

Delrapport - Demonstration i Tilst

Energistyrelsen – EUDP 2010-II

Journalnr. 64010-0479

Fuldskala demonstration af lavtemperatur fjernvarme i eksisterende bebyggelser

Juni 2014

COWI



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

**DANSK
FJERNVARME**

DTU Civil Engineering
Department of Civil Engineering

Danfoss

LOGSTOR

Kamstrup
- metering solutions



Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a.



Boligforeningen
Ringgården



AFFALDVARME AARHUS
Teknik og Miljø
Aarhus Kommune

Forord

Denne delrapport omhandler demonstrationen af lavtemperaturfjernvarme i Tilst og indgår som en del af den samlede rapportering i projektet "Fuldskala demonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser", der er støttet af Energistyrelsen gennem energiforskningsprogrammet EUDP 2010-II.

Delrapporten og behandling af måledata er udført af AffaldVarme Aarhus og Teknologisk Institut med input og sparring fra Danfoss A/S, Logstor A/S, Kamstrup A/S og COWI A/S.

AffaldVarme Aarhus har optrådt som bygherre og selv stået for design af blandeshunt og nyt rørsystem. Herudover er der ydet en stor indsats med implementering af blandeshunt, nye fjernvarmerør og nødvendige brugerinstallationer efterfulgt af idriftsættelse og forskellige driftsforsøg.

Tak til beboerne i på vejen i Skjoldhøjparken, Tilst for deres medvirken i demonstrationen, der har betydet mindre gener under byggefasen og ved forskellige driftstests.

Thomas Lund (AffaldVarme Aarhus) og Christian Holm Christiansen (Teknologisk Institut, Energi og Klima), juni 2014.

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	4
2	Indledning	6
2.1	Baggrund	6
2.2	Formål	6
2.3	Opgavebeskrivelse	6
3	Bebyggelsen og det eksisterende fjernvarmesystem	7
3.1	Affaldvarme Aarhus tekniske bestemmelser	9
3.2	Boligernes energimæssige tilstand og varmeanlæg	10
3.3	Boligernes eksisterende fjernvarme brugerinstallationer	11
3.4	Energirådgivning, termografering og tilskud.....	11
3.5	Det eksisterende ledningsnet	11
4	Renovering af boliger og ledningsnet	14
4.1	Etablering af shunt til vejen	14
4.2	Strategi for drift af fremløbstemperatur	15
4.3	SRO anlæg.....	15
4.4	Etablering af nyt ledningsnet	16
4.5	Renoveringstiltag og tilskud i boligerne i projektperioden.....	18
4.6	Alternativ varmebehovsberegning	20
5	Målinger og resultater	22
5.1	Måleudstyr og dataopsamling	22
5.2	Måleprogram	22
5.3	Strategi for fremløbstemperatur	23
5.4	Effektbehov.....	24
5.5	Vandvarmerne	26
5.6	Målt varmetab i ledningsnettet	29
5.7	Estimeret varmetab i ledningsnettet på årsbasis	30
5.8	Andre driftsforhold	32
5.9	Projektforløb med kunderne	34
5.10	Andre erfaringer.....	34
6	Referencer	35

1 Sammenfatning

I nærværende EUDP-projekt "Fuldskalademonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser", har formålet været at undersøge i hvilket omfang varmetabet fra ledningsnettet kan reduceres, hvis energirenovering af boliger og renovering af ledningsnet kombineres og fremløbstemperaturen sænkes i takt hermed. Affaldvarme Aarhus foreskriver i de tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering, at varmeinstallationer dimensioneres efter 60/30 °C ved -12 °C udetemperatur (direkte anlæg). Det har således været målet at prøve, at komme så tæt på 60 °C i fremløbstemperatur som muligt.

I denne delrapport er der taget udgangspunkt i en vej med 8 huse fra 1970'erne i Danmarks største parcelhuskvarter Skjoldhøjparken i Tilst ved Aarhus med ca. 1000 huse i alt. Der er gennemført en række renoveringstiltag med henblik på at reducere varmebehovet i både boliger og ledningsnet. For at kunne reducere fremløbstemperaturen, er der etableret en blandedshunt ved indgangen til vejen og enkelte renoveringstiltag i boligerne er gennemført med tilskud fra AffaldVarme Aarhus. Efter først i en periode at have kørt med sænket fremløbstemperatur i det gamle ledningsnet, er der efterfølgende foretaget en totalrenovering af ledningsnettet i vejen med twinrør Serie 2 som gadeledning og twinrør Serie 3 til stikledninger. Det gamle ledningsnet bestod af enkeltrør fortrinsvis isoleret som serie 1.

Det har i projektperioden vist sig muligt at sænke fremløbstemperaturen fra et niveau på 71-78 °C til et niveau på 61-66 °C resulterende i en reduktion af varmetabet i det gamle ledningsnet på ca. 1 MWh pr. hus pr. år. Efter renovering af ledningsnettet er der yderligere sparet ca. 2,2 MWh pr. hus. Det er estimeret at ca. 380 af husene i Skjoldhøjparken har et ældre ledningsnet svarende til det der er renoveret. Alene ved renovering af ledningsnettet for disse områder kan der således spares i omegnen af 840 MWh fjernvarme årligt.

Med et oprindeligt varmetab fra ledningsnettet på ca. 5,1 MWh pr. hus er den kombinerede reduktion af varmetabet i ledningsnettet (1 + 2,2 MWh) ca. 63%. Relativt set er varmetabet gået fra at udgøre ca. 28% af den tilførte fjernvarme til vejen til at udgøre ca. 12%.

Det er undersøgt i hvilket omfang radiatoranlæggene i husene er klar til temperatursæt 60/30 °C (frem/retur). Et radiatoranlæg var allerede klar inden projektstart og et andet er med tilskud blevet renoveret i projektperioden. Det har vist sig, at der er relativ stor forskel mellem det teoretisk beregnede dimensionerende varmebehov og det faktiske effektoptag i husene. Derfor kan det i praksis lade sig gøre at køre med lavere fremløbstemperatur end teorien foreskriver. En del af husene har brændeovn og elgulvvarme i badeværelse, som kan forklare noget af forskellen, men også interne varmebidrag og lavere rumtemperaturer i nogle rum kan have betydning. En simulering med en matematisk model (Bsim) for et af husene understreger denne mulighed som forklaring.

Der er kun foretaget egentlig renovering af klimaskærmen i et af husene i projektperioden trods mange motiverende tiltag fra AffaldVarme Aarhus. En væsentlig pointe i den forbindelse er, at hvis man skal gøre det muligt for radiatorerne at klare 60/30 °C i dimensioneringssituationen ved alene at forbedre klimaskærmen, så skal der oftest flere forbedringer til, før det kan lykkes. Derfor kan det umiddelbart være billigere blot at skifte radiatorerne. En kombination

af energirenovering af klimaskærmen samt forøget radiator effekt i de hårdest belastede rum kan være den mest effektive vej frem mod lavere fremløbstemperatur. Stue og andre opholdsrum med store vinduesarealer (og høj U-værdi), vil i forhold til andre rum være hårdere belastet på kolde vinterdage.

Hvis der går til grænsen med fremløbstemperaturen, kan der være en risiko for at kunderne i større udstrækning anvender og/eller investerer i supplerende varmekilder som brændeovn eller elvarme/varmepumpe, hvis deres komfortniveau er truet. Det er ikke i fjernvarmens interesse, så man kan overveje, om der skal sikres en lidt højere komforttemperatur i opholdsrummene fx 22 °C.

I 3 huse er vandvarmeren skiftet/forberedt til en fremløbstemperatur på 55 °C i projektperioden.

2 Indledning

2.1 Baggrund

AffaldVarme Aarhus kigger løbende på, hvordan fremløbstemperaturen kan sænkes i distributionsnettet. I den forbindelse er der foretaget forskellige undersøgelser i parcelhusområdet Skjoldhøjparken i Tilst ved Århus. Skjoldhøjparken er kendetegnet ved over 1000 næsten ens parcelhuse bygget i starten af 1970'erne - det er således Danmarks største samlede parcelhusområde. Husene i området er karakteristisk for ca. 40 % af det samlede antal opførte parcelhuse i Danmark. Som led i forsyningsselskabernes energispareforpligtigelser har AffaldVarme Aarhus også fokus på energibesparelser og energirenovering af husene. Ved at kombinere energirenoveringen i husene med renovering af fjernvarmenettet, kan der samlet set opnås et mere optimeret og fremtidssikret system.

AffaldVarme Aarhus har udvalgt et forsøgsområde i Skjoldhøjparken - en vej med 8 parcelhuse. Forud for nærværende EUDP-projekt blev der i november 2009 arrangeret et beboermøde, hvor 6 ud af 8 huse var repræsenteret. Her blev beboerne orienteret om de forskellige tiltag AffaldVarme Aarhus arbejder med. Beboerne blev tilbudt at få et gratis serviceeftersyn af varme anlægget af VVS-montør efter eget valg, baseret på en liste med godkendte FjR-montører. Beboerne blev også tilbudt individuel gennemgang af FjR-rapporterne, energirådgivning samt mulighed for et større tilskud til energibesparende tiltag i husene. Beboerne accepterede at deltage i de forskellige tiltag, og i januar/februar 2010 blev serviceeftersynene foretaget. Tilskudsmuligheder og energirådgivning er blevet tilbudt beboerne frem til udgangen af 2013.

2.2 Formål

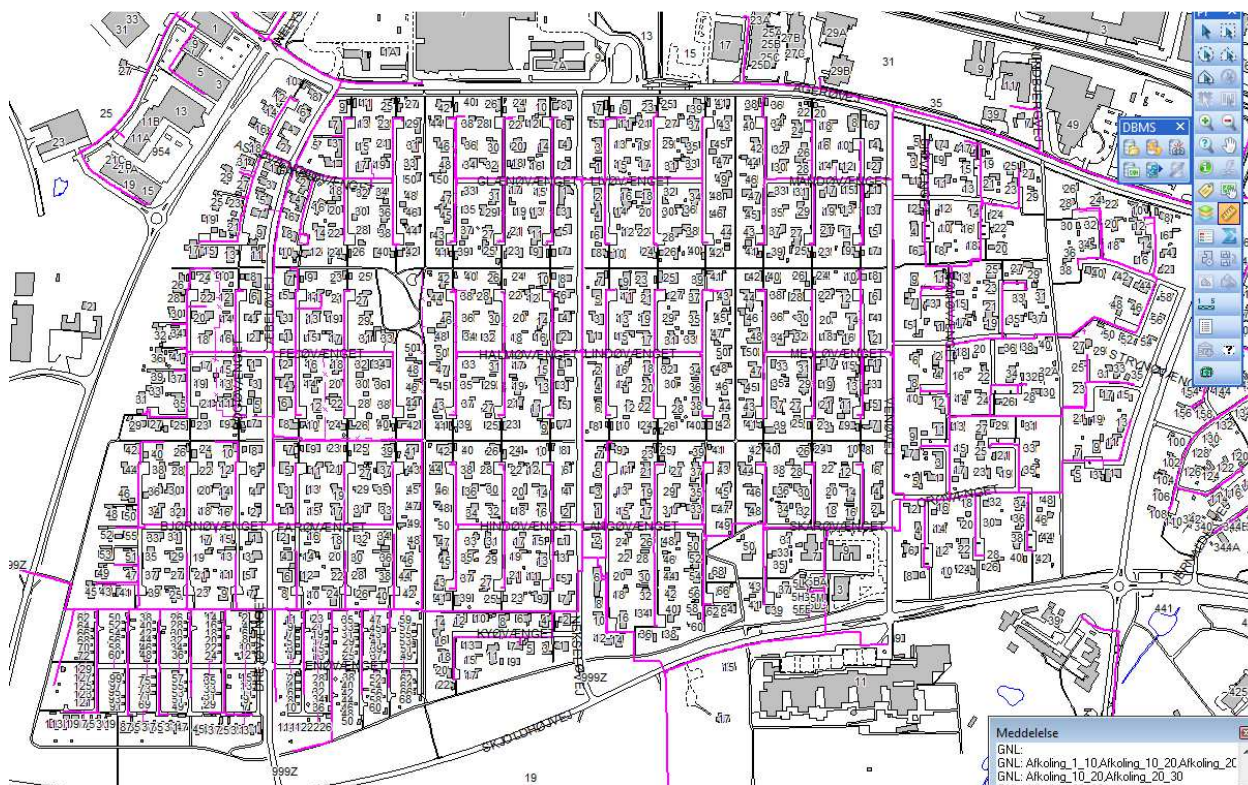
I nærværende EUDP-projekt "Fuldskalademonstration af lavtemperaturfjernvarme i eksisterende bebyggelser" har formålet været at undersøge i hvilket omfang varmetabet fra ledningsnettet kan reduceres, hvis energirenovering af boliger og renovering af ledningsnet kombineres og fremløbstemperaturen sænkes i takt hermed.

