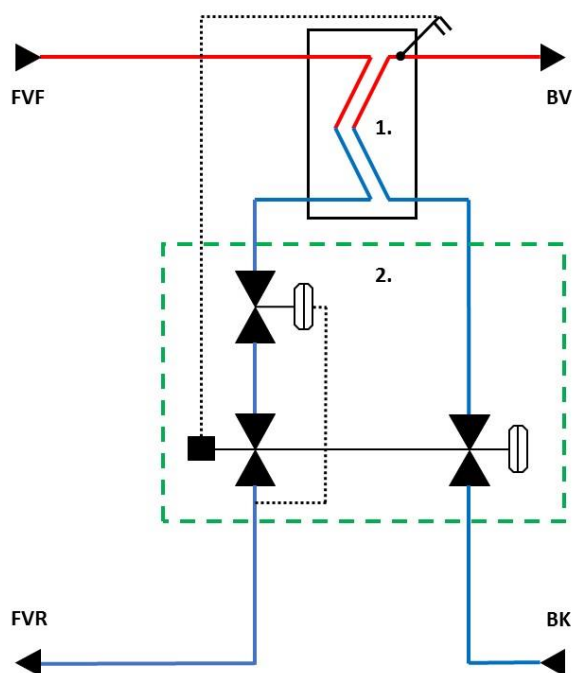
3.3. Temperaturregulering

Generelt følger reguleringsventilerne til det varme brugsvand forskellige principper. Alle vandvarmerne er desuden udstyret med forskellige anordninger til at reducere tomgangstemperaturen og dermed mindske vandvarmerens varmetab og returtemperatur i tomgangstiden mellem tapningerne. Forskellige reguleringer er skitseret i det følgende.

A: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og internt bypass

Denne selvvirkende ventil kombinerer en trykstyret og temperaturstyret regulator. Når en brugsvandstapning starter, åbner ventilen og fjernvarmeflowet (primær side) reguleres dels på baggrund af brugsvandsflowet (sekundær side), og dels på baggrund af brugsvandstemperaturen (sekundær side), som kan indstilles af brugeren. En indbygget tryk-differensregulator medvirker til at sikre de bedste reguleringsbetingelser for den temperaturstyrede del af regulatoren.

Den selvvirkende ventil har en indbygget funktion, så tomgangstemperaturen automatisk lægger sig et stykke under den indstillede brugsvandstemperatur. Brugeren/montøren har således ikke mulighed for at indstille tomgangstemperaturen selv. I tomgangsperioden kan der løbe fjernvarmvand gennem ventil og veksler (internt bypass). Den lavere tomgangstemperatur, sikrer at tomgangsflowet er mindre end, hvis veksleren skulle holdes varm på den indstillede brugsvandstemperatur.



A: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og internt bypass

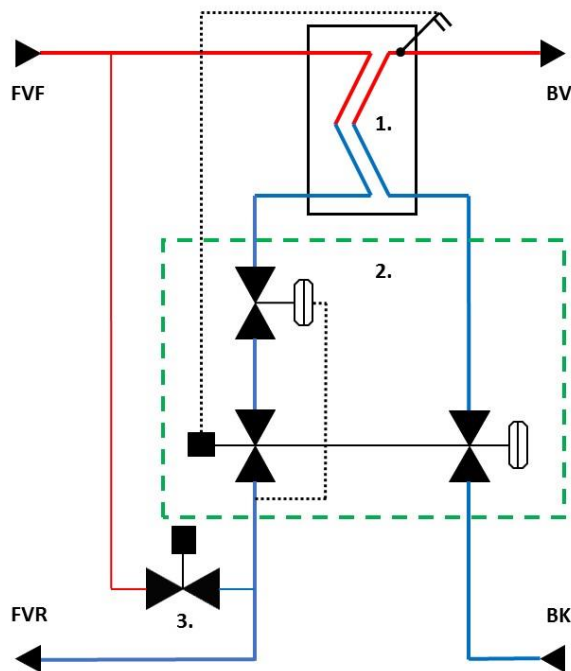
- 1. Brugsvandsveksler
- 2. Regulatorventil (tryk og temperatur)

Figur 3-1 Skitse af princip A

B: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og eksternt bypass

Denne selvvirkende ventil kombinerer en trykstyret og temperaturstyret regulator. Når en brugsvandstapning starter, åbner ventilen og fjernvarmeflowet (primær side) reguleres dels på baggrund af brugsvandsflowet (sekundær side), og dels på baggrund af brugsvandstemperaturen (sekundær side), som kan indstilles af brugeren. En indbygget tryk-differensregulator medvirker til at sikre de bedste reguleringsbetingelser for den temperaturstyrede del af regulatoren.

Den selvvirkende ventil er lukket, når der ikke tappes varmt brugsvand. Det betyder, at der i tomgangsperioden ikke kan løbe fjernvarmvand gennem ventil og veksler. Veksleren holdes således ikke varm mellem tapningerne. I stedet sidder der en særskilt termostatisk returventil, der sikrer et tomgangsflow gennem et lille omløb (eksternt bypass). Brugeren/installatøren har mulighed for at indstille tomgangstemperaturen selv og kan i praksis også lukke helt for omløbet, hvilket dog vil medføre længere ventetid på det varme brugsvand.



B: Selvvirkende tryk- og temperaturstyret regulator med indbygget differenstryksregulator og eksternt bypass

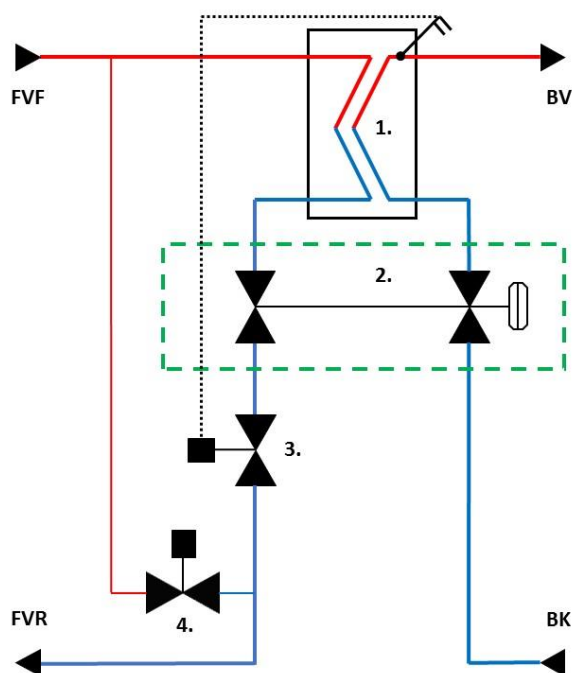
- 1. Brugsvandsveksler
- 2. Regulatorventil (tryk og temperatur)
- 3. Returtermostat (eksternt bypass)

Figur 3-2 Skitse af princip B

C: To selvvirkende ventiler, en trykstyret og en temperaturstyret regulator i serie med eksternt bypass

Denne løsning ligner den foregående, men her er der to selvvirkende ventiler i serie, en trykstyret og en temperaturstyret regulator. Når en brugsvandstapning starter åbner den trykstyrede ventil og fjernvarmeflowet (primær side) reguleres dels på baggrund af brugsvandsflowet (sekundær side), og dels på baggrund af brugsvandstemperaturen (sekundær side), som kan indstilles af brugeren. Der er ikke indbygget trykdifferensregulator i denne løsning.

Den trykstyrede regulator er lukket, når der ikke tappes varmt brugsvand. Det betyder, at der i tomgangsperioden ikke kan løbe fjernvarmvand gennem ventil og veksler. Veksleren holdes således ikke varm mellem tapningerne. I stedet sidder der en særskilt termostatisk returventil, der sikrer et tomgangsflow gennem et lille omløb (eksternt bypass). Brugeren/installatøren har mulighed for at indstille tomgangstemperaturen selv og kan i praksis også lukke helt for omløbet, hvilket dog vil medføre længere ventetid på det varme brugsvand.



C: To selvvirkende ventiler, en trykstyret og en temperaturstyret regulator i serie med eksternt bypass

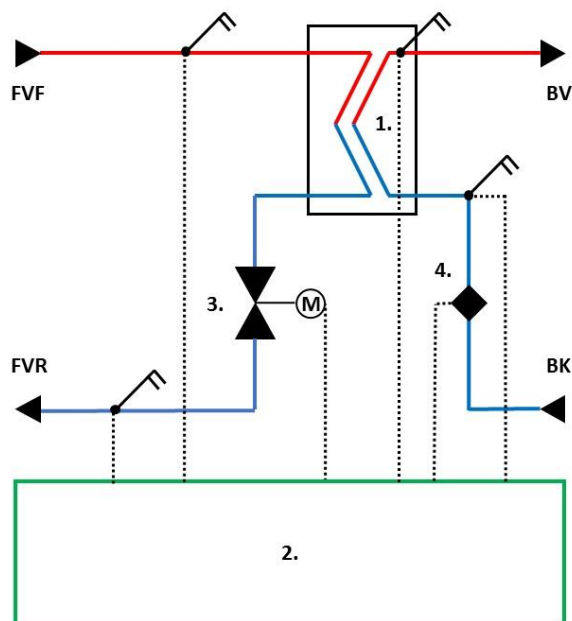
- 1. Brugsvandsveksler
- 2. Regulatorventil (tryk)
- 3. Regulatorventil (temperatur)
- 4. Returtermostat (eksternt bypass)

Figur 3-3 Skitse af princip C

D: Elektronisk flow- og temperaturstyret regulator med internt by-pass

Denne elektroniske regulator regulerer vha. af en motorventil og en række sensorer. Regulatoren anvender målinger af fjernvarme frem- og returtemperatur (primær side), varm og kold brugsvandstemperatur (sekundær side) samt brugsvandsflow (sekundær side) til at regulere brugsvandstemperaturen. Regulatoren har et interface, så der kan tilgås en række parametre, der har betydning for driften, via en computer. Regulatoren leveres med en standardindstilling (fabriksindstilling), der også omfatter brugsvandstemperaturen. Brugeren har ikke mulighed for selv at ændre denne. Energi- eller servicemontøren kan via ovenstående interface ændre indstillingen.

Den elektroniske regulator har ligeledes en standardindstilling for tomgangstemperaturen. Som for brugsvandstemperaturen, kan brugeren ikke selv indstille tomgangstemperaturen. I tomgangsperioden kan der løbe fjernvarmvand gennem ventil og veksler (internt by-pass). Den lavere tomgangstemperatur sikrer, at tomgangsflowet er mindre end hvis veksleren skulle holdes varm på den indstillede brugsvandstemperatur. Den elektroniske veksler har desuden en "feriefunktion", der kan lukke helt ned for tomgangsflow efter en periode uden brugsvandstapninger. Den periode er som standardindstilling 48 timer.



D: Elektronisk flow- og temperaturstyret regulator med internt bypass

1. Brugsvandsveksler
2. Elektronisk regulator
3. Motorventil
4. Flowmåler (brugsvand)

Figur 3-4 Skitse af princip D

4. Prøvestand

I forbindelse med målingerne og som del af Green Lab for Energi Efficient Buildings (GLEEB) [1] er Teknologisk Instituts prøvestand til fjernvarmeunits blevet opgraderet.

4.1. Varmekilde

Der er etableret en mobil elopvarmet varmekilde med en 500 liter beholder, som kan levere fjernvarme til test af en mindre fjernvarmeunit eller vandvarmer, se figur 4-1. Beholder-temperaturen reguleres med PID-regulator og pumpen kan indstilles til konstant tryk. Der er desuden etableret flowmåler til primærsiden samt tryk- og temperaturfølere ved varmekilden.



Figur 4-1 Fjernvarme: Varmekilde i laboratoriet er baseret på el, beholdertemperaturen reguleres med PID-regulator, pumpe kan stilles til konstant tryk, flowmåler til primærsiden er placeret ved varmekilde, der er desuden placeret tryk- og temperaturfølere ved varmekilden.

