Aalborg Universitet

Varmt brugsvand

Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger

Bøhm, Benny; Schrøder, Flemming; Bergsøe, Niels Christian

Publication date:
2009

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Bøhm, B., Schrøder, F., & Bergsøe, N. C. (2009). *Varmt brugsvand: Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger*. SBI forlag. SBI Nr. 2009:10

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

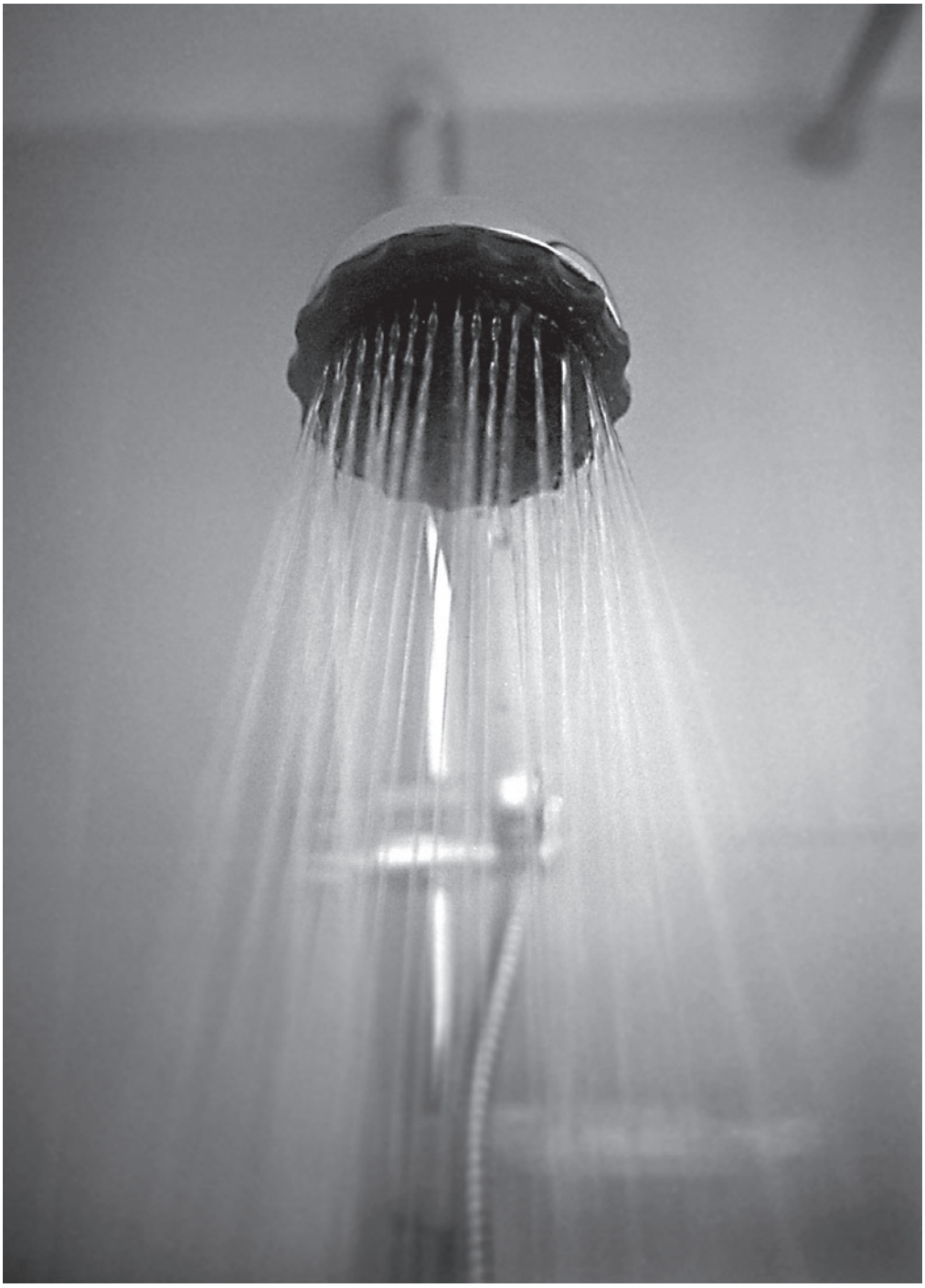
Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: August 23, 2025

SBi 2009:10

Varmt Brugsvand

Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

Varmt Brugsvand

Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger

Benny Bøhm
Flemming Schrøder
Niels C. Bergsøe

SBi 2009:10
Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet · 2009

Titel	Varmt brugsvand
Undertitel	Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger.
Serietitel	SBi 2009:10
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2009
Forfattere	Benny Bøhm, Flemming Schrøder, Niels C. Bergsøe
Sprog	Dansk
Sidetal	215
Litteratur-henvisninger	Side 57
English summary	Side 54
Emneord	Varmt brugsvand, varmtvandssystemer, rørsystemer, energiforbrug, brugeradfærd, Legionella, Energiramme, ELO, myndighedskrav, installationer, vandforbrug, cirkulation
ISBN	978-87-563-1372-8
Tegninger	Benny Bøhm, Flemming Schrøder
Fotos	Forfatterne, hvor intet andet er anført. Fotos af produkter er gengivet med tilladelse af producenten.
Omslag	Foto: Colourbox
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBi 2009:10: Varmt brugsvand. Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger. (2009)*

Indhold

Forord 6
Sammenfatning og konklusion 7
1 Indledning 9
1.1 Formål 9
1.2 Baggrund 10
1.3 Energiforbrug til varmt vand 11
1.4 Afkøling 12
1.5 Budskab 13
1.6 Lovgivning 13
2 Varmtvandssystemer 15
2.1 Historisk forløb 15
2.1.1 Hvem var først med varmt vand? 15
2.1.2 Indførelse af rørsystemer til fordeling 16
2.1.3 Boligforhold 17
2.1.4 Større vandforbrug 17
2.1.5 Større energiforbrug 17
2.1.6 Energiforbrug til cirkulation 18
2.2 Typiske systemer 18
2.2.1 Varmtvandssystemer - grundtyper 18
2.2.2 Niveau 1 – placering 19
2.2.3 Niveau 2 – produktionsform 20
2.2.4 Niveau 3 – fordeling af varmt brugsvand 21
2.2.5 Niveau 4 – cirkulationsprincip 22
2.2.6 Energiforsyning og varmtvandsproduktion 22
2.3 Alternative systemer 23
2.3.1 Boligforening i Nordsjælland 23
2.3.2 Sygehus i Sønderjylland 24
2.3.3 Kontorbygning i Odense 24
2.3.4 Fjernvarmeunits i hver lejlighed 24
2.4 Nye komponenter og rørsystemer 25
2.4.1 Komponenter 25
2.4.2 Rørsystemer 26
2.4.3 Fotos 27
2.5 Principløsninger med fokus på afkøling 31
2.5.1 Forudsætninger 31
2.5.2 Beholder og veksler 32
2.5.3 Ledninger 32
2.5.4 Principløsninger 32
3 Energiforbrug til varmt vand 35
3.1 Opdeling af energiforbrug 35
3.2 Nyttiggørelse af varmetab til rumvarme 36
3.3 Bygningstyper og cirkulationssystemer 37
3.3.1 Enfamiliehuse 37
3.3.2 Boligejendomme 38
3.3.3 Erhvervsejendomme 38
3.4 Adfærd 38
3.4.1 Brugeradfærd 38
3.4.2 Design 40

3.5 Bakterier - Legionella ... 40
3.6 Myndighedskrav ... 41
3.6.1 EU-direktiv ... 41
3.6.2 Energiramme - *Be06* ... 41
4 Målinger i 2000-2004 ... 43
4.1 Data fra energikonsulentordninger ELO ... 43
5 Målinger i bygninger 2005-2008 ... 44
5.1 Udvælgelse af bygninger og installationer ... 44
5.2 Instrumentering og dataopsamling ... 44
5.3 Tolkning af resultater ... 44
5.4 Opsamling af målinger og nøgletal for de målte systemer ... 45
6 Nye målinger i 2007-2008 ... 47
6.1 Målinger på renoverede installationer i 2007-2008 ... 47
7 Simuleringer af varmetab fra rør ... 48
7.1 Forudsætninger, model ”rum” og ”kælder” ... 48
7.2 Beregninger anvendt på ejendom ... 48
8 Perspektivering og anbefalinger ... 51
8.1 Afsæt ... 51
8.2 Perspektivering ... 52
8.3 Anbefaling ... 52
9 Summary and Conclusions ... 54
10 Litteratur ... 57
Bilag ... 59
B.1 Tidligere undersøgelser og målinger 2000-2004 ... 60
B.1.1 Sygehus, 4 systemer, 001, 002, 003, 004 ... 60
B.1.2 Administrationsbygning fra 50'erne, 005 ... 60
B.1.3 Etageejendom med 148 lejligheder, 006 ... 61
B.1.4 Fire mindre boligbyggerier, 007, 008, 009, 010 ... 61
B.1.5 Etageejendom med ladekreds og cirkulation, 011 ... 62
B.2 Målinger i udvalgte ejendomme i 2005-2008 ... 66
B.2.1 Ny skole med idrætshal, varmtvandsbeholdere, 101 ... 66
B.2.2 Indskoling og SFO, varmtvandsbeholder, 102 ... 69
B.2.3 Udskoling og administration, varmtvandsbeholder, 103 ... 73
B.2.4 Tandlægeklinik til skole, veksler, 104 ... 76
B.2.5 Skole fra 1970, veksler og bufferbeholder, 105 ... 80
B.2.6 Lille skole fra 1912, varmtvandsbeholder, 106 ... 84
B.2.7 Kontor i 3 etager fra 1970, varmtvandsbeholder, 107 ... 87
B.2.8 Kontor 5-11 etager fra 1960, varmtvandsbeholder, 108 ... 91
B.2.9 Enfamiliehus fra 1962, varmtvandsbeholder, 109 ... 95
B.2.10 Enfamiliehus fra 2004, varmtvandsbeholder, 110 ... 98
B.2.11 Højhus med ladekreds og cirkulation, 201 ... 101
B.2.12 Etageejendom med vekslere og cirkulation, 202 ... 109
B.2.13 Tæt/lavt byggeri med VVB og cirkulation, 203 ... 119
B.2.14 Kontorbyggeri med VVB og cirkulation, 204 ... 127
B.2.15 Kontorbygn. med undervisningslokaler, VVB og cirk., 205 ... 135
B.2.16 Andelsboligf., VVB og cirk., u. individuel forbrugsmål., 206 ... 143
B.2.17 Tæt/lavt byggeri med VVB og eltracing, 207 ... 152
B.2.18 Tæt/lavt byggeri med VVB og cirkulation, 208 ... 158
B.2.19 4 boligblokke, fælles VVB og cirkulation, 209 ... 166
B.2.20 6 boligblokke, fælles VVB og cirkulation, 210 ... 174
B.2.21 15 boligblokke, fælles VVB og eltracing, 211 ... 182
B.2.22 Ejendom med VVB og eltracing, 212 ... 190
B.2.23 Boligblok med VVB og cirkulation, 213A ... 194
B.3 Målinger på nye installationer ... 201
B.3.1 Boligblok renoveret i 2007, VVB og rør-i-rør, 213B ... 201

B.3.2 Boligblok renoveret i 2007 og 2008, 111 208
B.4 Beregningsmodeller 211
B.4.1 Model ”rum”, regneark 211
B.4.2 Model ”kælder”, regneark 212
B.5 Statistiske data 214
B.6 Signaturforklaring 215

Forord

Denne rapport afslutter forskningsprojektet *Energieffektiv produktion og fordeling af varmt brugsvand i bygninger, set i lyset af EU's bygningsdirektiv og kommende nationale krav til bygningers energiforbrug*.

Projektet er støttet af Energistyrelsens Energiforskningsprogram EFP 05, j.nr. 33031-0055. Tilsagnshaver og projektansvarlig har været DTU Mekanik, Sektion for Energiteknik med lektor, dr. techn. Benny Bøhm som projektleder.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem DTU Mekanik, Sektion for Energiteknik, Statens Byggeforskningsinstitut, Afdelingen for Energi og Miljø ved Aalborg Universitet, ALECTIA (tidligere Birch & Krogboe A/S), KAB (tidligere KAB – Bygge- og boligadministration s.m.b.a.) og STAR PIPE A/S.

Projektgruppen har bestået af:

- Dr. Techn. Benny Bøhm, DTU (projektledelse) og SBi
- Bygningsingeniør og EMO-konsulent Flemming Schrøder, ALECTIA
- Seniorforsker Niels C. Bergsøe, SBi
- Energichef Alex Rytt, KAB
- Udviklingsingeniør Michael Schou, STAR PIPE A/S
- Seniorforsker Kim B. Wittchen, SBi

Der har været nedsat en følgegruppe med følgende medlemmer:

- Bjarne R. Andersen, Odense Kommunes Ejendomsafdeling
- John Christensen, Boligforeningen VIBO
- Birger Christiansen, Tekniq
- Ejner Jerking, Erhvervs- og Byggestyrelsen
- Steen Kjølby, Golan Plastic Products
- Arne Lund, Armatec A/S
- Steffen Moe, Sønderborg Fjernvarme
- Arne Skov, Odder Varmeværk (til medio 2006).

Endvidere har Ejvind Løgberg, ALECTIA, deltaget i følgegruppens arbejde.

Følgegruppen har ydet et stort og værdifuldt arbejde. En speciel tak rettes til Arne Lund, der har inspiceret de udvalgte anlæg med eltracing og leveret supplerende udstyr til anlæggene.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og Miljø
Maj 2009

Søren Aggerholm
Forskningschef

Sammenfatning og konklusion

Formål

Det vurderes, at produktion og fordeling af varmt brugsvand i bygninger vil udgøre en uhensigtsmæssig stor andel af både nuværende og navnlig kommende energirammer. Projektets formål har derfor været på baggrund af en analyse af eksisterende forhold at foreslå mere energieffektive og miljørigtige løsninger til anlæg for varmt brugsvand. Løsningsforslagene baserer sig blandt andet på nye typer cirkulationsledninger, der vil kunne reducere varmetabene med op til 40 procent. Ud over betydningen af at reducere varmetabene inde i bygningen, vil opretholdelse af en lav returtemperatur fra varmtvandssystemet have stor betydning for fjernvarmenettets varmetab, i de tilfælde hvor der er tale om fjernvarmeopvarmede bygninger.

Projektets resultater vil få betydning ikke alene for fremtidige bygninger, men også ved renovering af eksisterende bygninger.

Målinger

Der er i projektet gennemført målinger af vand- og energiforbrug i et større antal bygninger samt en måling af varmetab fra produktionsanlæg og fordelingsledninger. Derudover indgår et mindre antal målinger fra før 2004.

- Energiforbruget til varmt brugsvand udgør en væsentlig del af beboelsesbygningers samlede varmeforbrug. I de målte beboelsesejendomme er andelen bestemt til mellem 28 og 34 procent.
- Størstedelen af energiforbruget til varmt brugsvand går tabt i cirkulationssystemet. Nyttevirkningen er bestemt til 0,30-0,77 i beboelsesbygninger og mellem 0,08 og 0,46 i kontorbygninger og skoler.
- Cirkulationssystemer giver ofte ringe afkøling af varmeforsyningen. Afkølingen er målt til 19-45 °C for etageboliger og 11-24 °C for kontorer.
- Der er ikke fundet en klar sammenhæng mellem fjernvarmeeffekt pr. lejlighed, antallet af lejligheder og systemopbygningen, hvad angår rene vekslerløsninger, ladekredse og varmtvandsbeholdere.
- Eltracing giver ikke mindre tab end et traditionelt cirkulationssystem. Ved anvendelse af eltracing (opretholdelse af temperaturen i distributionssystemet ved hjælp af varmekabler) undgås det at føre cirkulationsvandet tilbage til produktionsstedet (veksler/beholder). Elforbruget belastes med en faktor på 2,5 i henhold til bygningsreglementets energibestemmelser.
- For traditionelle cirkulationssystemer er der fundet en længde på rørene på 5-14 m pr. lejlighed. For systemer med eltracing er længden fundet til mellem 4 og 10 m pr. lejlighed.
- Varmtvandsforbruget er fundet at variere mellem 1,4 og 4,3 m^3/måned pr. lejlighed for boligejendommene.
- Der er fundet stor variation i varmtvandsbeholderens størrelse i forhold til forbruget udtrykt som vandets opholdstid i beholderen. I boliger er opholdstiden 3,5 til 48 timer, mens den er 17-218 timer i kontorer og skoler.
- I enfamiliehuse udgør varmetabet fra varmtvandsbeholdere og vekslere samt fra omkringliggende rør en væsentlig del af det samlede varmetab.

Analyser

Målingerne er suppleret med analyser og beregninger. Der er udviklet to modeller af henholdsvis et rum med gennemgående lodrette varmtvandsrør og et rum over en kældergang med vandrette varmerør. Ved hjælp af modellerne er det fx muligt at vurdere, hvor stor en andel af rørenes varmetab der kan udnyttes til rumopvarmning.

Simuleringsmodellen viser, at i det aktuelle eksempel udnyttes 30-40 procent af det samlede varmetab fra rørene til rumvarme. Det reelle bidrag til opvarmning kan være mindre blandt andet på grund af mekanisk udsugning i køkken og bad.

Konklusion

Projektet har som målsætning at foreslå mere energieffektive og miljørigtige løsninger til anlæg for produktion og fordeling af varmt brugsvand i bygninger og fremme anvendelse af sådanne systemer. På baggrund af projektets resultater – såvel de konkrete måleresultater med tilknyttede beregninger og analyser som de kvalitative observationer, registreringer og erfaringer gjort i forbindelse med den praktiske gennemførelse af målingerne – fremhæves følgende anbefalinger.

- Når det gælder større ejendomme som for eksempel boliger og kontorbyggeri, anbefales det, at de tekniske installationer forsynes med det nødvendige og tilstrækkelige antal (bi)målere til, at det er muligt at adskille og dokumentere energiforbruget til henholdsvis varmt brugsvand, rumopvarmning og ventilation. Sikker viden om størrelsen af de enkelte forbrug er en forudsætning for at kunne vurdere potentialet for energibesparelser. Kun i et fåtal af bygningerne, som er undersøgt i dette projekt, var der på forhånd monteret bimåler på det varme brugsvand.
- Ved nybyggeri og ved renovering anbefales det, at der foretages en nøje planlægning af placering og fordeling af tapsteder for varmt brugsvand i forhold til placeringen af varmtvandsbeholder/veksler. Ligeledes bør nødvendigheden af en cirkulationsledning eller etablering af eltracing gennemtænkes.
- Hvad angår kontorbyggeri, anbefales det, at overveje muligheden for at etablere decentral varmtvandsproduktion (med el) frem for en traditionel løsning med cirkulationsledninger. Selvom elforbruget vægtes med en faktor 2,5, kan det være en fordel at anvende decentrale elvandvarmere.
- For etageboliger er tendensen, at det skal være muligt at måle forbruget i hver enkelt boligenhed. Det anbefales, at der foretages en afvejning af løsninger med en fjernvarmeunit i hver boligenhed i forhold til traditionelle former for forsyning og måling af forbruget til varmt vand og varme (radiatormålere).
- Det anbefales, at det overvejes at anvende nye udformninger af cirkulationsledninger, fx koncentriske rør-i-rør eller twinrør. Desuden kan det overvejes at anvende præfabrikerede stigstrenge i forbindelse med større renoveringer. Regler for skjulte samlinger og rørgennemføringer herunder brandkrav må tages i betragtning.
- Det anbefales, at der foretages en nærmere analyse af, hvor stor en andel af et varmtvandssystems varmetab, der rent faktisk kan udnyttes i en bygning.

1 Indledning

Energisituationen har bevirket, at det varmetab, som fås fra cirkulationsledninger må betragtes med kritiske øjne. Det bør for det første undersøges, om et cirkulationssystem er nødvendigt – og hvis det er tilfældet, må systemet beregnes og udføres således, at den ønskede virkning opnås.

Næsten alle distributionssystemer for varmt brugsvand er forsynet med cirkulation – og mange af dem fungerer dårligt med energispild, vandskader og brugsmæssige mangler til følge.

Kaj Ovesen,
SBI-meddelelse 20, 1982.

Disse kloge ord af Kaj Ovesen, Statens Byggeforskningsinstitut, har dannet en passende optakt til forskningsprojektet *Energieffektiv produktion og fordeling af varmt brugsvand i bygninger, set i lyset af EU's bygningsdirektiv og kommende nationale krav til bygningers energiforbrug*. Som titel på denne rapport, som dokumenterer og afslutter projektet, har projektgruppen valgt den mere mundrette *Varmt brugsvand* med undertitlen *Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger*.

Projektgruppen vil gerne rette en tak til følgegruppens medlemmer samt til alle ejendomme, der har deltaget i projektet, det være bestyrelser, ejendomsmestre, driftspersonale, energikonsulenter, o.a. Da undersøgelsen er gennemført anonymt, er det ikke muligt her at takke disse enkeltpersoner.

Endvidere vil projektgruppen gerne takke firmaer og personer, der teknisk og/eller økonomisk har bidraget til projektets gennemførelse:

- Bjarne Bidstrup, Krüger A/S (installation af optokoblere i elektrolyseskabe)
- Steen Cloos, Rødovre Fjernvarmeforsyning (følere til AP-9 dataopsamling)
- Mark Fischer, Datataker Support (DeLoad software)
- Frederiksberg Forsyning (installation af bimåler)
- Ulrik Freisleben, Maskinfabrikken ARO A/S
- Jan Hansen, JP Automatik og EL (dataopsamling)
- Michael Kjær, DFF EDB (ændring af fjernaflæsningsprogram)
- Søren Lang og Jens Olesen, Kamstrup A/S (Multical 66C i test-version)
- John Mylliin og Susan Baerens, Mylliin Energi Consult (data)
- Peter Schultz, C.B. Svendsen A/S (FA-9 og AP-9 GSM dataloggere)

Lyngby, maj 2009
Benny Bøhm
Projektleder

1.1 Formål

Der er ikke tidligere foretaget større specifikke målinger af energiforbrug og temperaturforløb på varmtvandssystemer. For at kunne vurdere energiforbrug, varmetab og afkøling er der i dette projekt foretaget målinger på en række forskellige varmtvandssystemer i boligbyggerier, erhvervsejendomme og offentlige bygninger.

De primære formål med målingerne har været at danne et grundlag for vurderinger af

- hvor stor en del af det samlede energiforbrug til opvarmning i den bestående boligmasse, der går til varmt vand
- størrelsen af varmetabet i cirkulationssystemer
- virkningsgraden af energiforbrug i varmtvandssystemer
- hvor meget af tabet, der udnyttes til rumopvarmning (dette vurderes på baggrund af simuleringer)
- temperaturforhold ved opvarmning af brugsvand

Desuden har målet været

- at opnå større generel fokus på varmtvandsforbruget og varmetabet i forbindelse med lovgivning, uddannelse og projektering
- at de energimæssige forhold i højere grad tages med ved system- og produktudvikling
- at motivere til, at der ved renovering af varmtvandssystemer i den eksisterende boligmasse gøres en særlig indsats for at reducere varmetabet fra varmtvandssystemer
- at rapporten vil kunne medvirke til at reducere energiforbruget

1.2 Baggrund

Der foreligger ikke sikker viden om, hvor meget energi der anvendes til varmt brugsvand, da der sjældent anvendes separate energimålere til dette formål. Derfor er der ikke den store bevågenhed om energiforbrugets størrelse.