2.3 Opgavebeskrivelse

For at få mulighed for at optimere fjernvarmesystemet blev en ny blandesløjfe etableret til efteråret i vejen for de 8 huse. Derved er det muligt at sænke temperaturen og regulere særskilt for vejen. De 8 huse blev fulgt tæt for at se, om disse forandringer gav problemer for beboerne. Øvrig renovering af fjernvarmeledninger i gaden blev udført i 2012-13. Med resultaterne af disse tiltag er vurderet energibesparelspotentialer for hele Skjoldhøjparken og lignende parcelhusområder.

3 Bebyggelsen og det eksisterende fjernvarmesystem

Danmarks største parcelhuskvarter hedder Skjoldhøjparken og ligger i Tilst ved Århus. Der er i alt 1013 parceller i Skjoldhøjparkens Grundejerforening. Hele området er forsynet med fjernvarme - et kort over området med parceller og ledningsføring fremgår af figur 1.



Figur 1 - Kort over Skjoldhøjparken

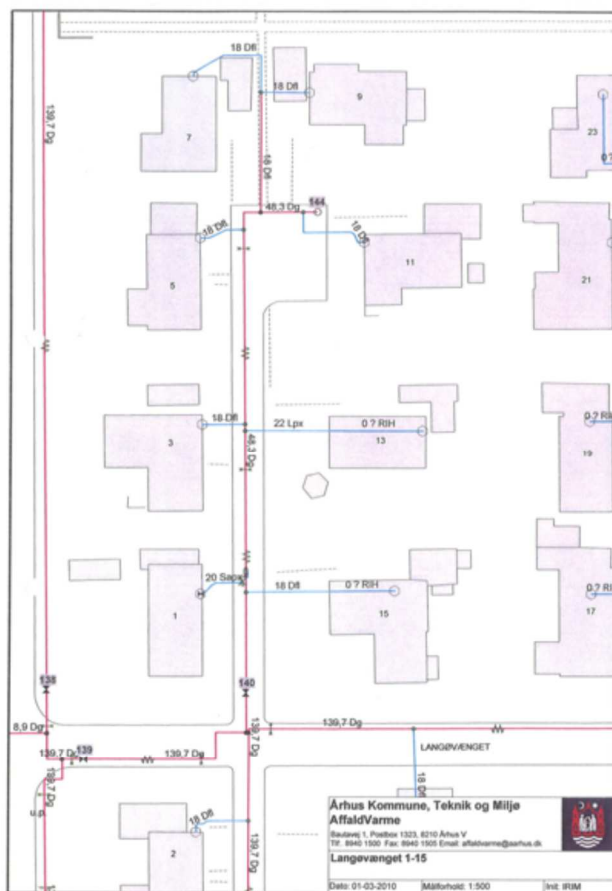
Husene er bygget i 1970'erne og karakteristiske for perioden, se figur 2.



Figur 2 - Typisk 70'er hus i Skjoldhøjparken

Affaldvarme Aarhus renoverer løbende deres eksisterende fjernvarmenet, hvor rørkomponenter er udtjente og hvor rørisoleringen findes utilstrækkelig. Flere veje i Skjoldhøjparken indgår i renoveringsplanerne for de kommende år. I den forbindelse er en vej med 8 huse, se figur 3 og 4, blevet undersøgt nærmere i forhold til varmesystemet og klimaskærmens energimæssige tilstand.

Det er denne vej og disse huse, der er genstand for undersøgelserne i denne rapport. Nærværende afsnit beskriver hovedsageligt, hvordan parcelhuse og ledningsnet så ud før 2010. Indledningsvis vil der dog blive redegjort generelt for Affaldvarme Aarhus tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering, da de danner baggrund for nogle af de valg, der er foretaget i dette projekt.



Figur 3- Billede af vej med 8 huse, Figur 4 - Føring af ledningsnet på vej med Skjoldhøjparken 8 huse

3.1 Affaldvarme Aarhus tekniske bestemmelser

Ifølge Affaldvarme Aarhus tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering [1] kan kunden forvente en fremløbstemperatur på minimum 60 °C i hovedledningsnettet ved stikafgreningen. I praksis er den væsentlig højere i dag i det meste af nettet – både i og uden for sommerperioden.

Fra 1.oktober 2012 er der desuden kommet bestemmelser for installationer. Som dimensioneringsgrundlag for direkte anlæg, skal varmeinstallationer dimensioneres efter 60/30 °C ved -12 °C udetemperatur. Ved indirekte anlæg skal veksleren til varmeinstallationen dimensioneres efter 60/30 °C på primærsiden og 55/25 °C på sekundærsiden. Anlæg til produktion af varmt brugsvand (vekslere og beholdere) skal dimensioneres efter 55/20 °C.

Dimensioneringsgrundlaget betyder, at der på sigt kan opereres med en fremløbstemperatur om sommeren ned til 55 °C og om vinteren ned til 60 °C samt at alle nye installationer vil være forberedt på det. I nærværende projekt er det imidlertid valgt ikke at gå på kompromis med forbrugernes forventning om en fremløbstemperatur på minimum 60 °C i hovedledningsnettet ved stikafgreningen.

3.2 Boligernes energimæssige tilstand og varmeanlæg

Før 2010 var der ikke gjort meget ved klimaskærmen på de enkelte huse, se tabel 1. Det var kun for hus A, som Realea (nu Realdania Byg) havde renoveret for 400.000 kr., at klimaskærmen var energimæssigt opdateret. I de andre huse havde de fleste kun ca. 100 mm isolering på loftet, i krybekælderen og i ydervæggene. Enkelte havde skiftet vinduer og havde isoleret med 200 mm isolering på loftet. Det ses også at en del har brændeovn, og 3 har elgulvvarme i badeværelse. Ellers er varmegiverne radiatorer. Hus F har 1-strengsvarmeanlæg – alle øvrige er 2-strengsanlæg.

I tabel 1 er den installerede radiator effekt vurderet på baggrund af opmålinger af radiatorerne og i forhold til det dimensionerende temperatursæt 60/30 °C jf. de tekniske bestemmelser. Det årlige forbrug er baseret på det graddagekorrigerede forbrug for afregningsåret 2008/2009. I hus A var der endnu ikke tilsluttet fjernvarme på tidspunktet for opgørelsen.

Hus	Bygget	Areal [m ²]	Årligt forbrug* [kWh]	Årligt forbrug* [kWh/m ²]	Andre opvarmingskilder/ varmeanlæg	Beregnet varmetab v. -12 °C [W]	Installeret radiator effekt v. 60/30 °C [W]
A	1973/2009	130	Oliefyr	-	Ingen	7600	4961
B	1973/1978	162	16.558	102	Elgulvvarme, brændeovn	9180	8128
C	1973	108	14.842	137	Ingen	7045	5055
D	1973/1976	133	16.866	127	Brændeovn	9261	4456
E	1973	115	9.294	81	Brændeovn	8032	3322
F	1973	115	9.173	80	Elgulvvarme, , 1-strengsanlæg brændeovn	7949	3896
G	1973	108	10.836	100	Elgulvvarme	7183	3700
H	1973/1976	178	18.521	104	Brændeovn	11.058	5219

Tabel 1 - Karakteristika for de 8 huse. *) er forbruget for sæsonen 2008/2009 graddagekorrigeret

3.3 Boligernes eksisterende fjernvarme brugerinstallationer

De 8 parcelhuse havde alle gennemstrømningsvandvarmere på opførelsestidspunktet – en del af ældre dato, se tabel 2. Vandvarmeren i hus A opfylder de nye tekniske bestemmelser og er designet til en fremløbstemperatur på 55 °C.

Hus	Vandvarmer før projektstart	Klar til fremløbstemperatur på 55 °C	Klar til fremløbstemperatur på 60 °C
A	Redan TD Unit (ny)	Ja	Ja
B	Redan TD rørveksler	Nej	Nej
C	Redan Akva Lux 1R-33/47 kW	Nej	Ja
D	Redan Akva Vita (uden TD)	Nej	Ja
E	Redan Akva Vita (nyere)	Nej	Ja
F	Redan Akva Vita 1R 26/37 kW	Nej	Ja
G	Termix VMTD-1	Nej	Ja
H	Redan Akva Vita (ca. 2009)	Nej	Ja

Tabel 2 - oversigt over vandvarmerne i de 8 huse

3.4 Energirådgivning, termografering og tilskud

For at motivere beboerne til at udføre energibesparelser, har AffaldVarme Aarhus været ude at tage termografibilleder og alle beboerne har fået tilbud om et besøg af en energirådgiver. Beboerne er blevet tilbudt attraktive muligheder for tilskud til energibesparelser herunder 50 % tilskud til forbedringer af varmeanlægget. For energibesparelser på klimaskærmen, er beboerne blevet tilbudt et tilskud svarende til forskellen imellem gængse energibesparelser (300 mm loft isolering, 2-lags energiruder og 200 mm krybekælder isolering) og "optimal" isolering (400 mm loft isolering, 3-lagsvinduer og 300 mm krybekælder isolering).

3.5 Det eksisterende ledningsnet

Det eksisterende ledningsnet på vejen er fra 1983, hvor 6 af de 8 huse konverterede fra oliefyr til fjernvarme. De to sidste huse konverterede til fjernvarme i 1991 og 2009. Tabel 3 indeholder de forskellige rørtyper mv., som ledningsnettet på vejen bestod af før renovering.

Hus	Rørtype	Indvendig diameter [mm]	Længde [m]	År for etablering
A	20 Sapx+	16	8	2009
B	18 Dfl	16	7	1983
C	18 Dfl	16	8	1983
D	18 Dfl	16	39	1983
E	18 Dfl	16	8	1983
F	18 Dfl	16	15	1983
G	22 Lpx	18	29	1991
H	18 Dfl	16	25	1983
Gadeledning	48,3 Dg	43,1	98	1983
Total			237	

Sapx = Starpipe aluflex enkeltrør (serie 2), Dfl = Dürotan stål flexrør, Lpx = Logstor og Dg = Dürotan gliderør (serie 1)

Tabel 3 - Forskellige karakteristika for rørene i ledningsnettet før renovering

Figur 5 viser et billede af de forskellige rørtyper i ledningsnettet på vejen før renovering.



Figur 5 - Fjernvarmerør fra det gamle ledningsnet

Det resterende ledningsnet i hele Skjoldhøjparken fordeler sig på de i tabel 4 viste rørdimensioner og typer. Der sker løbende renovering af ledningsnettet. Det fremgår bl.a., at der er lagt en del enkeltrør i isoleringsklasse Serie 2, men også at der ikke hidtil har været anvendt twinrør til stikledninger. Der er desuden fortsat en stor andel af rør med isoleringsklasse 0/1, hvor "0" angiver at røret er uden for serie.