4.2. Stikledning

Prøvestanden er indrettet sådan, at der kan monteres en stikledning mellem varmekilden og den vandvarmer/fjernvarmeunit, der skal måles på. En stiklednings varmetab har lige som brugerinstallationens varmetab frem til vandvarmeren betydning for det fjernvarme-flow, der vil være i tomgang. Prøvestanden kan også indrettes uden stikledning.

Til denne prøveopstilling er det valgt, at montere en 15 meter lang stikledning serie 2, med twinrør i kobber 22/22/125 mm (frem-/retur-/kappediameter).

4.3. Måleudstyr og dataopsamling

Måleudstyret består dels af en række følere og målere, dels af en datalogger med tilhørende computer og dataopsamlingssoftware.

Ved fjernvarmeunitten/vandvarmeren er der placeret hurtige kapslede termoelementer (ø 1,5 mm med 15 mm spids) og tryktransmittere. Følerne er placeret på fjernvarme frem og retur samt på koldt og varmt brugsvand (i alt 4 termoelementer og 4 tryktransmittere). Det er den samme type følere, der er placeret ved varmekilden.



Figur 4-2 Ved vandvarmeren: Der er placeret tryk- og temperaturfølere på primærsiden (fjernvarmesiden) ved vandvarmeren, der er desuden placeret tryk og temperaturfølere på sekundærsiden (brugsvandssiden)

4.4. Tappeautomat

Til at udføre tappetest, er der udviklet en mobil tappeautomat med fire magnetventiler, der kan åbnes/lukkes uafhængigt af hinanden, se figur 4-3. På strengreguleringsventiler, er det muligt at indregulere fire individuelle flow. Tappeautomaten tilsluttes på brugsvandssiden og har monteret en flowmåler.

Dataopsamlingssoftwaren og dataloggeren er indrettet så magnetventilerne kan åbne efter et tidsmønster og lukke igen, når en given energimængde er tappet. Det er desuden muligt at indsætte en minimumstemperatur for, hvornår det tappede brugsvand skal betragtes som nyttiggjort. På den måde er det muligt at indregne ventetid på det varme brugsvand. Et eksempel kunne være et krav om, at brugsvandstemperaturen ved et brusebad skal være 40 °C, for at vandet kan betragtes som nyttigt for brugeren. Energien i brugsvandet indtil de 40 °C er nået betragtes derfor som spildt/unyttigt for brugeren.

Et udsnit af et sådant tappemønster er vist i tabel 4-1. Læses fra venstre mod højre skal der til tiden 08:05 tappes brugsvand svarende til en energimængde på 3,605 kWh ved et flow på 4 l/min – de andre linjer viser andre tapninger.

Tid [hh:mm]	Q _{tap} [kWh]	Flow [l/min]	T _m [°C]
07:00	0,105	2	25
07:05	1,4	6	40
07:30	0,105	2	25
07:45	0,105	2	25
08:05	3,605	4	10

Tabel 4-1 Udsnit af et tappemønster: "Q_{tap}" er den tappede energi, "Flow" er brugsvandsflowet og "T_m" er krav til brugsvandstemperatur for at energien kan regnes nyttiggjort for en given tapning.



Figur 4-3 Brugsvand: Tappeautomat med fire magnetventiler, der kan åbnes/lukkes uafhængigt af hinanden. Det er også muligt at indregulere fire individuelle flow. Tappeautomaten sidder på brugsvandssiden og har monteret en flowmåler.

4.5. Forsyning af koldt vand

Det kolde brugsvand varierer en del over året og det er derfor nødvendigt, at kunne køle/varme temperaturen på det kolde vand, så den kan holdes på en konstant temperatur fx 10°C. Undervejs i projektet brød køleanlægget til det kolde brugsvand ned og da anlægget havde en alder og et kølemiddel, der ikke længere var lovligt, skulle der findes en alternativ løsning. Der blev derfor efter forskellige overvejelser etableret en ny køleledning fra et andet køleanlæg på matriklen, men forskellige forhold betød, at det herefter ikke var muligt at regulere koldtvandstemperaturen helt så præcist som før. Der er dog forslag til forskellige forbedringer, som afventer intern investeringsbeslutning.

4.6. Vurdering af nøjagtighed

Prøvestanden er etableret ud fra en generel vurdering af følere/udstyr egnet til opgaven og pris for disse. Dynamiske målinger er udfordrende, men kan vise sammenhænge, der ellers ikke ses ved almindelig stationære test eller ved aflæsning af fjernvarmemålere.

Udover det rent måletekniske, har også fremløbs- og koldtvandstemperaturen fra hhv. varmekilde og koldtvandsforsyning betydning for resultatet. Hvor det for stationære målinger fx en ydelsestest af en veksler er muligt at korrigere for mindre temperaturafvigelse, er det ikke umiddelbart muligt for dynamiske målinger som tappeprogrammer.

Endelig har også indstillingen af brugsvandstemperaturen betydning for resultatet. Det kan være vanskeligt, at ramme brugsvandstemperaturen indenfor mere end et par grader af den ønskede værdi.

Alt i alt betyder det, at resultaterne i dette projekt har en nøjagtighed, der vurderes at være i størrelsesorden nogle få grader på afkøling og nogle få procent på energiindhold, uden at vi i projektet har konkretiseret det nærmere. Det betyder også, at en direkte sammenligning af resultaterne for de testede vandvarmere skal tages med de nødvendige forbehold.

5. Grundlag for vurdering af vandvarmere

5.1. Hvad skal grundlaget kunne?

Fjernvarmeselskaber har normalt et sæt tekniske leveringsbestemmelser som definerer leveret fremløbstemperatur og disponibel trykdifferens for brugerinstallationerne i bygnin-
gerne. Fjernvarmeselskabet kan også have individuelle krav for vandvarmere som fx de-
signtemperaturer for fremløbs-/returtemperatur 60 °C/30 °C. Derudover, er der andre for-
melle vejledninger/krav til brugerinstallationer og vandvarmere som nævnt i kapitel 3 fx
vejledende brugsvandsydelser og krav til isolering.

Producenter af fjernvarmeunits/vandvarmere vil normalt stille disse data til rådighed i da-
tablade og tilpasset leveringsbestemmelserne i det enkelte fjernvarmeområde. Nogle fjern-
varmeselskaber har udarbejdet positivlister, hvor fjernvarmeunits kan optages, hvis de
opfylder de anbefalinger/krav som stilles for området, se fx [2].

Det er klart at de formelle krav kan eftervises og dokumenteres, men de afspejler ikke
nødvendigvis den reelle drift eller anvendelse af brugerinstallationerne, herunder fx tom-
gangstab, gennemsnitsafkøling og brugsvandsydelse. I samarbejde med projektets fjern-
varmeselskaber er det derfor besluttet at foreslå et grundlag, der ser på følgende forhold:

- Brugsvandstappemønstre, der viser, brugsvandskomfort, tomgangstab og gennemsnit-
lig afkøling over et døgn eller længere
- Forskellige brugsvandsflow/ydelser, der afviger fra vejledningerne i DS 439 – Vandnor-
men

5.2. Målestandarder og metoder

5.2.1. Ecodesign og energimærkning for el- og gasvandvarmere

El- og gasvandvarmere

Fra 26. september 2015 er der fælleseuropæiske krav til el- og gasvandvarmeres energi-
effektivitet og til energimærkning af produkterne. Kravene er baseret på måling af energi-
forbruget til at opfylde et døgntappeprofil og gælder både for gennemstrømningsvandvar-
mere og beholdervandvarmere. Der er ikke europæiske krav til energieffektivitet for vand-
varmere forsynet med fjernvarme, men dog krav om energimærkning for varmtvandsbe-
holdere og fra 26. september 2017 også krav om maksimalt varmetab.

Døgntappeprofilerne beskriver et antal tapninger, som udføres mellem kl. 7 og kl. 22. I de
resterende af døgnets timer står vandvarmeren standby. Hver tapning er beskrevet ved:

- tidspunkt for tapning
- brugsvandsflow
- hvor meget brugsvand, der skal tappes (energi)
- minimum temperatur før brugsvandet regnes nyttiggjort
- nødvendig brugsvandstemperatur

Døgntappeprofilerne er angivet med betegnelserne XXS op til 4XL (som det kendes fra tøjstørrelser). De mest relevante for et- og tofamiliehuse er M, L, XL og XXL. I Bilag 1 er profilerne vist i deres helhed. Tabel 5-1 viser hoveddata for tappeprofilerne.

Tappeprofil	Største flow, liter/min	Største tapning, Liter	Nødvendig tappe-temperatur, °C	Døgnforbrug, kWh/døgn	Antal tapninger, -/døgn
M	6	24	55	5,85	23
L	10	62	55	11,7	24
XL	10	76	55	19,1	30
XXL	16	107	55	24,5	30

Tabel 5-1 Hoveddata for 24 timers EU-tappeprofiler

Testmetoderne er beskrevet i EU-forordningen 814 [3] og den tilhørende overgangsmetode [4]. For el- og gasvandvarmere af gennemstrømningstypen antages det, at der ikke er noget tomgangstab mellem tapningerne, så for dem findes en simplificeret metode.

Vandvarmere til fjernvarme

For gennemstrømningsvandvarmere til fjernvarme, vil der typisk være et tomgangstab, så hvis tappemønstrene i tabel 5-1 skal anvendes, må hele det 24 timer lange tappeprogram udføres. Tappeprofilen beskriver også en minimum tappetemperatur, som skal opnås ved én af tapningerne i programmet. Ved andre tapninger i programmet kan tappetemperaturen være mindre. Minimumtappetemperaturen er 55 °C, hvilket er højere end normalt for gennemstrømningsvandvarmere baseret på fjernvarme.

I tappeprogrammet måles, hvor meget fjernvarmeenergi, der skal bruges på at dække energiindholdet i det tappede brugsvand, samt tomgangstabet fra vandvarmeren/fjernvarmeenheden. I tappeprofil "L" skal tappes 11,7 kWh på et døgn, hvilket svarer til 223 liter varmt brugsvand ved en varmtvandstemperatur på 55 °C og en koldt vandstemperatur på 10 °C.

5.2.2. DS 439 – Vandnormen

DS 439, i daglig tale kaldet "Vandnormen", angiver hvilken kapacitet en gennemstrømningsvandvarmer til et enfamiliehus bør have. Det vejledende kapacitetskrav er 32,3 kW. Ved en varmtvandstemperatur på 45 °C og en koldt vandstemperatur på 10 °C, giver det et brugvandsflow på 13,25 l/min eller 795 l/h.

Fjernvarmeselskaber oplever, at der ofte trækkes meget mindre effekt på stikledningerne end de 32,3 kW, som stikledningerne er udlagt efter. Det er bl.a. også set i et forskningsprojekt med en række mindre rækkehusboliger på ca. 100 m² med ét badeværelse, hvor brugsvandseffekten ikke kom op over 25 kW [5]. Det er derfor fristende at tænke, at de nuværende kapacitetskrav er for høje og at stikledningerne skal dimensioneres for en lavere effekt. Modsat opleves det også ind imellem, at designkapaciteten udnyttes fuldt ud fx i boliger med flere badeværelser. På den lidt længere bane kan det desuden være en fordel, at have lidt ekstra kapacitet i stikledningen, hvis der er ønske om at sænke fremløbstemperaturen fra fx 60 °C til 55 °C. Der kan således ikke entydigt anbefales en bestemt designkapacitet til det varme brugsvand, men det kan overvejes, om kapaciteten i højere grad kan differentieres fra bolig til bolig.

Selvom vandnormens kapacitetskrav er vejledende, skal der en modig rådgiver til at afvige fra denne de facto standard. Der er derfor set på, om der kunne være andre referencer end vandnormen, som der kunne henvises til fx de tappeprofiler der angiver kapaciteten på el- og gasvandvarmere. I tabel 5-2 er vist de største tapninger i de forskellige tappeprofiler samt sammenligning med vandnormens krav og nogle variationer over vandnormens krav.