Der har ikke tidligere i Danmark været foretaget større registreringer og undersøgelser af energimængden, der anvendes til varmt vand. De vurderinger, der hidtil har været foretaget, har primært været baseret på teoretiske beregninger og har stort set ikke indbefattet varmetabet fra rørsystemerne. Energiforbruget til varmt vand har tidligere været anslået til at udgøre 8-10 procent af det samlede varmeforbrug. Vurderingerne står i kontrast til de erfaringer, som blandt andet energikonsulenter har gjort, hvor opfattelsen er, at energiforbruget til varmt vand udgør 30 procent af det samlede varmeforbrug.

Når det gælder nybyggeri, ser det ud til, at de nye energikrav primært har virkning på elforbruget og energiforbruget til rumopvarmning. Energiforbruget til varmt brugsvand vil derved udgøre en stadig større andel af det samlede energiforbrug.

I (Bøhm & Danig, 2004) er vist resultater af energi- og temperaturmålinger på et varmtvandsanlæg i en etageejendom i København. I (Schrøder, 2004) er vist registreringer af energiforbrug til varmt vand i et antal boligblokke på Fyn. Fælles for de to undersøgelser er, at der blev konstateret et bemærkelsesværdigt stort energiforbrug til opvarmning af brugsvandet, og især var varmetabene større end forventet. Desuden blev der konstateret en utilfredsstillende afkøling af fjernvarmevandet.

I lyset af resultaterne fra ovennævnte undersøgelser og i lyset af nye EU-regler og efterfølgende reviderede danske energibestemmelser – hvor energiforbrug til varmt vand indgår i energirammen – blev det fundet, at der var behov for at iværksætte nøjere undersøgelser af energiforbrug og temperaturforhold i brugsvandsystemer, hvor produktion og fordeling af varmt brugsvand indgår.

1.3 Energiforbrug til varmt vand

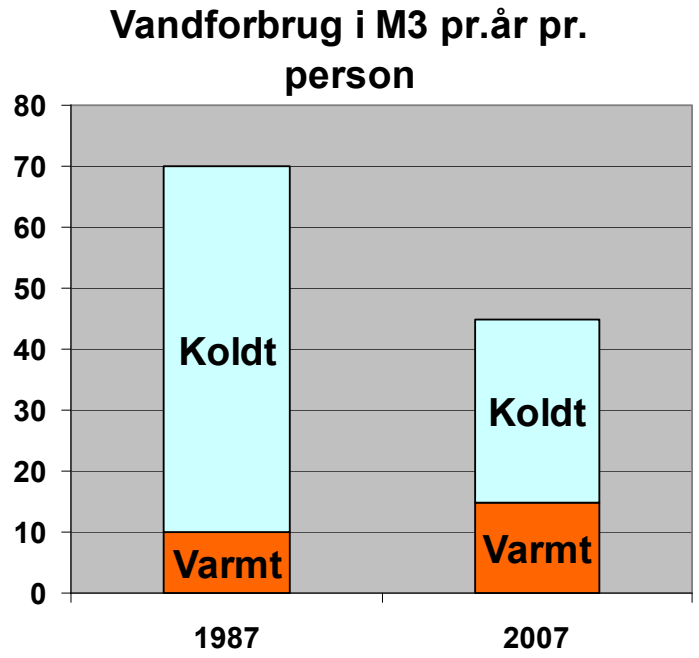
Ifølge ELO-driftsjournaler er varmtvandsforbruget stigende, samtidig med at det samlede vandforbrug ifølge Danmarks Statistik er faldende. I løbet af de seneste 20 år er varmtvandsforbruget pr. indbygger steget fra ca. 10 m^3 pr. år til nu ca. 15 m^3 pr. år, mens det samlede vandforbrug er faldet fra ca. 70 m^3 pr. år pr. indbygger til nu ca. 45 m^3 pr. år pr. indbygger.

Energiforbruget til varmt vand er også steget, og især standby-tabet fra varmtvandssystemer, der udgør så stor en del af vores samlede energiforbrug til opvarmning i Danmark, at det er tvingende nødvendigt at rette fokus på dette ”glemte” energiforbrug. Rapportens titel kunne suppleres med undertitlen "Det glemte forbrug".

Ca. 1/3 af det kolde vand opvarmes til varmt vand i vandvarmere, hvor energitilførslen ofte er fjernvarme, gas eller olie. Dertil skal lægges opvarmning af vand til madlavning, opvask og tøjvask; en opvarmning der typisk sker med el. Denne rapport sætter fokus på den del af det varme vand, der opvarmes i vandvarmere, og det energiforbrug, der er forbundet med opvarmning og distribution herunder det varmetab, der året rundt er fra vandvarmere og rørsystemer.

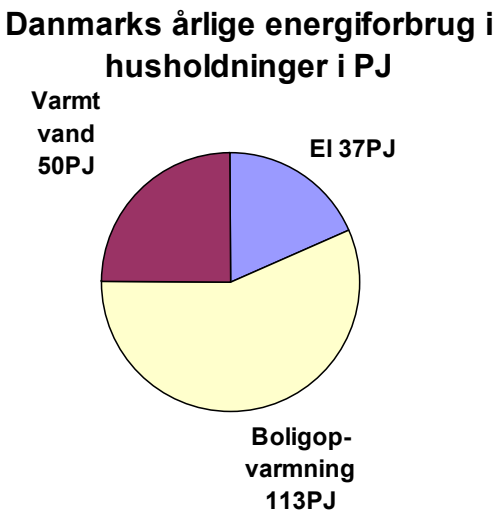
I dette projekt er der målt på 24 forskellige varmtvandssystemer i etageejendomme, rækkehuse, enfamiliehuse, skoler, kontor- og administrationsbygninger. Sammen med andre undersøgelser og observationer danner materialet grundlaget for denne rapport.

Energiforbrug i varmtvandssystemer udgør en væsentlig del af Danmarks samlede energiforbrug. Ifølge *Energistatistik 2007* (Energistyrelsen, 2007B) udgør energiforbruget til husholdninger 200 PJ/år, hvoraf elforbruget udgør 37 PJ/år. 163 PJ/år anvendes til opvarmning. Der er ikke tidligere foretaget større målinger af energiforbrug alene til varmt vand. Denne rapport viser, at ca. 30 procent af energiforbruget til opvarmning i boliger går til varmt vand svarende til ca. 50PJ/år.

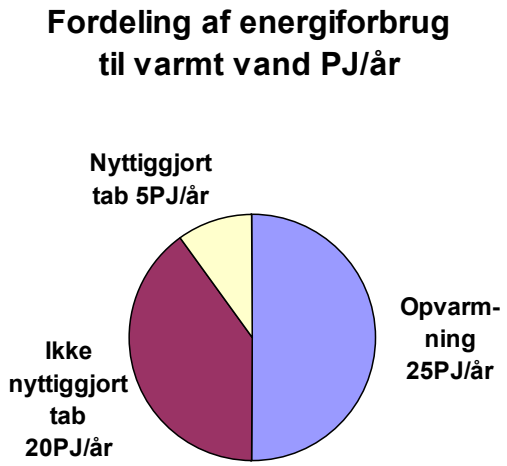


Figur 1.3.1. Udvikling i koldt- og varmtvandsforbruget.

I størrelsesordenen halvdelen af energiforbruget til varmt vand tabes fra rør og vandvarmere svarende til et standby-tab på 25 PJ/år; kun halvdelen af energiforbruget anvendes til opvarmningen af vandet, mens resten er tab. Det vurderes i denne rapport, at mindre end 25 procent af varmetabet fra varmtvandssystemerne kan bidrage til rumopvarmning. Den øvrige del er reelt tab svarende til 20 PJ/år.



Figur 1.3.2. Fordeling af energiforbrug i husholdninger. Det samlede forbrug er 200 PJ/år.



Figur 1.3.3. Fordeling mellem energiforbrug til opvarmning og tab. Samlet forbrug ca. 50 PJ/år.

1.4 Afkøling

Varmeanlæg, der opvarmer varmt vand, kan have en væsentlig højere retur-temperatur fra vandvarmere end fra radiatoranlæg. Årsagen er, at anlægget skal vedligeholde en høj brugsvandstemperatur på 50-55 ºC. Den ringere afkøling ses typisk i varmtvandsanlæg med store cirkulationssystemer. Den høje returtemperatur på varmeanlæggets vand fra vandvarmere blandes op med en større vandmængde med en lavere returtemperatur fra radiatoran-lægget og ”kamufleres”/skjules derved i varmesæsonen. Men om sommeren afsløres den ringe afkøling.

Et andet forhold er, at netop om sommeren sænker mange fjernvarmeværker fremløbstemperaturen til omkring 60 °C. Når der skal opretholdes en varmtvandstemperatur på 55 °C, medfører det et stort flow i fjernvarmeanlæg og dermed øgede energiudgifter til pumpning.

1.5 Budskab

Denne rapports vigtigste opgave har været at eftervise, at der er et stort energiforbrug – og især et stort varmetab – forbundet med varmtvandsforbruget. Dernæst, at denne viden udbredes til mange og anvendes i forbindelse med undervisning, ved design af komponenter i varmtvandssystemer og ikke mindst ved design af varmtvandssystemer såvel nye systemer som ved renoveringer.

Ca. 90 procent af energiforbruget i varmtvandssystemer hidrører fra den eksisterende bygningsmasse, hvor størstedelen af systemerne er 30-50 år gamle. Mange ældre systemer står for at skulle udskiftes p. gr. a. tilkalkning og tæringer. Desuden er rør og ventiler ofte dårligt eller slet ikke isolerede.

Figur 1.5.1. 40 år gamle vandrør. Tilkalkning (BK, BC,BV), tæringer i bøjninger og samlinger. (Foto: Fyns almennyttige Boligselskab).

Figur 1.5.2. Uisolerede lodrette vandrør i toilet og køkken (ejendom fra midt 60-erne). (Foto: Fyns almennyttige Boligselskab).

1.6 Lovgivning

Der har ikke været rettet fokus på energiforbrug til varmt vand i de senere år, hverken i den generelle energidebat eller fra offentlig side. Energistyrelsen udsendte i oktober 2007 "*De 10 bud til at spare på energien*" (Energistyrelsen, 2007A). Ingen af disse bud handlede om varmt vand. Klimaskærmen og elforbrug til især pumper har været, og er stadig, de mest dominerende områder, der fokuseres på i energisparekampagner.

Der er varslet skærpelser af de gældende energirammekrav, hvor *Lavenergiklasse 2* og *Lavenergiklasse 1* inden for få år vil blive indført som minimumskrav. Med den gældende standard for varmtvandsforbrug i beregningsprogrammet *Be06* vil en familie anvende mere energi til varmt brugsvand end til rumopvarmning og husholdningsapparater. Det er usikkert, om varmetabet fra brugsvandsrørene nyttiggøres, som beregninger med *Be06* angiver.

Normerne *DS 439:2000, Norm for vandinstallationer* (Dansk Standard, 2000) og *DS 452:1999, Termisk isolering af tekniske installationer* (Dansk Standard, 1999) bør eventuelt revurderes ud fra nuværende og kommende forbrugsmønstre. *DS 439:2000* er under revision, *DSF/DS 439:2008*.

2 Varmtvandssystemer

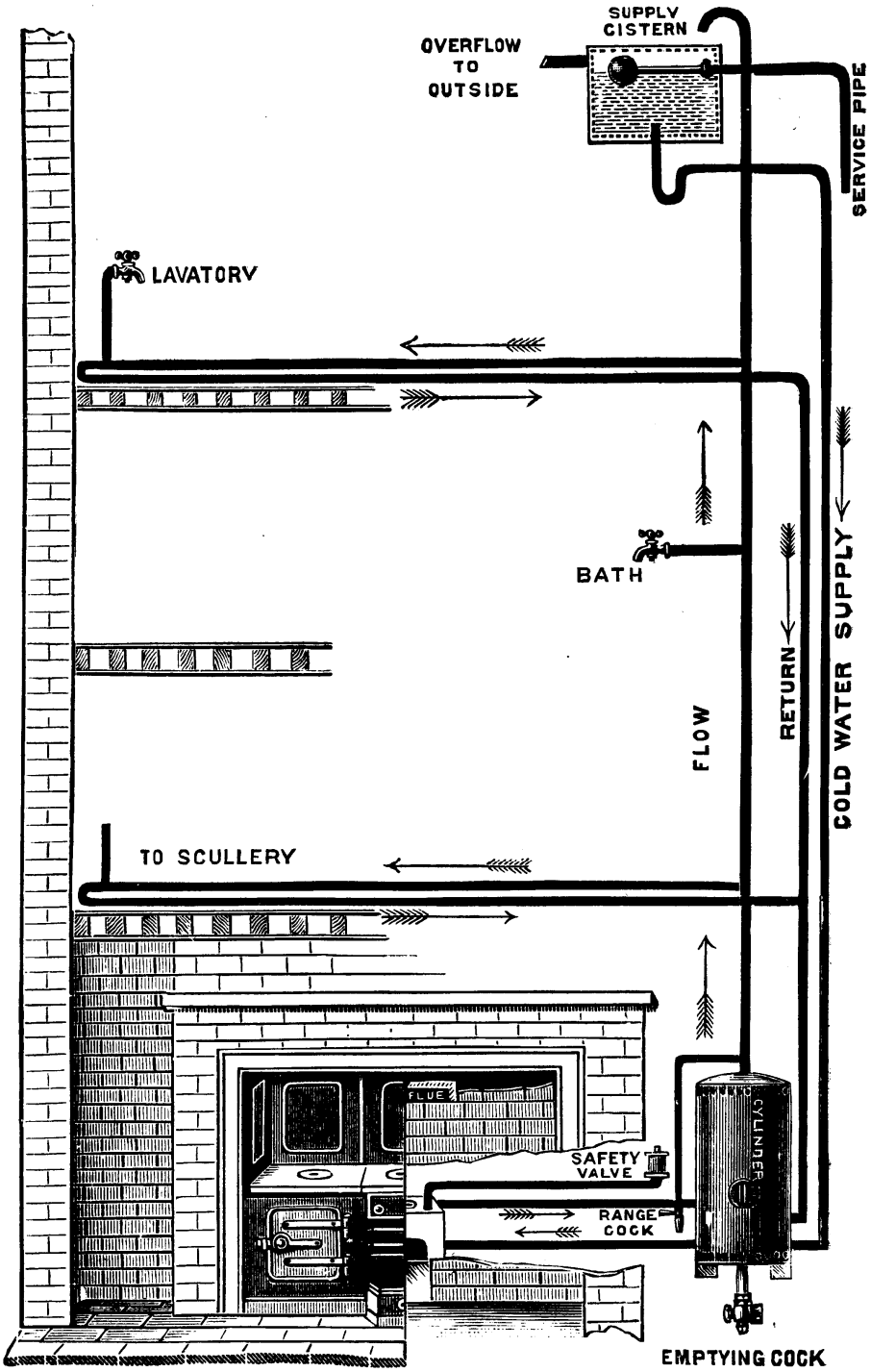
2.1 Historisk forløb

2.1.1 Hvem var først med varmt vand?

Varmt vand kendes langt tilbage i historien. Hvem der var først, kan ikke umiddelbart besvares, da det afhænger af, hvordan varmtvandsproduktion og fordeling defineres. Indfødte i Peru har ført varmt vand frem i bambusrør fra udgravede bassiner, der fik varmen fra undergrunden. Romerne havde varmt vand, og de kunne også distribuere det. I Bath i England kender man til varmtvandsinstallationer tilbage fra romertiden.

Teknikken blev i en lang periode glemt, og først i midten af 1800-tallet kom der i forbindelse med industrialiseringen gang i distribution af varmt vand. Omkring 1870 kom dels komfurer med indbygget varmtvandsbeholder dels separate gasvandvarmere, se figur 2.1.1 og figur 2.1.2. I begyndelsen af 1900-tallet kunne varmtvandsbeholdere leveres med forsyning til flere tapsteder, og elvandvarmere kom også på markedet.

Figur 2.1.1. Bruser med gasopvarmet vandtank fra sidst i 1800-tallet. Udstillet i Koldinghus 2007.



Figur 2.1.2. Bath apparatus – cylinder system (Walter Jones, 1894).

2.1.2 Indførelse af rørsystemer til fordeling

Udbredelsen af centralvarmeanlæg i slutningen af 1940'erne medførte også større udbredelse af varmtvandssystemer i Danmark. Nye ejendomme blev forsynet med rørsystemer såvel til radiatorer som til tapsteder for varmt vand. Væksten i boligbyggeriet i 60'erne med krav om bedre komfort resulterede i en stigning i udbredelsen af vand- og varmerør både i etageejendomme og i enfamiliehuse. I den ældre boligmasse, der var fra en tid uden vandinstallationer, blev der også etableret centralvarmeanlæg og varmtvandsanlæg, og det blev muligt at tappe varmt vand i det mindste ved køkkenvasken. Senere er der etableret bad i mange ældre ejendomme.

Det vurderes, at der i dag er installeret ca. 40.000 km varmtvands- og cirkulationsledninger. Det svarer til jordens omkreds. Antages det, at det gennemsnitlige varmetab fra varmtvandsrør er 15 W/m ~ 130 kWh/år pr. m, er det samlede rørtab ca. 20 PJ/år. En del af rørtabet vil i vinterhalvåret kunne nyttiggøres til rumopvarmning. Nyttiggørelsen vil variere efter indbygningsforhold, men en væsentlig del vil ikke kunne nyttiggøres. Det vurderes, at ca. 1/4 bliver nyttiggjort til rumvarme. Dette betyder, at ca. 15 PJ/år er varmetab. Rørtabet på 15 W/m er fastsat ud fra et gennemsnit, hvor der især i ældre etageejendomme er uisolerede varmtvandsrør. Udover tab fra rør skal tillægges tab fra vandvarmere. Det vurderes, at det samlede tab fra vandvarmere udgør ca. 5 PJ/år.

2.1.3 Boligforhold

I samme periode som varmtvandssystemer med cirkulation blev mere udbredt, skete der et markant skift i befolkningens boligart. Omkring 1960 boede lidt under 60 procent af befolkningen i etageboliger, mens den øvrige del af befolkningen boede i enfamiliehuse, rækkehuse, landejendomme og tilsvarende. I 2003 boede 60 procent af befolkningen i enfamiliehuse, rækkehuse etc., se uddrag af Statistisk Årbog i nærværende rapport side 214.

I dag har hvert hus sin egen varmtvandsinstallation. Forholdet mellem antal meter varmtvandsrør og antal indbyggere i Danmark har ændret sig betydeligt siden 60'erne, og det vurderes, at der i dag er ca. 8 m varmtvandsrør pr. indbygger.

2.1.4 Større vandforbrug

I takt med stigningen i befolkningstallet er der sket en stigning i forbruget af varmt brugsvand, til trods for at der i de senere år er konstateret et fald i det samlede koldtvandsforbrug. Udsagnet *"Aldrig har så mange taget så meget bad"* vidner om stigende ønske om og større mulighed for bedre hygiejne og velvære, men også om et større energiforbrug.

Ifølge Statistisk Årbog var det samlede brugsvandsforbrug (koldt + varmt) til husholdning i 1987 ca. 70 m^3/person pr. år, hvoraf ca. 10 m^3/person pr. år gik til varmt vand. I dag er det samlede forbrug ca. 45 m^3/person pr. år, hvoraf ca. 1/3 er til varmt vand – ca. 15 m^3/person pr. år.

2.1.5 Større energiforbrug

Det vurderes, at forbruget af varmt brugsvand udgør ca. 30 procent af det samlede vandforbrug, og det vurderes, at andelen er stigende.

Den megen fokus på begrænsning af energiforbruget midt i 70'erne, påvirkede naturligvis energiforbruget til varmt vand. I mange lande blev der gennemført kampagner med henblik på at spare varmt vand m.v., og resultatet kan blandt andet ses ved, at der blev sat vandbegrænser i vandarmaturer, og badekar blev nedlagt.

I dag er det et overordnet mål, at Danmarks energiforbrug nedbringes. Bygningsreglementets energibestemmelser fører imidlertid ikke direkte til begrænsning af energiforbruget til varmt vand. Det er i dag almindeligt, at der stræbes efter øget komfort, og "Wellness" er et begreb, som har medført installation af større og endog flere baderum i samme bolig. Populariteten af panel- og tallerkenbrusere, spabade etc. må antages at medføre et stigende energiforbrug til varmt vand.

Af komforthensyn er der et ønske om, at varmt vand kommer frem til tapstedet hurtigt, så der ikke er ventetid og vandspild. Installationer bliver fortsat udformet ud fra dette hensyn, hvor energispild ikke umiddelbart prioriteres højt.

2.1.6 Energiforbrug til cirkulation

I historisk perspektiv har energiforbruget til varmt vand og cirkulation haft lille interesse, hvilket kan hænge sammen med, at forbruget har udgjort en forholdsvis lille del af det samlede energiforbrug. Energikrisen i 70'erne satte fokus på selve varmtvandsforbruget, men varmetab fra systemerne havde fortsat lav prioritet.

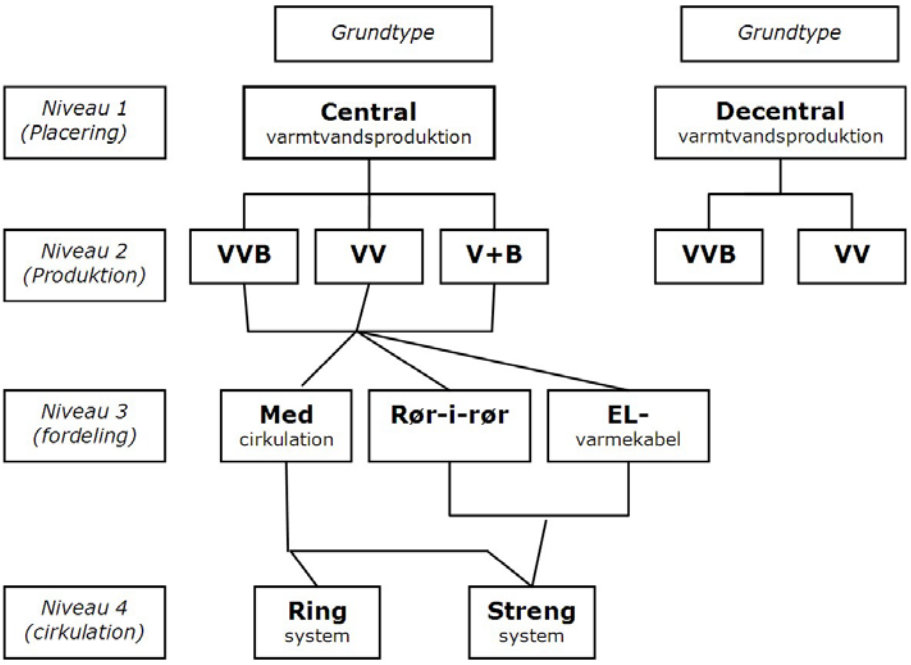
Bestræbelserne på at spare energi til varmt vand har primært ligget i at begrænse selve mængden af vand, der blev tappet, og at sikre god isolering af varmtvandsbeholderen. Varmetab fra rør og cirkulationsledninger udgør imidlertid den største del af varmetabet, og tabet er en væsentlig del af det samlede energiforbrug til opvarmning af brugsvand.

2.2 Typiske systemer

2.2.1 Varmtvandssystemer - grundtyper

Der findes mange forskellige systemer og komponenter til opvarmning af brugsvand, se eksempelvis skitser af anlæg, som indgår i denne undersøgelse, i bilaget side 59. Systemets opgave er dels at hæve temperaturen på det kolde brugsvand fra 10-15 °C til 55-60 °C dels at lede det varme vand frem til tapstederne uden nævneværdigt temperaturfald. Parametre, som indgår, er anlægspris, funktion, traditioner, lovgivning, lokale retningslinjer, krav til afkøling af varmeforsyning m.v. samt drifts- og energiudgifter.