Typisk type	Dimension mm	Tracélængde, m	Serie 0/1 enkeltrør %	Serie 2 enkeltrør %	Serie 2 twinrør %
Stikledning	18 til 28	19.334	41,2	58,8	0,0
Gadeledning	26,7 til 139,7	19.808	33,2	38,4	28,4
Tilslutning	219,1 til 273	808	100,0	0,0	0,0
I alt	-	39.950	-	-	-
I alt	-	-	38,4	47,5	14,1

Tabel 4 - Rørdimensioner og typer for det resterende ledningsnet i hele Skjoldhøjparken

4 Renovering af boliger og ledningsnet

For vejen med 8 huse i Skjoldhøjparken er der i projektperioden gennemført en række renoveringstiltag, med henblik på at reducere varmebehovet i både boliger og ledningsnet. For at kunne reducere fremløbstemperaturen er der etableret en blandeshunt ved indgangen til vejen og enkelte renoveringstiltag er gennemført i boligerne er med tilskud fra AffaldVarme Aarhus. Efter først i en periode at have kørt med sænket fremløbstemperatur i det gamle ledningsnet er der efterfølgende foretaget en totalrenovering af ledningsnettet i vejen. I dette afsnit beskrives de forskellige tiltag og overvejelser.

4.1 Etablering af shunt til vejen

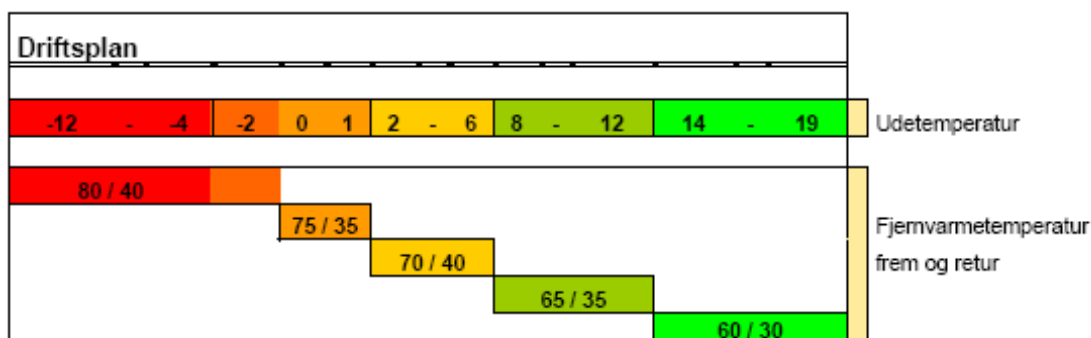
Blandesløjfen er tegnet og designet af Affaldvarme Aarhus, se figur 6. Det var først planlagt, at blandesløjfen skulle installeres i uge 40 2011, men næsten på dagen, hvor blandeskabet skulle sættes op, blev opsætningen stoppet pga. problemer med arbejdsforholdene for de medarbejdere, der skulle arbejde med blandesløjfen. Skabet til blandesløjfen skulle derfor tegnes om og var først endelig klar til installation i februar 2012. Udeføler blev etableret i forbindelse med blandeshunten.



Figur 6 - Blandeshunt installeret ved vejen med 8 huse i Skjoldhøjparken

4.2 Strategi for drift af fremløbstemperatur

Den oprindeligt planlagte driftsstrategi for fremløbstemperatur blev valgt ud fra det hus der på papiret havde den ringeste radiatorkapacitet i forhold til varmebehov, se tabel 1, afsnit 2.2. Et eksempel på en driftsplan for et sådant hus ses i tabel 5. Med driftsplanen skulle det sikres, at afkølingen i huset med det dårligste varmeanlæg, stadig var god.

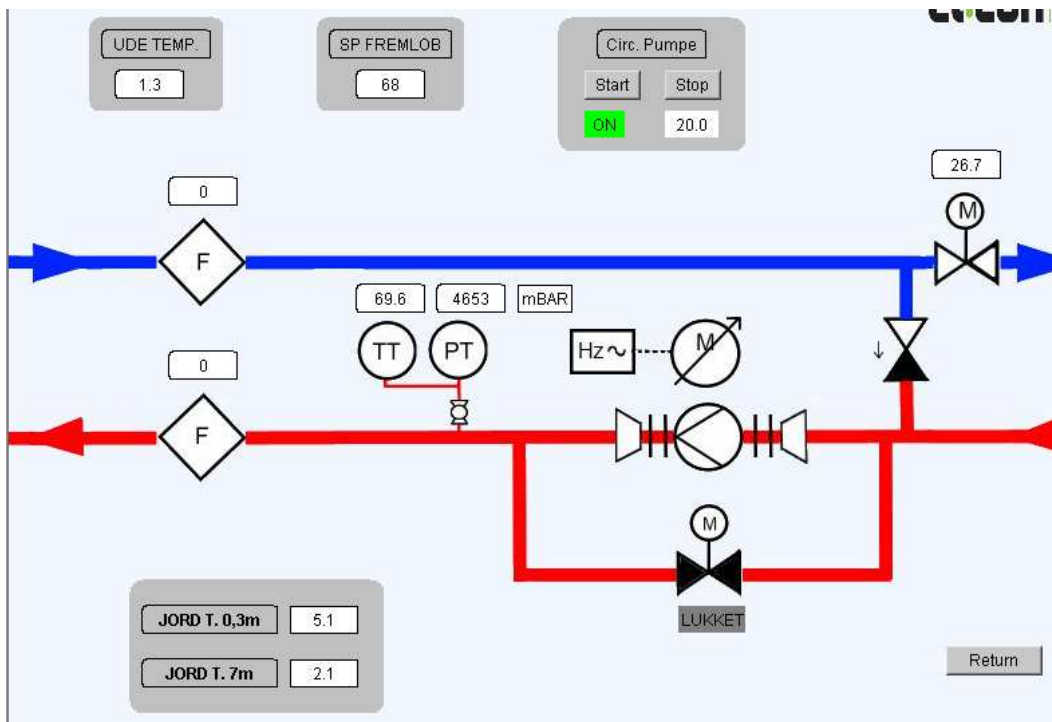


Tabel 5 - Oprindeligt planlagt driftsstrategi for fremløbs-/returtemperatur i forhold til udetemperatur.

Det blev hurtigt klart, at denne strategi ikke var særlig ambitiøs, og AffaldVarme Aarhus valgte at gå væk fra den. I stedet for at fokusere på god afkøling, skulle det i stedet sikres, at alle havde den nødvendige komforttemperatur i husene. På grund af AffaldVarme Aarhus egen målsætning om en temperatur ude i gadeledningen på minimum 60 °C, kunne fremløbstemperaturen ikke sænkes til mere end 61 °C ved blandesløjfen, men ellers var strategien kontinuerligt at holde fremløbstemperaturen så lav som muligt. Igennem forløbet med at sænke temperaturen skrev Affaldvarme Aarhus løbende til kunderne for at give dem en status over projektet og for at gøre dem opmærksomme på, at de endelig skulle henvende sig, hvis deres varme brugsvand ikke var varmt nok, eller hvis de ikke kunne opretholde deres komforttemperatur.

4.3 SRO anlæg

Til hurtigt at kunne ændre på fremløbstemperaturen, blev der etableret et interface, så det var muligt at tilgå styringen via nettet. Skærbilledet med blandesløjfen og relevante informationer ses på figur 7.



Figur 7 - Billede af SRO af blandesløjfen.

4.4 Etablering af nyt ledningsnet

Forskellige overvejelser blev gjort angående valg af rørtype. AffaldVarme Aarhus har traditionelt valgt enkeltrør til stikledninger ved reovering, bl.a. fordi det lettede indføringen i husene. Twinrør serie 2 er på den anden side blevet branchenorm i nybyggeri. Da det imidlertid i dette projekt blev muligt at anvende Logstor twinrør Serie 3 til stikledninger faldt valget på disse. Der skulle dog lidt overtalelse til for at få driftsfolkene til at bruge Serie 3 rør. Der var frygt for at indføringerne i husene ville blive meget besværlige. Alle husene har imidlertid krybekælder, hvilket gjorde det relativt nemmere at bruge Serie 3 rør. Der findes også andre indføringsløsninger, som bl.a. er anvendt i projektets Sønderby-case. Besparelsen på varmetabet ved at anvende Serie 3-rør frem for Serie 2-rør er for den pågældende stikledningsdimension og temperaturniveau 60/30 °C ca. 11 %.

De anvendte rørtyper og dimensioner fremgår af tabel 6.

Hus	Rørtype	Indvendig diameter [mm]	Længde [m]
A	20-20 Lapx-dr++	15	8
B	20-20 Lapx-dr++	15	7
C	20-20 Lapx-dr++	15	8
D	20-20 Lapx-dr++	15	15
E	20-20 Lapx-dr++	15	9
F	20-20 Lapx-dr++	15	19
G	20-20 Lapx-dr++	15	29
H	20-20 Lapx-dr++	15	25
Gadeledning	48,3 Iso-dr+	41,9	76
Gadeledning	33,7 Iso-dr+	27,3	29
Gadeledning (omløb)	20-20 Lapx-dr++	15	5
Total			230

Lapx-dr++ : Logstor alupex twinrør serie 3 og Iso-dr+ : Isoplus twinrør serie 2

Tabel 6 - Forskellige karakteristika for rørene i ledningsnettet efter renovering

I løbet af maj/juni 2013 blev ledningsnettet renoveret, se figur 8. Omløbet ude i vejen er samtidig med renoveringen af ledningsnettet blevet flyttet. Et termostatstyret omløb er en bekvem løsning i forhold til at være sikker på at opretholde en bestemt minimumstemperatur i ledningsnettet, men det rummer også mange fejlmuligheder, og kan være ødelæggende for afkøling og være medvirkende til uforholdsmæssigt højt varmetab i ledningsnettet. På en lille stikvej, som den med de 8 huse, kan alternativet til omløb i vejen være termostatstyrede bypass placeret inde i husene på forbrugerens side af fjernvarmemåleren, som bl.a. demonstreret i projektets Lystrup-case.



Figur 8 - Renovering af ledningsnet i Skjoldhøjeparken sommeren 2013

4.5 Renoveringstiltag og tilskud i boligerne i projektperioden

Kunderne på vejen er frem til udgangen af 2013 blevet tilbudt et forstørret tilskud, hvis de energirenoverer deres huse. Kunderne kunne få et tilskud på 50 %, hvis de forbedrede deres varme anlæg, så det kan klare opvarmning ved 60/30 °C. Der kunne gives tilskud til loftisolering, isolering af krybekælder og til nye vinduer/ruder svarende til prisforskellen mellem normal standardenergirenovering og energioptimal energirenovering. Tabel 7 viser de gennemførte tiltag.

Hus	Gennemførte tiltag	Radiatorer dim. til 60/30 °C	Vandvarme klar til 55 °C
A	Klimaskærm renoveret for 400.000 af Realdania, Af-faldvarme Aarhus betalte for en ny unit, før projektet startede	Ja	Ja
B	Har skiftet termostatventiler og fjernvarmeunit	Nej	Ja
C	Har skiftet termostatventiler og veksler i vandvarmer	Nej	Ja
D	Ingen	Nej	Nej
E	Har isoleret op til 400 mm på loftet, fået nye radiatorer med tilsvarende effekt ved 60/30 °C, skiftet vinduer	Ja	Nej
F	Ingen	Nej	Nej
G	Nye radiatorventiler, ny unit	Nej	Ja
H	Ingen	Nej	Nej

Tabel 7 - Renoveringstiltag gennemført på vejen med de 8 huse

Som det fremgår, er det ikke lykkedes at få alle beboerne til at energirenovere. Der er ellers et godt potentiale for nogle forholdsvis billige energibesparelser, da de fleste huse kun har ca. 100 mm isolering på loftet, i krybekælderen og i ydervæggene. Der er desuden flere varmeanlæg, hvor afkølingen godt kunne være noget bedre.