	Nr	1	2	3	4	5	6	7
Reference:		M	L, XL	(L, XL)	DS 439 - 63 %	DS 439 - 85 %	XXL	DS 439
Brugsvandsflow	l/min	6	10	10	8,4	11,2	16	13,25
Brugsvandsflow	l/h	360	600	600	504	672	960	795
T koldt vand	C	10	10	10	10	10	10	10
T varmt vand	C	40	40	45	40	45	40	45
Brugsvandseffekt	kW	12,5	20,9	24,4	17,5	27,3	33,4	32,3

Tabel 5-2 Referencer for forskellige brugsvandseffekter

Kommentarer til tabel 5-2:

1. M-profilets største brugsvandsflow er 6 l/min og nødvendig brugsvandstemperatur 40 °C
2. L- og XL-profilets største brugsvandsflow er 10 l/min og nødvendig brugsvandstemperatur 40 °C
3. En variant af 2. med brugsvandsflow 10 l/min, men med en brugsvandstemperatur på 45 °C.

1., 2. og 3. giver brugsvandseffekter på hhv. 12,5 kW, 20,9 kW og 24,4 W, hvilket tyder på, at der generelt i Europa accepteres en lavere brugsvandskapacitet end i Danmark.

4. Vandnormen definerer et flow til bruser på 8,4 l/min (0,14 l/s) ved en brugsvandstemperatur på 40 °C. Det svarer til en brugsvandskapacitet på 17,5 kW eller 63% af den vejledende brugsvandskapacitet, som er 32,3 kW (se punkt 7). Både bruser og køkkenvask indgår i den vejledende brugsvandskapacitet.
5. Antages en sparebruser med et flow på 6 l/min (0,1 l/s) ved en brugsvandstemperatur på 40 °C fås en brugsvandseffekt på 12,5 kW. Kombineres sparebruser med køkkenvask jf. vandnormen fås en samlet effekt på 27,3 kW eller ca. 85% af den vejledende brugsvandskapacitet.
6. XXL-profilets største tapning er 16 l/min og nødvendig brugsvandstemperatur 40 °C. Det giver en brugsvandskapacitet, der er større end den vejledende (33,4 kW).
7. Den vejledende brugsvandskapacitet (32,3 kW).

Konklusion

Det fremgår, at det er muligt at referere til andre brugsvandskapaciteter end vandnormens vejledende fx største tapning i tappeprofil L/XL med brugsvandstemperatur på 45° C (24,4 kW) eller 85% af vandnormens vejledende brugsvandsflow/effekt (27,3 kW). Det vil antageligt også fungere fint med stikledninger dimensioneret efter de lavere kapaciteter til mindre boliger med ét bad. For større boliger er behovet for brugsvandskapacitet og spredningen antageligt større, hvilket kan afspejles i den kapacitet stikledningerne dimensioneres efter. Når det er sagt, er det ikke dette projekts formål at fastlægge retningslinjer for design af stikledninger. Der er mange praksisser på området inklusiv muligheden for at anvende andre vandvarmerløsninger fx gennemstrømningsvandvarmer med boosterpumpe eller vandvarmere med beholder.

5.2.3. EN 1148 – Måling af ydelse af fjernvarmevekslere

EN 1148 er en målestandard til måling af ydelse af fjernvarmevekslere. Principperne i denne standard kan også anvendes til måling af ydelsen på gennemstrømningsvandvarmere. Standarden beskriver forskellige målepunkter ved forskellige flow (25%, 50%, 75% og 100% = designflow).

5.3. Forslag til testgrundlag

På baggrund af ovenstående kan grundlaget deles op i et:

- **Formelt grundlag (til det, der er formelle krav til)**
- **Anvendelsesgrundlag (til det, der afspejler vandvarmerens normale drift/ anvendelse)**

Da der allerede findes et testgrundlag for de formelle krav er det kun anvendelsesgrundlaget, der vil blive beskrevet her.

5.3.1. Anvendelsesgrundlaget

For gennemstrømningsvandvarmere foreslås to typer test:

1. Tappeprofil "L" med vandvarmeren indstillet til hhv.:
 - brugsvandstemperatur på ca. 45° (typisk indstilling i Danmark)
 - brugsvandstemperatur på ca. 55° (som krævet i de originale tappeprofiler)
2. Trappetest, hvor vandvarmerens ydelse og brugsvandstemperatur registreres ved forskellige brugsvandsflow.

Tappeprofil "L"

Idet stikledningen har betydning for tomgangstabet, er det valgt at teste med stikledning, som beskrevet i afsnit 4.2. Der testes uden samtidig varmforsyning, så situationen svarer til sommerdrift.

Baggrunden for at teste tappeprofilet ved indstillet brugsvandstemperatur på både 45 °C og 55 °C er, at tomgangstabet kan være forskellig i de to situationer (afhængig af temperaturregulering mv.) og afkølingen er forskellig. Ved brugsvandstemperatur på 55 °C er resultaterne for fjernvarmevandvarmere sammenlignelige med resultaterne for el- og

gasvandvarmere. En anden væsentlig egenskab ved tappeprofilerne er at de kan benyttes både til beholder- og gennemstrømningsvandvarmere. For begge profiler forsynes vandvarmeren med en fremløbstemperatur på 60 °C før stikledningen (temperatur "i vejen"). Det vurderes at tappeprofil "L" bedst afspejler danske forhold.

For døgntappeprofilet angives følgende resultater:

Fjernvarmesiden

- Tilført energi, kWh
- Vandmængde, liter el. m³
- Middelafkøling, °C
- Max effekt, kW

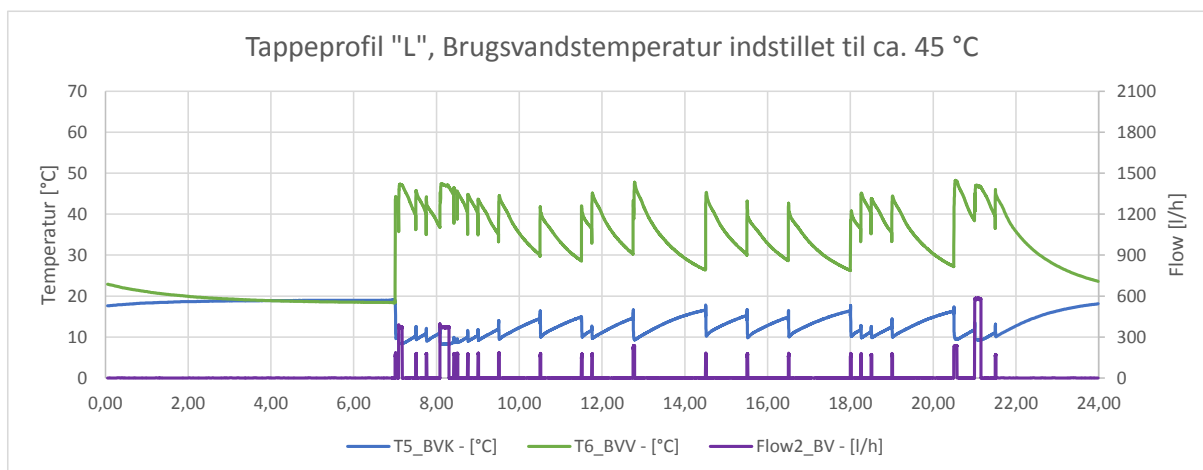
Brugsvandssiden:

- Tappet energi, kWh
- Middelbrugsvandstemperatur, °C

Varmetab/tomgangstab:

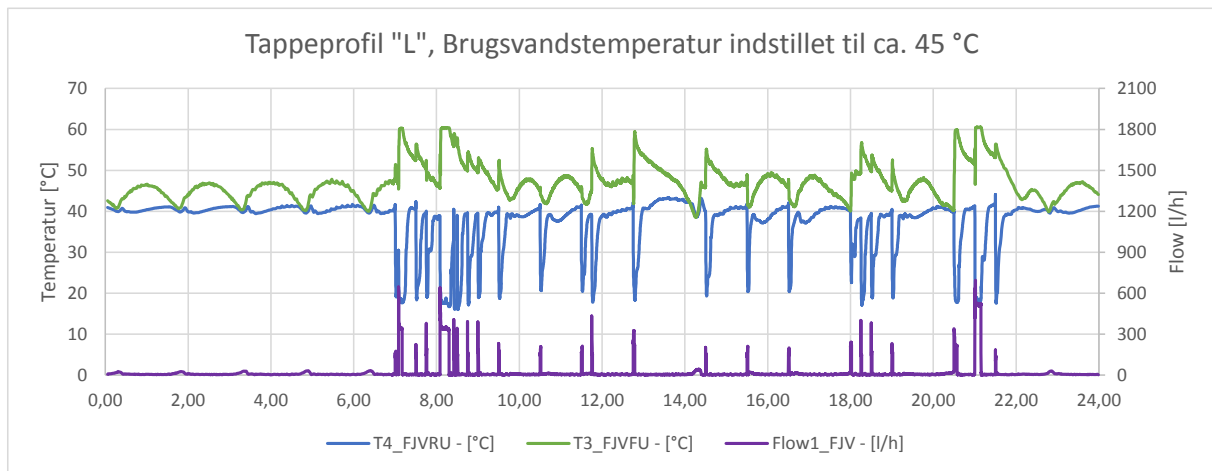
- Forskel mellem tilført og tappet energi divideret med 24 timer, kW el. W

Tappeprofilets 24 timer lange forløb kan illustreres med en figur der viser brugsvandssiden (Figur 5.1) og en figur der viser fjernvarmesiden (Figur 5.2). Under tapning åbnes og lukkes der for brugsvandsflowet. På grafen figur 5.1 er brugsvandsflowet vist med lilla farve (Flow2_BV) – flowet aflæses på den højre lodrette akse. Kold og varm brugsvandstemperatur vises med hhv. blå (T5_BVK) og grøn (T6_BVV) – temperaturerne aflæses på den venstre lodrette akse. Temperaturerne er kun retvisende, når der er et tappeflow. Ind imellem tapningerne falder/stiger temperaturerne for det stillestående vand i rørene mod rumtemperatur. I tomgangsperioden før kl. 7 er temperaturen faldet helt til rumtemperatur. For det kolde vand ses, at temperaturen er ca. 10 °C, når der tappes. Tilsvarende er det varme vand ca. 45 °C under tapning.



Figur 5-1 Eksempel for test med tappeprofil "L": Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK).

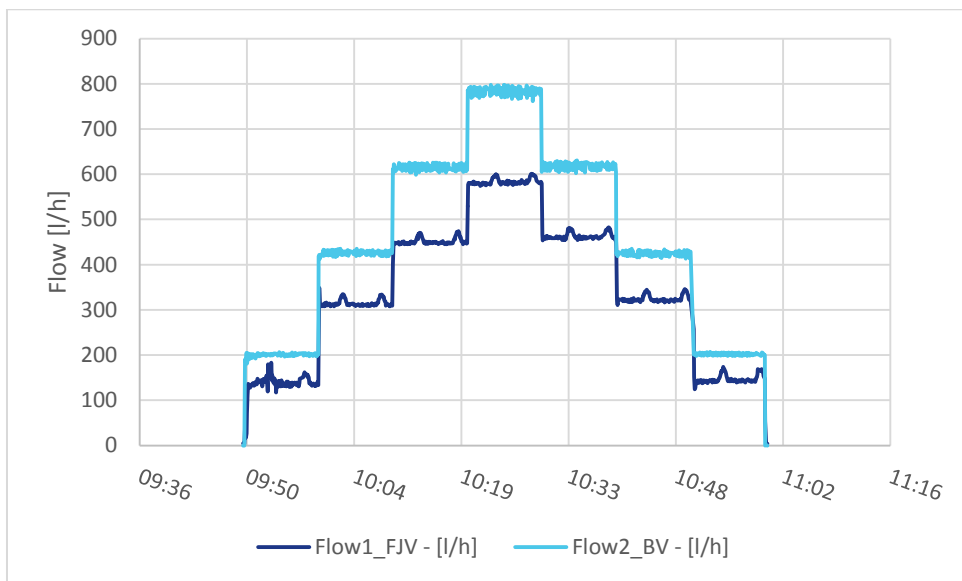
Fjernvarmesiden er vist på figur 5-2. Det ses, at ved tomgang åbnes op for fjernvarmeflowet med jævne mellemrum for at holde stikledning og rør frem til veksler varme - vist med lilla farve (Flow 1_FJV) - skal aflæses på højre akse. Frem- og returtemperatur er vist med hhv. grøn (T3_FJVFU) og blå farve (T4_FJVRU) - skal aflæses på venstre lodrette akse. Den værdi frem- og returtemperaturen kortvarigt falder til i tomgang, er den temperatur vandet i stikledningen er nået ned på. Derefter stiger fremløbstemperaturen igen som følge af, at det varme fjernvarmevand nu kommer frem til vandvarmeren. Det fremgår også, at fremløbstemperaturen er ca. 60 °C under de længere tapninger og at returtemperaturen falder til et stykke under 20 °C.