Figur 2.2.1 viser en systematik, der kan omfatte de fleste brugsvandssystemer.



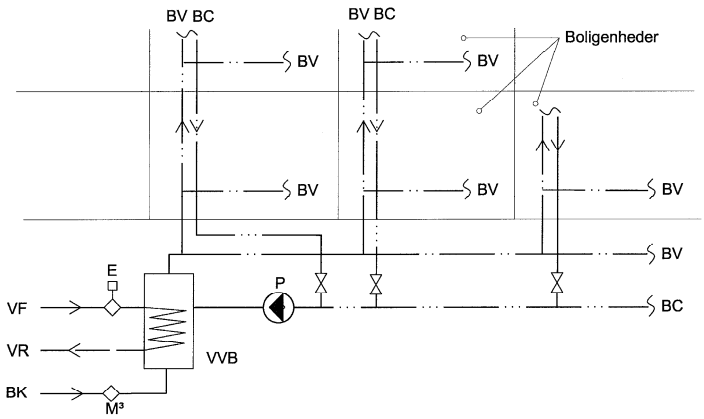
Figur 2.2.1. Systematik for opbygning af varmt brugsvandsanlæg.

VVB:	Varmtvandsbeholder
VV:	Varmeveksler
V+B:	En kombination af veksler og beholder
Cirkulation:	Et rørsystem, der via en pumpe, fører vandet tilbage til VVB
Rør-i-rør:	Et yderrør fører varmt vand frem, og et inderrør fører vandet tilbage
El-varmekabel:	Et vandrør, hvorunder der er lagt et varmekabel, der via el varmer rør og vand
Ringsystem:	Et varmtvandsrør føres rundt i bygningen og vender tilbage til VVB, hvor det sidste stykke da er cirkuationsledning
Strengsystem:	Et forgrenet system med hovedrør og sidegrene (som et træ), hvor der fra flere grene (ender) føres cirkulationsledninger tilbage.

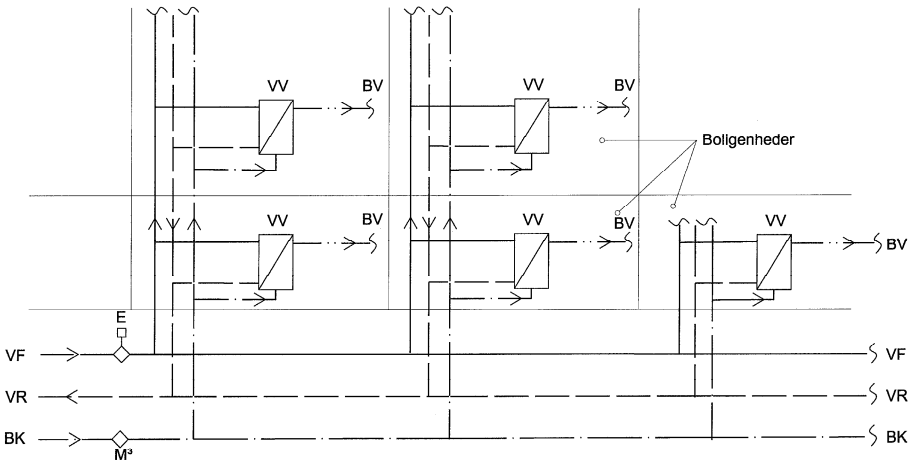
2.2.2 Niveau 1 – placering

Figur 2.2.2 viser et eksempel på et centralt varmtvandssystem, der typisk forekommer i etageejendomme navnlig i ældre etageejendomme. En varmtvandsbeholder (VVB) er placeret i kælder, og fra VVB føres varmt vand frem i kælder med stigstrenge til boligenheder. Herfra returneres cirkulationsvandet via pumpe (P) til VVB.

Figur 2.2.3 viser et eksempel på et decentralt varmtvandssystem. Systemet er almindeligt forekommende i nyere etageejendomme. Varmtvandsproduktionen er placeret i hver boligenhed, og der er almindeligvis ikke cirkulation på det varme brugsvand, da der er kort afstand til tapsteder i boligenheden. Til gengæld skal centralvarmevandet cirkulere hele året ved høj temperatur.



Figur 2.2.2. Central varmtvandsproduktion.

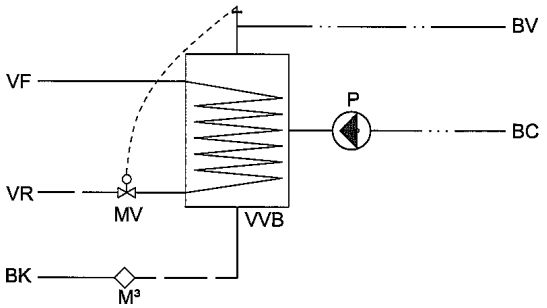


Figur 2.2.3. Decentral varmtvandsproduktion.

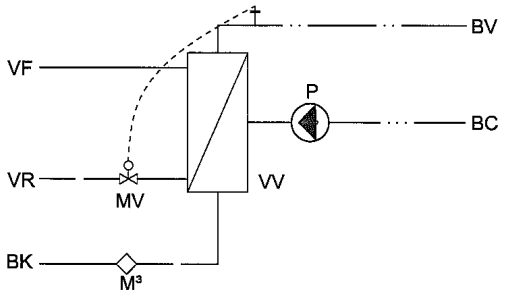
2.2.3 Niveau 2 – produktionsform

Der er grundlæggende tre metoder til opvarmning af brugsvandet.

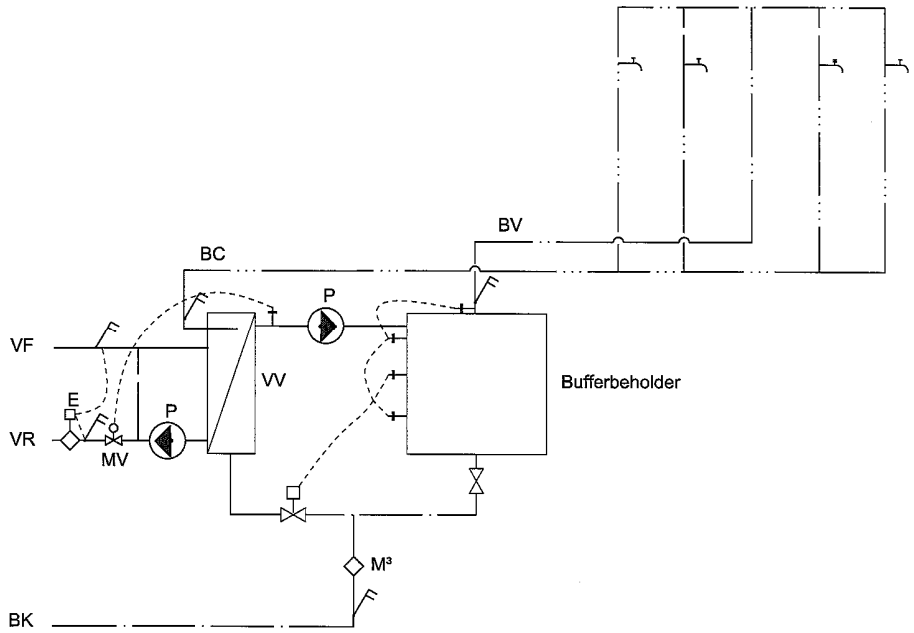
- Opvarmning i beholder (VVB), figur 2.2.4.
- Opvarmning i veksler (VV), figur 2.2.5.
- Kombination af VVB og VV, ofte benævnt "ladekredsanlæg", figur 2.2.6.



Figur 2.2.4. Varmtvandsproduktion, beholderløsning.



Figur 2.2.5. Varmtvandsproduktion, vekslerløsning.

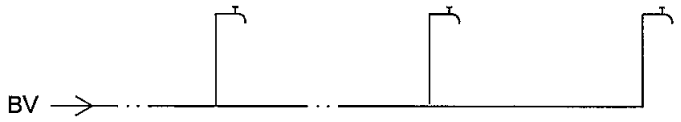


Figur 2.2.6. Varmtvandsproduktion, kombinationsløsning med veksler og beholder (ladekredsanlæg).

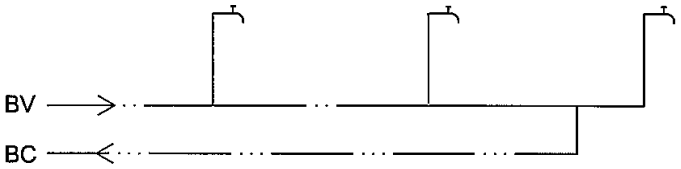
2.2.4 Niveau 3 – fordeling af varmt brugsvand

Der er grundlæggende tre metoder til fordeling af varmt brugsvand.

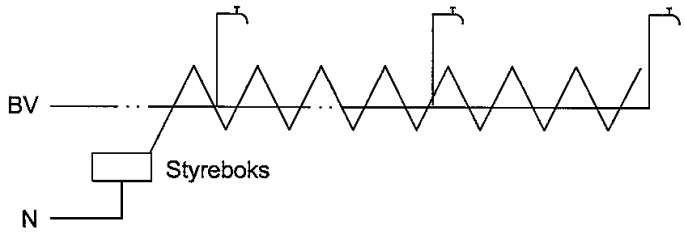
- Fordelingsledning uden cirkulation og uden at vandtemperaturen vedligeholdes. Anvendes ved korte afstande til tapsteder og dermed kort ventetid, figur 2.2.7.
- Varmt vand fordeles, og vandtemperaturen vedligeholdes med separat cirkulationsledning, der fører vandet tilbage til VVB. Anvendes ofte i anlæg med stor udstrækning, figur 2.2.8.
- Cirkulationsledning føres tilbage inde i fremløb, dvs. rør-i-rør. Metoden er ved at blive indført både i forbindelse med renovering og ved nyanlæg. Princippet er som i figur 2.2.8.
- Varmtvandsledninger holdes varme ved hjælp af elektriske varmekabler. Metoden anvendes, når der er behov for vedligeholdelse af vandtemperaturen uden anvendelse af cirkulationsledninger, figur 2.2.9.



Figur 2.2.7. Fordelingssystem uden cirkulation.



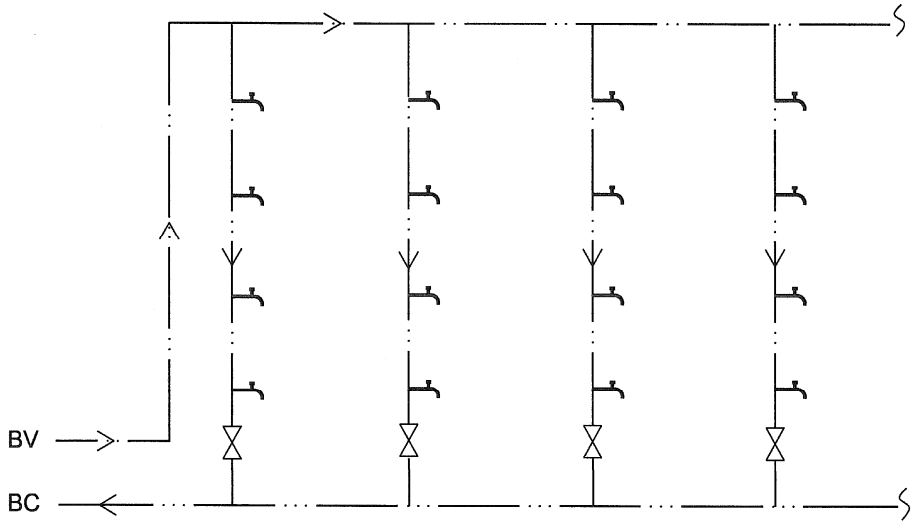
Figur 2.2.8. Fordelingssystem med cirkulation.



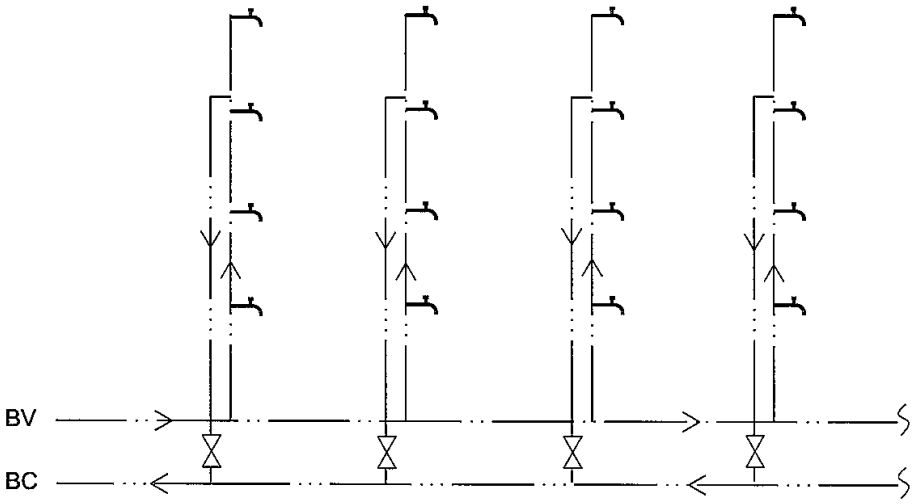
Figur 2.2.9. Fordelingssystem med el-varmekabel.

2.2.5 Niveau 4 – cirkulationsprincip

Ringforbundet eller med strenge.



Figur 2.2.10. "Ringforbundet" cirkulationssystem med øvre fordeling.



Figur 2.2.11. Strengforbundet cirkulationssystem med nedre fordeling.

2.2.6 Energiforsyning og varmtvandsproduktion

Der er generelt tre forskellige energiforsyninger.

- Vandbåren varmeforsyning fra fjernvarme/gas-olie-kedelvand/solvarme.
- El-energi, varmelegeme i vandet.
- Direkte opvarmning med gas, gasvandvarmere.

Energiforsyning med el vil i mange tilfælde være principielt samme opbygning af beholderløsning og i en vis udstrækning fordelingssystem, men der vil ofte være tale om små systemer. El-varmekabler ses oftere sammen med vandopvarmede beholdere end med el-opvarmede beholdere.

De angivne grundtyper for varmtvandsproduktion og fordelingssystemer ses ofte kombineret. Desuden forekommer rørsystemer, som er en kombination af forskellige fordelingsprincipper.

Beholderløsninger, det vil sige volumenlagring, kan forekomme i variationer med en enkelt beholder eller med to eller flere koblet i serie eller i parallel. Løsningen er pladskrævende, og vandet vil have en længere opholdstid i beholderen/beholderne, som kan medføre forringet vandkvalitet. Varmetabet vil være større end ved vekslerløsninger på grund af den større overflade, men beholderløsninger behøver mindre effekt end vekslerløsninger.

Tidlige vekslerløsninger var med tætsiddende rør i en beholder. Senere kom rørvekslere, hvor det ene rør lå inden i det andet. Pladevekslere, som er mest udbredt i dag, består af en veksler, som både opvarmer det kolde vand og cirkulationsvandet; løsningen betegnes også en "4-benet vekslerløsning". I de senere år er der kommet en "5-benet vekslerløsning", hvor cirkulationsvandet føres ind ”midt” i veksleren. Vekslerløsningen kræver høj effekt, typisk 32 kW for et enfamiliehus; i enfamiliehuse kan effekten være 10 gange større end effektbehovet til rumopvarmning.

Vekslere kan kalke til, hvilket vil forringe afkølingen og dermed reducere ydelsen, men det vil give en bedre vandkvalitet på grund af vandets kortere opholdstid i veksleren. I København er det almindeligt at reducere fremløbstemperaturen på fjernvarmen før veksleren vha. en shunt, jf. diagrammer i bilaget. Herved reduceres tilkalkningen betydeligt.

Der findes flere løsninger, som kombinerer varmtvandsbeholder og veksler. Her nævnes tre, som er almindelig udbredt.

- Ladekredsprincip: En veksler opvarmer vandet og lader det op i en bufferbeholder. Metoden er udbredt i København, se figur 2.2.6.
- Varmtvandsbeholdere: Seriekobling af to-tre beholdere, der opvarmer det kolde vand i modstrøm, kombineret med en lille separat veksler, der alene opvarmer cirkulationsvandet. Varmeforsyningens retur fra den lille veksler føres til fremløb i radiatoranlæg og/eller til den første/koldeste beholder. Metoden er velegnet i situationer, hvor der er et stort cirkulationstab. Metoden finder udbredt anvendelse i Odense, hvor der er krav om god afkøling af fjernvarmevandet.
- Beholder- og vekslerløsning: Metoden går ud på at forbedre en eksisterende varmtvandsproduktions effekt og afkøling ved at anbringe en veksler før eller efter varmtvandsbeholderen. Der er observeret løsninger, hvor den tilsigtede effekt sjældent opnås, da veksleren ofte underdimensioneres, og der undlades at tage højde for energitabet i cirkulationsledningen og den relativt høje returtemperatur, der er på cirkulationsvandet.

2.3 Alternative systemer

Med henblik på at reducere rørlængder og nedbringe antallet af vand- og varmerør, er der udført alternative systemer både ved nyopførelser og ved renoveringer. I det følgende nævnes tre eksempler.

2.3.1 Boligforening i Nordsjælland

Hovedprincip: Varmt brugsvand opvarmer ”radiatorvand” decentralt.

Varmt brugsvand anvendes som energiforsyning til både varmt vand og radiatoranlæg i et boligkompleks. Varmt vand produceres centralt med en ekstra stor varmeeffekt. Vandet pumpes ud til tapsteder og decentrale vekslere, der opvarmer radiatorvand blokvis. Kun tre hovedrør skal føres frem:

- Varmt brugsvand frem
- Varmt brugsvand cirkulation
- Koldt vand

2.3.2 Sygehus i Sønderjylland

Hovedprincip: Radiatorvand bidrager til opvarmning af ”varmt brugsvand” decentralt.

Fra sygehusets hovedvarmecentral pumpes det udetemperaturkompenserede radiatorvand ud til radiatorer og til decentralt placerede varmtvandsbeholdere. Vandtemperaturen hæves lokalt i beholderne med elvarmelegemer. Efter flere års drift blev der opsat solvarmeanlæg, som bidrager til opvarmning af varmt vand. Herved skal kun tre hovedrør føres frem:

- Varme frem
- Varme retur
- Koldt vand

2.3.3 Kontorbygning i Odense

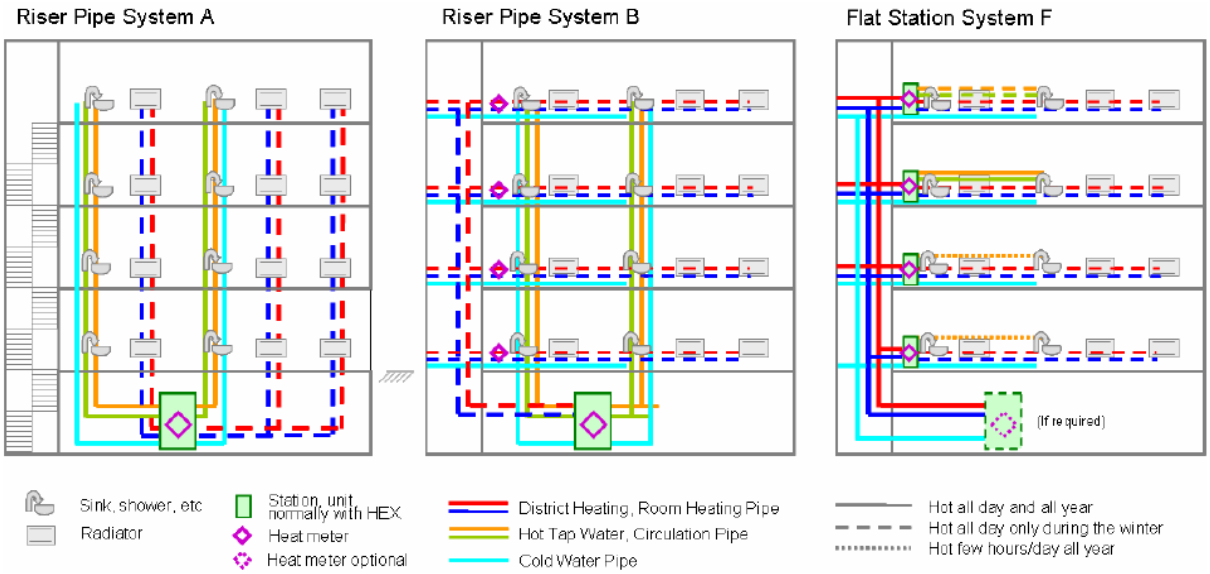
Hovedprincip: Et fjernvarmeopvarmet varmtvandssystem er erstattet af elvandvarmere.

I varmecentralen i en ældre kontorbygning, som skulle renoveres, var der to store fjernvarmeopvarmede varmtvandsbeholdere. Via et stort rørsystem forsynede beholderne håndvaske, rengøringsvaske og baderum med varmt vand. Derudover var der et stort cirkulationssystem. Forbruget af varmt vand var lavt, men fjernvarmeforbruget var højt på grund af varmetab i cirkulationsledningerne. Løsningen blev decentralt placerede el-vandvarmere med kort afstand til tapsteder. Kun få ledninger blev forsynet med varmekabler, og den samlede længde af varmtvandsrør blev reduceret til 20 procent af den oprindelige længde.

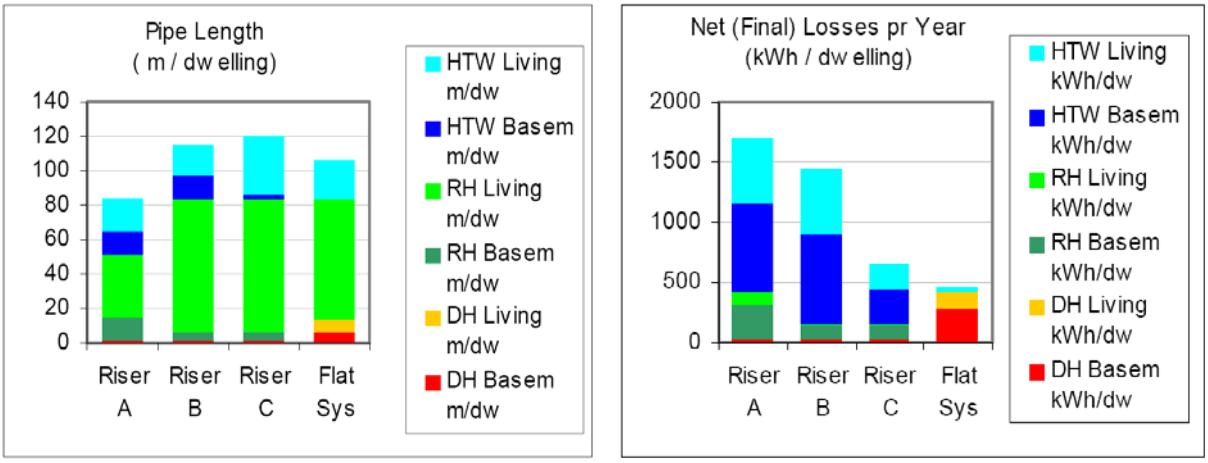
2.3.4 Fjernvarmeunits i hver lejlighed

Til sidst i dette afsnit skal nævnes muligheden for at anvende en fjernvarmeunit i hver lejlighed. Fordele herved er blandt andet en nemmere adgang til at måle energiforbruget i hver lejlighed. Systemet adskiller sig fra de tidligere beskrevne systemer ved, at en sammenligning af forskellige systemer må medtage både varmerør og rør til varmt brugsvand,

I (Kristjánsson, 2008) er vist en sammenligning af systemer med stigstrenge og med fjernvarmefordeling i en typisk etagebolig, se figur 2.3.1.