Der kan være mange årsager til den manglende interesse for de mere omfangsrige renoveringstiltag. En af årsagerne kan være, at kunderne simpelthen ikke finder tilskuddet attraktivt nok, når det først udløses ved energioptimale tiltag som 300 mm isolering i krybekælderen, 400 mm isolering på loftet og 3-lagsvinduer.

Den billigste vej til et varmeanlæg, der kan klare 60/30 °C er umiddelbart at udskifte radiatorerne til nogle med større kapacitet. Tabel 8 viser investering, energibesparelse mv. for forskellige tiltag baseret på investeringspriser realiseret i forbindelse med projektet.

Renoverings-tiltag	Investering kr.	Effektfor- øgelse W	Investering kr./W	Energibe- sparelse i huset kWh	Grundlag	Pris fratrukket energibesparel- sen i 10 år kr./W
Nye radiatorer	31.400	3571	8,8	0	0	8,8
Isolering af loft	22.600	-1192	19,0	2530	Beregnet til 22 kWh/m ²	7,3
Nye vinduer	77.912	-2000	39,0	4200	Vurderet på bag- grund af aflæst på forbrug	27,4

Tabel 8 - Pris for effekt ved hhv. nye radiatorer og andre energirenoveringstiltag

En væsentlig pointe er, at hvis man skal gøre det muligt for radiatorerne at klare den nødvendige opvarmning med 60/30 °C (i dimensioneringssituationen) ved alene at forbedre klimaskærmen, så skal der oftest flere forbedringer til, før det kan lykkedes. Det ses, at hvis man trækker den samlede energibesparelse fra i 10 år, så kan loftisolering blive billigst - udgangspunktet er 100 mm på loftet før der isoleres. En længere periode for medregning af energibesparelsen giver selvfølgelig en lavere pris kr./W. Det ændrer bare ikke ved at der skal noget mere til for at nå 60/30 °C. En kombination af energirenovering af klimaskærmen samt forøget radiator effekt i de hårdest belastede rum, kan være en mulig vej frem. Stue og andre opholdsrum med store vinduesarealer (og høj U-værdi) vil i forhold til andre rum være hårdere belastet på kolde vinterdage.

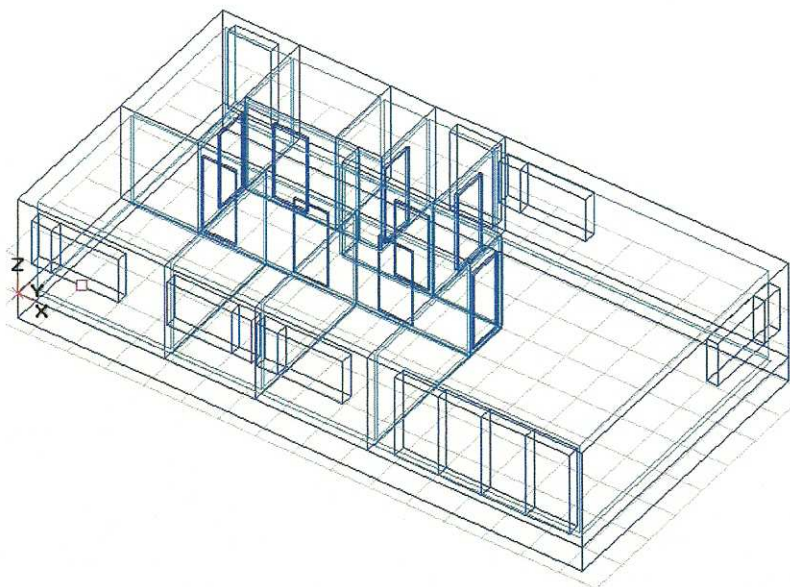
DTU-Byg har i forbindelse med et Ph.D-arbejde med tilknytning til projektet kigget mere indgående på den nødvendige fremløbstemperatur til radiatorsystemet, som funktion af udetemperaturen (varmekurven) ved forskellige renoveringstiltag /6/. Udgangspunktet for analyserne er et 70'er-parcelhus og det vises bl.a. at selv i det ikke-renoverede hus er der kun brug for en fremløbstemperatur over 55°C eller derover i 710 timer om året hvis den ønskede operative rumtemperatur er 20°C og i 1880 timer om året, hvis rumtemperaturen skal være 22 °C. Der er således store perioder af året, hvor temperaturen kunne sænkes længere ned en de nuvæ-

rende 60 °C selvfølgelig under forudsætning af, at vandvarmerne er designet til dette temperaturniveau.

Gennem projektperioden er der skiftet yderligere tre vandvarmere/fjernvarmeunits/vekslere, så der nu er fire vandvarmere i alt, der er dimensioneret til en fremløbstemperatur på 55 °C.

4.6 Alternativ varmebehovsberegning

Når det dimensionerende varmebehov anvendes til radiatordimensionering indregnes interne varmebidrag ikke i effekten. Det forudsættes desuden at alle rum opvarmes til en rumtemperatur på 20 °C. Som alternativ til denne traditionelle tilgang har DTU Byg lavet en Bsim-beregning på to af husene på vejen i Skjoldhøjparken [3]. En Bsim-beregning, er baseret på en matematisk model af alle rum i huset. Varmebehovet simuleres over et år ved hjælp af vejrdata for et design referenceår (DRY) og der regnes med solindfald og internt varmetilskud. Der er i beregningerne regnet med et internt varmetilskud på 5 W/m². Et eksempel på rummodellen for hus E ses i figur 9.



Figur 9 - Bsim model over hus E

Bsim-beregningerne er lavet for hus E og F, som på papiret så værst ud med hensyn til størrelsen af varmeanlægget. Når man kender klimaskærmen og det varmeanlæg der er installeret, kan rumtemperaturen beregnes i de enkelte rum. Fremgangsmåden har været at tilføre huset så meget varmeeffekt, at der kan opretholdes en rumtemperatur (operativ temperatur) i alle opholdsrum (stue, køkken og værelser) på 20 °C. Det tillades således, at rum som entré, bryggers og gæstetoilet med mindre benyttelsestid har lavere rumtemperatur. På baggrund af den varmeeffekt det er nødvendigt at tilføre, kan det nødvendige temperatursæt for radiatoranlægget beregnes for forskellige udetemperaturer. En fremstilling af temperatursæt og udetemperatur(interval) for hus E før renovering ses i tabel 9. Tabellen er opdelt i nogle udetemperatur-intervaller og skal læses på følgende måde:

- For at sikre en operativ temperatur på 20°C i opholdsrum, når der er mellem -5 °C og -8 °C, skal temperatursæt 60/30/20 anvendes. Under disse forhold vil der så være en operativ temperatur i bryggerset på 15,8 °C, som må accepteres. Ifølge beregningerne skulle det således være muligt at dække varmebehovet med en fremløbstemperatur på 65 °C ved en udetemperatur på -12 °C. Effektbehovet er ved denne fremgangsmåde noget lavere end hvad de traditionelle varmetabsberegninger viser.

Temperatursæt	Udetemperatur	Operativ temperatur i bryggerset
50/25/20	1°C	17,0°C
55/25/20	-2,5°C	16,5°C
60/25/20	-5°C	16,7°C
60/30/20	-8°C	15,8°C
65/30/20	-13°C	15,6°C
65/35/20	-17°C	15,2°C
70/35/20	-20°C	15,0°C
70/40/20	-21°C	14,5°C

Tabel 9 - BSim-baserede temperatursæt for raditoranlægget i hus E før renovering

Hvis der går til grænsen, som vist i eksemplet med Bsim-beregningerne, kan der være en risiko for at kunderne i større udstrækning anvender og/eller investerer i supplerende varmekilder som brændeovn eller elvarme, hvis deres komfortniveau er truet. Det er ikke i fjernvarmens interesse, så man kan overveje, om der skal sikres en lidt højere komforttemperatur i opholdsrummene fx 22 °C.

5 Målinger og resultater

Med henblik på at dokumentere effekterne af temperatursænkning samt reovering af huse og ledningsnettet, er der etableret måleudstyr og dataopsamlingsystem for blandeshunten samt etableret fjernaflæste målere i de enkelte huse. Måleudstyr, måleprogram og resultater præ-senteres i dette afsnit.

5.1 Måleudstyr og dataopsamling

Målerdata hos kunderne:

- Temperatur i fremløb og retur
- Flow i fremløb og retur
- Måling pt. 5 minutter

Måledata i blandeskab:

- Temperatur i fremløb og retur
- Flow i fremløb og retur
- Tryk i fremløb og retur
- Måling pr. 5 minutter

5.2 Måleprogram

Måleprogrammet er opdelt i tre perioder:

Periode 1: Efter installation af blandeshunt fastlægges en fremløbstemperaturkurve for det eksisterende ledningsnet og driftsdata opsamles.

Periode 2: Efter reovering af ledningsnettet følges den allerede fastlagte fremløbstemperaturkurve og driftsdata opsamles.

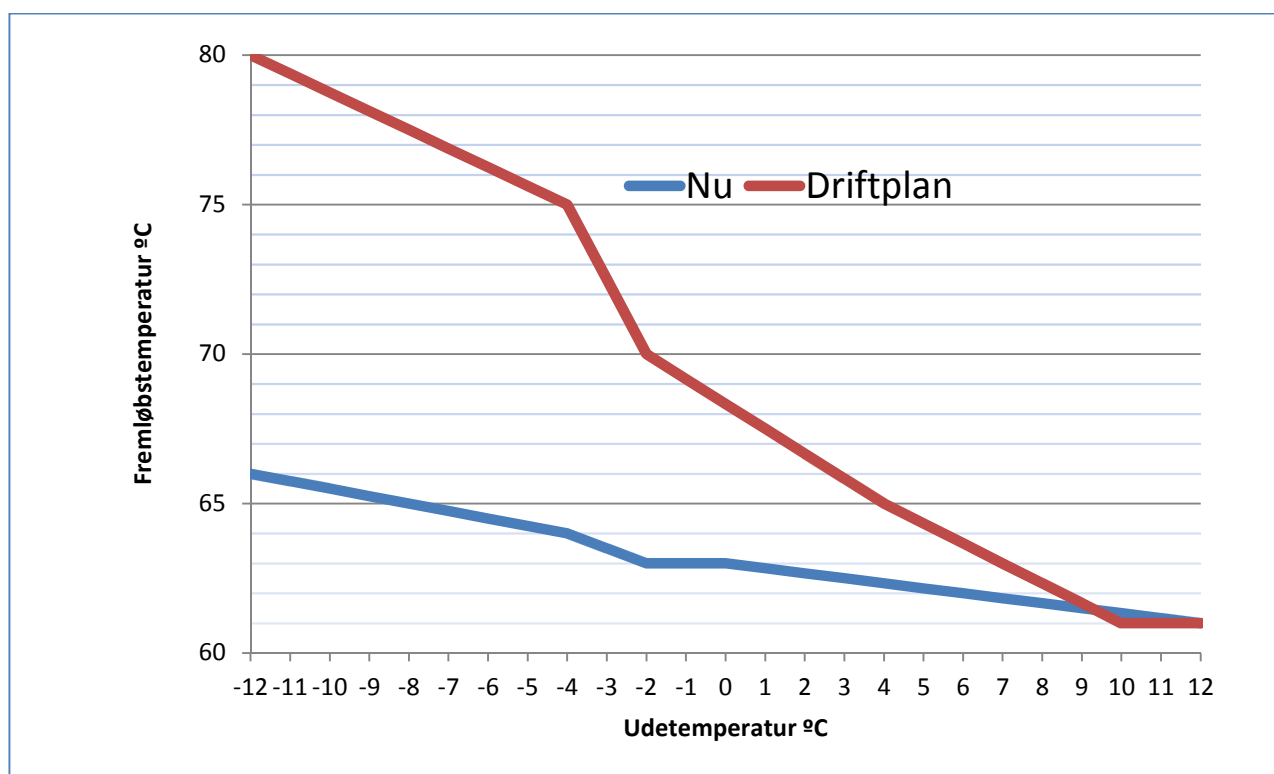
Periode 3: Check af omløbet i vejens betydning for resultaterne.