Figur 5-2 Eksempel for test med tappeprofil "L": Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), fremløbs-temperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU).

Trappetest

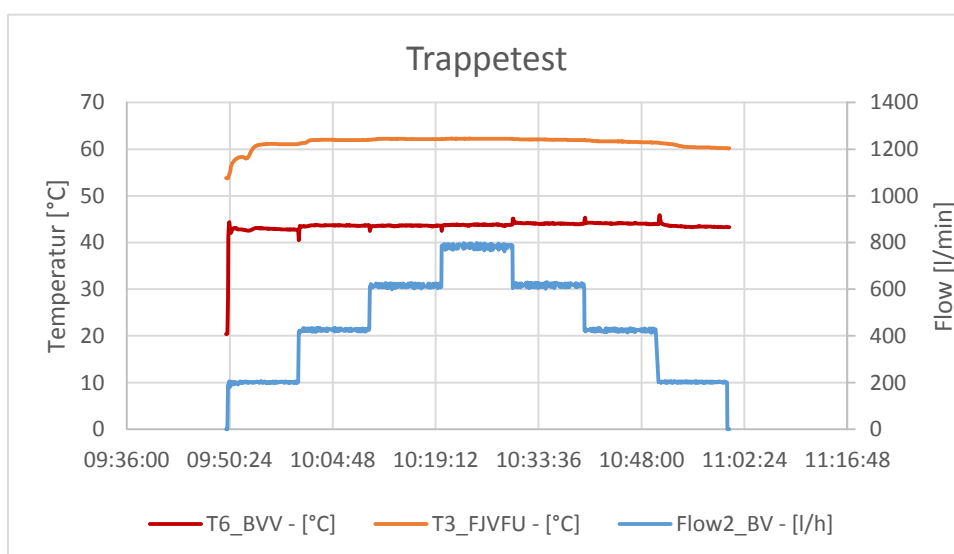
Trappetesten udføres ved at variere brugsvandsflowet trinvist fra 25% af normkapaciteten op til 100% og tilbage igen. Et eksempel er vist i figur 5-3, hvor 100% brugsvandsflow er ca. 800 l/h svarende til de ca. 32,3 kW ved kold-/varmtvandstemperatur 10/45 °C. Fjernvarmeflowet er vist med mørkeblå farve (Flow1_FJV) og brugsvandsflowet med lyseblå farve (Flow2_BV).



Figur 5-3 Eksempel på trappetest: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV) og brugsvandsflow (Flow2_BV)

Trappetesten har flere formål. Dels kan ydelser og driftstemperaturer fastlægges ved forskellige brugsvandsflow eller designkapaciteter, og dels kan testen vise, hvor stor afvigelse der er på brugsvandstemperaturen, når brugsvandsflowet ændres. Med andre ord, hvor god temperaturreguleringen er.

Et eksempel på brugsvandstemperaturen med rød farve (T6_BVV) ved trappetesten ses på figur 5-4. Fremløbstemperaturen med orange farve (T3_FJVFU) og brugsvandsflowet med lyseblå farve (Flow2_BV) er også vist på figuren. Det fremgår at brugsvandstemperaturen er ret stabil i dette tilfælde.



Figur 5-4 Eksempel på trappetest: Fjernvarme fremløbstemperatur (T3_FJVFU), varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og brugsvandsflow (Flow2_BV)

For trappetesten angives følgende resultater for hvert trin:

Fjernvarmesiden

- Effekt/ydelse, kW
- Fjernvarmeflow, l/h
- Fremløbstemperatur, °C
- Returløbstemperatur, °C

Brugsvandssiden:

- Brugsvandsflow, l/h
- Varm brugsvandstemperatur, °C
- Koldt vandstemperatur, °C

Konstantryk på pumpen på fjernvarmesiden har været indstillet på 6-8 m.

6. Afprøvning og evaluering af grundlag

I det følgende vises resultaterne for tre gennemstrømningsvandvarmere.

Som beskrevet i afsnit 4.6 er det nødvendigt at tage forbehold for den generelle nøjagtighed af dynamiske målinger, og at det ikke har været praktisk muligt at ramme præcis samme varm brugsvandstemperatur, koldtvandstemperatur og fjernvarmefremløbstemperatur i alle test. Det betyder, at resultaterne giver et generelt, men også relativt detaljeret billede af de forskellige vandvarmere, men at en direkte sammenligning af enkeltværdier ikke bør foretages.

6.1. Sammenfatning vandvarmer 1

6.1.1. Tappeprofil "L"

Resultater for vandvarmer 1 med tappeprofil "L" testet ved indstillet brugsvandstemperatur på hhv. ca. 55 °C og ca. 45 °C fremgår af tabel 6-1.

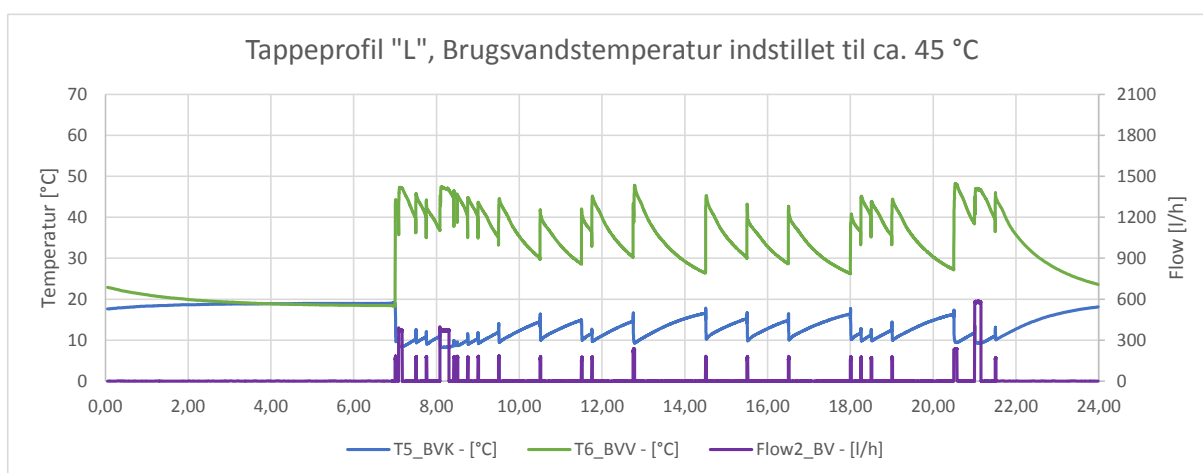
Tappeprofil	L	L
Indstillet sætpunkt brugsvand (omtrentligt), °C	55	45
<u>Fjernvarmesiden</u>		
- Tilført energi, kWh	13,0	12,8
- Vandmængde, m ³	0,5	0,4
- Middelafkøling, K	20	25
- Max effekt, kW	30,0	27,6
<u>Brugsvandssiden:</u>		
- Tappet energi, kWh	11,7	11,7
- Middelbrugsvandstemperatur, °C	55	46
<u>Varmetab/tomgangstab:</u>		
- Energi delt med 24 timer, kW	0,06	0,05

Tabel 6-1 Vandvarmer 1: Sammenfattende resultater ved tappeprofil "L"

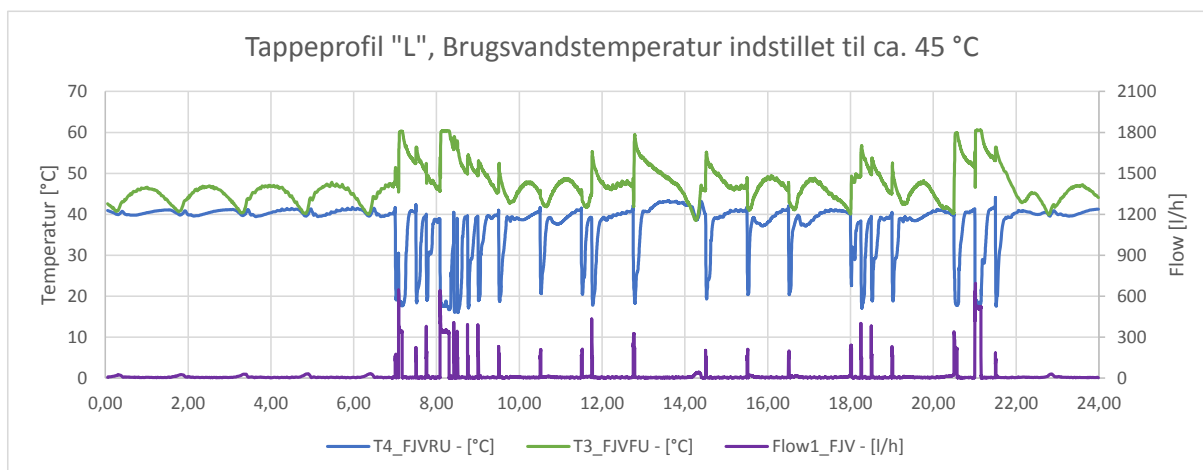
Kommentar:

Resultaterne viser en middelafkøling på 20 K, når brugsvandstemperatur er indstillet på ca. 55 °C. På figur 6-4 fremgår det, at returtemperaturen kommer under 30 °C, når der tappes. Vandvarmeren har et termostatstyret omløb (bypass) placeret foran veksleren, som er indstillet på ca. 40 °C. Figur 6-4 viser, hvordan termostaten åbner, når returtemperaturen ved ventilen falder til den temperatur. Det samme kan ses på figur 6-2, for testen, hvor brugsvandstemperaturen er indstillet på ca. 45 °C. Tomgangstemperaturen er altså uafhængig af den indstillede brugsvandstemperatur. Til gengæld har brugeren selv mulighed for at stille på omløbet og faktisk også lukke det helt. Er omløbet helt lukket reduceres tomgangstabet til ingenting. Til gengæld skal der i den situation bruges ekstra energi på tapningerne, når den afkølede stikledning skal tømmes og varmt fjernvarmevand føres frem til vandvarmeren. I prøveopstillingen er stikledningen placeret frit i samme rum, som vandvarmeren og har altså en omgivelsestemperatur svarende rumtemperatur. Placeret i jord vil afkølingen af stikledningen være større, så den "virkelige verden" kan ikke

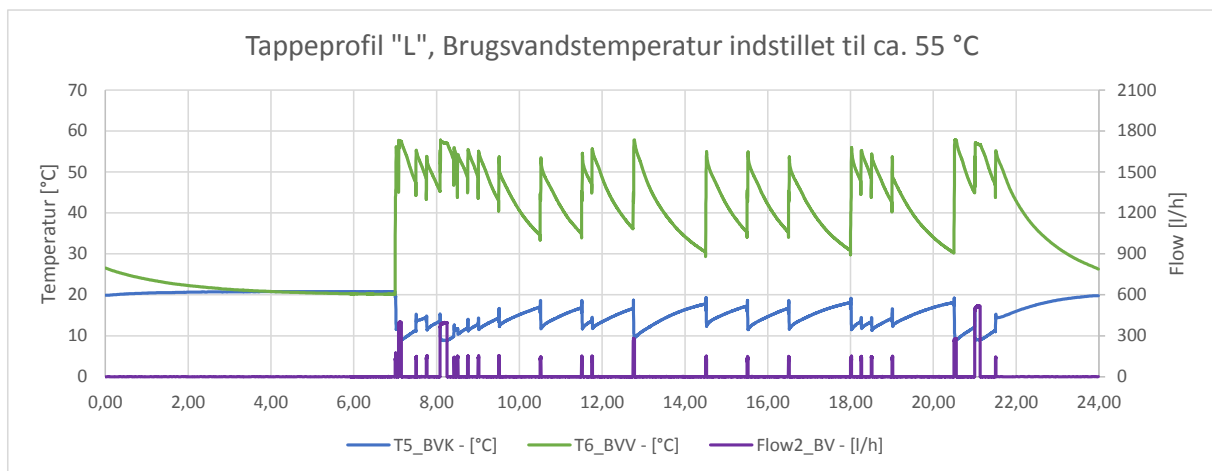
helt afspejles i testen. Med effektive stikledninger, vil det dog typisk være sådan, at afkølingen i stikledningen går relativt langsomt, så den fjernvarmetemperatur der først når frem til vandvarmeren kun vil være helt kold ved den første tapning om morgenen/aftenen, hvis omløbet er helt lukket. Når brugsvandstemperaturen er indstillet på ca. 45 °C er middelafkølingen ca. 25 K. Af figur 6-2 fremgår det, at returtemperaturen kommer under 20 °C, når der tappes.