Figur 2.3.1. Tre forskellige fordelingssystemer i en etagebolig. Systemerne har forskellig driftstid for de forskellige ledningstyper. (Kristjánsson, 2008).



Figur 2.3.2. Sammenligning af ledningslængder pr. lejlighed, samt årligt nettovarmetab pr. lejlighed for 3 systemer med stigstrenge og et system med fjernvarmefordeling til hver lejlighed. (Kristjánsson, 2008).

Det anføres (Kristjansson, 2008), at ud over muligheden for et mindre varmetab, så vil fjernvarmefordelingen give forbrugeren bedre mulighed for at regulere varmeanlægget til den ønskede komfort.

Da fjernvarmefordelingen som tidligere nævnt medtager både varmefordelingsrør og rør til varmt brugsvand, så vil systemet ikke blive behandlet yderligere i rapporten.

2.4 Nye komponenter og rørsystemer

Produktudvikling med sigte på nedbringelse af energiforbrug og varmetab fra varmtvandssystemer er begrænset. Elforbruget til cirkulation kan reduceres ved anvendelse af de nye A-mærkede cirkulationspumper, men elforbruget til pumper udgør imidlertid kun en lille del det samlede energiforbrug i varmtvandssystemer. Tidsstyring af cirkulationspumper har, afhængig af hvor længe pumpen kan være stoppet, stor indflydelse på varmetabet fra cirkulationsledninger. I beboelsesejendomme kan stop af pumpen sjældent praktiseres, men i enfamiliehuse og rækkehuse kan fx en bevægelsesføler eller kobling til lyset i badeværelset styre cirkulationspumpen. Det skal understreges, at tidsstyring af cirkulationspumper kan medføre en risiko for legionella, se afsnit 3.5 Bakterier - Legionella, side 40.

Der er i løbet af de senere år udviklet nye komponenter i form af units og fordelerrør, der har til formål at reducere pladsbehov, mindske produktpris og montagetid samt øge komforten. I visse tilfælde kan de nye komponenter i bonus medføre et mindre energiforbrug, men der savnes en målrettet indsats mod komponenter og systemer, som kan bidrage til reduktion af energiforbruget. Pris og design er vigtige parametre, når der vælges armatur, hvorimod funktion, rengøringsvenlighed og vand- og energiforbrug sjældent inddrages. En mærkningsordning for armaturer kunne fx indføres. Nedenfor vises en række eksempler på nye komponenter og rørsystemer.

2.4.1 Komponenter

- Mange units til varme- og varmtvandsanlæg har en uisoleret veksler og uisolerede rør, og kabinettet er normalt også uisoleret.
- Fordelerrør til såvel varmeinstallationer som vandinstallationer isoleres traditionelt ikke. Producenter har ikke udviklet isoleringskapper, og det er vanskeligt at komme til at isolere efter montagen.

- Fordelerrør med injektorvirkning river/cirkulerer det varme vand længere ud til tapstederne. Ventetiden nedsættes herved, men samtidig øges varmetabet fra rørene, og ofte er rørene uisolerede på den sidste strækning.
- På et-grebs-armaturer står håndtag normalt lige ud over udløbstuden. Derved tappes både koldt og varmt vand, når håndtaget løftes, selv om der kun ønskes koldt vand. Der findes dog enkelte armaturer, der kun giver koldt vand i "lige ud" stilling. En hensigtsmæssig løsning er at anvende to-grebs armatur over køkkenvask og et-grebs armaturer over håndvaske.
- Bruserpaneler, ”tallerken-brusere” mv. øger varmtvandsforbruget. Normalvandstrømmen fra en almindelig bruser er 0,10-0,15 l/s, mens den er noget højere ved de nye brusertyper.

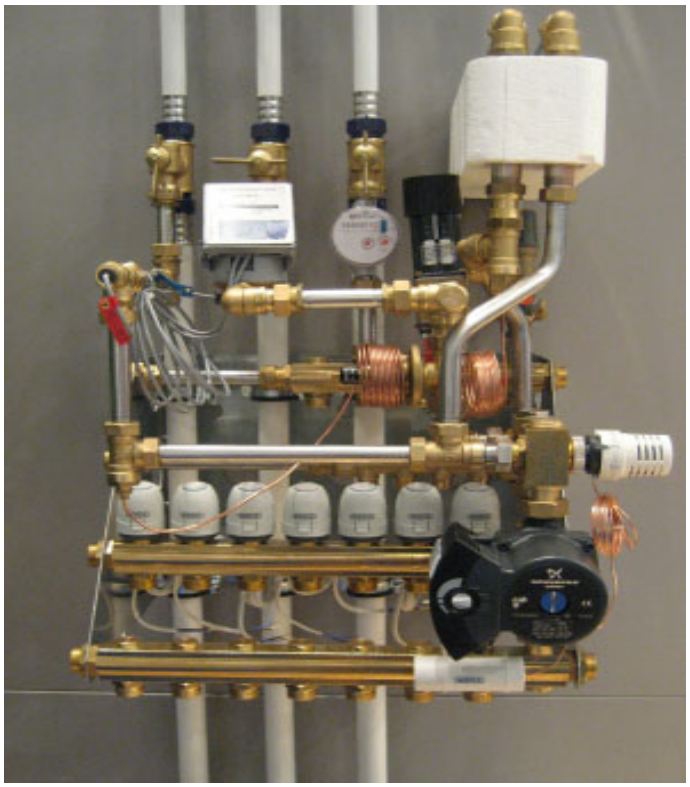
2.4.2 Rørsystemer

- Rør-i-rør princippet. Der er ikke tale om et tomrør, men at det inderste rør fører cirkulationsvand tilbage, og det yderste rør fører det frem. Fordelen er, at der kun skal monteres ét rør, hvilket er mindre pladskrævende, og varmetabet er mindre. Systemet er primært anvendeligt ved lige lodrette rør i etageboliger med max. 5 etager. Der er udviklet rørfittings til top og bund, der fører det inderste rør ud af det yderste.
- Et andet rør-i-rør princip er en løsning i pex-rør til føring under gulve i enfamiliehuse og rækkehuse. Fra varmtvandsbeholder i bryggers lægges hovedvarmtvandsrør under gulv ubrudt frem til fordelerrør i fx badeværelse i den modsatte ende af huset. Hovedrøret øges én dimension for at kunne rumme et mindre pex-rør, der stikkes ind i det store rør helt frem til fordelerrøret. Herfra pumpes varmt vand tilbage ved hjælp af cirkulationspumpen. Fordele er som ovennævnte stålrørsløsning.
- Præisolerede rør er generelt bedre isolerede end rør, der isoleres på stedet. Præisolerede rør er beregnet til at ligge i jord, og der er ikke udviklet systemer bestemt for indendørs montage. Der er fremkommet samisolerede systemer, hvor varmerør er lagt i fælles isoleringsmateriale, hvorved varmetabet reduceres væsentligt. Sådanne systemer kunne med fordel udvikles til montage i bygninger især til anvendelse i forbindelse med renovering af vandinstallationer i den eksisterende boligmasse.
- Elvarmekabler bliver anvendt i en del varmtvandsinstallationer for at vedligeholde varmtvandstemperaturen og derved udelade cirkulationsledningen. Det anbefales, at der gennemføres beregninger af både anlægs- og energibesparelser, før der vælges løsning med varmekabler.

For alle præisolerede rør gælder det, at det skal sikres, at isoleringen lever op til gældende regler i forhold til den påtænkte anvendelse.

2.4.3 Fotos

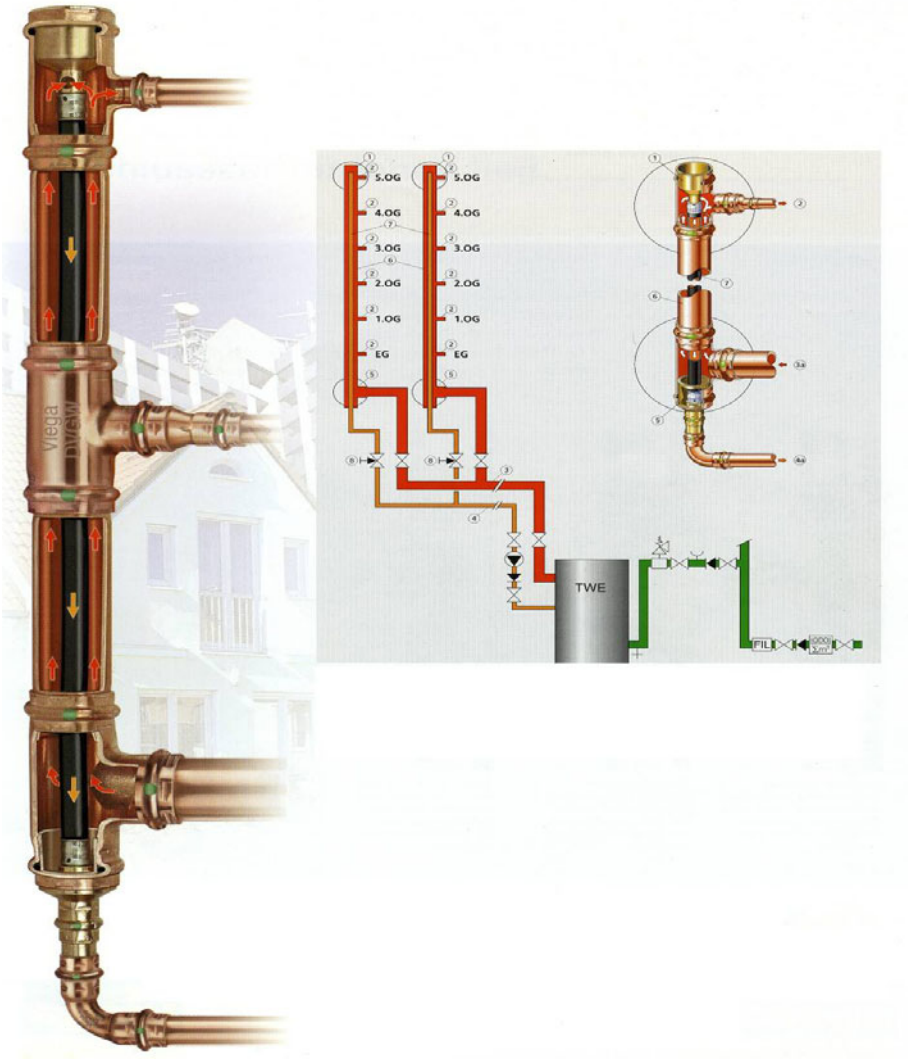
Figur 2.4.1. Uisoleret veksler.



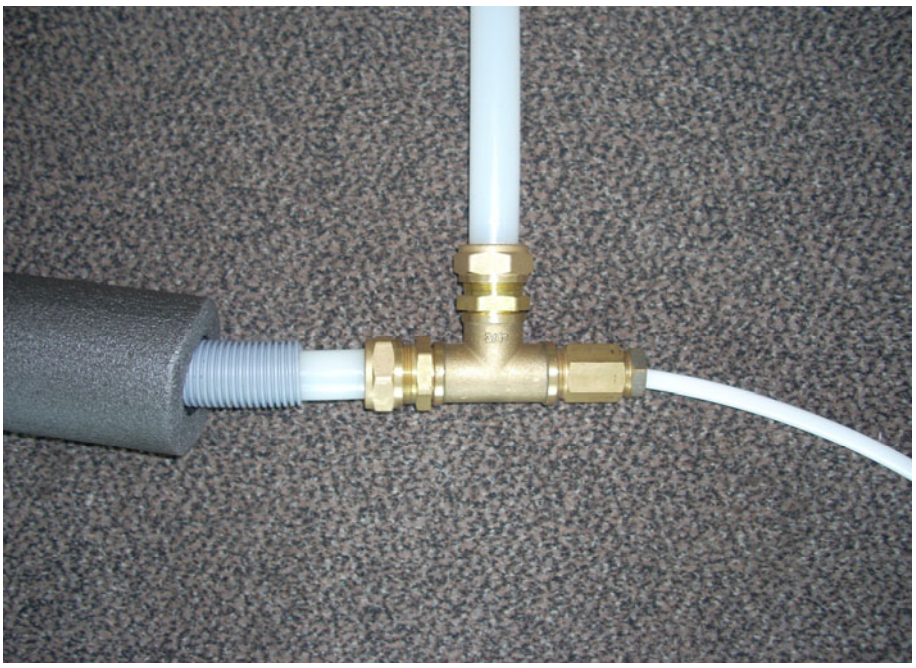
Figur 2.4.2. Unit med isoleret veksler, men med uisolerede fordelerrør.

Figur 2.4.3. Uisolerede fordelerrør over loft.

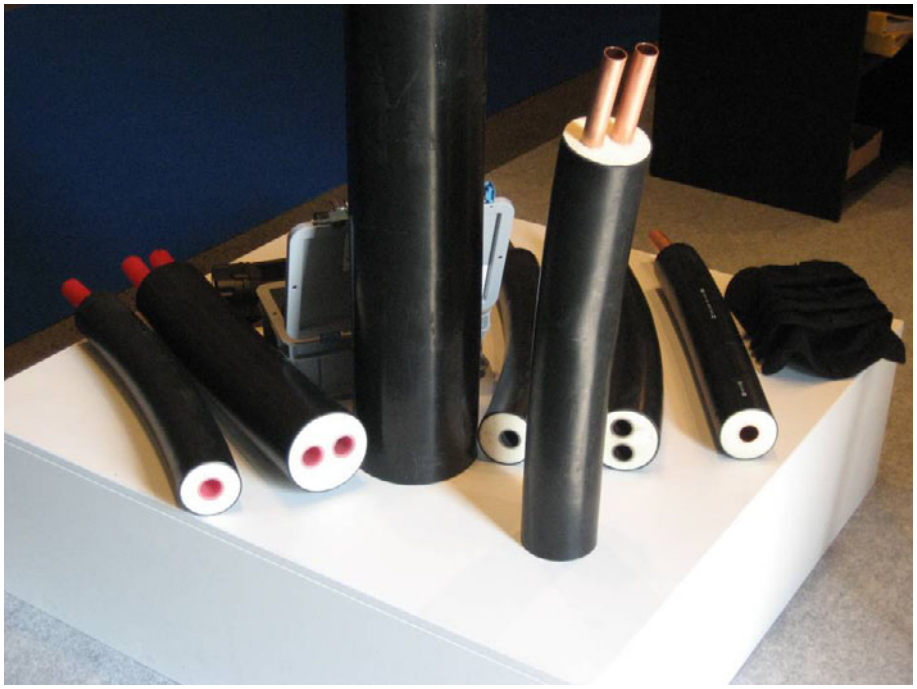
Figur 2.4.4. Injektorfordelerrør (Foto: Wavin).



Figur 2.4.5. Rør-i-rør, stål-pex (Foto: Viega A/S).



Figur 2.4.6. Rør-i-rør, pex-pex (Foto: Golan Plastic Products).



Figur 2.4.7. Præ-samisolerede rør.

Figur 2.4.8. Varmekabel på vandrør, HWAT (rørisolering er kun vist delvis på det vandrette rør).

2.5 Principløsninger med fokus på afkøling

2.5.1 Forudsætninger

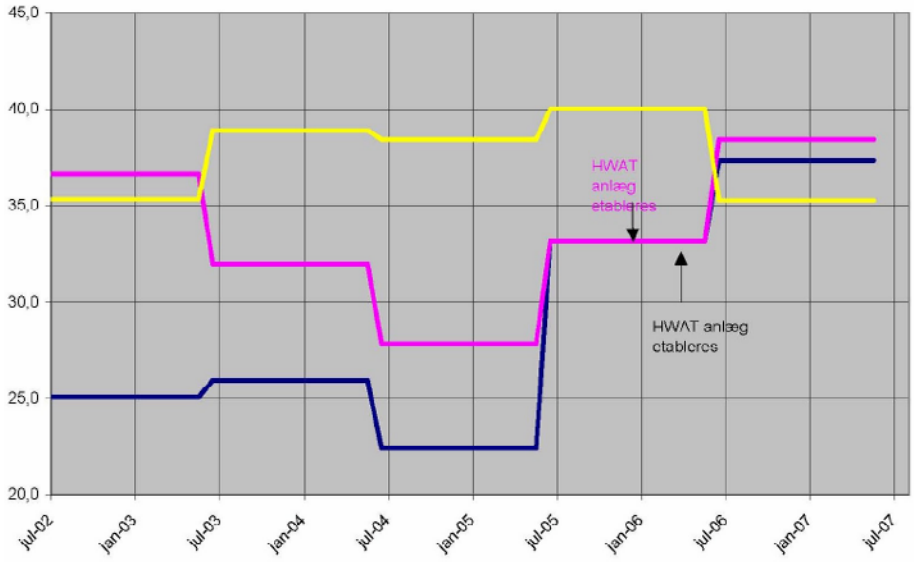
Søges en løsning, der giver en god afkøling af fjernvarmevandet, er det vigtigt at være opmærksom på

- at der ved tapning af varmt vand, kommer koldt vand ind i beholder/veksler. Fjernvarmevandet eller vand fra varmeanlæg kan da under tapning blive kølet ned til ca. 20 °C. Typisk er aftap kortvarig – kommer typisk i "spidser" på kurveudskrifter fra målinger – hvilket kræver hurtigtregulerende ventiler på varmesiden
- at cirkulationsvandet derimod har et overvejende konstant flow med en konstant temperatur nær 50 °C, hvor fjernvarmevandet ved opvarmning af cirkulationsvandet ikke kan køles længere ned end til ca. 50 °C
- at vurdere den nødvendige effekt til opvarmning af ejendommens maksimale forbrug af varmt vand og den nødvendige effekt til opvarmning af det cirkulerede vand, dvs. varmetabet fra rør, ventiler, beholder etc.
- størrelsen af det årlige energiforbrug til opvarmning af vand og størrelsen af det årlige tab fra rørsystemet mv. samt forholdet mellem det årlige energiforbrug til selve opvarmningen af brugsvand og opvarmning af det cirkulerede vand.

Det er således cirkulationsvandet, der er én af hovedårsagerne til dårlig afkøling. I (Lund, 2008) beskrives målinger på nogle ejendomme, der er skiftet fra et cirkulationssystem til et system med eltracing, se figur 2.5.1.

Det anføres (Lund, 2008), at anvendelse af varmekabler (eltracing) forbedrer afkøling med 3-7 °C. Det angives endvidere, at systemer med eltracing kun anvender en tredjedel af energiforbruget ved traditionelle cirkulationssystemer til at opretholde varmtvandstemperaturen.

I denne rapport vægtes varmekablernes elforbrug med en faktor på 2,5 jf. *Be06*, og i de undersøgte bygninger med eltracing er nyttevirkningen lige akkurat på niveau med nyttevirkningen i bygninger med traditionelle cirkulationsledninger.



Figur 2.5.1. Afkøling i tre boligejendomme, hvoraf de to har udskiftet cirkulationssystemet med eltracing, Lund (2008). Gul kurve: Ejendom A, cirkulation. Violet kurve: Ejendom B, eltracing. Blå kurve: Ejendom C, eltracing.

2.5.2 Beholder og veksler

For at få en god afkøling i beholdere og vekslere skal de være dimensioneret og opbygget specielt herfor. Modstrømsprincippet er bedst såvel i vekslere som i beholdere. Høje beholdere giver bedre mulighed for en lagdeling af vandet med varmt vand i toppen og koldt ved bunden. Cirkulationen, der føres ind i beholder, skal placeres, så indløbet ikke ødelægger lagdelingen.

Vekslere er i dag ofte pladevekslere, der kan fås med fire eller fem "ben". Den "4-benede" har fire studse: Varme fremløb, varme retur, koldt vand og varmt vand. Den "5-benede" har fem studse, hvor den femte er en ekstra studs til cirkulationsledningen. Det anbefales at få vekslerleverandøren til at dimensionere, hvor i veksleren cirkulationen med størst fordel kan placeres. Dette kræver kendskab til cirkulationstabets størrelse i forhold til forbruget, som derfor skal oplyses til leverandøren.

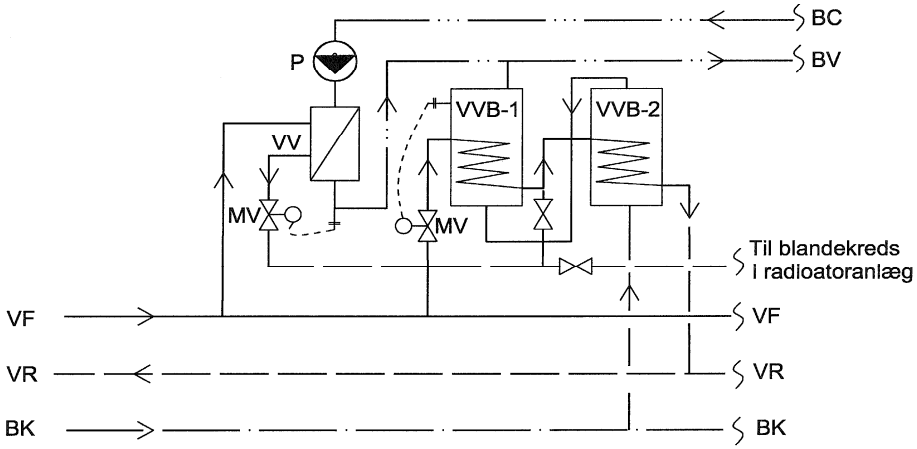
I nogle mindre pladevekslere, primært til enfamiliehuse og bygninger med mindre varmtvandsforbrug, er der udviklet ventiler, der er hurtiglukkende. Gemina Termix har udviklet en ventil, der sikrer, at det varme vand ikke bliver for varmt, når det møder det varme fjernvarmevand eller vand fra varmeanlægget. Derved modvirkes tilkalkning af veksleren. Tilkalkede vekslere ses ofte og er med til at forringe effekten på veksleren og afkølingen, hvilket reducerer driftsøkonomien. Det bemærkes, at også underdimensionerede beholdere og vekslere giver dårlig afkøling.

Den forholdsvis høje returtemperatur på fjernvarme/varmeanlæg fra vandvarmere er i nogle systemer anvendt til foropvarmning af det kolde vand i beholdere med et stort volumen i forhold til cirkulationstabet. Dette princip giver en god afkøling, men der vil være en forøget risiko for bakterievækst i det vand, der kun er delvist opvarmet.

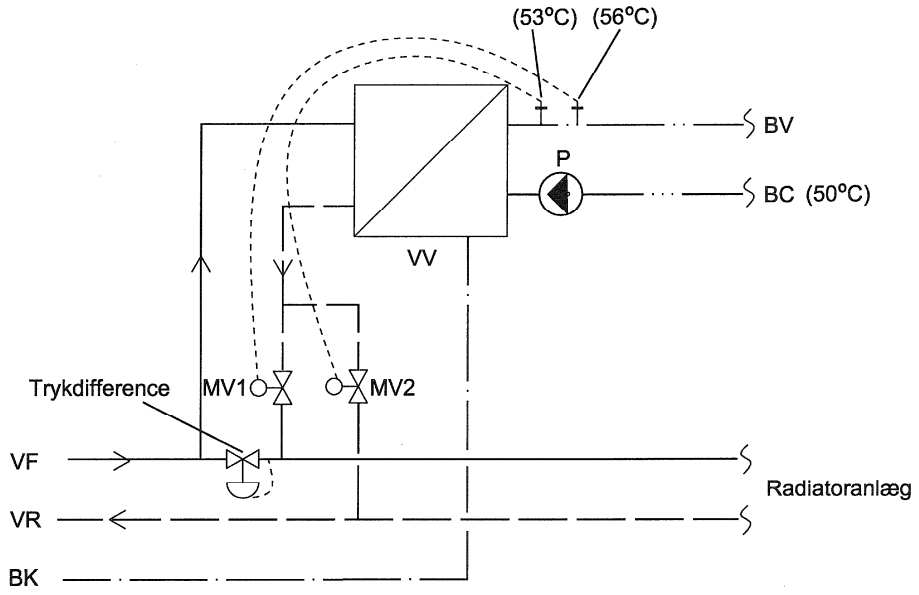
2.5.3 Ledninger

En anden mulighed for at opnå en bedre afkøling er at undlade brugsvandscirkulation og i stedet sætte varmekabler på varmtvandsrøret for vedligeholdelse at temperaturen i rørene. Ved denne løsning er rørlængden reduceret, da cirkulationsrøret/returrøret kan udelades. I mange rørsystemer reduceres ledningslængden med 33-50 procent. Energiforsyningen til varmekablerne er imidlertid el, og det vil være nødvendigt med en beregning af, om det er en hensigtsmæssig løsning ud fra driftsøkonomiske og miljømæssige forhold. Det bør overvejes at isolere vandvarmer, rør og ventiler ekstra, for derved at reducere den del af energiforbruget, der giver dårlig afkøling.