På grund af diverse forsinkelser og andre forhindringer, er der ikke data for et helt år før og efter reoveringen af ledningsnettet. Før reoveringen er der brugbare data fra uge 32 2012 til uge 16 2013 (Periode 1). Efter reoveringen er der brugbare data fra uge 32 2013 til uge 45 2013 (Periode 2) og fra uge 46 2013 til uge 48 2013 (Periode 3). I kortere perioder har der været udfald af enkeltmålere. I disse perioder er forbruget estimeret på baggrund af bl.a. historiske data.

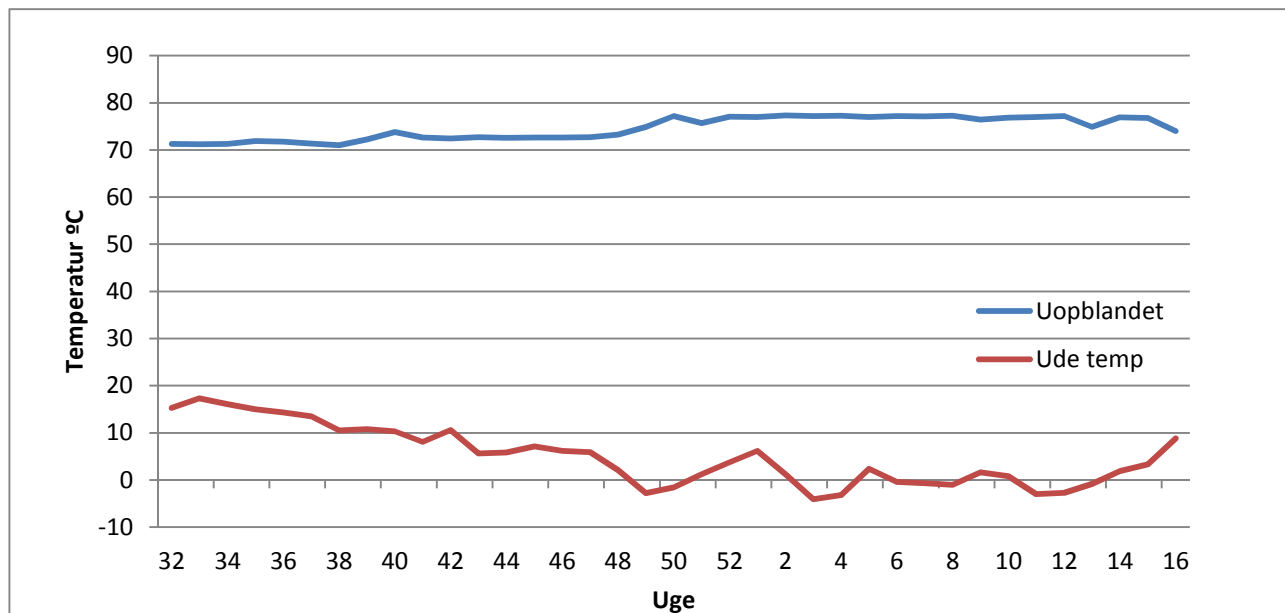
5.3 Strategi for fremløbstemperatur

Strategien for regulering af fremløbstemperaturen var at tage udgangspunkt i den driftscurve, der oprindeligt var fundet, se tabel 5 og derefter gradvist regulere temperaturen ned. Grænsen for reguleringen var, at Affaldvarme Aarhus minimum skulle overholde de tekniske bestemmelser og at temperaturen skulle hæves, hvis der var kunder, der ikke længere kunne holde varmen eller kunne få varmt vand nok. Affaldvarme Aarhus stoppede først med at regulere fremløbstemperaturen ned, da man vurderede, at temperaturen inde hos kunderne kom for langt under 60 °C. Det var således ikke på grund af klager fra kunderne, at nedreguleringen af fremløbstemperaturen stoppede. Den nye fremløbstemperaturkurve blev fastlagt i Periode 1.

Den faktiske fremløbstemperaturkurve sammenlignet med den oprindelige driftsplan fremgår af figur 10. Det ses, at det faktisk er muligt at holde en væsentlig lavere fremløbstemperatur til husene end oprindeligt forventet. På figur 11 ses fremløbstemperaturen før blandeshunten (uopblandet) i Periode 1. Det ses, at den uopblandede fremløbstemperatur har ligget mellem 71 °C og 78 °C. Fremløbstemperaturen til vejen er således sænket med ca. 10 °C i perioden.



Figur 10 - Oprindelig driftsplan for fremløbstemperaturen sammenlignet med den faktisk gennemførte ("Nu").



Figur 11- Uopblandet fremløbstemperatur til shunten sammenholdt med udetemperaturen

Efter reoveringen af ledningsnettet, har der ikke været ændret på driftskurven, selvom det lavere varmetab giver muligheder for det.

5.4 Effektbehov

Ud fra målingerne i de enkelte huse er det muligt at beregne det faktiske effektbehov. Derved kan det faktiske effektbehov sammenlignes med det teoretiske beregnede behov.

De målte effekter er et gennemsnit af effekten, som husene har optaget i de koldeste dage i vinteren 2012/2013 i tidsrummet fra kl. 1 til kl. 6. Tidsrummet fra kl. 1 til 6 om morgenen er valgt, i den forventning, at der ikke ville blive brugt varmt vand i den periode. Hvis der blev brugt varmt vand, ville det forstyrre billedet af effektbehovet i boligen. Det er på baggrund heraf lavet en beregning af husenes faktiske effektbehov ved $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Resultaterne fremgår af tabel 10.

Som omtalt i afsnit 3.6, er der foretaget en Bsim-beregning for hus E og F. Siden har hus E fået efterisoleret loftet, skiftet radiatorer, ventiler og afslutningsvis samt fået skiftet vinduer. Hus E's radiatoreffekt er nu det, der er vist i parentes i tabel 10. Den målte effekt for hus E kan således ikke direkte sammenlignes med Bsim-resultatet. Alle husene er også blevet gennemgået af forskellige FjR-montører, som har lavet en rapport i overensstemmelse med FjR-ordningen (i dag Fjernvarmens Serviceordning). Her er det noteret hvor stor radiatoreffekt husene har installeret (se også tabel 1).

Effektbehov kW Hus	Teoretisk beregnet effektbehov	Bsim- beregning	Radiator effekt jvf. fjr. v. 60/30	Målt effekt v. -8 - -9°C	Målt effekt omregnet til -12 °C	Afkøling uge 32-48 2013 °C
A	7,6	-	4,4	3,5	4	33,3
B	9,1	-	7,2	5,5	6,3	34,1
C	7,1	-	4,5	4,5	5,1	33,7
D	9,2	-	4	5	5,7	29,2
E	8	2,5	2,9 (5,5)	3,3 (1,2)	3,8 (1,3)	31,4
F	7,9	3,9	3,5	2,3	2,6	20,5
G	7,1	-	3,3	3,5	4	26,1
H	11,1	-	4,6	5,5	6,3	32,1

Tabel 10 - Sammenligning af effektbehovet ved forskellige metoder

Det teoretisk beregnede effektbehov er generelt meget højere end det målte effektbehov – mellem 140 og 300 %. Umiddelbart ser det ud til at Bsim-beregningerne nærmer sig det målte resultat. Det er imidlertid kun beregningen for hus F, hvor resultatet reelt kan sammenlignes, da Hus E som omtalt, har gennemgået en kraftig renovering siden. Hus F bruger meget mindre fjernvarme end hvad der er blevet beregnet og vurderet. Hus H har også et langt lavere effektbehov end beregnet teoretisk. Radiatoreffekten i hus H er noget mindre end, hvad der skal til for at klare 60/30 °C - alligevel har kunden en god afkøling i kolde perioder.

En af de store ubekendte i sammenligningen af teoretisk og målt effektbehov, er anvendelsen af brændeovn og elgulvvarme. I en rapport fra SBI er varmeforbrugene med og uden supplerende varmeforsyning (primært brændeovne) analyseret for en række fjernvarmeforsynede parcelhuse [5]. I gennemsnit er forskellen 16 kWh/m² pr. år svarende til 14 %. Hvis den supplerende varmeforsyning primært anvendes, når det er koldt kan forskellen være langt større på det praktiske effektbehov. Der er imidlertid tale om en generel forskel, så interne varmebidrag og forskellige (lavere) rumtemperaturer i nogle rum, jf. Bsim-beregningerne, vurderes også at have nogen betydning for forskellen.

Afslutningsvis er effektbehovet bestemt ud fra årsforbruget jf. tabel 1. Der er antaget 3 forskellige graddageafhængige forbrug: 10 kWh/m², 13,1 kWh/m² (som nettobehovet til varmt brugsvand i energirammeberegningen [4]) og 20 kWh/m². Ud fra det graddageafhængige forbrug, graddagetimerne for referenceåret og den dimensionerende temperaturdifferens, er effektbehovet bestemt for husene B-H, se tabel 11. Denne beregning af effektbehovet er generelt i rimelig overensstemmelse med det målte effektbehov.

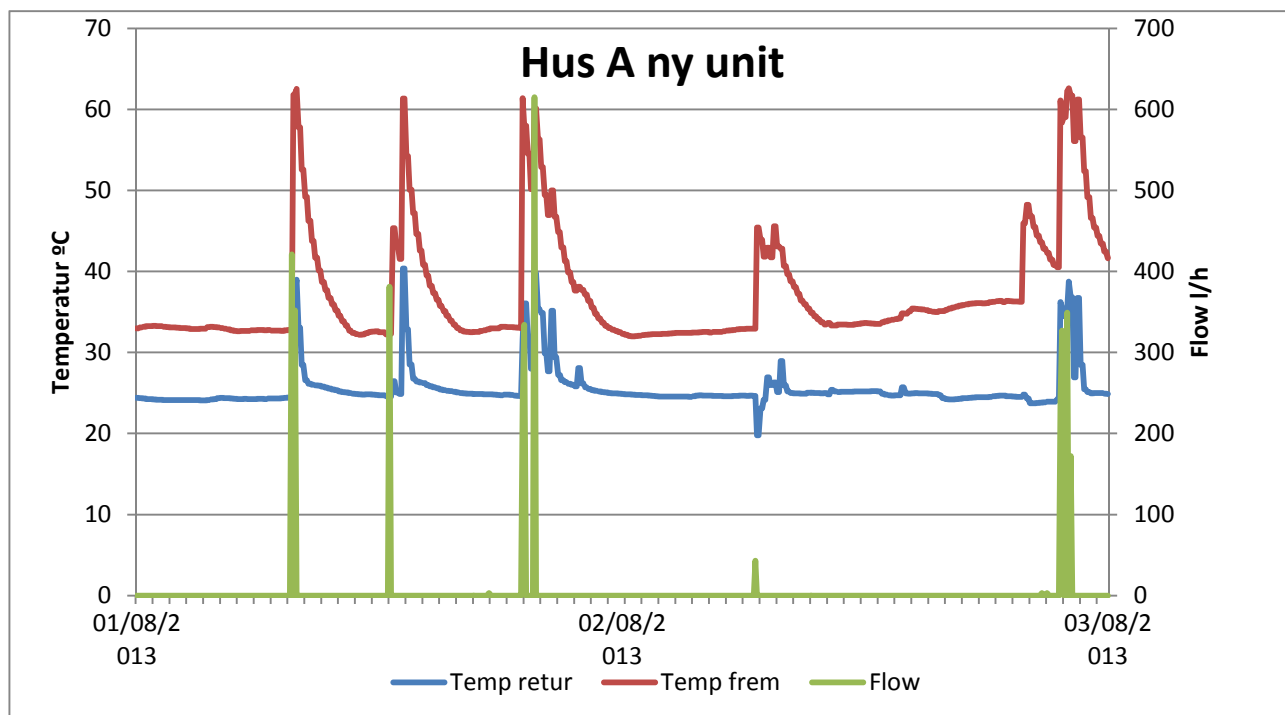
Hus	Årsforbrug kWh	Areal m ²	Graddageuafhængigt forbrug, kWh/m ²			Graddageuafhængigt forbrug, kWh/m ²		
			10	13,1	20	10	13,1	20
			Graddageuafhængigt forbrug kWh			Beregnet effekt ved -12° ud fra årsforbrug, kW		
A	-	130	-	-	-	-	-	-
B	16.558	162	1.620	2.122	3.240	6,9	6,6	6,1
C	14.842	108	1.080	1.415	2.160	6,3	6,2	5,8
D	16.866	133	1.330	1.742	2.660	7,1	6,9	6,5
E	9.294	115	1.150	1.507	2.300	3,7	3,6	3,2
F	9.173	115	1.150	1.507	2.300	3,7	3,5	3,2
G	10.836	108	1.080	1.415	2.160	4,5	4,3	4,0
H	18.521	178	1.780	2.332	3.560	7,7	7,4	6,9