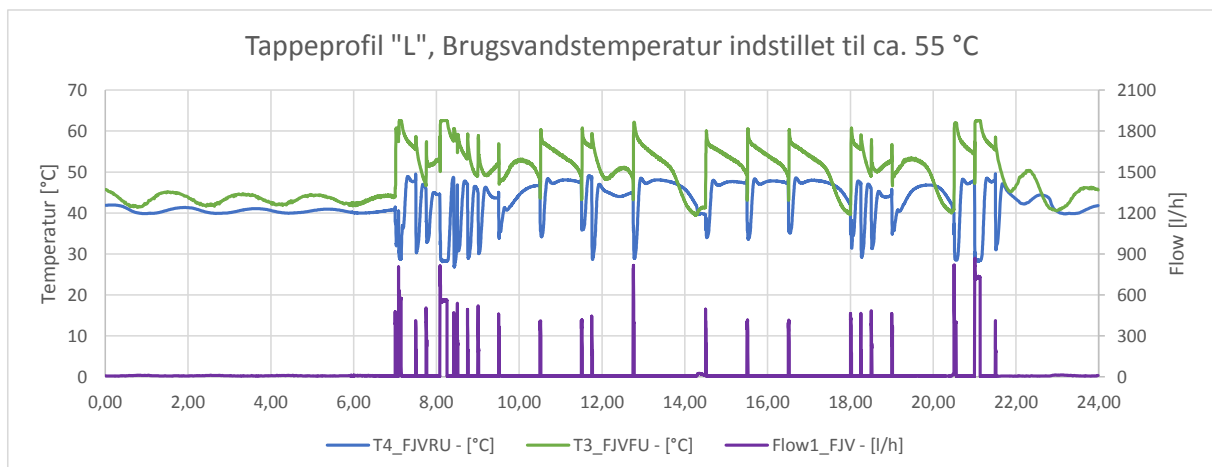
Figur 6-1 Vandvarmer 1: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C



Figur 6-2 Vandvarmer 1: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C



Figur 6-3 Vandvarmer 1: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 55 °C



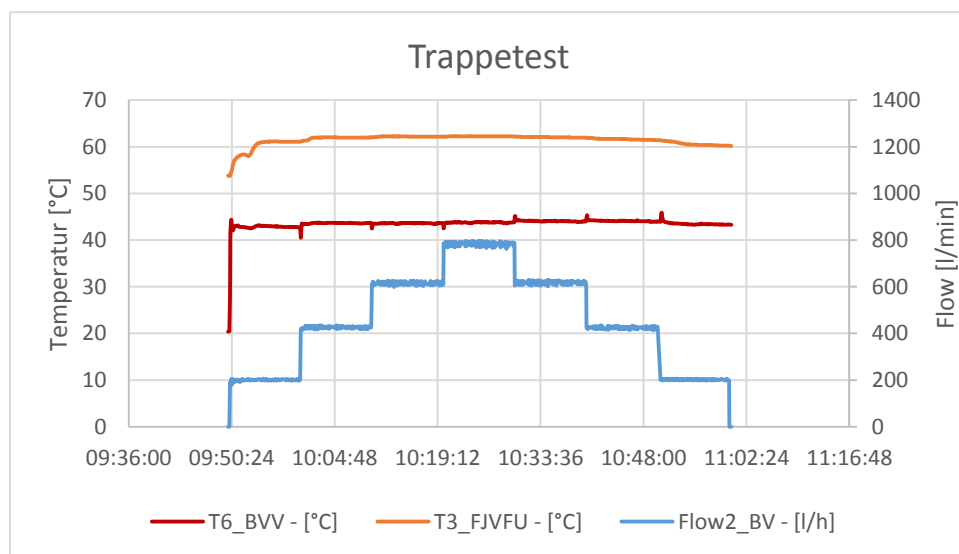
Figur 6-4 Vandvarmer 1: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 55 °C

6.1.2. Trappetest

På figur 6-5 og i tabel 6-2 ses resultaterne af trappetest ved indstillet brugsvandstemperatur på ca. 45 °C og fremløbstemperatur på ca. 60 °C.

Kommentar:

Det ses, at ventilen regulerer meget fint, og at brugsvandstemperaturen kun varierer ca. 2 °C i hele flowintervallet 25-100% (200-800 l/h). Returtemperaturen ligger omkring 17 °C med en variation i samme størrelsesorden som brugsvandstemperaturen.



Figur 6-5 Vandvarmer 1: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og fjernvarmefremløbstemperatur (T3_FJVFU) for trappetest

Brugsvands-flow	Effekt	Fjernvarmeside			Brugsvandsside		
		Flow	Frem	Retur	Flow	Kold	Varm
% af designflow	kW	l/h	°C	°C	l/h	°C	°C
25	6,9	136	59,8	18,2	200	12,1	42,8
54	16,1	314	61,9	17,3	426	11,1	43,6
77	23,4	452	62,2	16,9	615	10,9	43,6
99	30,0	583	62,2	17,3	783	10,8	43,8
78	23,9	464	62,0	17,1	617	10,7	44,1
53	16,5	326	61,6	17,4	424	10,7	44,1
25	7,6	147	60,6	15,5	202	10,8	43,5

Tabel 6-2 Vandvarmer 1: Data for de enkelte trappetrin i testen

6.2. Sammenfatning vandvarmer 2

6.2.1. Tappeprofil "L"

Resultater for vandvarmer 2 med tappeprofil "L" testet ved indstillet brugsvandstemperatur på ca. 45 °C fremgår af tabel 6-3. Den producerede brugsvandstemperatur varierer en del for denne vandvarmer, så det har ikke været muligt at gennemføre en test med højere indstillet sætpunkt. Vandvarmeren har et termostatstyret omløb (bypass) placeret foran veksleren. I stedet for at ændre sætpunktet for brugsvandstemperaturen er det valgt at udføre test ved to forskellige indstillede temperaturer for bypass'et, hhv. ca. 30 °C og ca. 40 °C, for at se forskellen forbundet hermed.

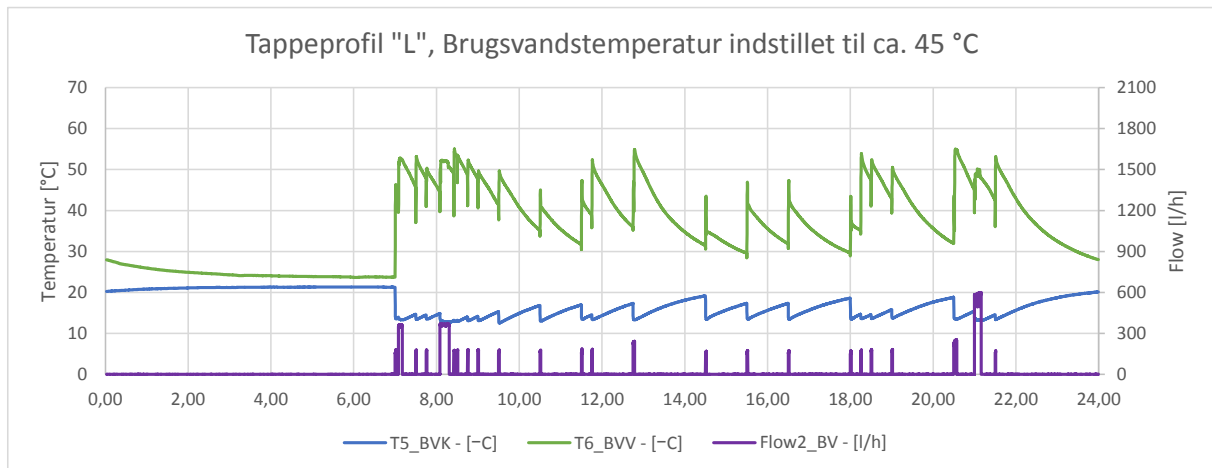
Tappeprofil	L	L
Indstillet sætpunkt brugsvand (omtrentligt), °C	45	45
Indstillet temperatur for bypass (omtrentligt), °C	30	40
<u>Fjernvarmesiden</u>		
- Tilført energi, kWh	12,4	12,4
- Vandmængde, m ³	0,4	0,5
- Middelafkøling, °C	27	21
- Max effekt, kW	24,7*	25,9*
<u>Brugsvandssiden:</u>		
- Tappet energi, kWh	11,7	11,7
- Middelbrugsvandstemperatur, °C	49	50
<u>Varmetab/tomgangstab:</u>		
- Energi delt med 24 timer, kW	0,03	0,03

Tabel 6-3 Vandvarmer 2: Sammenfattende resultater ved tappeprofil "L". Testene er udført med en koldt vandstemperatur på ca. 13 °C mod normalt ca. 10 °C. Derfor er effekttrækket mindre for denne vandvarmer end de øvrige.