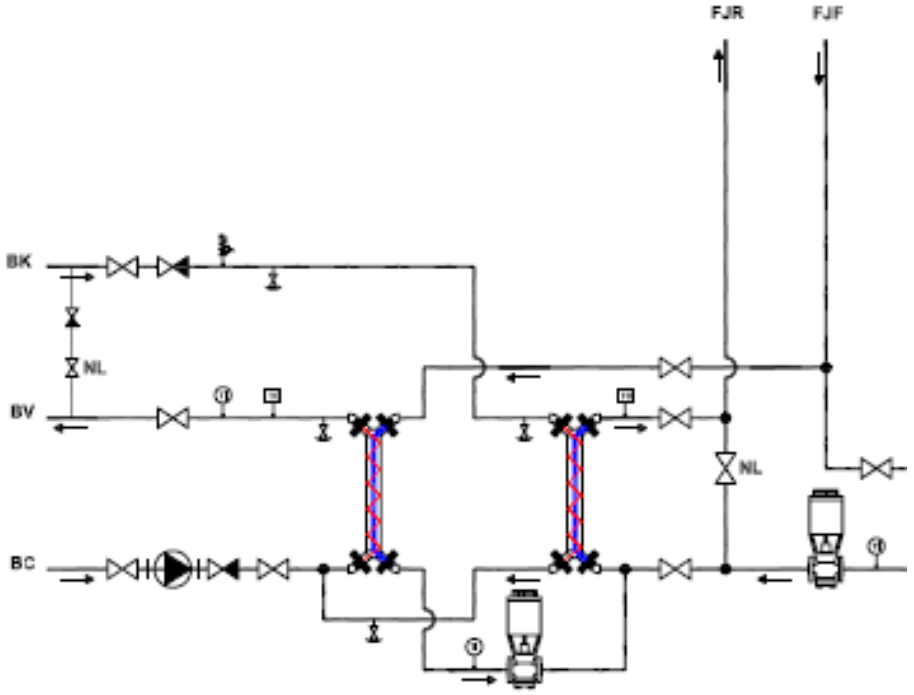
2.5.4 Principløsninger



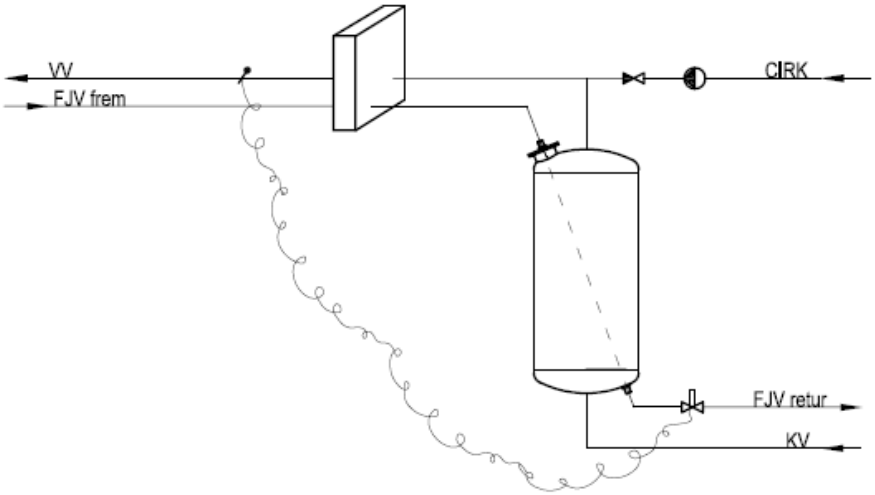
Figur 2.5.2. Fjernvarmeretur fra den lille veksler, der kun opvarmer cirkulationsvandet, ledes til VVB2 eller til radiatoranlæg



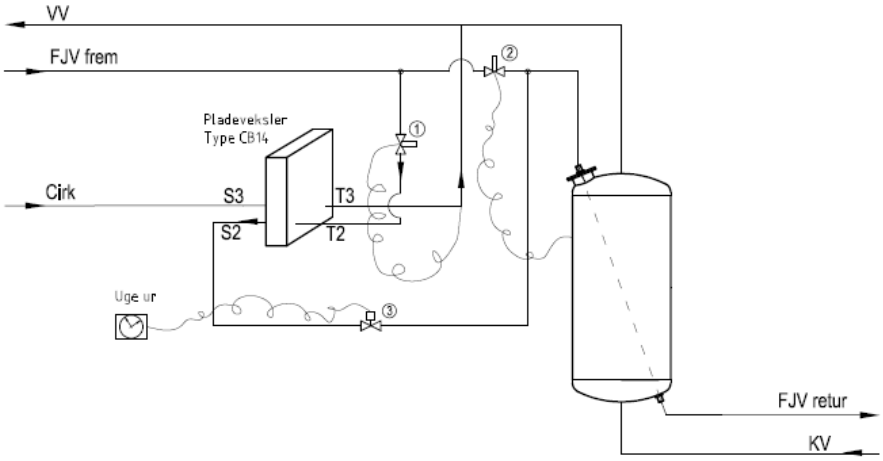
Figur 2.5.3. MV1 (lille cirkulationsventil) åbner/lukker ved høj temperatur og styrer temperaturen på cirkulationsvandet, når der ikke er aftap. MV1 leder fjernvarmeretur fra veksler tilbage til fremløb efter trykdifferens. MV2 (stor forbrugsventil) åbner/lukker ved en lavere temperatur, når den lille ventil ikke kan "følge med", dvs. når der tappes, og den leder fjernvarmeretur direkte tilbage i hovedreturløb.



Figur 2.5.4. Princip fra ARMATEC med 2 rørvekslere i serie.



Figur 2.5.5. Princip fra Maskinfabrikken ARO, ”stor” veksler, og afkøling af varmeretur i beholder.



Figur 2.5.6. Princip fra Maskinfabrikken ARO, ”lille” veksler alene for opvarmning af cirkulationsvandet.

3 Energiforbrug til varmt vand

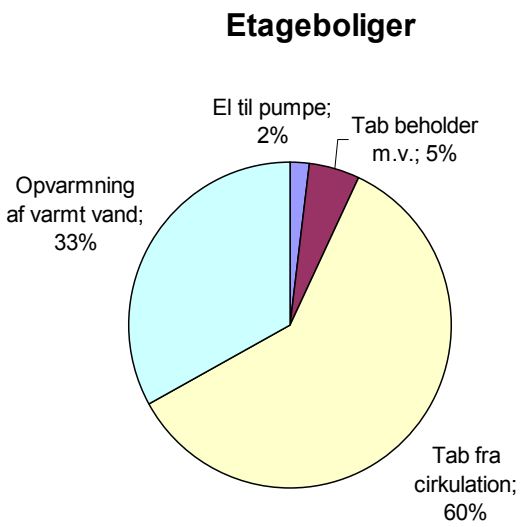
3.1 Opdeling af energiforbrug

Energiforbrug til varmt vand kan opdeles i fire dele:

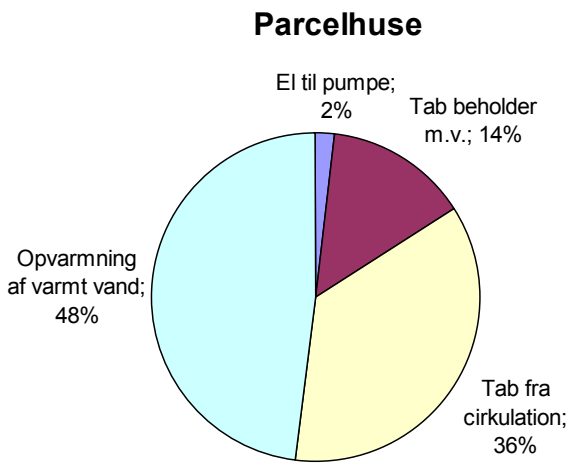
- Energiforbrug til opvarmning af det kolde vand til varmt vand
- Varmetab fra varmtvandsledninger og cirkulation
- Varmetab fra varmtvandsbeholder, vekslere og tilhørende rør og ventiler
- Elforbrug til cirkulationspumpe

Opvarmning af vand er det grundlæggende ønske, men det skal produceres, opmagasineres, distribueres og pumpes tilbage til produktionsstedet. Disse processer er forbundet med et varmetab til omgivelserne og elforbrug til pumpe. En gennemsnitsbetragtning om forholdet mellem de 4 energiforbrug er angivet i figur 3.1.1, figur 3.1.2 og figur 3.1.3.

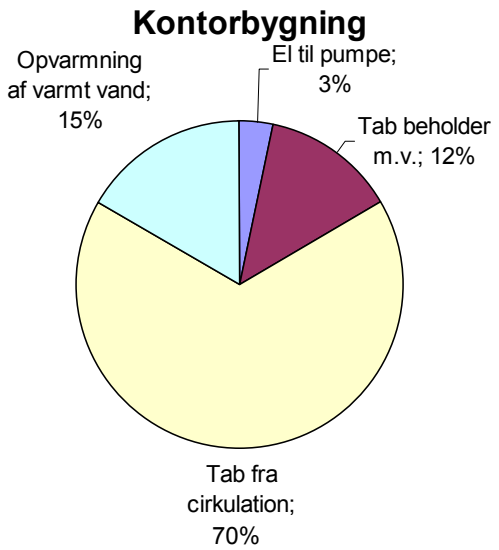
Varmetab fra cirkulationsledninger udgør i de fleste varmtvandsinstallationer den største andel af det samlede energiforbrug, større end selve energiforbruget til opvarmning af det kolde vand til varmt vand. Der er eksempler på cirkulationstab på mellem 2 til helt op til 100 gange større end energiforbrug til opvarmning af det varme vand. Varmetab fra varmeforsyning, ventiler ved varmtvandsbeholder og selve varmtvandsbeholderen eller veksler, udgør kun en mindre del af energiforbruget, og elforbrug til cirkulation kun en meget lille del.



Figur 3.1.1. Eksempel på fordeling af energiforbrug til varmt vand i etageboliger med stort cirkulationssystem.



Figur 3.1.2. Eksempel på fordeling af energiforbrug til varmt vand i enfamiliehus med cirkulations-system.



Figur 3.1.3. Eksempel på fordeling af energiforbrug til varmt vand i kontorbygning med cirkulation i drift hele året.

3.2 Nyttiggørelse af varmetab til rumvarme

Kun en mindre del af varmetabet fra varmtvandsbeholder og cirkulationsledninger kommer bygningerne til gode. Den del af varmtvandsinstallationen, der er placeret inde i bygningen, kan give et bidrag til rumopvarmningen, men er beholder eller rør placeret uden for klimaskærmen for eksempel på lofter, i kældre eller i jord kan tabet ikke nyttiggøres. Varmtvandsinstallationen er i modsætning til varmeanlæg i brug hele året og holdes på samme temperaturniveau sommer som vinter. Alene i sommerhalvåret vil kun lidt af varmetabet fra systemet kunne nyttiggøres, og hvis rør er placeret i skakte, eller baderum og køkkener, hvor der er mekanisk udsugning, vil også her kun en mindre del kunne nyttiggøres. Nyttiggørelsen kan være 50 procent som noget af det bedste og ned til nogle få procent. Generelt vil nyttiggørelsen af tab fra varmtvandsinstallationer, der er placeret inde i bygninger, kun bidrage med højst 25 procent af tabet til rumopvarmning på et år.

Er der ikke cirkulation i varmtvandssystemet, er det konstante varmetab reduceret væsentligt, og energiforbrug til varmt vand er derfor væsentligt mindre i disse systemer. I anlæg uden cirkulation vil der været tab fra ledningerne, når der tappes varmt vand, og der må påregnes længere ventetid på det varme vand, som dermed giver et noget større vandforbrug. Det må derfor anbefales at undgå cirkulationsledninger ved for eksempel at planlægge kort afstand mellem tapsteder og varmtvandsproduktionen.

3.3 Bygningstyper og cirkulationssystemer

Cirkulationssystemer kan groft opdeles i tre bygningskategorier, som igen kan henføres til tre bygningstyper.

Tabel 3.3.1. Typiske cirkulationstab.

Bygningskategori		Typisk cirkulationstab [%]
Enfamiliehuse	Småhuse	0 – 60
Boligejendomme	Etageblokke	30 – 75
Erhvervsejendomme	Ejendomme med andet end boliger, fx kontorer, handel og offentlige bygninger	50 – 90

I *enfamiliehuse* og i nogle tilfælde i etageboligejendomme er der en større tæthed af tapsteder pr. meter rør end i erhvervsejendomme. I enfamiliehuse er den samlede ledningsstrækning forholdsvis kort i forhold til antal tapsteder, boligareal og varmtvandsforbrug pr. person. Derfor vil cirkulationstabets andel af det samlede energiforbrug til varmt vand i enfamiliehuse alt andet lige være noget mindre end i etageboligejendomme og i erhvervsejendomme.

I *etageboligejendomme* er der på grund af bygningernes størrelse flere meter varmtvandsrør og cirkulationsledninger pr. bolig, og vil derved være et større varmetab end i enfamiliehuse. Her spiller antal af beboere og navnlig beboersammensætning en stor rolle for varmtvandsforbruget. Få og ældre personer anvender mindre varmt vand modsat unge familier med børn, der anvender noget mere varmt vand. Er varmtvandsforbruget stort, vægter tabet mindre, da tabet stort set er konstant uanset forbruget.

I *erhvervsejendomme* er varmtvandsforbruget generelt lavt. Der kan være specielle ejendomme, hvor der er et særlig stort behov for varmt vand til processer eller til bad i svømme- og idrætshaller, i motionscentre m.v., men generelt vil der på de fleste arbejdspladser ikke være et særligt stort behov for varmt vand. Forbruget er derfor ikke stort pr. person eller pr. m^2 bygning, men ledningsstrækningerne kan være lange og bidrager derfor med en stor andel af energiforbruget til cirkulationstab.

3.3.1 Enfamiliehuse

I enfamiliehuse er afstande mellem varmtvandsproduktion og tapsteder forholdsvis små, og det er i denne bygningskategori, der kan forekomme installationer uden cirkulation. Typisk ligger cirkulationstabet i enfamiliehuse fra 0 til 60 procent af det samlede energiforbrug til varmt vand. Startes og stoppes cirkulationspumpen via ur eller via lystænding i fx bade- og toiletrum, kan der ske en reduktion af cirkulationstabet på typisk omkring 15-30 procent af det samlede energiforbrug til varmt vand.

3.3.2 Boligejendomme

De fleste etageboligejendomme har et langstrakt cirkulationssystem. Typisk er varmtvandsbeholder eller veksler placeret i varmecentralen i kælderen. Fra varmecentral er varmtvandsledning ført frem over loft, hvorfra der afgrenes til mange stigstrenge til lejligheder. I kælder returneres vandet gennem cirkulationsledninger til varmecentralen ved hjælp af en cirkulationspumpe. I en boligblok på fx fire etager med 48 lejligheder kan den samlede længde af varmtvandsrør og cirkulationledninger være 500-750 meter. Hertil kommer afgreninger til tapsteder, som kan have en længde på 500 meter, hvor der ikke er cirkulation.

I de senere år er der opført etageejendomme med individuel varmtvandsopvarmning i hver boligenhed i lighed med rækkehusbebyggelser. Her er varmeforsyningen ofte udført som fjernvarme, hvor fjernvarmenettet er videreført inde i boligblokken frem til hver lejlighed. I den enkelte lejlighed er der typisk placeret en veksler, der producerer varmt vand, og hvor cirkulation er undladt. Dette betyder, at der ”kun” føres tre fælles rør rundt i boligblokken, et koldtvandsrør og to varmerør (frem/retur). Det samlede varmetab vil ikke være væsentligt mindre end ved en mere traditionel løsning med fem vandrør (koldt, varmt, cirkulation, og to varmerør (frem/retur). Dette skyldes, at temperaturen på især fremløbet ved 3-rørsløsningen er højere, da det ikke er reguleret ned efter udetemperaturen. Teknikrummet er dermed flyttet ud i lejlighederne, og alle vandvarmere vil dermed også give et samlet større varmetab i forhold til en fælles vandvarmer i kælder. Tabet fra vandvarmer i de enkelte lejligheder vil bedre kunne blive nyttiggjort, men der vil være behov for mere service af installationer i de enkelte boliger.

3.3.3 Erhvervsejendomme

Varmtvandssystemer i de fleste erhvervsejendomme har en central varmtvandsproduktion i et teknikrum, der sjældent er placeret tæt ved ”tyngdepunktet” for varmtvandstapsteder. Der anvendes derfor generelt samme princip som i boliger med et langstrakt rørsystem for hurtigt at få varmt vand ved tapsteder. Tapstederne ligger ofte meget spredt, og tabet fra cirkulationsledninger er derfor forholdsmæssigt større end selve energiforbruget til produktion af det varme vand. Det er primært på arbejdspladser, at cirkulation kunne stoppes. Er arbejdstiden fx fra kl. 7-17, vil cirkulationstabet kunne reduceres til ca. 1/3 blot ved at stoppe for cirkulation uden for arbejdstiden. På mange arbejdspladser kører pumpen konstant.

En anden mulighed for at reducere varmetab fra rørene er at stoppe varmetilførslen til vandvarmeren og lade pumpen køre videre.

3.4 Adfærd

3.4.1 Brugeradfærd

Noget tyder på, at varmtvandsforbruget er stigende, til trods for at det samlede vandforbrug (koldt + varmt) ifølge Danmarks Statistik er faldende. Det vurderes, at udviklingen vil fortsætte, og i så fald vil varmtvandsandelen om nogle år udgøre måske 50 procent af vandforbruget.

Ofte sker det, at der åbnes for det varme vand, men vandet når ikke frem, førend der lukkes igen. Vandet er 20 ºC varmt, som i mange tilfælde er tilfredsstillende, men der er alligevel lukket koldt vand ind i varmtvandsbeholderen. Dermed anvendes energi til ingen nytte.

Figur 3.4.1. Ét-grebsarmatur ved håndvask. Armaturet tapper fra både koldt- og varmtvandskoblingsledningen.

Figur 3.4.2. Aftap af vand i gryde – varmtvandshanen anvendes – hvis koldtvandshanen skulle åbnes, må den tunge gryde over i venstre hånd.

Faktorer som varmetab fra rør, beholder og veksler har brugeren normalt ikke indflydelse på, med mindre der er tale om køb af nyt hus eller renovering af et eksisterende varmtvandssystem. Der bør udvises kritisk holdning i valg af principløsning, så tapsteder anbringes nær hinanden og tæt på veksler/beholder, så cirkulation undgås.

Det er en ny trend, Wellness-bølge, med flere veludstyrede badeværelser i samme bolig, spa-pool, tallerkenbrusere, bruserpaneler m.v. Badeværelset er ikke længere blot et sted man vasker sig. Vandforbrug og energiforbrug kan reduceres ved hensigtsmæssigt valg af armaturer, ved at "justere" vaner og tænke nyt. Valg af varmtvandssystem og armaturer medfører indirekte valg af energiforbrug til varmt vand.

3.4.2 Design

Ingeniører og vvs-installatører bestemmer i høj grad princippet for en varmtvandsinstallation, hvor valg af princip ofte er baseret på tradition og lav byggepris. Her bør varmtvandssystemets energiforbrug, især når anlægget ikke er i anvendelse (standby-forbruget) vurderes. Anlægget står i øvrigt i standby de fleste timer af året. Det kan være svært at få en god afkøling af fjernvarmen, når der er et stort cirkulationstab. Dårlig afkøling kan betyde større fjernvarmeudgifter. En del tapsteder kan eventuelt undværes, og kan overvejes nedlagt ved renovering. Ved visse håndvaske kan varmtvandshanen udelades, fx i kontorbygninger, konferencebygninger og offentlige bygninger mv. Nedlæggelse af varmtvandshaner er gennemført i nogle byggerier.

Ved design af bygningers indretning bør rum med varmtvandshaner placeres tæt på hinanden og nær varmtvandsbeholdere.

3.5 Bakterier - Legionella

Der har i de senere år (igen) været fokus på bakterien legionella. Både den videnskabelige og den mere populære litteratur herom er mangfoldig, jf. fx kilder angivet i (Guldager, 2008). Det ligger uden for denne rapport at give en udtømmende beskrivelse af legionella, men i korthed er legionella en bakterie, som under uheldige omstændigheder i luftform kan overføres ved indånding. Luftform opstår, når vandet sprøjter ud af hanen eller af bruseren og forstøves. Der har ikke været etableret særlige foranstaltninger til bekæmpelse af bakterievækst i de varmtvandssystemer, der er undersøgt i dette projekt. En del ejendomme holder en lidt højere temperatur på VVB og dermed på afgangstemperaturen fra VVB for at reducere vækst af bakterier. I nogle af de undersøgte ejendomme stoppes cirkulationspumpen i nogle timer hver nat, så de termostatiske reguleringsventiler (fx Circon-ventiler) åbner, og rørene skylles igennem, når pumpen startes igen.

En meget udbredt metode til bekæmpelse af legionella har været udnyttelse bakteriens følsomhed over for temperaturændringer. Der foretages en ”skoldning” ved en temperaturhævning af det varme vand til ca. 70 ºC. Dette betyder øget energiforbrug, endnu ringere afkøling af varmeforsyningen, og eventuelt yderligere tilkalkning af vekslere. Det vurderes imidlertid, at omfanget af dette mer-energi-forbrug er minimalt sammenlignet med det samlede energiforbrug. En generel hævning af varmtvandstemperaturen vil give et større energiforbrug end korte gennemskyl med en ekstra høj temperatur.

Selv blandt eksperter på området er der en del uenighed om bakteriens farlighed og dens bekæmpelse. For eksempel mener nogle, at cirkulationen kan stoppes om natten for at spare energi, medens andre fraråder dette.

I visse varmtvandsystemer, hvor der er skærpede krav til bakterievækst fx på sygehuse og plejehjem, ses anvendelse af særlige varmekabler for at "skolde" systemet effektivt. Kort opholdstid for vandet i VVB bør tilstræbes. Vekslere er en bedre løsning i forhold til legionella på grund af det lille vandvolumen. Alternativer til "skoldning", fx filtrering eller ultralys, giver også øget elforbrug til pumpedrift og til belysning.

I øvrigt henvises til BYG-ERFA, erfaringsblad (53) 01 04 01: *Bakterievækst og slimdannelse i større anlæg til varmt brugsvand - årsager og forebyggelse* og BYG-ERFA, erfaringsblad (53) 01 09 21: *Bakterievækst og slimdannelse i større anlæg til varmt brugsvand - rensning og desinfektion*.