Tabel 11 - Beregnet effektbehov baseret på estimeret graddageafhængigt årsforbrug

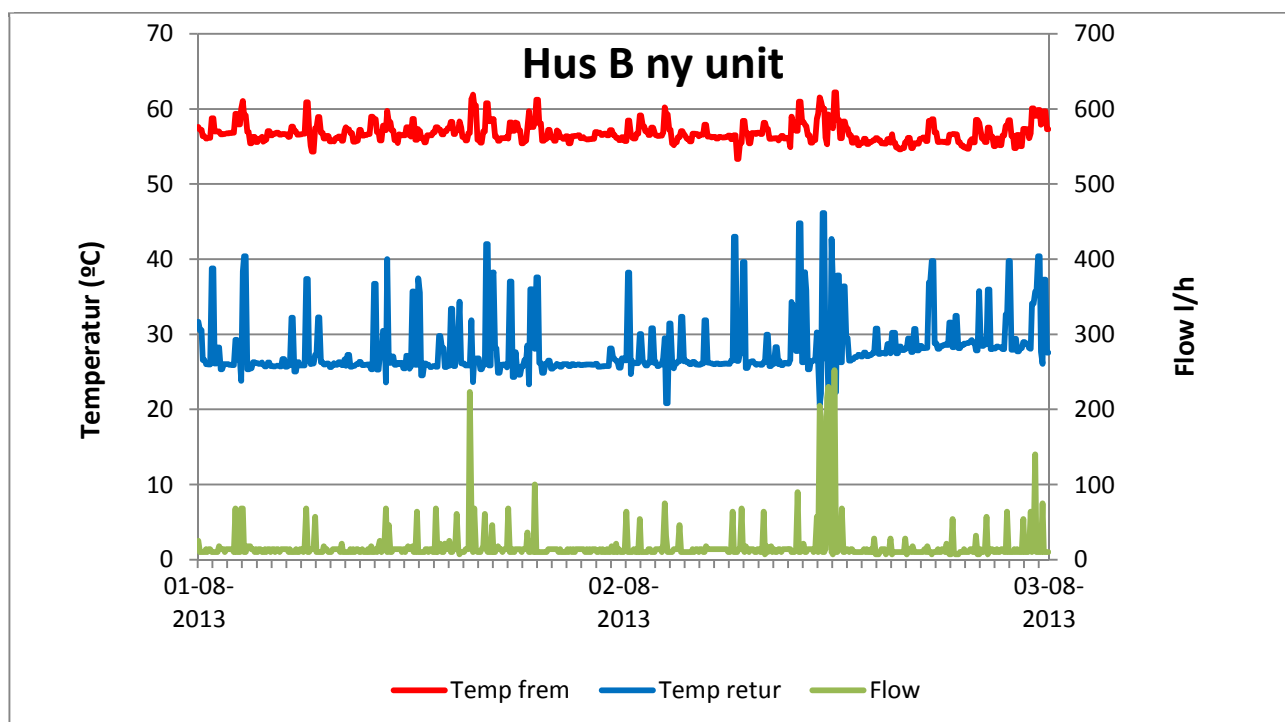
5.5 Vandvarmerne

Der er nye vandvarmere i 4 huse, der alle er designet i henhold til Affaldvarme Aarhus nyeste tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering [1]. I praksis har fjernvarmefremløbstemperaturen været holdt på minimum 61 °C i gadeledningen, men kan fx. i tomgang være væsentlig lavere fremme ved måleren i husene. Figur 12-14 viser imidlertid at der under tapning nås en fremløbstemperatur på over 60 °C ved måleren. Figurerne viser ud over fremløbstemperaturen også returtemperaturen og flow for nogle dage i august 2013 i hus A, B og C. Da måledata er indsamlet med 5-minutters intervaller, vil alle flow-spidser (tapninger) imidlertid ikke fremgå af figurerne. Det er også væsentligt, at være opmærksom på at de fald, der ses i temperaturen efter en periode med flow er udtryk for at stillestående vand og rør i vandvarmeren/unitten køler af til omgivelsestemperatur. Under tapninger ses et dyk i returtemperaturen til lige omkring 20 °C. I de mellemliggende perioder kan returtemperaturen stige som følge af termostatiske bypass i vandvarmeren/unitten åbner eller på grund af tomgangstab fra veksleren. For hus B ses et lille konstant forbrug, som ikke er nærmere identificeret – returtemperaturen er dog lav.

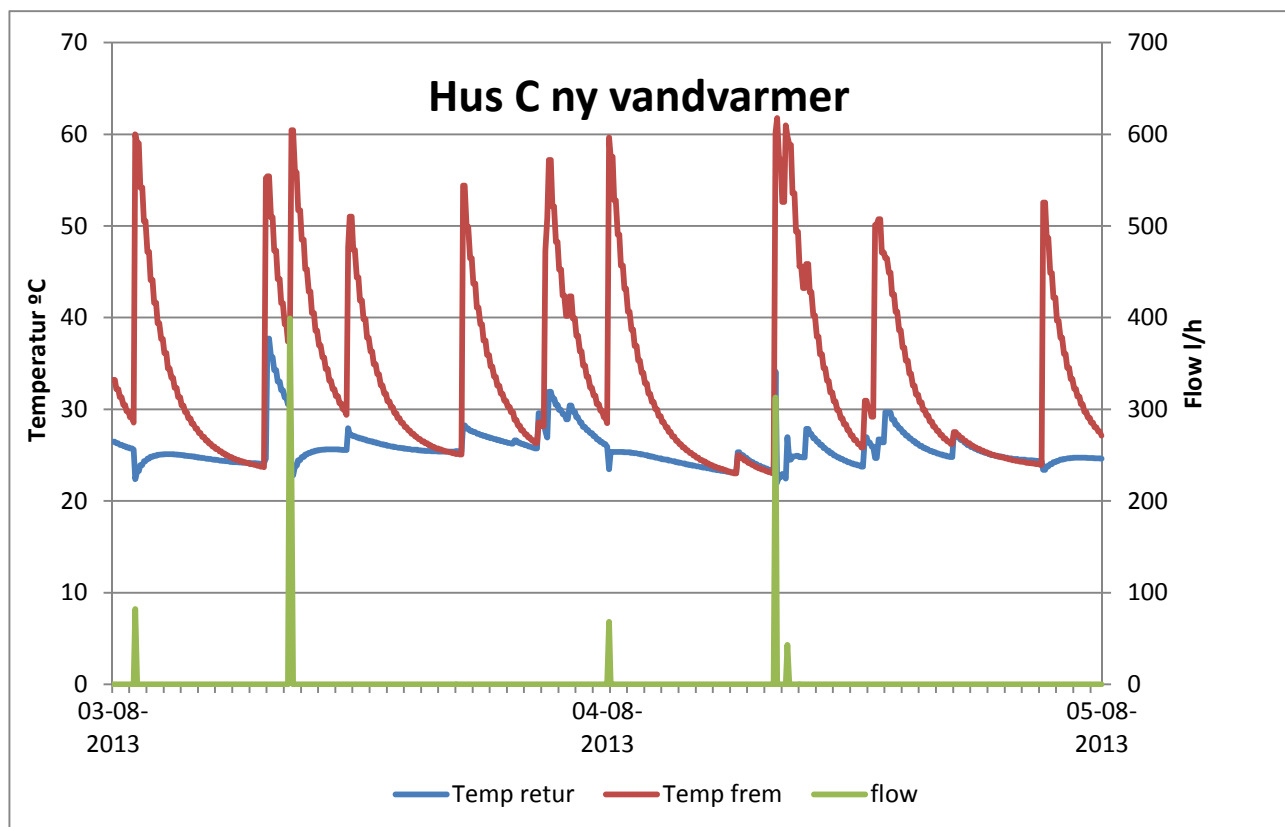
På tilsvarende vis ses for vandvarmere/units i hus E og G et driftsmønster fra august 2013, se figur 15-16. Driftsmønsteret er ikke væsentlig forskelligt fra det, der ses for hus A, B og C. Også for de lidt ældre units er fremløbstemperaturen over 60 °C og returtemperaturen omkring 20 °C under tapning. Det er forventeligt, da vandvarmerne ikke er blevet presset ud over ydeevne under forsøgene.



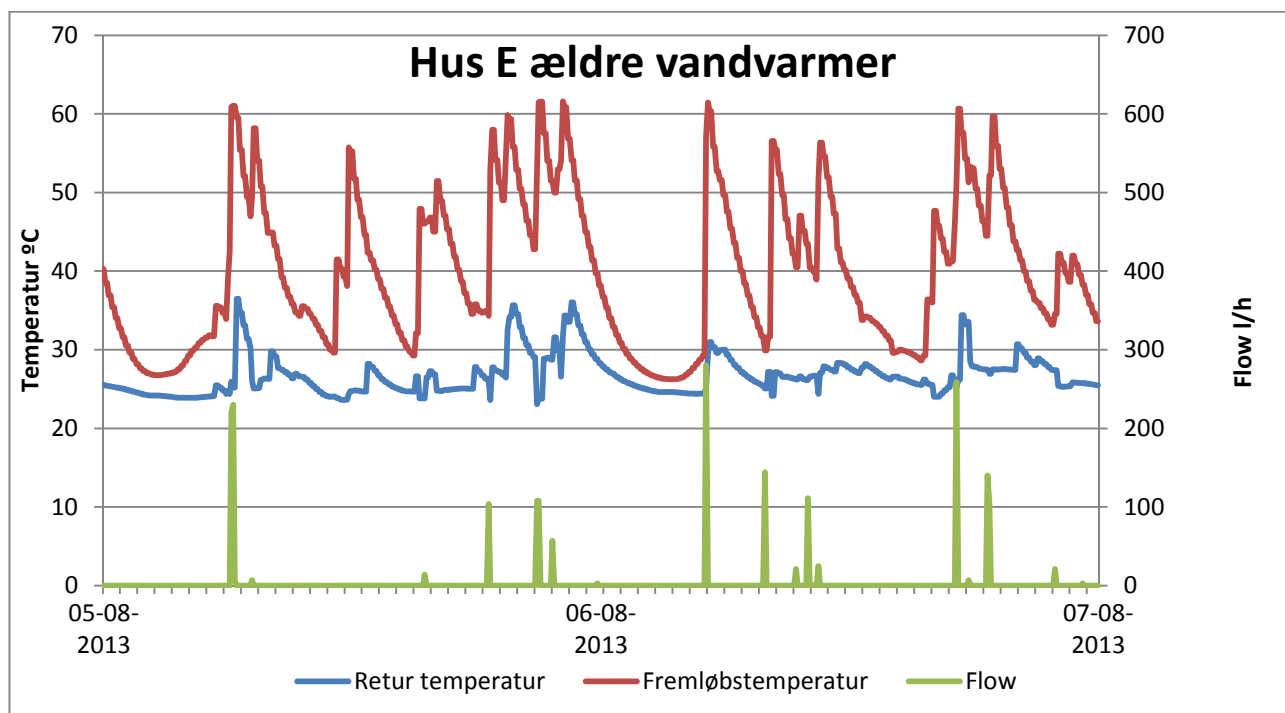
Figur 12 - Driftsmønstre for vandvarmer i unit for Hus A (klar til fremløbstemperatur 55 °C)