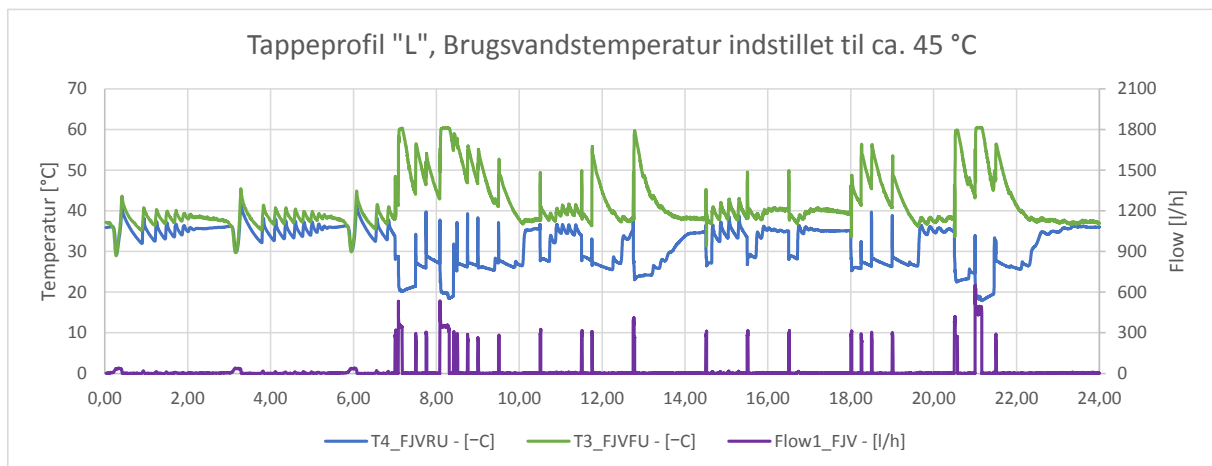
Kommentar:

I begge tilfælde er brugsvandstemperaturen indstillet på ca. 45 °C. Middelbrugsvandstemperaturen er dog reelt 49-50 °C. Resultaterne viser en middelafkøling på 27 K, når bypass-temperaturen er indstillet på ca. 30 °C og 21 K, når den er indstillet ca. 40 °C. På figur 6-7 og 6-9 fremgår, at returtemperaturen kommer under 20 °C under de største tapninger, men ligger højere ved de mindre tapninger. Figur 6-9 viser, hvordan termostaten åbner, når returtemperaturen ved ventilen falder. Den dynamik, der ses efter den første åbning tilskrives variationen i omgivelsestemperaturen inden i vandvarmerens tætsluttende isole-rede kabinet. Brugeren har selv mulighed for at stille på omløbet og faktisk også lukke det helt. Er omløbet helt lukket, reduceres tomgangstabet til ingenting. Til gengæld skal der i den situation bruges ekstra energi på tapningerne, når den afkølede stikledning skal tøm-mes og varmt fjernvarmevand føres frem til vandvarmeren. I prøveopstillingen er stikled-ningen placeret frit i samme rum, som vandvarmeren og har altså en omgivelsestempera-tur svarende rumtemperatur. Placeret i jord vil afkølingen af stikledningen være større, så den "virkelige verden" kan ikke helt afspejles i testen. Med effektive stikledninger, vil det

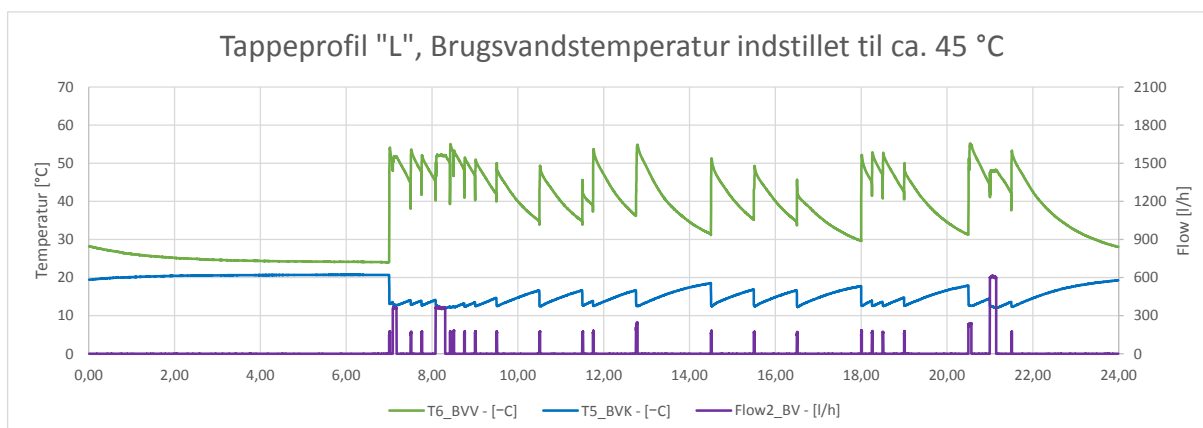
dog typisk være sådan at afkølingen i stikledningen går relativt langsomt, så den fjernvarmetemperatur, der først når frem til vandvarmeren kun vil være helt kold ved den første tapning om morgenen/aftenen, hvis omløbet er helt lukket.



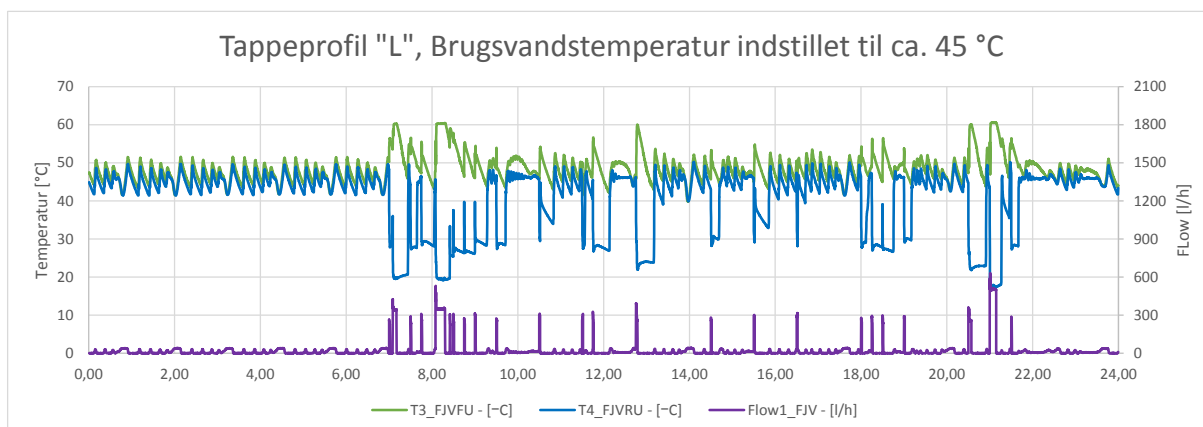
Figur 6-6 Vandvarmer 2: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C, bypass-temperatur ca. 30 °C



Figur 6-7 Vandvarmer 2: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C, bypass-temperatur ca. 30 °C



Figur 6-8 Vandvarmer 2: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C, bypass-temperatur ca. 40 °C



Figur 6-9 Vandvarmer 2: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C, bypass-temperatur ca. 40 °C

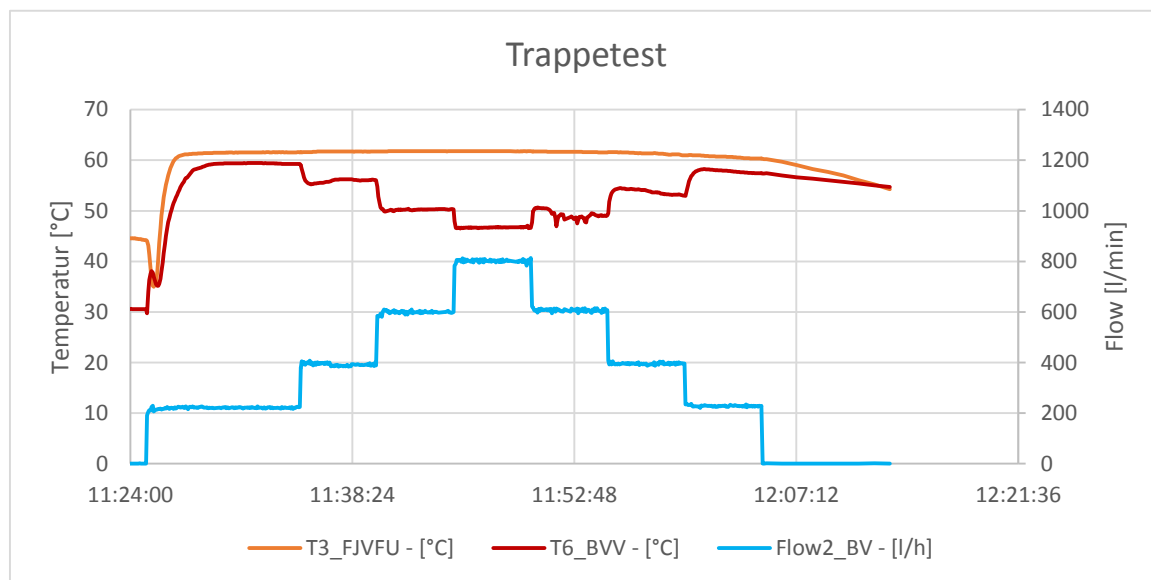
6.2.2. Trappetest

På figur 6-10 og i tabel 6-4 ses resultaterne af trappetest ved indstillet brugsvandstemperatur på ca. 45 °C og fremløbstemperatur på ca. 60 °C. Se bort fra den første del af første trin, hvor stikledningen ikke er nået at blive varm.

Kommentar:

Der ses et tydeligt offset på brugsvandstemperaturen, som er ca. 10 °C i flowintervallet 50-100%. Brugsvandstemperaturen stiger med lavere flow for den pågældende regulator, se figur 6-10. Det er ikke nødvendigvis skidt for brugeroplevelsen, hvor der fx ved køkkenvask, normalt er et højere temperaturbehov end ved brusebad. Den store variation i brugsvandstemperatur, ved de lave flow, kan også ses på returtemperaturen (tabel 6-4). Returtemperaturen varierer også ca. 10 °C i flowintervallet og er ca. 16 °C ved 100% flow.

Testen viser tydeligt brugsvandstemperatures indflydelse på returtemperaturen. For den pågældende regulator ville en lavere indstillet brugsvandstemperatur normalt medføre et mindre offset.



Figur 6-10 Vandvarmer 2: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og fjernvarmefremløbstemperatur (T3_FJVFU) for trappetest

Brugsvands-flow	Effekt	Fjernvarmside			Brugsvandside		
		Flow	Frem	Retur	Flow	Kold	Varm
% af design-flow	kW	l/h	°C	°C	l/h	°C	°C
28	11,3	304	58,8	26,7	221	11,3	55,3
49	20,5	445	61,7	21,9	392	10,6	56,0
75	27,4	534	61,8	17,3	599	10,6	50,4
101	33,5	632	61,8	15,8	802	10,6	46,7
76	27,1	525	61,7	16,6	607	10,7	49,2
50	19,7	409	61,4	19,4	396	10,8	53,7
29	12,4	316	60,7	26,1	228	10,9	57,6

Tabel 6-4 Vandvarmer 2: Data for de enkelte trappetrin i testen

6.3. Sammenfatning vandvarmer 3

6.3.1. Tappeprofil "L"

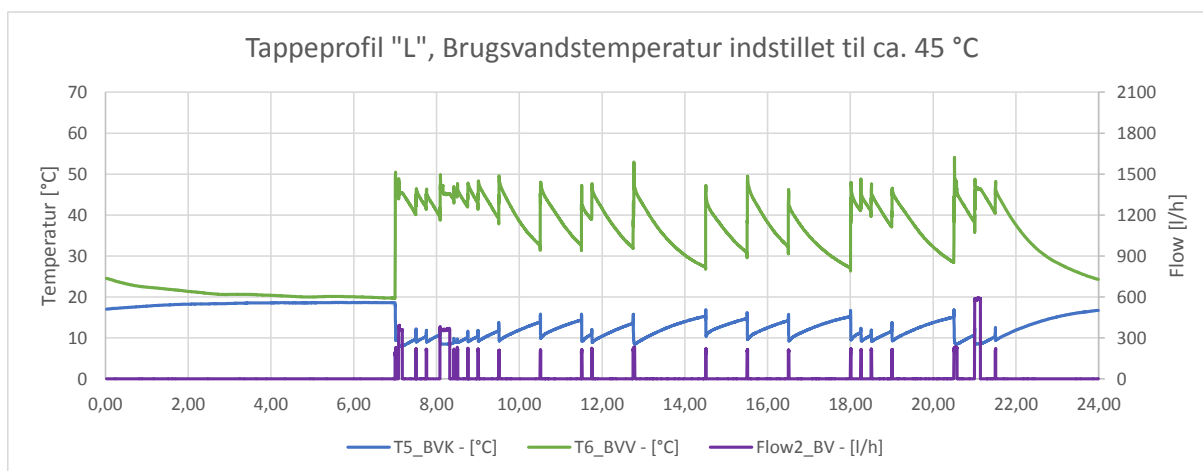
Resultater for vandvarmer 3 med tappeprofil "L" testet ved indstillet brugsvandstemperatur på hhv. ca. 55 °C og ca. 45 °C fremgår af tabel 6-5.