3.6 Myndighedskrav

3.6.1 EU-direktiv

EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne har foranlediget, at Danmark for første gang har indirekte krav til maksimalt energiforbrug til varmt vand. EU-direktivet har betydet reviderede energibestemmelser senest med bygningsreglementet BR08. Heri sættes grænser for maksimalt energiforbrug pr. m^2 (energirammer), hvor energiforbrug til varmt vand også skal indgå, såvel selve energiforbruget til opvarmning af vandet som varmetabet fra beholder og rør.

3.6.2 Energiramme - *Be06*

SBi anvisning 213 (Aggerholm & Grau, 2008) angiver retningslinjer for fastsættelse af standardiseret varmtvandsforbrug i bygninger, samt beregning af varmetabet fra beholder, veksler og rør ud fra dimension, isoleringstykkelser, ledningslængder, og rørenes placering. Til denne beregning skal anvendes beregningsprogrammet *Be06*.

For *boliger* må det årlige energiforbrug i kWh/m^2 højst være 70 + 2200/A, hvor A er det opvarmede etageareal. For klasse 2 boliger er rammen 50 + 1600/A kWh/m^2 pr. år og for klasse 1 boliger er rammen 35 + 1100/A kWh/m^2 pr. år.

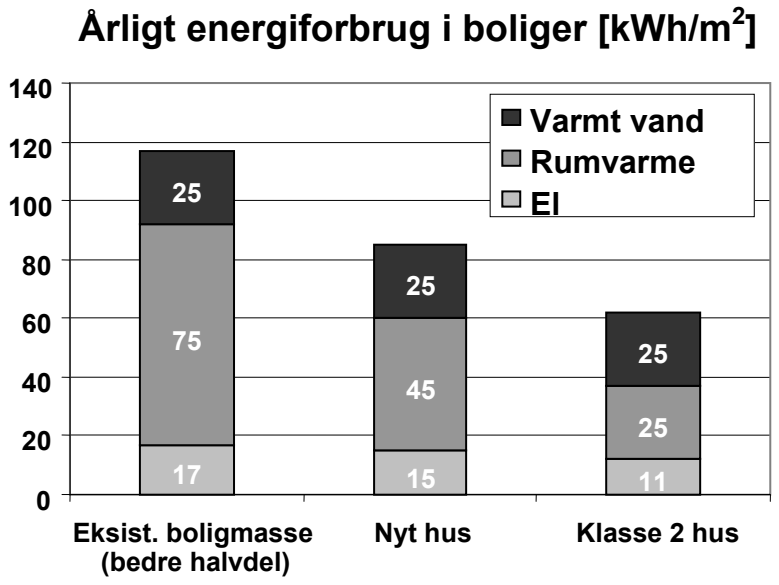
For *andre bygninger end boliger* er grænsen for maksimalt energiforbrug 95 + 2200/A kWh/m^2 pr. år. For klasse 2 bygninger er rammen 70 + 1600/A kWh/m^2 pr. år og for klasse 1 bygninger 50 + 1100/A kWh/m^2 pr. år.

Vedrørende beregning af energirammen, se SBi-anvisning 213 (Aggerholm & Grau, 2008).

Varmtvandsforbruget vil generelt vægte energimæssigt mere i boliger end i erhvervsbygninger, da varmtvandsforbruget pr. m^2 generelt er større. Varmetabet fra beholdere og rørtilslutninger vægter mere i mindre boligejendomme og især i enfamiliehuse.

Be06 angiver derfor også et årligt standardforbrug på 250 liter/m^2 for boliger og 100 liter/m^2 for ikke-boliger.

Det ser ud til, at varmetabet fra rør og dermed cirkulationssystemer har en større vægt i ikke-boliger på grund af den større udstrækning af rør.



Figur 3.6.1. Fordeling af energiforbrug til varmt vand, rumvarme og el i bygninger.

I figur 3.6.1 er beregnet årligt energiforbrug i tre boliger; en ældre villa med et energiforbrug (el + varme) på 117 kWh/m^2, et nyt hus på 150 m^2 hvor energiforbruget maksimalt må være 84,7 kWh/m^2 (70+14,7 kWh/m^2) og et nyt klasse 2 hus med et maksimalforbrug på 60,7 kWhm^2 (50+10,7 kWh/m^2).

Som det fremgår af figur 3.6.1, vil energiforbruget til varmt vand i fremtiden udgøre en stadig større del af en boligs energiforbrug. Med sigte på reduktion af Danmarks energiforbrug bør der i højere grad end hidtil sættes ind over for energiforbruget til varmt vand, og fx er energibesparelser på varmt vand ikke direkte nævnt i Energistyrelsens "*De 10 bud til at spare på energien*", der blev udgivet i oktober 2007 (Energistyrelsen, 2007A).

Det årlige standard varmtvandsforbrug anvendt i *Be06* ser i forhold til de målte forbrug i denne rapport ud til at stemme rimelig overens. Derimod er det usikkert, om varmetabet fra varmtvandssystemerne kan nyttiggøres som antaget i *Be06*. I energirammen skal medtages varmetab fra varmtvandssystemet. *Be06* regner med, at varmetabet kan nyttiggøres til rumopvarmning, såfremt der er varmeunderskud i bygningen, og såfremt rør og beholder er inden for klimaskærmen.

Det skal bemærkes, at *Be06* regner en bygning som ét stort rum – uanset størrelse, antal etager og rum – og at der derfor kan ske varmeoverførsel inden for alle rum og etager i bygningen. Erfaringer fra besigtigelser af teknikrum og bygninger blandt andet i forbindelse med målingerne gennemført i dette projekt har vist, at varmetabet fra teknikrum og fra rør i bad/køkken, kun delvis vil kunne komme boligen til gode.

4 Målinger i 2000-2004

4.1 Data fra energikonsulentordninger ELO

I forbindelse med den tidligere energimærkningsordning ELO blev der foretaget registrering af blandt andet energiforbrug til varmt brugsvand i nedenstående byggerier. Registreringer er fra 2001- 2004. Se alle målinger side 60 og 61 i bilaget.

Tabel 4.1.1. Registreringer i 2001-2004 i forbindelse med tidligere ELO.

	System	Varmtvands-forbrug, m^3/år	Nyttevirkning i % [1)]	Bemærkninger
Sygehus, 4 forskellige systemer	001	14	7	Cirkulation i jord og bygning
	002	30	37	Cirkulation i bygning
	003	932	40	Cirkulation i bygning
	004	551	~ 100	Ingen cirkulation
Kontorhus	005	332	8	Cirkulation i bygning
Boligblok i Odense	006	2669	36	Cirkulation i bygning
Boligblok i Otterup, bestående af 4 forskellige bygninger	007	396	18	Cirkulation i jord og bygning
	008	132	25	Cirkulation i bygning
	009	216	30	Cirkulation i bygning
	010	228	42	Ingen cirkulation
Boligblok, 3 etager, 33 lejligheder.	011	71	35	Cirkulation i bygning

1) Se definition i afsnit 8, side 51.

5 Målinger i bygninger 2005-2008

5.1 Udvælgelse af bygninger og installationer

Som udgangspunkt har der været et ønske om at foretage målinger i typiske varmtvandsinstallationer, der kunne give et bredt billede af danske varmtvandsinstallationer med cirkulation. Målingerne har krævet indbygning af diverse målere og følere, og det har været nødvendigt at indhente accept hos de enkelte bygningsejere.

Der har været flere ejendomme i søgelyset for måling end de udvalgte, men flere er valgt fra igen på grund af vanskelige målebetingelser. Ved enkelte ejendomme er målingerne afbrudt undervejs på grund af fejlbehæftede registreringer, og ved andre er der sket ændringer i installation i måleperioden, der har medført, at registreringerne har måttet forkastes. Alt i alt har udvælgelsen og selve arbejdet med at få adgang til ejendomme og registreringerne været en opgave i sig selv. KAB og Odense Kommune har været behjælpelig med at give adgang til en del af de udvalgte ejendomme.

Der er valgt bygninger med forskellige opførelsesår – fra 1912 til 2004, forskellige anvendelser – etageboliger, rækkehuse, enfamiliehuse, kontorbygninger, skoler, og forskellige installationstyper – med beholdere, veksler, cirkulationsledninger, elvarmekabler, og med forskellig varmeforsyning.

5.2 Instrumentering og dataopsamling

Der er foretaget temperatur- og flow- og energiregistrering ved måling med dataloggere tilsluttet energimålere og følere med logning af data med korte tidsintervaller, samt ved aflæsning med optisk øje på energimålere for at få månedsforbrug. Derudover er der registreret forbrug via CTS-anlæg, samt ved manuelle aflæsninger.

I de Østsjællandske ejendomme er der målt specifikt på temperaturforløb og generelt registreret flow og energiforbrug samt temperatur med kort tidsinterval, mens der i de Fynske ejendomme primært er målt månedsforbrug og gennemsnitstemperaturer. Instrumenteringen er beskrevet i bilaget.

5.3 Tolkning af resultater

Tabel 5.4.1 og tabel 5.4.2 nedenfor sammenfatter resultater og beregnede nøgletal for henholdsvis ejendomme på Fyn og Østsjællandske ejendomme.

Generelt viser resultaterne fra både de Fynske og Sjællandske ejendomme i lighed med tidligere målinger, at energiforbruget til varmt brugsvand udgør en væsentlig del af ejendommenes samlede varmeforbrug. For beboelsesejendommene ligger energiforbruget til varmt vand på ca.1/3, hvor en væsentlig del af dette energiforbrug går tabt i cirkulationssystemerne (ca. 50 procent). I kontorer og skoler udgør energiforbruget til varmt vand en mindre del af det samlede varmeforbrug, typisk omkring 1/10, men tabet i cirkulationsledningerne er til gengæld væsentlig større typisk 75 procent af energiforbruget til varmt vand.

Varmetab fra rør varierer fra ca. 5 til 30 W/m. Denne variation skyldes to forhold. Dels er det meget vanskeligt at opmåle ledningslængderne præcist, da varmtvandsrørene ofte er skjulte i lejligheder og i kælderrum, og dels er nogle anlæg af ældre dato med stor rørdiameter og ringe (og undertiden beskadiget) isolering. Nyere anlæg har generelt bedre isolering, men der er også nyere installationer med mangelfuld isolering, især i teknikrum.

Afkøling af varmeforsyningen, der i de fleste tilfælde er fjernvarme, er ikke stor og ligger typisk mellem 20-30 ºC. Kun få anlæg har en høj afkøling.

5.4 Opsamling af målinger og nøgletal for de målte systemer

Tabel 5.4.1. Samleskema for ejendomme på Fyn, nøgletal for 6 skoler, 2 kontorer og 2 enfamiliehuse.

	Installation	Enhed	Skoler						Kontorer		Enfamiliehuse	
			101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Grunddata	Varmeforbrug, bygning totalt	MWh/år	-	-	-	-	1065	-	336	-	-	*10,7
	Varmeforbrug, varmt vand	MWh/år	53,6	4,19	5,24	3,32	66,3	33,5	21,4	31,6	4,52	*2,20
	Varmetab fra beholdere	MWh/år	2,77	0,32	0,56	0,32	1,40	0,79	1,71	1,09	0,58	*0,65
	Varmetab fra cirkulationsledn.	MWh/år	26,2	2,94	2,98	2,01	53,1	30,0	16,3	20,4	2,2	*0,79
	Elforbrug cirkulations-pumpe i forhold til drifttid	MWh/år	1,07	0,22	0,50	0,50	1,05	1,07	0,66	0,10	0,45	*0,01
	Vandforbrug, bygning totalt	m^3/år	2527	629	895	739	1239	848	434	3021	126	*49,0
	Varmtvandsforbrug	m^3/år	517	30,4	47,0	23,7	254	80,6	94	300	43	*15,2
	Drifttid	h/år	4380	3650	4380	4380	4380	4380	8760	4380	8760	*4380
	Rørlængde cirkulationsledn.	m	842	99	150	50	425	210	105	500	25	40
Nøgletal	Nyttevirkning	%	46,0	23,2	32,3	29,8	17,8	8,1	30,7	32,0	38,2	35,0
	Varmetab pr. m rør	W/m	7,19	8,1	4,5	9,2	28,5	32,6	17,7	9,3	10	4,5
	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbr.	%	20,5	4,8	5,3	3,2	20,5	9,5	21,7	9,9	34	31,5
	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbr.	%	-	-	-	-	6,2	-	6,4	-	-	20,5
	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	kW/m^2år	8,13	4,19	2,18	4,42	14,1	26,6	5,35	3,07	32,2	12,2
	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	l/m^2år	78,3	30,4	19,6	31,6	54,0	64,0	23,5	29,1	307	84,4
	Elforbrug til cirkulations-pumpe i f. t. rørlængde	kW/m	1,28	2,21	3,36	10,1	2,47	5,10	6,26	0,19	17,5	0,11
	Varmtvandets gennemsnit-lige opholdstid i beholder	Døgn	1,40	1,56	1,94	Veksler	0,72	3,6	2,7	1,22	1,07	1,32

* Målingerne gælder 6 måneder; der skal multipliceres med 2 for sammenligning med øvrige systemer.

Tabel 5.4.2. Samleskema for Østsjællandske ejendomme; 12 boligejendomme og 2 kontorbygninger.

		Boligejendomme													Kontorbygn.	
		011	201	202	203	206	207	208	209	210	211	212	213A	213B	204	205
Antal lejligheder	antal	33	196	71	185	234	5	105	81	171	214	39	18	18	1	1
Netto energi-forbrug	kWh/md pr. lejl.	106	137	125	144	69	117	118	123	115	190	118	57	89	457	212
Ledningslængde pr. lejlighed *	m	12,4	5,1	12,2	14,4	7,7	9,6	8,7	14,1	9,6	6,9	4,1	8,9	7,9	289	132
Varmetab fra cirkulationsledn.	W/m	21,4	11	6	7	21	7,4	11,9	13,2	7,9	7,9	8,4	20,2	17,6	9,5	13,5
Nyttevirkning		0,35	0,77	0,69	0,67	0,37	**0,42	0,61	0,48	0,46	**0,66	**0,65	0,30	0,47	0,32	0,11
Primær effekt	kW pr. lejl.	-	0,6	1,4	0,7	0,5	-	0,8	0,9	0,4	0,9		0,5	1,4	12	4
Sekundær effekt	kW pr. lejl.	-	1,0	1,7	1,1	0,6	12	1,2	1,2	0,8	1,1		2,8	3,9	85	38
Middelafkøling	K	-	36,1	-	40,1	42,2	-	44,9	26,5	***10,9	24,1		20,9	19,0	11,3	23,6
Vandforbrug	m^3/md pr. lejl.	2,16	2,76	2,42	3,21	1,44	2,15	2,43	2,56	2,18	4,34	2,45	1,28	1,68	11,2	5,0
Opholdstid i VVB	timer	10,2	4,3	****	7,9	13,9	27,4	13,2	7,7	9,8	3,5	7,7	48	21,9	19,6	218

* Ledningslængde pr. lejlighed indbefatter de opvarmede rør, dvs. varmt vand frem og cirkulation, ekskl. "blinde" ender. Anlæg med eltracing har ingen cirkulationsledning

** Eltracing; elforbrug vægtet med faktor 2,5

*** Shunt

**** Ingen VVB

Den primære effekt er produktionsanlæggets belastning – her bestemt som den højeste timeværdi.
Den sekundære effekt er belastningen på brugsvandssiden – her bestemt som den højeste 5-minutters værdi.

6 Nye målinger i 2007-2008

6.1 Målinger på renoverede installationer i 2007-2008

Det har været muligt i slutningen af 2007 og i starten af 2008, at følge to renoveringsprojekter af vandinstallationer i to boligbyggerier fra 1970'erne. Det har således været muligt at måle på installationerne i nogle måneder, både før og efter renoveringen.

Fælles for de to byggerier er, at vandinstallationen skulle udskiftes på grund af uacceptable driftsforhold, som følge af tæringer og tilkalkning. Begge vandinstallationer var traditionelt opbygget med beholderløsning og fordeling med cirkulation udført i galvaniserede stålrør.

Det ene byggeri omhandler 24 boligblokke i Ballerup, med 432 boliger, se resultater for ejendom 213. Her blev der valgt et nyt rør-i-rør princip i rustfri stål, med pex-rør som inderste rør. På grund af pladsmangel har det desværre ikke været muligt at isolere rørene.

Det andet byggeri omhandler 8 boligblokke i Odense Øst, med i alt 504 lejligheder. Her valgte man at reducere længden på cirkulationsledning og isolere varmtvandsrørene ud over hvad normen foreskriver, se resultater for ejendom 111.

Se skitser og resultater i afsnit Målinger på nye installationer, side 201 i bilag.

7 Simuleringer af varmetab fra rør

7.1 Forudsætninger, model ”rum” og ”kælder”

Der er udarbejdet regneark for beregning af, hvor stor en andel af varmetab fra rør der over et år kan nyttiggøres til rumopvarmning, se side 211. Der er udført to modeller:

- model "rum" er et rum, hvorigennem der går et eller flere lodrette rør. Rummet kan for eksempel være et køkken eller bad i en etageejendom. Modellen sigter på at vurdere, hvor meget varmetabet fra rørene bidrager til rumopvarmningen.
- model "kælder" er et rum, hvor der er kælder under. I kælderen ligger der et eller flere rør under loftet. Modellen sigter på at vurdere, hvor meget varmetabet fra rørene i loftet i kælderen bidrager til opvarmning af rummet oven over.

7.2 Beregninger anvendt på ejendom

På en renoveringsopgave i en etageejendom blev der foretaget følgende ændringer i forhold til den tidligere installation:

- dimension på varmtvandsledninger blev reduceret
- cirkulationsledningens længder blev reduceret
- isolering af uisolerede rør, samt bedre isolering (ud over normkrav)

For at vurdere hvor meget af varmetabet der kunne reduceres, blev der foretaget en beregning af varmetabet fra både det gamle og det nye system. For at vurdere hvor meget af varmetabet fra rørsystemet, der reelt vil komme beboerne til gode, blev ovennævnte regneark anvendt. Der blev regnet på følgende to forhold:

1. Ældre, lodrette 1" brugsvandsrør og ¾" cirkulationsrør med 20 mm isolering i et køkkenskab, der blev renoveret til nye rør med 50 mm isolering.
2. Ældre, lodrette 1" brugsvandsrør og ¾" cirkulationsrør uisolerede og fritstående i et toilet, der blev renoveret til nye rør med 50 mm isolering.

I begge tilfælde var der konstant mekanisk udsugning fra køkken og toilet. Den mekaniske udsugning vil mindske virkningen af varmeafgivelsen i de to rum, og det vil primært være strålevarmen fra rørene, der vil kunne mærkes. Følgende tab blev beregnet over et år. Se i øvrigt uddrag af det anvendte regneark.

Tabel 7.2.1. Oversigt over varmetab fra rør.

Rørlængde = 2 x 2,8m	Eksist. køkken 20 mm kWh/år	Nyt køkken 50 mm kWh/år	Eksist. WC 0 mm kWh/år	Nyt WC 50 mm kWh/år
Rørtab	368	245	1786	275
Ikke nyttiggjort	215	143	1707	196
Nyttiggjort	153	102	78	78
Nyttevirkning	0,42	0,42	0,04	0,29

20mm isolering

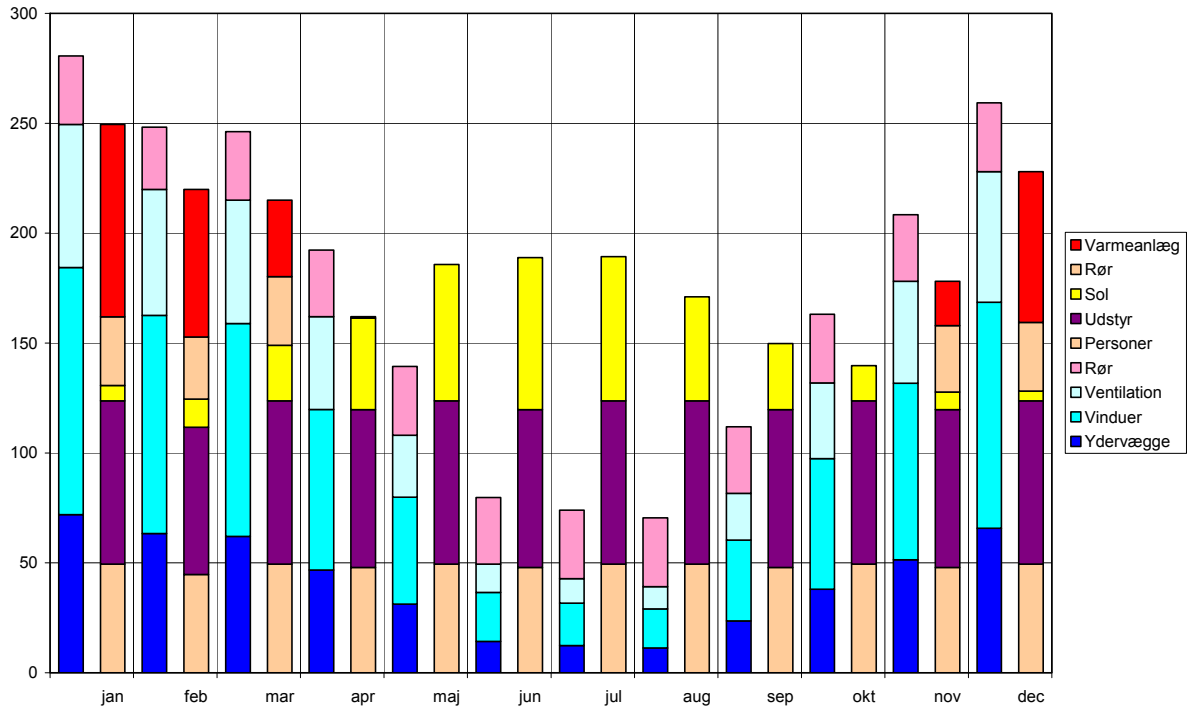
Blå tekst er data på en konkret model

Rum	Bredde (fa	Dybde	Højde		Bemærkninger
	2,5	3,5	2,8	m	
			Specifikke varmetab		
Tab	Areal	U	Ht	ΣHt	
Facader	4,6	1	4,6		BR1961 er U-krav 1,1 for mere en 2 etager
	Volumen	Luftskifte	Ht		
Ventilation	24,5	0,5	4,165		
	Areal	U	Ht		
Vinduer	2,4	3	7,2		Alm. Termorude 1,5 x 1,6 m
Ff	0,8			15,965 W/K	
g	0,75				
F_skygger	0,8				
Orientering	n	1,152	Areal * reduktion		
Tilskud	W/m²	P			
Personer	7,6	66,5	W		(1,5 fra BE06) Spisekøkken 3h/døgn x 2 personer ~ snit 67W -> 67/8,75=7,6w/m2
Udstyr	11,4	99,75	W		(3,5 fra BE06) køleskab, madlavning m.v. i snit 100W ~100/8,7511,4W/m2
Rør		42	W		
- længde	5,6	m			Etagehøjde=2,8, med 2 rør= 5,6m
- U	0,3	W/mK			(0,2 Sbi) 20mm, 0,3W/mK
- T	25	°C			(30°C) 50°C varmtvand - 25°C skakt = 25°C

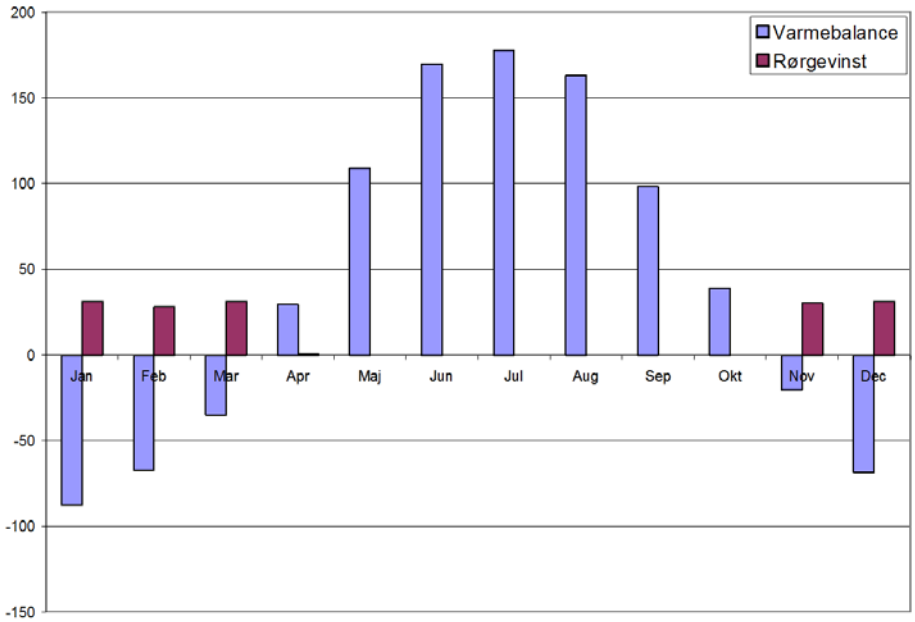
	kWh/år	
Årlig rørtab	368	
Årlig ikke nyttiggjort	215	overskud
Årlig nyttiggjort	153	
Nyttevirkninggrad	0,42	

	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Maj**	**Jun**	**Jul**	**Aug**	**Sep**	**Okt**	**Nov**	**Dec**	
timer	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	
Varmebala	-118,71	-95,41	-66,02	-0,78	77,68	139,39	146,53	131,85	68,17	7,84	-50,47	-99,89	kWh
Rørtab	31,25	28,22	31,25	30,24	31,25	30,24	31,25	31,25	30,24	31,25	30,24	31,25	kWh
Varmebala	-87,46	-67,19	-34,77	29,46	108,93	169,63	177,78	163,1	98,41	39,09	-20,23	-68,64	kWh
Rørgevinst	31,25	28,22	31,25	0,78	0	0	0	0	0	0	30,24	31,25	kWh

Figur 7.2.1. Eksempel på beregningsskema.