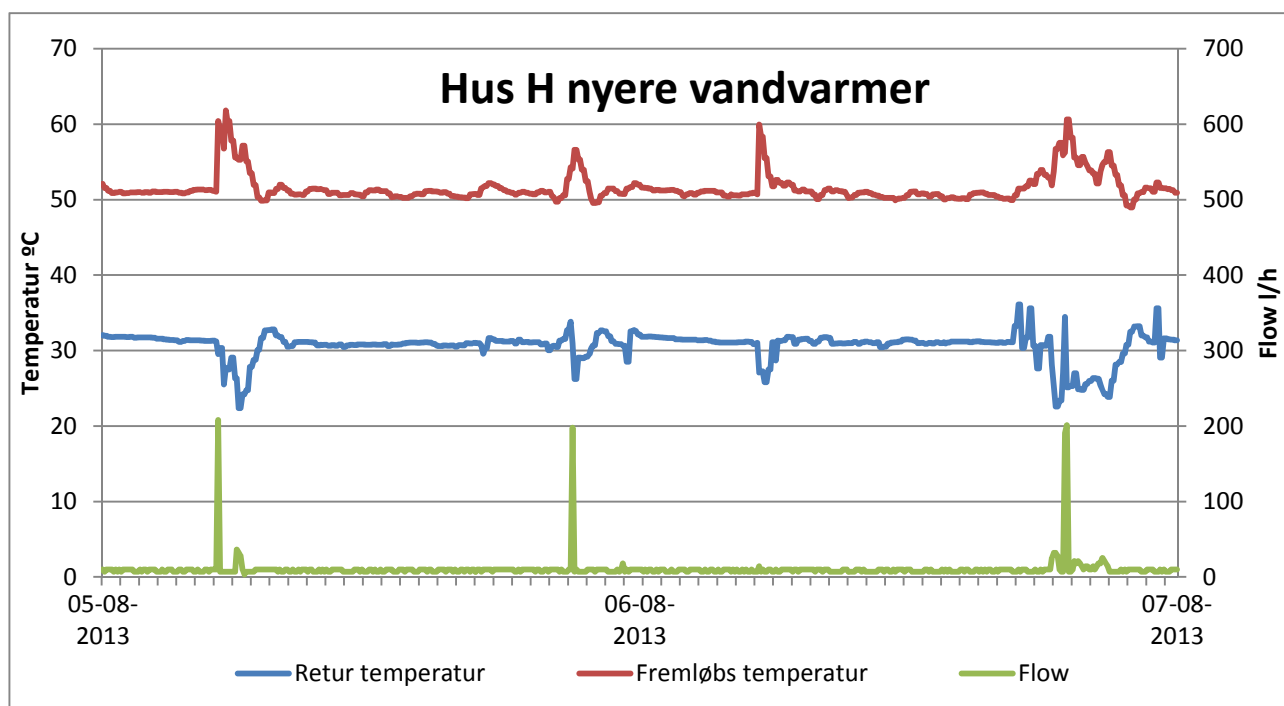
Figur 13 - Driftsmønstre for vandvarmer i unit for Hus B (klar til fremløbstemperatur 55 °C)



Figur 14 - Driftsmønster for vandvarmer i Hus C (klar til fremløbstemperatur 55 °C)



Figur 15 - Driftsmønster for vandvarmer i Hus E (klar til fremløbstemperatur 60 °C)



Figur 16 - Driftsmønstre for vandvarmer i Hus H (klar til fremløbstemperatur 60 °C)

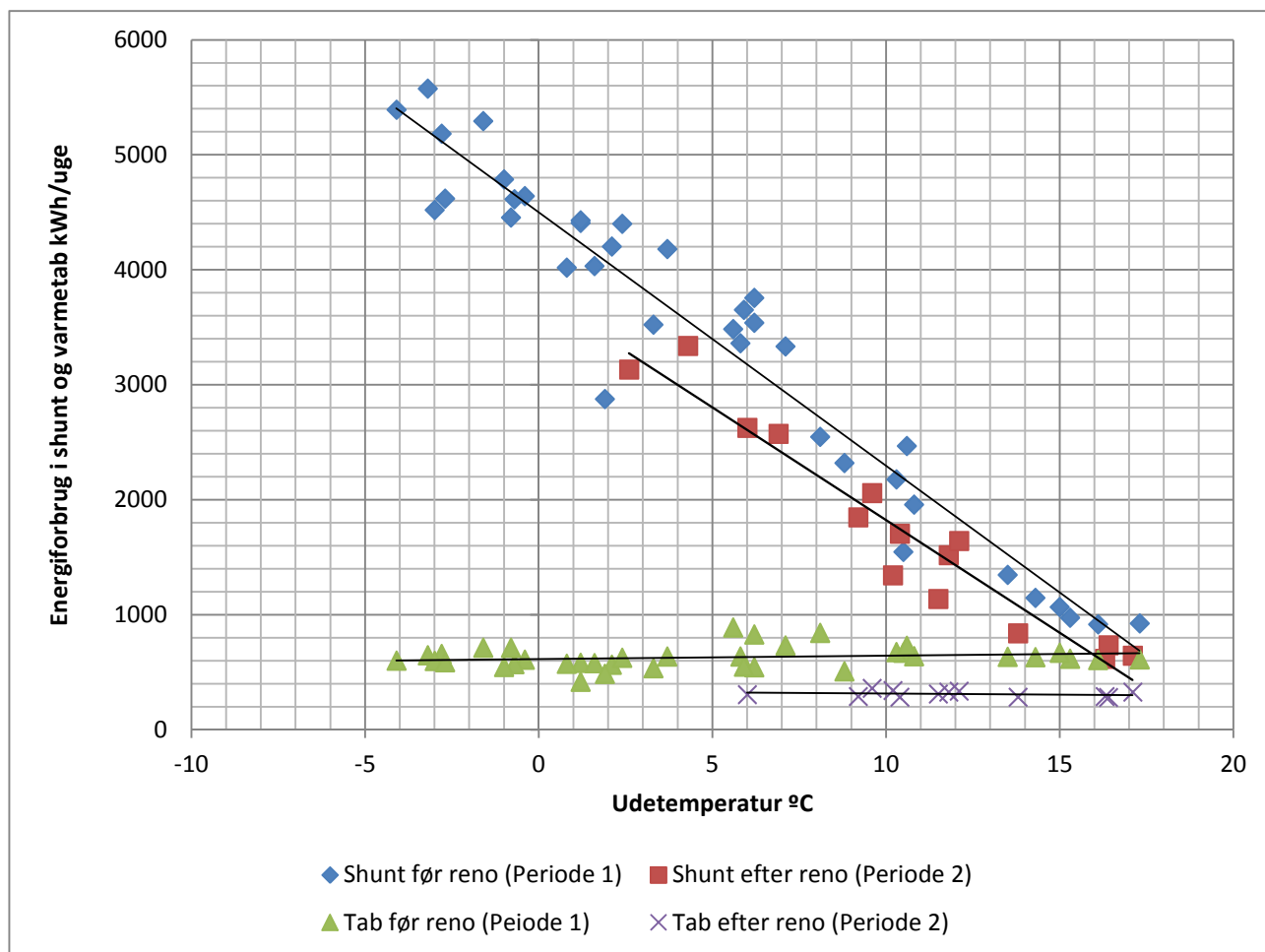
5.6 Målt varmetab i ledningsnettet

Med måledata fra både før og efter renoveringen af ledningsnettet, kan besparelsen på varmetabet for ledningsnettet bestemmes. På figur 17 ses energiforbruget ved shunten samt det målte varmetab i ledningsnettet før og efter renoveringen, som funktion af udetemperaturen (Periode 1 og 2). I efteråret 2013 blev det observeret, at termostatventilen i det nyetablerede omløb i forbindelse med renoveringen var blevet indstillet på ca. 65 °C ("Business as usual"), hvilket med fremløbstemperaturer fra shunten på lige omkring 61 °C betød, at ventilen stod pivåben og returtemperaturen fra området var omkring 50 °C. Omløbet blev derefter lukket, hvilket resulterede i at returtemperaturen faldt til 30 °C. Det er vurderet, at temperaturfaldet kun har indflydelse på varmetabet i gadeledningen. Effekten af lukket omløb er estimeret til 0,2 kW på varmetabet.

Det gennemsnitlige varmetab fra ledningsnettet målt og estimeret over de 3 perioder fremgår af tabel 12.

	Varmetab kW	Tracé- længde m	Specifikt tab W/m
Målt tab før renovering (Periode 1)	3,7	237	15,8
Målt tab efter renovering med åbent omløb (Periode 2)	1,9	230	8,1
Estimeret tab efter renovering med lukket omløb (Periode 3)	1,7	230	7,4

Tabel 12 - Gennemsnitligt målt varmetab over periode 1-3.



Figur 17 - Målt varmetab i ledningsnettet og energiforbrug i shunt som funktion af udetemperaturen.