Tappeprofil	L	L
Indstillet sætpunkt brugsvand (omtrentligt), °C	55	45
<u>Fjernvarmesiden</u>		
- Tilført energi, kWh	13,0	12,9
- Vandmængde, m ³	0,5	0,4
- Middelafkøling, °C	22	26
- Max effekt, kW	32,4	33,0
<u>Brugsvandssiden:</u>		
- Tappet energi, kWh	11,7	11,7
- Middelbrugsvandstemperatur, °C	50	46
<u>Varmetab/tomgangstab:</u>		
- Energi delt med 24 timer, kW	0,06	0,05

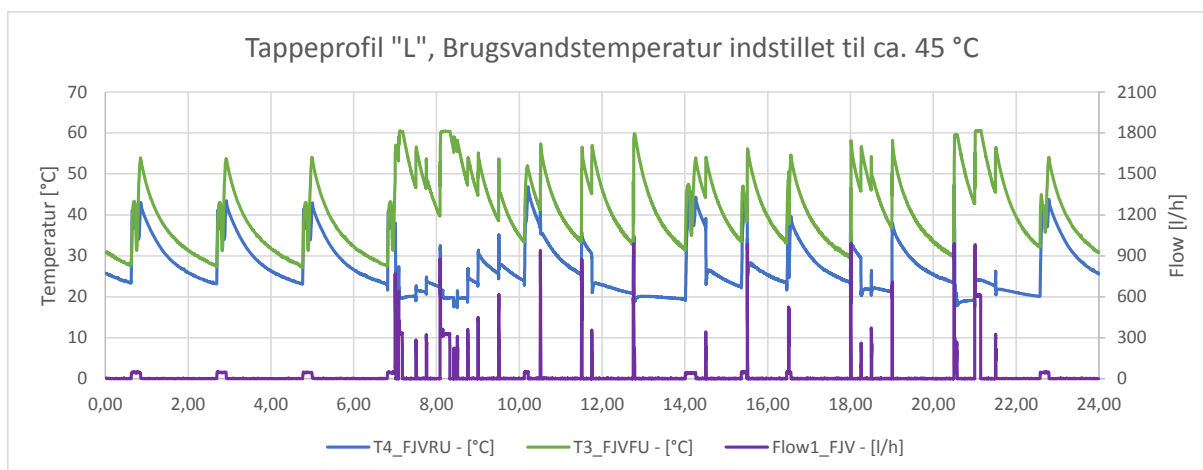
Tabel 6-5 Vandvarmer 3: sammenfatning af resultater

Kommentar:

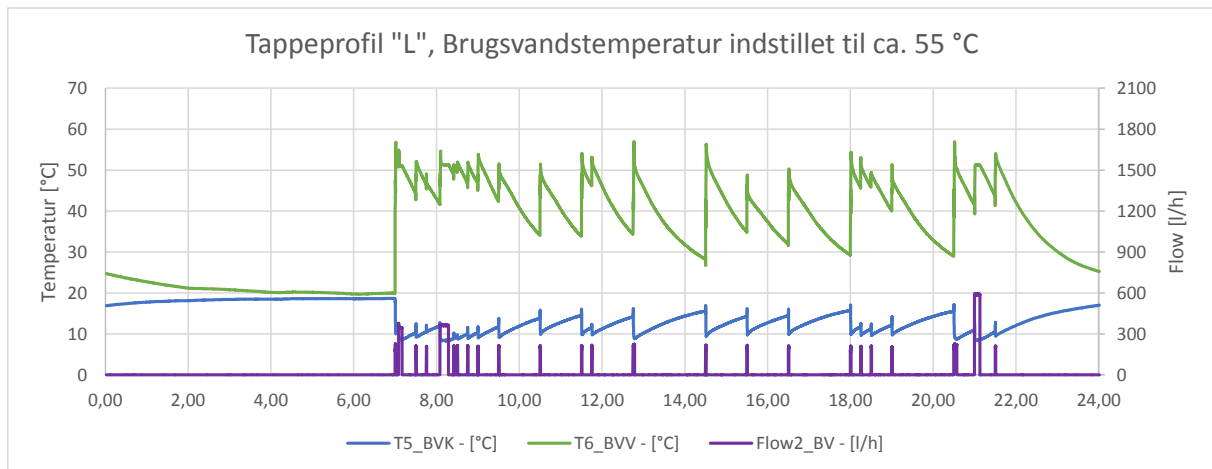
Vandvarmeren har en elektronisk regulator med fabriksindstilling af den varme brugsvandstemperatur (52 °C). I resultaterne, hvor brugsvandstemperaturen er beskrevet, som indstillet til ca. 55 °C er fabriksindstillingen bibeholdt. Når brugsvandstemperaturen er beskrevet som indstillet på ca. 45 °C, er det valgt at sænke fabriksindstillingen med 5 °C. I tabel 6-5 giver det en middelbrugsvandstemperatur på hhv. 50 °C og 46 °C. Middelafkøling er hhv. 22 K og 26 K. På figur 6-14 og figur 6-12 fremgår det, at returtemperaturen kommer under 30 °C ved den høje brugsvandstemperatur og ned omkring 20 °C ved den lave under tapning. For tomgangstemperaturen er der ikke ændret på fabriksindstillingerne (43 °C). Det ses, af både figur 6-14 og 6-12, at tomgangsflow og temperaturer er kontrolleret meget ensartet.



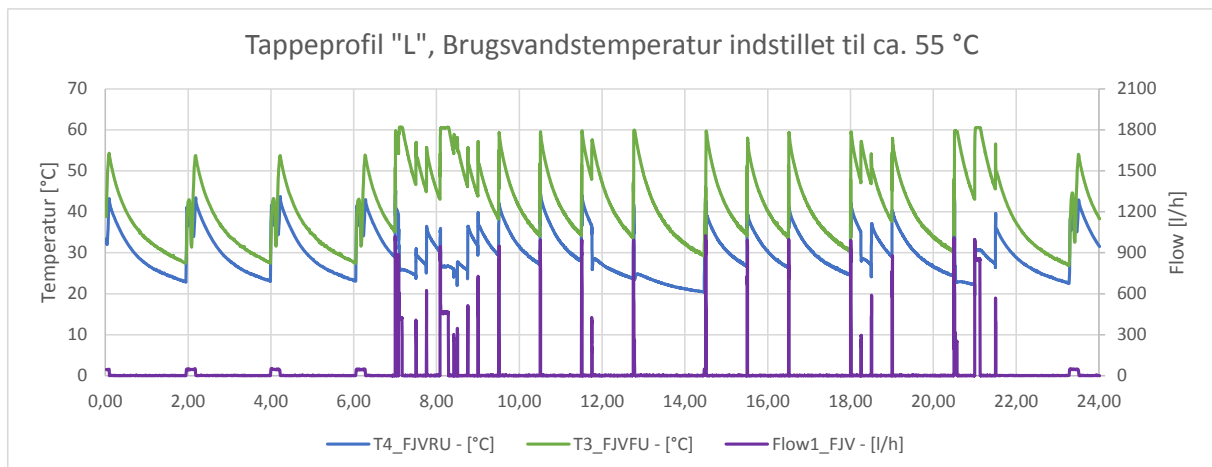
Figur 6-11 Vandvarmer 3: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C



Figur 6-12 Vandvarmer 3: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 45 °C



Figur 6-13 Vandvarmer 3: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og koldtvandstemperatur (T5_BVK) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 55 °C



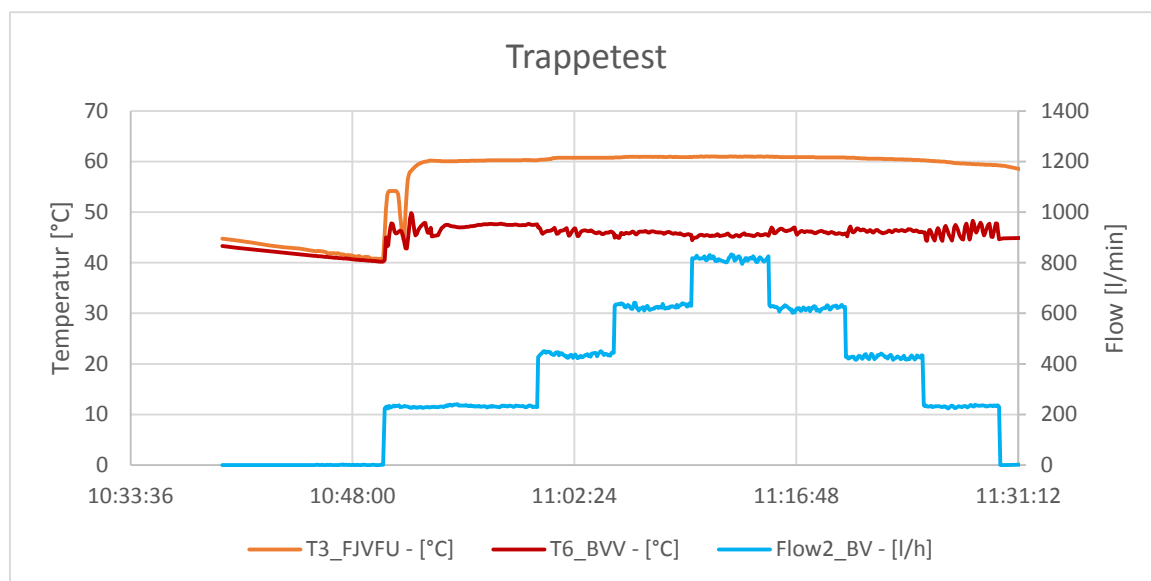
Figur 6-14 Vandvarmer 3: Fjernvarmeflow (Flow1_FJV), Fremløbstemperatur ved vandvarmer (T3_FJVFU) og returtemperatur (T4_FJVRU) for tappetest med profil "L", Brugsvandstemperatur indstillet til ca. 55 °C

6.3.2. Trappetest

På figur 6-15 og i tabel 6-6 ses resultaterne af trappetest ved indstillet brugsvandstemperatur på ca. 45 °C og fremløbstemperatur på ca. 60 °C.

Kommentar:

Det ses, at ventilen regulerer så brugsvandstemperaturen kun varierer ca. 3 °C i hele flowintervallet 25-100% (200-800 l/h). Temperaturen svinger lidt hen mod slutningen af testen. I tabel 6-6 ses, at returtemperaturen ligger omkring 25 °C med en variation i samme størrelsesorden som brugsvandstemperaturen.



Figur 6-15 Vandvarmer 3: Brugsvandsflow (Flow2_BV), Varm brugsvandstemperatur (T6_BVV) og fjernvarmefremløbstemperatur (T3_FJVFU) for trappetest

Brugsvands- flow	Effekt	Fjernvarmeside			Brugsvandsside		
		Flow	Frem	Retur	Flow	Kold	Varm
% af design- flow	kW	l/h	°C	°C	l/h	°C	°C
32	10,3	246	59,2	22,1	251	11,6	47,0
59	19,1	440	60,8	22,9	467	10,8	46,0
81	26,3	628	60,9	24,5	640	10,3	45,8
101	33,3	825	61,0	25,8	804	9,9	45,5
78	26,1	622	60,9	24,5	620	9,8	46,1
54	18,4	420	60,5	22,3	432	9,7	46,3
31	10,3	225	59,8	19,9	244	9,7	46,1

Tabel 6-6 Vandvarmer 3: Data for de enkelte trappetrin i testen

6.4. Samlet evaluering

Alle de testede vandvarmere/units er fuldisolerede og alle har forskellige anordninger til at reducere tomgangstemperaturen og dermed mindske vandvarmerens varmetab og returtemperatur i tomgangstiden mellem tapningerne. Den elektroniske kan brugeren ikke umiddelbart ændre på, hvor de to andre har et bypass med returtermostat, som brugeren manuelt kan indstille efter behov og også lukke helt. Den elektroniske styring kan automatisk lukke for tomgangsdrift efter en forprogrammeret tid. Det kan både være en fordel og en ulempe, at brugeren selv kan indstille tomgangsdriften. Brugsvandstemperaturen reguleres også efter forskellige principper og med forskellig præcision.