Figur 7.2.2. Eksempel på varmebalance/rørgevinst i kWh pr. måned.



Figur 7.2.3. Eksempel på varmetab/varmetilskud i kWh pr. måned.

8 Perspektivering og anbefalinger

8.1 Afsæt

Generelt har varmtvandssystemer med cirkulation et stort varmetab. Dette tab kan sammenlignes med et tomgangstab, eller et standby-tab. I denne rapport anvendes begrebet nyttevirkning for forholdet mellem den energimængde, der alene anvendes til opvarmning af det kolde vand og den samlede energimængde, der reelt anvendes dvs. såvel til opvarmning af vandet som til varmetab fra beholder, veksler, rør etc.

nyttevirkning i %: $\eta = 100 \cdot Qk / Qt$

hvor *Qk = Energi til opvarmning af varmt vand alene*
Qt = Samlet energiforbrug til varmt vand inklusiv alle tab.

Tabel 8.1.1. Nyttiggørelse af varme til varmt vand.

	Aktuelt målte ejendomme		Tidligere målte ejendomme	
	Antal systemer	Nyttevirkning [%]	Antal systemer	Nyttevirkning [%]
Etageboliger	10	30-77	6	18-42
Rækkehuse	2	42-61	-	-
Enfamiliehuse	2	35	-	-
Skoler	6	8-46	-	-
Kontorbygninger	4	11-32	1	8,2
Sygehuse	-	--	4	7-40

Der er tegn på, at energiforbruget til varmt brugsvand hidtil er blevet undervurderet. En forklaring kunne være, at der er taget udgangspunkt i en vurdering af det samlede varmtvandsforbrug i m^3. Energimængden til opvarmning af det varme vand, er dernæst tillagt et skønnet varmetab fra systemerne. Dette samlede energiforbrug til varmt vand er hidtil i flere sammenhænge vurderet til kun at udgøre ca. 10 procent af det samlede energiforbrug til opvarmning. Se Energistyrelsens rapport fra november 2004 *Potentialevurdering - Energibesparelser i husholdninger, erhverv og offentlig sektor* (Energistyrelsen, 2004), samt rapport fra Det Økonomiske Råd *Energirigtig renovering af eksisterende bygninger*, fra september 2006 (Dyck-Madsen, S., Øhlenschlæger, R., & Okholm, L., 2006).

Ud fra tidligere målinger i forbindelse med energimærkning og ud fra målinger på ejendomme i denne rapport, udgør energiforbrug til varmt brugsvand væsentlig mere – 25-33 procent af det samlede energiforbrug til opvarmning. Det samlede forbrug til varmt vand vurderes at være ca. 50 PJ pr. år svarende til, at hver person anvender ca. 250 W hver time døgnet rundt til varmt vand. Af de 250 W er ca. halvdelen varmetab fra installationer især fra cirkulationsledninger. Et standby-tab, der hidtil ikke har været fokus på.

Der har siden energikrisen i 70'erne og især inden for de senere år via nye lovmæssige energikrav været megen fokus på isolering af klimaskærm, herunder udvikling af lavenergiruder og ikke mindst udvikling af A-pumper.

Interessen for reduktion af energiforbrug til varmt vand og især cirkulationssystemer har ikke været stor. Årsagen kan være, at energiforbruget hertil har været undervurderet, og at der ikke er bevidsthed om, hvor stor en andel cirkulationstabet reelt udgør. Kampagner om energibesparelser på varmt vand har primært drejet sig om at reducere selve forbruget af varmt vand.

8.2 Perspektivering

I fremtiden vil energiforbruget til rumopvarmning falde. De nye energirammekrav og krav til klimaskærmens isolering og tæthed vil betyde et mindre forbrug.

Sættes de aktuelle energiforbrug til varmt vand i forhold til de aktuelle krav til det maksimale totalenergiforbrug i nybyggeri svarende til 70 kWh/m^2, vil andelen til varmt vand være 35-40 procent. Vælges de skærpede energikrav på 50 kWh/m^2 eller 35 kWh/m^2, vil varmt vand udgøre 50 procent henholdsvis 65 procent.

Af det samlede energiforbrug vil andelen til varmt vand derfor blive større end den er i dag. Med de nye teknologier inden for belysning og lavere elforbrug til diverse el-apparater, kan energiforbruget til varmt vand have afgørende betydning for det samlede energiforbrug. Der kan derfor være god grund til at sætte ind for at reducere energiforbrug og ikke mindst reducere varmetab fra cirkulationsledninger.

8.3 Anbefaling

Det anbefales, at man som det første forholder sig til størrelsen af det samlede energiforbrug til opvarmning af det kolde vand, og dernæst til varmetabet fra den eksisterende eller kommende installationen.

Ved nyinstallation vil det være muligt at beregne varmtvandsforbruget og varmetab fra tilslutningsrør til vandvarmer, selve vandvarmeren, og fra varmtvandsrør og ikke mindst cirkulationsledningen.

Ved en eksisterende installation vil det være muligt at bestemme varmtvandsforbruget ud fra bi-måleren på koldtvandstilgangen til vandvarmeren. Hvis der ikke er en bi-måler, anbefales det, at en sådan monteres. Det samlede energiforbrug til varmt vand (forbrug+tab) kan bestemmes direkte af energimåleren, der er placeret på varmetilførslen til vandvarmeren. Energiforbruget alene til opvarmning af det kolde vand - uden tab, kan bestemmes ved aflæsning af afgangstemperaturen på det varme vand og beregning af energimængden, der skal til opvarmningen alene. Dette gøres ved at gange temperaturstigningen med det volumen, der er blevet tappet. Trækkes dette energiforbrug fra det samlede målte forbrug fås tabet. Er der ikke separat energimåler til vandvarmeren, er en mulighed at lukke for rumopvarmningen i en varm sommermåned, så det er muligt på hovedvarmemåleren at aflæse forbruget alene til varmt vand.

Lovgivning, lokale bestemmelser og energiforsyning kan have indflydelse på valget af varmtvandssystem og cirkulationssystem, og der kan derfor ikke gives en ”altid gældende" vejledning i valg af system. Erfaringsmæssigt ændres holdningen til komfort, vandkvalitet, energiforbrug og miljøbelastning med tiden, men den stigende bevidsthed om emnerne og ikke mindst skærpede lovkrav om reduktion af energiforbrug og miljøbelastning, bør få væsentlig indflydelse på valget af løsninger fremover.

Ideelt set er opgaven

- at opvarme vandet, umiddelbart før det skal anvendes
- at opvarme vandet, dér hvor det skal anvendes

Skridt mod målet er:

- at så vidt muligt udelade cirkulationsledninger
- at placere tapsteder for varmt vand tæt på hinanden
- at begrænse antallet af tapsteder for varmt vand
- at isolere beholder, veksler og rørsystemer ekstra godt
- at overveje muligheden for at anvende systemer som fx rør-i-rør, sam-isolering eller varmekabler
- at reducere cirkulationsledningens længde og rørdimension
- at overveje muligheden for decentral opvarmning af varmt vand

Ud fra betragtninger, som alene omfatter energiudgift og miljøbelastning, er el-opvarmning ikke den umiddelbart mest fordelagtige løsning i sammenligning med fjernvarme og ikke mindst solvarme. Inddrages desuden faktorer som fx anlægsudgifter, distribution og krav til pladsforhold m.v. i vurderingen, bliver grundlaget for valg af system mere komplekst.

Det drejer sig om at vælge et system, der har et passende forhold mellem anskaffelsespris og energieffektivitet, og som samtidigt kan levere den ønskede mængde varmt vand inden for acceptabel tid og med en god vandkvalitet.

Ved projektering af en varmtvandsinstallation – ny eller i forbindelse med renovering – bør der ske en vurdering af energiforbruget såvel i "driftsperioden", dvs. i den tid, hvor der tappes, som i "standby" tiden. Nedenfor anføres nogle af de parametre, der kan have indflydelse på valget af systemopbygning

- Love, lokale bestemmelser
- Krav til energiforbrug, energiramme, krav fra ejer/bruger
- Energiforsyning, miljøbelastning, energipris
- Temperaturniveau og krav til afkøling
- Anvendelse, bad, rengøring, madlavning, vask m.v.
- Tapsteder, mange tæt placeret, få med stor indbyrdes afstand eller begge dele

9 Summary and Conclusions

Goal

It is likely that the production and distribution of domestic hot water (DHW) in buildings will constitute a dominant share of both the present and in particular future energy design requirements. The goal of this project has been to propose more energy efficient and environmentally friendly solutions for DHW systems based on analyses of existing conditions.

The possibilities include new types of circulation pipes, which have the potential of a 40 per cent reduction of heat losses. In addition to the reduction of heat losses inside the building, a low return temperature from the hot water system will have a large impact on the heat losses from the district heating network when the building is being heated by district heating.

The results of this project could influence not only future buildings but also existing buildings in case of renovation of the installations.

Measurements

In this project measurements of water and energy consumptions have been carried out in a number of buildings, and heat losses from the production of domestic hot water and the distribution lines have been measured. In addition, a few measurements carried out before 2004 are included.

- The energy demand for domestic hot water (DHW) constitutes a considerable proportion of the total heat demand in dwellings. For the investigated buildings it amounts to 28-34 per cent in apartment buildings.
- Most of the energy demand for DHW is lost in the circulation system. The efficiency is found to be 0,30-0,77 in apartment buildings and between 0,08 and 0,46 in office buildings and schools.
- The circulation system in many cases results in a reduced cooling of the district heating water. The measured cooling is 19-45 K for apartment buildings and 11-24 K for office buildings.
- A clear relationship between the district heating peak load per apartment, the number of apartments and the system design (with regard to heat exchanger solutions, loading circuits and hot water tanks) has not been found.
- HWAT systems do not result in a better efficiency than traditional circulation systems, bearing in mind that the electricity consumption must be multiplied by a factor of 2.5 in accordance with Danish calculation rules in *Be06*. Using HWAT circulation of water back to the production site (heat exchanger or hot water tank) is avoided.
- For traditional circulation systems a pipe length of 5-14 m per apartment was found, for systems with HWAT a length of 4-10 m per apartment
- The consumption of DHW was found to vary between 1.4 and 4.3 m^3/month per apartment for apartment buildings.

- A large variation between the size of the hot water tank and the water consumption was found.
- For single family houses the heat loss from the hot water tank or heat exchanger and the connecting pipes constitutes a large proportion of the total heat loss.

Analyses

In addition to the measurements described in section Bilag, page 59, analyses and simulations have been carried out. Two models have been developed: One of an apartment room with vertical pipes passing through the room, and one of a room above a basement with horizontal heating pipes. The models make it possible to assess how much of the heat loss from the heating pipes is utilised for space heating.

The simulation model shows that 30-40 percent of the total heat loss from the pipes is utilised for space heating in the investigated case. It is expected that the actual contribution from pipe heat losses to space heating is less due to the fact that indoor air from the whole of the apartment is being extracted through exhaust valves in the ceiling of the kitchen and the bathroom.

Conclusions

The objective of the project is to propose more energy efficient and environmentally friendly solutions for DHW systems in buildings and promote the use of such systems. Based on the results of the project – both the concrete results of measurements and associated calculations and analyses as well as the qualitative observations and recordings done and experience gained from the field work – the following recommendations are pointed out.

- In large buildings e.g. apartment buildings and office buildings the technical installations should be provided with meters so that it is possible to separate the energy consumption for DHW, space heating and ventilation, respectively. Thorough knowledge of the individual consumptions is a prerequisite for estimations on potential energy savings. Only in a few of the investigated buildings was a heat meter for DHW already fitted.
- In new buildings and in case of retrofitting existing buildings, careful planning of the placement and disposition of hot water taps compared with the location of the hot water tank or heat exchanger is recommended. Also, the necessity of a circulation line or use of HWAT should be carefully analysed.
- For office buildings it is recommended to consider the use of a decentralized, electrical hot water production in preference to a traditional solution with circulation lines. Even if the electricity consumption is weighted by a factor of 2.5 it may be advantageous to use decentralized, electrical water heaters.
- For apartment buildings, the trend is that it should be possible to measure the consumption in each individual apartment. Therefore, flat stations with a district heating unit in each apartment should be compared with traditional ways of supplying and measuring heat to apartments (heat allocators).

- New types of circulation lines should be considered, e.g. concentric pipes or twin pipes, which may reduce pipe heat losses considerably. Also, prefabricated vertical pipes should be considered. Regulations as regards inaccessible joints and penetrations including requirements regarding precautionary measures concerning fire must be observed.
- It is recommended that in depth analyses are conducted on how much of the heat loss from the DHW system that actually can be utilised in a building.

10 Litteratur

Aggerholm, S., & Grau, K. (2008). *Bygningers energibehov* (SBi-anvisning 213). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

BYG-ERFA, erfaringsblad (53) 01 04 01: *Bakterievækst og slimdannelse i større anlæg til varmt brugsvand - årsager og forebyggelse*.

BYG-ERFA, erfaringsblad (53) 01 09 21: *Bakterievækst og slimdannelse i større anlæg til varmt brugsvand - rensning og desinfektion*.

Bøhm, B. & Danig, P.O. (2004): *Monitoring the energy consumption in a district heated apartment building in Copenhagen, with specific interest in the thermodynamic performance*. Energy and Buildings, 36 (2004) 229-236.

Christiansen, J., Pedersen, T. og Ovesen, K. (1986): *Produktion og distribution af varmt brugsvand i et lavtemperatur-varmeanlæg*. (SBI-rapport 173). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Danmarks Statistik (2003): *Statistisk Årbog 2003*.

Danmarks Statistik (2004): *Statistisk Årbog 2004*.

Dansk Standard (1999): *DS 452:1999, Termisk isolering af tekniske installationer*.

Dansk Standard (2000): *DS 439:2000, Norm for vandinstallationer*.

Dansk Standard (2008): *DSF/DS 439:2008, Norm for vandinstallationer*. Forslag.

Dyck-Madsen, S., Øhlenschlæger, R., & Okholm, L. (2006): *Energirigtig renovering af eksisterende bygninger*. Det Økologiske Råd. September 2006.

Energistyrelsen (2004): *Potentialevurdering - Energibesparelser i husholdninger, erhverv og offentlig sektor*. Energistyrelsen, Birch & Krogboe A/S, November 2004.

Energistyrelsen (2007A): *De 10 bud til at spare på energien*. ISBN: 978-87-7844-687-9. Energistyrelsen oktober 2007. Lokaliseret 2009-03-25 på: http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Energibesparelser/De_10_bud_til_at_spare_pa_energien/index.htm

Energistyrelsen (2007B): *Energistyrelsens Energistatistik 2007*. Lokaliseret 2009-03-01 på: http://www.ens.dk/sw11654.asp.

Engelund Thomsen, K., & Aggerholm, S. (2000): *Beregning af bruttoenergiforbrug* (SBI-meddelelse 129). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Foreningen for Energi & Miljø (2002): *Energihåndbogen – med råd og vejledning*.

Guldager A/S (2008): *Sundt vand. Legionellaforebyggelse i anlæg for varmt brugsvand*. www.guldager.com.

Jones, W. (1894): *Heating by hot water*. Crosby, Lockwood, and Son.

Kristjánsson, H. (2008): *Distribution systems in block of flats*. 11th International Symposium on District Heating and Cooling, August 31-September 2, 2008. Reykjavik, Iceland.

Lawaetz, H. (1985): *Varmtvandsforbrug i boliger. Målinger af vand- og energiforbrugets størrelse og fordeling*. Teknologisk Institut.

Lawaetz, H. (1986): *Energiforbruget til vandopvarmning. Målinger og beregninger af energiforbruget til fremstilling af varmt vand i boliger*. Teknologisk Institut.

Lund, A. (2008): *Fjernvarmeafkøling og energibesparelse ved anvendelse af selvregulerende varmekabler til temperaturvedligeholdelse af varmt brugsvand*. Armatec A/S.

Løgberg, E. et al. (1992): *Energiøkonomisk anlægsudformning. Beregning af fordelingsinstallationernes varmetab*. Birch & Krogboe.

Ovesen, K. (1982): *Cirkulationssystemer for varmt brugsvand*. (SBI-meddelelse 20). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Radisch, N. (2001): *Koncepter til opvarmning af BR2005 boliger og til systemer for varmt brugsvand. Forprojekt (fase 1)*. Teknologisk Institut.

Schrøder, F. (2004): *Cirkulationstab i varmt brugsvandsanlæg er langt større end antaget*. HVAC 4, 2004, pp. 36-40.

Schrøder, F. (2008A): *Energi til varmt vand er glemt i energidebatten*. HVAC 1, 2008, pp. 8-12.

Schrøder, F. (2008B): *Sådan kan kurven for varmt vand knækkes*. HVAC 1, 2008, pp 14-16.

Bilag

B.1 Tidligere undersøgelser og målinger 2000-2004

B.1.1 Sygehus, 4 systemer, 001, 002, 003, 004

Tabel B.1.1.1 viser energiforbrugt på fire varmtvandssystemer på et centralsygehus. Der er vist fire selvstændige systemer. Målingerne er for året 2003. Systemerne er fra 70'erne med diverse tilpasninger frem til 2003. Der er tale om fire forskellige systemer:

- 001 er et mindre system med jordledning
- 002 er et mindre system kun med ledningsføring inde i bygningen
- 003 er et stort system kun med ledningsføring inde i bygningen
- 004 er et stort system uden cirkulation

Tabel B.1.1.1. Målinger af forbrug i 2003 på 4 varmtvandssystemer på centralsygehus.

System	Målt varmt-vands-forbrug [m³]	Målt energi-forbrug sam-let varmt vand [MWh]	Varmetab cirkulation [MWh]	Energi til opv. af varmt vand alene [MWh]	Nytte-virkning [%]	Bemærkning
001	14	10,3	9,6	0,7	6,8	Cirk. med jordledning
002	30	4,1	2,6	1,5	36,6	Cirk. kun i bygning
003	932	122,9	74,1	48,8	39,7	Cirk. kun i bygning
004	551	28,9	0,1	28,8	~100,0	Ingen cirk. ledning.

B.1.2 Administrationsbygning fra 50'erne, 005

Tabel B.1.2.1 viser energiforbrug i et varmtvandssystem i en stor administrationsbygning. Systemet er fra 50'erne med diverse mindre tilpasninger frem til 2000. Målingerne er foretaget over 8 måneder i 2000-2001.

Tabel B.1.2.1. Administrationsbygning på 15.000 m². Målinger i 8 måneder fra 2000 til 2001.

System 005 Måned	Fjernvarme-forbrug samlet [m³]	Varmtvands-forbrug [m³]	Energiforbrug samlet [MWh]	Energi til opv. alene [MWh]	Nyttevirkning [%]
okt.	398	17	18,5	0,791	
nov.	372	29	17,3	1,35	
dec.	324	29	15,1	1,35	
jan.	196	29	9,1	1,35	
feb.	401	29	18,7	1,35	
mar.	340	34	15,8	1,58	
apr.	324	26	15,1	1,21	
maj	354	28	16,5	1,30	
Sum			126,1	10,3	8,2

B.1.3 Etageejendom med 148 lejligheder, 006

Tabel B.1.3.1. Etageejendom på 11500 m² – forbrug i 2002.

System 006	Gennemsnitstemperatur				Forbrug			
	Fjernvarmeveksler		Varmt vand		Fjernvarme		Brugsvand	
Måned	Fremløb	Retur	Varmt vand frem	Cirkl. retur	Totalt for ejendom	Til varmt vand	Varmt vand	Vand totalt
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]
jan.	88	40	58	44	2.875	616	325	
feb.	86	40	57	43	2.232	541	233	
mar.	88	41	57	43	2.129	512	252	
apr.	84	39	57	43	1.929	703	215	
maj	78	35	57	44	1.049	701	214	
jun.	79	38	57	44	789	680	196	
jul.	79	42	58	44	767	653	185	
aug.	75	39	57	45	931	871	176	
sep.	78	39	57	44	1.011	711	205	
okt.	84	40	57	43	1.982	635	227	
nov.	87	40	57	43	2.444	568	246	
dec.	88	40	57	43	3.097	566	205	
sum					21.235	7.757	2.679	9.420

Varmeforbrug til varmt vand i forhold til samlet varmeforbrug	37 %
Varmtvandsforbrug i forhold til samlet vandforbrug	28 %
Nyttevirkningsgrad	35 %

Det fremgår af tabellen, at selvom varmtvandsforbruget er lavt i sommermånederne, er fjernvarmeforbruget til opvarmning af varmt vand i hovedsagen uforandret. Tabet fra cirkulationen har en stor indflydelse på fjernvarmeforbruget, og desuden medvirker den lavere fremløbstemperatur på fjernvarmen til, at forbruget øges.

B.1.4 Fire mindre boligbyggerier, 007, 008, 009, 010

Tabel B.1.4.1 viser energiforbrug i et brugsvandsanlæg i fire mindre beboelsesejendomme i samme mindre by. Ejendommene er opført i 70'erne og 80'erne. Målingerne er foretaget i august 2002.

Tabel B.1.4.1. Beboelsesejendomme – forbrug i august 2002.

Ejendom	Areal	Samlet energi-forbrug	Fjern-varme	Afkøling	Varmt vand	Energi til opv. alene	Nytte-virkning
	[m²]	[MWh]	[m³]	[°C]	[m³]	[MWh]	[%]
007	5060	9,45	372	21,9	33	1,73	18,3
008	815	2,28	80,6	24,3	11	0,58	25,4
009	2242	3,16	160	17,0	18	0,94	29,7
010	1364	2,36	108	18,8	19	0,99	41,9

B.1.5 Etageejendom med ladekreds og cirkulation, 011

Ejendommen

Ejendommen er en etagebolig på 3 etager, opført i 1941. Der er i alt 35 lejligheder, hvoraf fire benyttes af en børnehave. Antal lejligheder regnes som 33 stk.