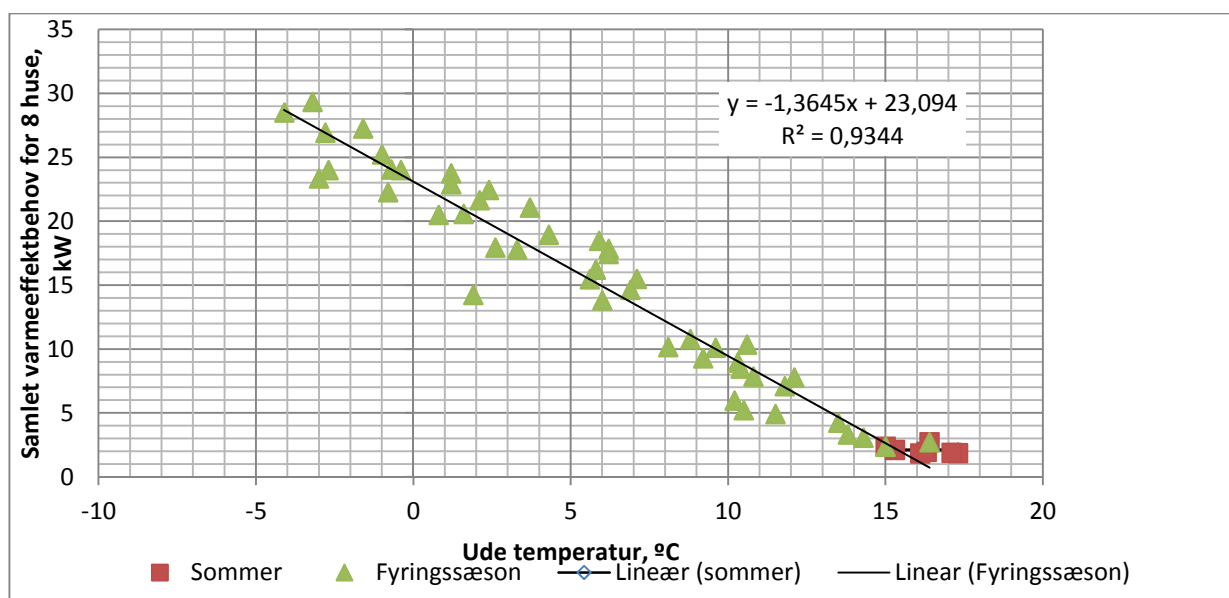
5.7 Estimeret varmetab i ledningsnettet på årsbasis

Da måleperioderne har været forholdsvis korte, er det valgt at estimere et årligt varmetab for at kunne vurdere besparelsesmulighederne. På baggrund af de målte data er der udarbejdet en samlet energisignatur for de 8 huse på vejen. Signaturen er delt op i en sommerperiode og en fyrringssæson, se figur 18. Med udgangspunkt i de gennemsnitlige tab fra tabel 12 og et standardår er den tilførte energi til shunten til området og det relative varmetab fra ledningsnettet beregnet for 3 situationer, se tabel 13-15:

1. Situationen før renovering (tabel 13)
2. Situationen efter renovering med åbent omløb (tabel 14)
3. Situationen efter renovering med lukket omløb (tabel 15)

Energibesparelsen ved at gå fra situation 1 til situation 3 er estimeret til 18 MWh årligt, svarende til 2,2 MWh pr. hus pr. år eller mere end en halvering af varmetabet. Relativt set går varmetabet i ledningsnettet fra at udgøre 24 % af den tilførte energi til vejen til at udgøre 12 %. Ud fra disse estimater og en antagelse jf. tabel 4 om at 38 % af det samlede ledningsnet i Skjoldhøjparken fortsat er Serie 0/1-rør og at det dækker 380 huse ud af de ca. 1000 huse i Skjoldhøjparken, er der beregnet et potentiale for energibesparelser i det ikke-renoverede net

på omkring 840 MWh årligt. Da forsøgene er udført med en fremløbstemperatur ca. 10 °C under normaltemperaturen, er effekten ved alene at sænke fremløbstemperaturen ikke medregnet. Denne effekt er tidligere vurderet til ca. 1 MWh pr. hus for ledningsnettet før reovering [3]. Med et oprindeligt ledningstab på ca. 5,1 MWh pr. hus er den kombineres reduktion af varmetabet i ledningsnettet ca. 63%. Anvendelsen af Serie 3-rør frem for Serie 2-rør i stikledningerne udgør knap 2 %-point heraf.



Figur 18 - Energisignatur for varmeeffektbehov de 8 huse samlet.

Udetemperatur °C	Varighed h	Energisignatur varmeforbrug kW	Ledningstab		Fjernvarme leveret til området		Ledningstab %
			kW	kWh	kW	kWh	
-18,7	8	48,6	3,7	30	52,3	418	7
-14,9	19	43,4	3,7	71	47,1	896	8
-10,0	111	36,8	3,7	415	40,5	4.497	9
-3,2	653	27,4	3,7	2.444	31,2	20.360	12
1,6	1.724	20,9	3,7	6.452	24,7	42.507	15
4,6	1.399	16,9	3,7	5.236	20,6	28.859	18
9,1	1.565	10,7	3,7	5.857	14,5	22.638	26
14,7	3.281	2,1	3,7	12.280	5,9	19.198	64
I alt	8.760			32.785		139.373	24

Tablet 13 - Årligt varmetab fra ledningsnet baseret på målt tab før reovering (Situation 1)

Udetemperatur °C	Varighed h	Energisignatur varmeforbrug kW	Ledningstab		Fjernvarme leveret til området		Ledningstab %
			kW	kWh	kW	kWh	
-18,7	8	48,6	1,9	15	50,4	403	4
-14,9	19	43,4	1,9	35	45,3	860	4
-10,0	111	36,8	1,9	206	38,6	4.287	5
-3,2	653	27,4	1,9	1.209	29,3	19.126	6
1,6	1.724	20,9	1,9	3.193	22,8	39.248	8
4,6	1.399	16,9	1,9	2.591	18,7	26.214	10
9,1	1.565	10,7	1,9	2.899	12,6	19.679	15
14,7	3.281	2,1	1,9	6.077	4,0	12.995	47
I alt	8.760			16.225		122.812	13

Tabel 14 - Årligt varmetab fra ledningsnet baseret på målt tab efter reovering med åbent omløb (Situation 2)

Udetemperatur °C	Varighed h	Energisignatur varmeforbrug kW	Ledningstab		Fjernvarme leveret til området		Ledningstab %
			kW	kWh	kW	kWh	
-18,7	8	48,6	1,7	14	50,3	402	3
-14,9	19	43,4	1,7	32	45,1	857	4
-10,0	111	36,8	1,7	189	38,5	4.270	4
-3,2	653	27,4	1,7	1.110	29,1	19.027	6
1,6	1.724	20,9	1,7	2.931	22,6	38.986	8
4,6	1.399	16,9	1,7	2.378	18,6	26.001	9
9,1	1.565	10,7	1,7	2.661	12,4	19.441	14
14,7	3.281	2,1	1,7	5.578	3,8	12.496	45
I alt	8.760			14.892		121.479	12

Tabel 15 - Årligt varmetab fra ledningsnet baseret på målt tab efter reovering med lukket omløb (Situation 3).

5.8 Andre driftsforhold

Ud over varmetabet fra ledningsnettet er det også interessant at kigge på afkølingen. I tabel 16 ses data for blandeshunt og husene totalt set for uge 32-45 i hhv. 2012 (før reovering) og 2013 (efter reovering). I perioden i 2013 var omløbet åbent, hvilket resulterede i en gennemsnitlig returtemperatur på 50,7 °C mod 39,4 °C i 2012 (se pkt. 7). Energiforbruget i husene (se pkt. 2) og fremløbstemperaturen (se pkt. 5) var noget højere i 2012 hhv. 30% og 3,5°C. Alligevel opnåedes en rimelig afkøling ude i de enkelte huse i 2013 på i gennemsnit 29 °C mod 26 °C i 2012 (se pkt. 11). Tallene viser tydeligt, hvor ødelæggende et forkert indstillet eller fejlbæftet omløb kan være for afkølingen. På trods heraf ses en reduktion i varmetabet for ledningsnettet på over 50 % (se pkt. 3).

		Enhed	2012 Uge 32-45	2013 Uge 32-45
1	Energi leveret fra shunt	kWh	27.259	17.989
2	Energiforbrug i huse, total	kWh	17.672	13.556
3	Varmetab, energi	kWh	9.586	4.433
4	Varmetab, %	%	35	25
5	Tfremløb, shuntet side	°C	64,7	61,2
6	Tfremløb, primærsiden af shunt	°C	72,1	69,9
7	Treturløb, primærsiden af shunt	°C	39,4	50,7
8	Afkøling, shuntet side (T5 - T7)	°C	25,4	10,5
9	Volumen på primærsiden af shunt	m ³	691	797
10	Volumen i huse, total	m ³	576	404
11	Afkøling i huse totalt	°C	26	29

Tabel 16 - Data for periode 1 og 2

Før renovering blev der i en kort periode, uge 9 i 2013, sendt uopblandet vand ind i ledningsnettet på vejen. Tabel 17 viser resultater for uge 9 sammenlignet med uge 10, hvor fremløbs-temperaturen var reduceret med ca. 10 °C. Returtemperaturen på primærsiden af shunten (se pkt. 7) var ca. 7,5 °C højere i uge 10 – afkølingen var alligevel ca. 34,5 °C.

		Enhed	2013 Uge 9	2013 Uge 10
1	Energi leveret fra shunt	kWh	4.033	4.018
2	Energiforbrug i huse, total	kWh	3.455	3.443
3	Varmetab, energi	kWh	578	575
4	Varmetab, %	%	14	14
5	Tfremløb, shuntet side	°C	76,5	66,8
6	Tfremløb, primærsiden af shunt	°C	76,4	76,9
7	Treturløb, primærsiden af shunt	°C	24,8	32,3
8	Afkøling, shuntet side (T5 - T7)	°C	51,7	34,5
9	Volumen på primærsiden af shunt	m ³	72	88
10	Volumen i huse, total	m ³	70	100
11	Afkøling i huse, total	°C	49	35

Tabel 17- Data for uge 9 og 10 i 2013.

5.9 Projektforløb med kunderne

Beboerne på vejen med de 8 huse har i hele forløbet været villige til at deltage i projektet. De har taget imod tilbud om et FjR-eftersyn, termografering og efterfølgende møde med gennemgang af forbedringsmuligheder af klimaskærm og varmeanlæg. Der har været nogle få henvendelser i forløbet, hvor fremløbstemperaturen blev sænket. Disse henvendelser har primært omhandlet vandvarmere, der lige skulle indstilles til den lidt lavere fremløbstemperatur. Der har været nogle få klager, men det har ikke været på grund af projektet. Klagerne omhandlede forløbet med reoveringen af hoved- og stikledningerne. Selvom beboerne er blevet rådgivet i hvor det kunne betales sig at reovere deres huse og de er blevet tilbudt favorable tilskud, så er det ikke lykkedes få mere end halvdelen af beboerne til at lave forbedringer. De fleste huse der før besøget havde et underdimensioneret varmeanlæg i forhold til temperatursæt 60/30 °C har det stadig, men resultaterne har vist, at der i en stor periode af året kan opereres med fremløbstemperaturer tæt på 60 °C.

5.10 Andre erfaringer

Demonstrationen viser, at fjernvarmeforbrugerne i mange tilfælde nok ikke vil forbedre deres klimaskærm eller varmeanlæg, medmindre de får en økonomisk gevinst for det. Tilskuddet kunne være en del af den potentielle besparelse, der vil være ved temperatursænkningen. Hvis den direkte besparelse ved sænkning af temperaturen jf. afsnit 4.7 er i størrelsesordenen 1 MWh pr. hus pr. år er den årlige besparelse for fjernvarmeværket ca. 200-400 kr. som kunne kanaliseres videre til kunden. Omstillingen til at benytte lavere fjernvarmetemperaturer er dog en nødvendighed på sigt for at kunne implementere flere vedvarende energikilder. I hvilket omfang besparelsen på ca. 2,2 MWh pr. hus. pr. år ved reovering af ledningsnettet og andre gevinster kan kvantificeres er der ikke taget stilling til.

Når fremløbstemperaturen sænkes, så viser erfaringerne fra projektet, at specielt varmvandsproduktionen er meget følsom over for små fejl i anlægget. Derfor vil det være en god idé at have et beredskab af gode VVS'er klar til hurtigt at rykke ud, hvis kunderne får problemer med det varme vand, når fremløbstemperaturen forsøges sænket.

6 Referencer

- /1/ Tekniske bestemmelser for fjernvarmelevering, AffaldVarme Aarhus, udgivet 1. oktober 2012.
- /2/ Kunders huse sat under lup, Artikel i Fjernvarmen, nr. 9, 2010.
- /3/ Delrapport 3: Miscellaneous investigations, EUDP-projekt 2008-II: "CO2-reductions in low-energy buildings and communities by implementation of low temperature district heating `systems.
- /4/ SBi-anvisning 213, Bygningers energibehov, 2. udgave, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2011.
- /5/ Varmebehov i nye parcelhuse, SBi 2012:10, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2012
- /6/ Renewable-based low-temperature district heating for existing buildings in various stages of refurbishment, Artikel, Energy, Marek Brand og Svend Svendsen (DTU-Byg), 2013