Der har ikke været efterspurgt en bestemt dimensionerende brugsvandsydelse i forbindelse med testene, men de fysiske dimensioner for vekslerne er forskellige bl.a. på grund af forskelligt pladeantal og pladedesign, så ydelserne er også forskellige.

6.4.1. Test af tappemønstre

Ved test efter et 24 timers tappemønster kan effekterne af brugsvandsvekslerens effektivitet og ydelse i kombination med reguleringsventilernes evne til at regulere brugsvandstemperaturen og fjernvarmetemperatur i tomgangsdrift undersøges. Der er valgt et EU-tappemønster til de pågældende test kaldet "L" (L for "Large") og valgt at indsætte 15 meter stikledning mellem varmforsyning og vandvarmer (serie 2, twinrør i kobber 22/22/125 mm (frem-/retur-/kappediameter)).

For vandvarmerne er gennemført test med brugsvandstemperaturen indstillet til ca. 45 °C og med bypasstemperatur indstillet til ca. 40 °C for de to vandvarmere, hvor det er muligt. Den gennemsnitlige afkøling for vandvarmerne ligger mellem 21 og 26 K. Den gennemsnitlige brugsvandstemperatur målt varierer mellem 46 og 50 °C.

Da tappemønstret kombinerer flere effekter (vekslerydelse, brugsvandstemperatur og tomgangsdrift) er der eksempler, hvor vandvarmere kan have en effektiv veksler, men tomgangsindstillinger/-drift medfører en lavere gennemsnitlig afkøling end umiddelbart forventet. I den forbindelse skal det understreges, at tappemønstret, som det er udført i dette projekt med fremløbstemperatur på ca. 60 °C, stikledning og uden samtidig rumvarmforsyning er et udtryk for sommerdrift. Sommerdrift udgør ca. en tredjedel af året i den eksisterende bygningsmasse, men er stigende som følge af bedre isolerede bygninger. Vi har i projektet kaldt test med tappemønster for et *anvendelsesgrundlag* for at udtrykke, at testen beskriver vandvarmeren under anvendelse. Det er dog vigtigt at understrege, at det *formelle grundlag* også skal være i orden, herunder at vekslerne kan levere som specificeret. Det har imidlertid ikke været fokusområde i dette projekt.

Indstilling af brugsvandstemperaturen har betydning for afkølingen. For to af de testede vandvarmere viser resultaterne, at 4-8 °C grader højere brugsvandstemperatur giver en afkøling, der er 4-5 K lavere (ringere). Der er også gennemført en test for en af vandvarmerne, hvor bypass-temperaturen er sænket fra ca. 40 °C til ca. 30 °C. Det gav en midlæfakøling, der var ca. 6 K højere (bedre) uden væsentligt ændret energiforbrug.

6.4.2. Trappetest

Trappetesten udføres ved at variere brugsvandsflowet trinvist fra 25 % af normkapaciteten op til 100% og tilbage igen. I de udførte test er 100 % brugsvandsflow ca. 800 l/h svarende til de ca. 32,3 kW ved kold-/varmtvandstemperatur 10/45 °C.

Af testene fremgår, hvordan regulatoren regulerer brugsvandstemperaturen med flowet i flowintervallet 25-100% af normkapaciteten. For to af de testede vandvarmer ligger brugsvandstemperaturen indenfor 2-3 °C. For den tredje er der større variation. Det fremgår af data, hvordan brugsvandstemperaturen har indflydelse på afkølingen (i lighed med resultaterne for test af tappemønster). Det fremgår også, at der generelt er forskel på brugsvandsvekslernes kapacitet og evne til afkøling.

6.4.3. Samlet testgrundlag

Det demonstrerede *anvendelsesgrundlag* er et supplement til *det formelle grundlag*, som typisk er det, der ligger til grund for producenternes datablade. Det formelle grundlag indeholder normalt ydelsesdata ved normkapacitet og forskellige temperatursæt.

Demonstrationen har vist nogle af de udfordringer, der er omkring at skabe ens testbetingelser for vandvarmerne herunder fx indstilling af brugsvandstemperatur på regulatorerne og indstilling af tomgangstemperatur for de vandvarmere, hvor det er muligt – der vil altid være nogle tolerancer enten fabrikations- eller indstillingsmæssigt.

For test ved tappemønster anvendes et europæisk defineret tappemønster med en række tapninger herunder en række mindre tapninger. Tappemønsteret er det samme, som anvendes for elektriske og gasopvarmede vandvarmere i forbindelse med Ecodesign-krav til disse. Der er ikke Ecodesign-krav til fjernvarmeforsynede vandvarmere testet efter tappemønster, men grundlaget kunne i princippet anvendes til at beregne en brugsvandsvirkningsgrad. I Ecodesign-sammenhæng anvendes en primærenergifaktor for elektricitet på 2,5. Det betyder, at en traditionel elektrisk vandvarmer aldrig kan få en brugsvandsvirkningsgrad, der er højere end 40%. For gas regnes med en primærenergifaktor på 1,0, så her er den teoretiske tabsfrie brugsvandsvirkningsgrad, der kan opnås højst 100%. For fjernvarme anvendes i flere sammenhænge en primærenergifaktor på 0,8, hvilket betyder, at den teoretiske tabsfrie brugsvandsvirkningsgrad kan blive 125%, hvilket kan anvendes i promovring af fjernvarme generelt. Test ved tappemønster giver desuden mulighed for både at teste gennemstrømningsvandvarmere og beholdervandvarmere efter samme grundlag.

Hvis, der i branchen er ønske om at fortsætte i retning af test af vandvarmere til enfamiliehuse efter tappemønstre, vil der skulle udarbejdes en mere detaljeret beskrivelse af grundlaget og fastlægges flere forhold om fx differenstryk, testrig, stikledning og den praktiske udførelse af testene. I 2016 er der kommet en såkaldt CEN Workshop Agreement (CWA), der fastlægger et certificeringsgrundlag inkl. forskellige test for større fjernvarmeunits [6]. Euroheat&Power arbejder desuden på at oprette en decideret certificeringsordning for de større fjernvarmeunits. CWA'en gælder imidlertid ikke for vandvarmere/fjernvarmeunits til enfamiliehuse.

En af de testede fjernvarmeunits har elektronisk regulator og bl.a. en funktion, der lukker helt af for tomgangsdrift, hvis der ikke har været tappet vand i en længere periode. Med den udvikling, der generelt er på elektronik og "Tingenes Internet" (IoT) må det forventes, at der på et tidspunkt kommer vandvarmere, der er adaptive og optimerer tomgangsdrift og brugsvandstemperatur. For at kunne anskueliggøre effekterne af den type funktioner, vil der være brug for et længere testforløb end et døgntappeprogram. I Ecodesign-sammenhæng er der udviklet en testprocedure, der kan demonstrere disse smarte funktioner, men den tager 2 uger at gennemføre.

En anden vej er at forsimple testgrundlaget og gennemføre en kortere test a la trappetesten plus et tomgangsforløb og så lave en simpel beregningsmodel til at beskrive brugsvandsvirkningsgraden. Et sådant kort testforløb er beskrevet i CWA'en [6], men det kunne også være en mulighed at anvende et testforløb, som beskrevet for den såkaldte PDO-test [7].

6.4.4. Formidling

Projektets resultater indgår i formidling til fjernvarmebranchen og Fjernvarmens Serviceordning med henblik på at sikre gode brugerinstallationer bl.a. gennem to indlæg på Dansk Fjernvarmes Præørstemadage den 13. og 14. december 2016 og en artikel i bladet *Fjernvarmen*.

7. Referencer

[1] <http://www.teknologisk.dk/laboratorier/gleeb>

[2] Krav til anbefalede fjernvarmeunits, Januar 2016, Affaldvarme Aarhus.

[3] KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 814/2013 af 2. august 2013 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design af vandvarmere og varmtvandsbeholdere.

[4] Meddelelse fra Kommissionen som led i gennemførelsen af Kommissionens forordning (EU) nr. 814/2013 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design af vandvarmere og varmtvandsbeholdere og Kommissionens delegerede forordning (EU) nr. 812/2013 om supplerende regler til Europa Parlamentets og Rådets direktiv 2010/30/EU for så vidt angår energimærkning af vandvarmere og varmtvandsbeholdere samt pakker med vandvarmer og solvarmekomponent (2014/C207/03)

[5] Delrapport - Demonstration i Lystrup. Energistyrelsen – EUDP 2010-II, *Journalnr. 64010-0479* Fuldskala demonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser

[6] DS/CWA 16975:2015, 1. udgave 2016-01-21 Eco-efficient Substations for District Heating

[7] PDO Test Specifications, Danfoss Litterature no. VF.HE.C1.02, Kamstrup/Danfoss

Bilag 1 Europæiske tappeprofiler

h	M				L				XL			
	Q_{tap}	f	T_m	T_p	Q_{tap}	f	T_m	T_p	Q_{tap}	f	T_m	T_p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
07:05	1,4	6	40		1,4	6	40					
07:15									1,82	6	40	
07:26									0,105	3	25	
07:30	0,105	3	25		0,105	3	25					
07:45					0,105	3	25		4,42	10	10	40
08:01	0,105	3	25						0,105	3	25	
08:05					3,605	10	10	40				
08:15	0,105	3	25						0,105	3	25	
08:25					0,105	3	25					
08:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
08:45	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
09:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
09:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
10:00									0,105	3	25	
10:30	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40
11:00									0,105	3	25	
11:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
11:45	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
12:00												
12:30												
12:45	0,315	4	10	55	0,315	4	10	55	0,735	4	10	55
14:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
15:00									0,105	3	25	
15:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
16:00									0,105	3	25	
16:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
17:00									0,105	3	25	
18:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
18:15	0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40	
18:30	0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40	

h	M				L				XL			
	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
19:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
19:30												
20:00												
20:30	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55
20:45												
20:46									4,42	10	10	40
21:00					3,605	10	10	40				
21:15	0,105	3	25						0,105	3	25	
21:30	1,4	6	40		0,105	3	25		4,42	10	10	40
21:35												
21:45												
Q_{nf}	5,845				11,655				19,07			

h	XXL				3XL				4XL			
	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07:00	0,105	3	25		11,2	48	40		22,4	96	40	
07:05												
07:15	1,82	6	40									
07:26	0,105	3	25									
07:30												
07:45	6,24	16	10	40								
08:01	0,105	3	25		5,04	24	25		10,08	48	25	
08:05												
08:15	0,105	3	25									
08:25												
08:30	0,105	3	25									
08:45	0,105	3	25									
09:00	0,105	3	25		1,68	24	25		3,36	48	25	
09:30	0,105	3	25									
10:00	0,105	3	25									

h	XXL				3XL				4XL			
	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p	Q_{up}	f	T_m	T_p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
10:30	0,105	3	10	40	0,84	24	10	40	1,68	48	10	40
11:00	0,105	3	25									
11:30	0,105	3	25									
11:45	0,105	3	25		1,68	24	25		3,36	48	25	
12:00												
12:30												
12:45	0,735	4	10	55	2,52	32	10	55	5,04	64	10	55
14:30	0,105	3	25									
15:00	0,105	3	25									
15:30	0,105	3	25		2,52	24	25		5,04	48	25	
16:00	0,105	3	25									
16:30	0,105	3	25									
17:00	0,105	3	25									
18:00	0,105	3	25									
18:15	0,105	3	40									
18:30	0,105	3	40		3,36	24	25		6,72	48	25	
19:00	0,105	3	25									
19:30												
20:00												
20:30	0,735	4	10	55	5,88	32	10	55	11,76	64	10	55
20:45												
20:46	6,24	16	10	40								
21:00												
21:15	0,105	3	25									
21:30	6,24	16	10	40	12,04	48	40		24,08	96	40	
21:35												
21:45												
Q_{ref}	24,53				46,76				93,52			