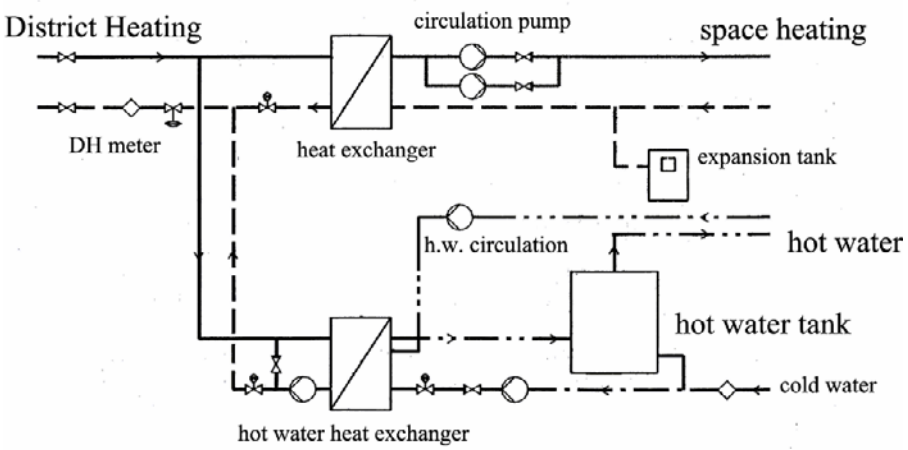
Varmtvandsforsyningen

Varmecentralen er renoveret i 1993, hvor bygningen blev fjernvarmeforsynet. Varmtvandsforsyningen består af en 1000 l varmtvandsbeholder, der opvarmes ved hjælp af en ladekreds, der er tilsluttet fjernvarmeforsyningen. Cirkulationsledningerne består af lodrette stigstrenge og vandrette fordelingsledninger i kælderen. Der er monteret termostatiske ventiler i stigstrengene. Længden skønnes til 410 m.

Cirkulationspumpe og ladekredspumpe er begge Grundfos UPS 25-60.

Forbruget af koldt og varmt vand i de enkelte lejligheder måles ikke.

Figur B.1.5.1. Ejendommen.



Figur B.1.5.2. Principdiagram.

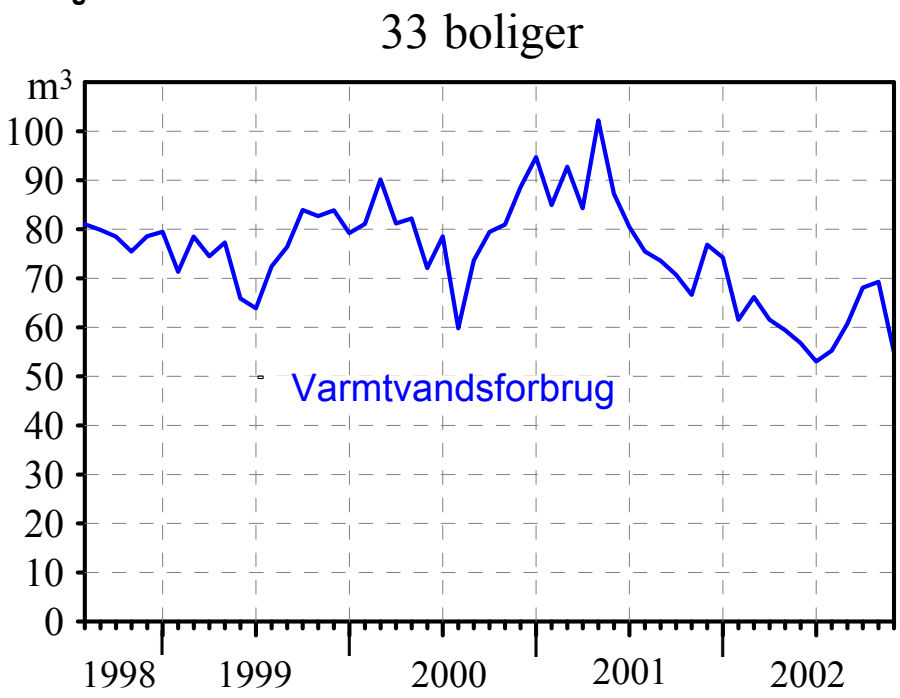
Figur B.1.5.3. Teknikrum.

Dataopsamling

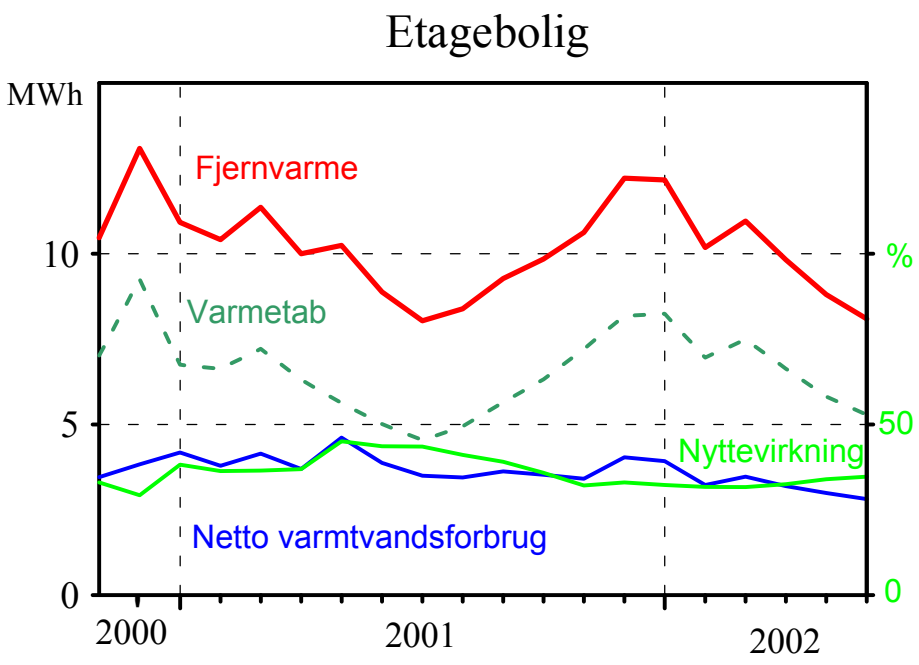
Der blev før målingernes igangsættelse monteret en ny flowmåler på radiatorkredsen, for at energiforbruget til varmt brugsvand kunne beregnes som forskellen på totalt forbrug og varmeanlæggets forbrug.

Dataopsamlingen blev foretaget med en HP3852 datalogger. Målingerne blev suppleret med data fra CTS-anlægget.

Målinger

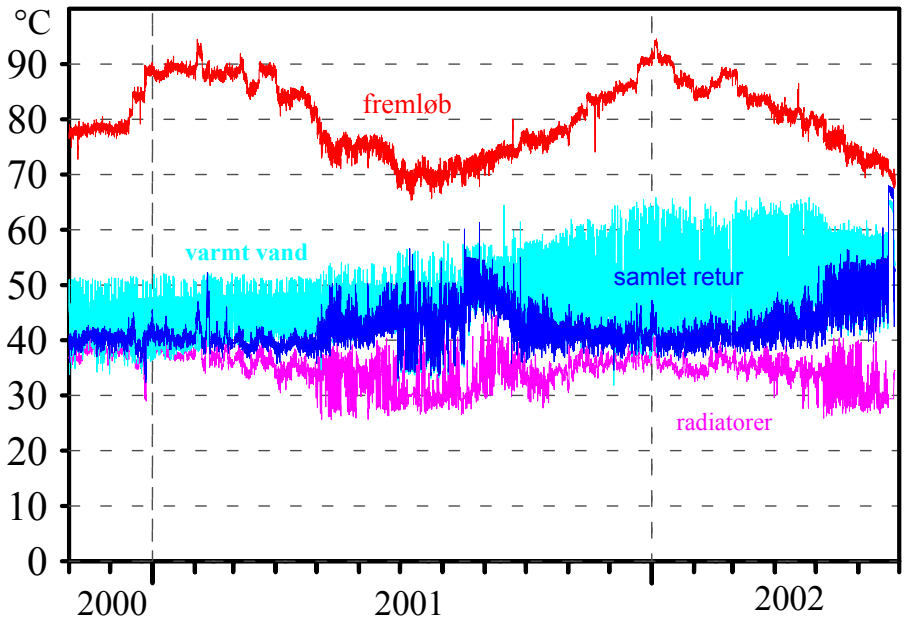


Figur B.1.5.4. Varmtvandsforbrug.

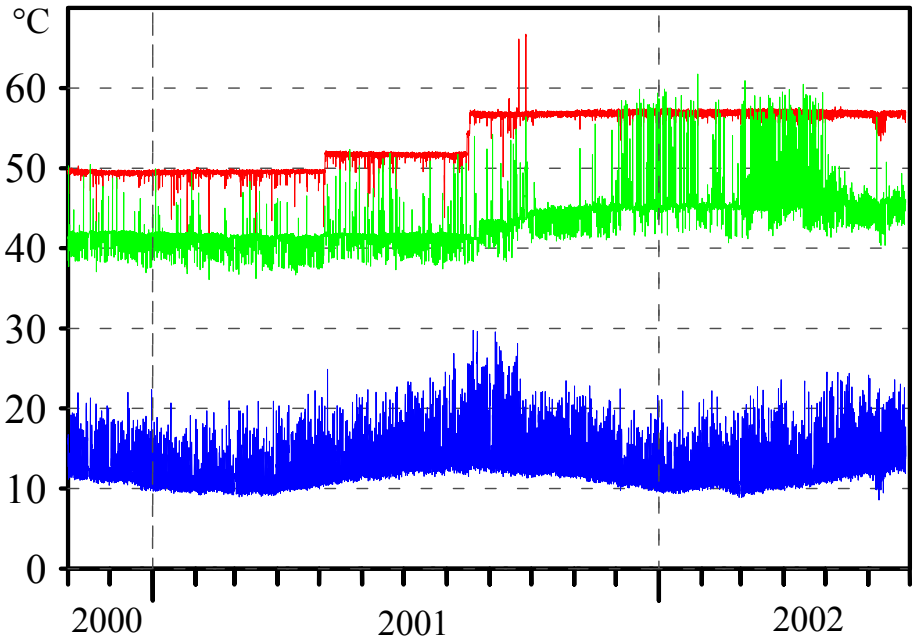


Figur B.1.5.5. Netto og brutto energiforbrug, samt varmetab og nyttevirkning.

Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



Figur B.1.5.6. Fjernvarmetemperaturer ved hovedmåler og ved varmevekslerne for henholdsvis brugsvand og radiatorer.



Figur B.1.5.7. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang fra varmtvandsbeholder, og retur på cirkulationsledningen.

Det fremgår af Figur B.1.5.7, at fremløbstemperaturen er blevet forhøjet i perioden for at imødegå mulige problemer med Legionærsyge.

Nøgletal for perioden juni 2001-maj 2002

Forbrug og varmetab:
Bruttoenergiforbrug: 300 kWh pr. lejlighed/måned .
Nettoenergiforbrug: 106 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,35.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 194 kWh pr. lejlighed/måned = 266 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 410 m.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 21,4 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.

Forbrug af varmt brugsvand: 2,16 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 10,2 timer.

B.2 Målinger i udvalgte ejendomme i 2005-2008

B.2.1 Ny skole med idrætshal, varmtvandsbeholdere, 101

Ejendommen

Ejendommen er en del af en større folkeskole, der er nyindrettet i en tidligere kasserne. Ejendommen rummer undervisnings- og faglokaler, samt helt ny idrætshal med bad og omklædning. Idrætshal anvendes som gymnastiksal af skolen om dagen og af idrætsklubber om aftenen.

Ejendommen er et muret byggeri opført/renoveret i 2002 i én etage på i alt 6600 m^2.

Figur B.2.1.1. Skole med idrætshal.

Varmtvandssystem

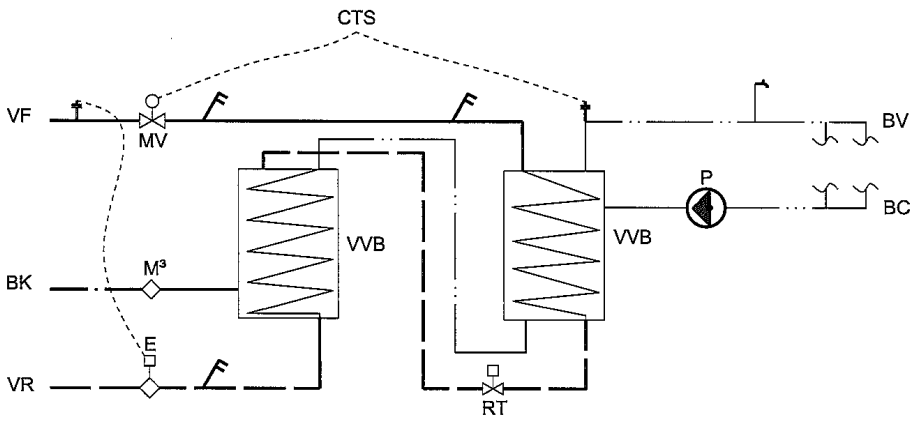
Varmtvandssystemet er fra 2002 og udført i galvaniseret stål med elektrolyseanlæg. Det varme vand opvarmes i to seriekoblede varmtvandsbeholdere på hver 1000 liter. Begge beholdere har varmespiraler fra top til bund. Varmestyring foregår via motorventil og en føler i fremløb for varmt vand. Føleren er sat til 50 °C. Mellem de to beholdere er der på fjernvarme retur sat en returtermostat, der skal sikre en returtemperatur på maksimalt 40 °C. De to varmtvandsbeholdere er isoleret med 100 mm, dog ikke i bund.

Cirkulationssystem

Cirkulationsledning er ført ind i den varmeste beholder og målt til 40 °C. Der er monteret termostatventiler type Circon på delstrenge på cirkulationsledningen. Cirkulationspumpen er en Grundfos type UP 25-60 B 180, 245 W. Cirkulationspumpe stopper og motorventil på fjernvarme lukker via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Cirkulationsledning er isoleret svarende til normkrav.

Dataopsamling

I fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholdere er energimåler fabr. Kamstrup, type Multical 65-S. I koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholdere er m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.



Figur B.2.1.2. Principdiagram.

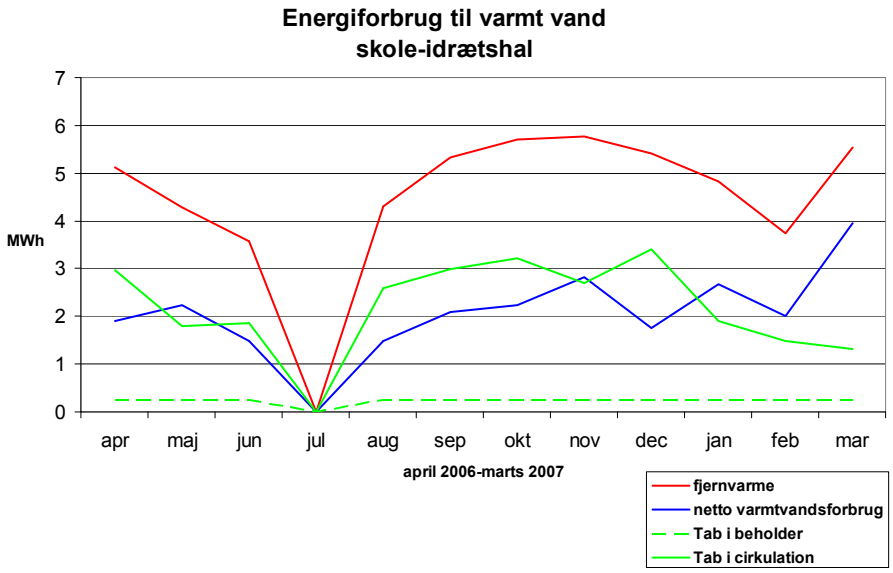
Bemærkninger

Varmtvandsforbrug indeholder også forbrug til idrætshallen. Dette forbrug er ikke målt særskilt, men skolen oplyser at baderum kun anvendes i begrænset omfang svarende til hvad andre skoler anvender deres gymnastiksale til uden for normal skolebrug. Der har været lukket for varmetilførslen i juli.

Registrerede forbrug og temperaturer

Der er med mellemrum udført manuelle registreringer og målinger af temperaturer på fjernvarmen, det kolde og varme vand.

Fjernvarme frem ~	85-75 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	45-55 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	53,6 MWh
Årlig fjernvarmevand=	1.531 m^3
Årlig afkøling ~	30,1 °C
Varmt brugsvand ~	55 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	14 °C
Cirkulation retur ~	45 °C



Figur B.2.1.3. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.1.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m³]	Energi til opv af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	5,13	40	1,91	0,252	2,97
maj	4,29	47	2,24	0,252	1,80
jun.	3,58	31	1,48	0,252	1,85
jul.	0	0	0	0	0
aug.	4,31	31	1,48	0,252	2,58
sep.	5,34	44	2,10	0,252	2,98
okt.	5,71	47	2,24	0,252	3,17
nov.	5,76	59	2,81	0,252	2,69
dec.	5,42	37	1,76	0,252	3,41
jan.	4,83	56	2,67	0,252	1,91
feb.	3,74	42	2,00	0,252	1,48
mar.	5,53	83	3,96	0,252	1,32
Sum	53,64	517	24,65	2,77	26,21

Tabel B.2.1.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	6600	m²
02	Varmeforbrug, bygning totalt ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	53,6	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	2,77	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	26,2	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	1,07	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	2.527	m³/år
08	Varmtvandsforbrug	517	m³/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	832	m

Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	46,0	%
21	Varmetab pr. m rør	7,2	W/m
22	Varmtvandsforbrug i forhold til total vandforbrug	20,5	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i forhold til total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i forhold til etageareal	8,13	kW/m² år
25	Varmtvandsforbrug i forhold til etageareal	78,3	l/m² år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i forhold til rørlængde	1,28	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,4	Døgn

B.2.2 Indskoling og SFO, varmtvandsbeholder, 102

Ejendommen

Ejendommen er en del af en større folkeskole. Den aktuelle bygning rummer indskoling og SFO. Ejendommen er fra 2002 og opført som muret byggeri i en etage på i alt 1000 m^2, med otte undervisningslokaler, tre grupperum og et garderobe- og toiletrum.

Figur B.2.2.1. Indskoling og SFO.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 2002 og udført primært i pex-rør skjult under terrændæk. Det varme vand opvarmes i én varmtvandsbeholder på 130 liter med varmespiral fra top til bund. Varmestyring foregår via en føler i fremløb varmt vand, sat til 40 °C og motorventil på fjernvarmeretur. I fjernvarmeretur er en returtermostat, der skal sikre en returtemperatur på maksimalt 40 °C. Varmtvandsbeholder er isoleret med 30 mm, dog ikke i bund.

Cirkulationssystem

Cirkulationsledning er ført ind i beholderens øverste tredjedel, og den er målt til 35 °C. Der er monteret strengreguleringsventil på cirkulationsledningen. Cirkulationspumpen er Grundfos type UPE 25-40 B 180, ~ 60 W. Cirkulationspumpe stopper og motorventil på fjernvarme lukker via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Cirkulationsledning er lagt i isoleret foringsrør under betongulv.

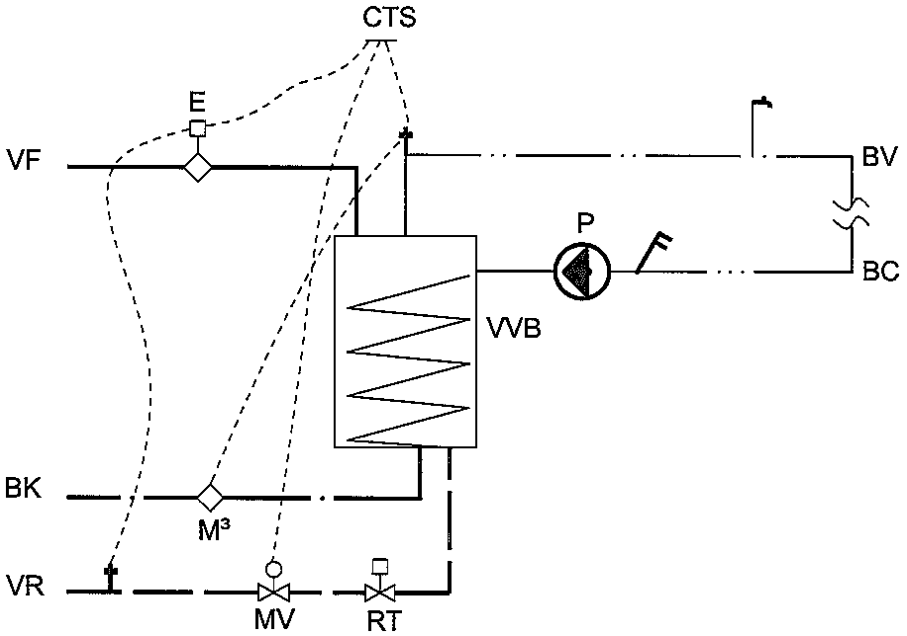
Dataopsamling

Der er monteret energimåler i fjernvarmeretur fabr. Kamstrup, type Multical 65-S fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgang til varmtvandsbeholder er monteret m^3-måler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

Pulstæller på vandmåler har været ude af funktion i det meste af måleperioden, men mekanisk måler er aflæst manuelt. SFO har valgt lav vandtemperatur for at undgå skoldning. I hele juli har der været lukket for varmetilførslen. I december har der været længere drifttid på anlægget.

Figur B.2.2.2. Teknikrum.



Figur B.2.2.3. Principdiagram.

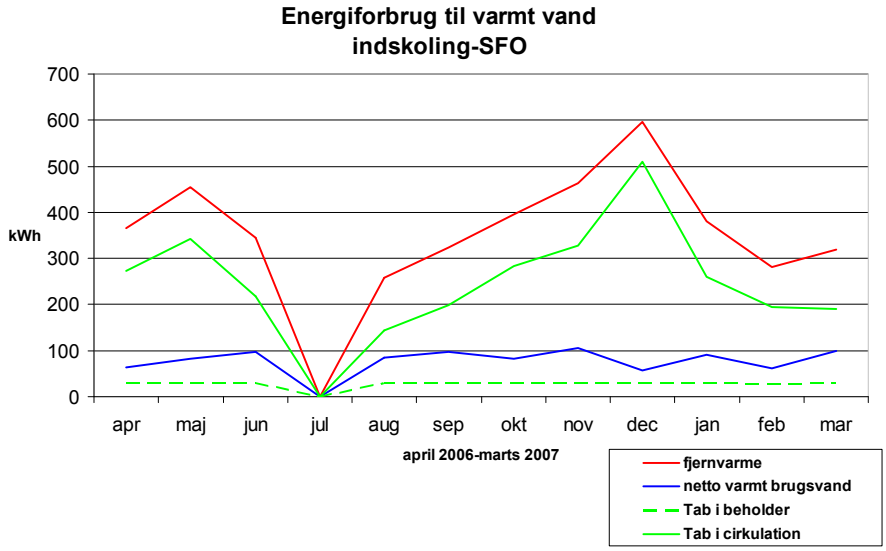
Registrerede forbrug og temperaturer

Der er med mellemrum udført manuelle registreringer og målinger af temperaturer på fjernvarmen, det kolde og det varme vand.

Fjernvarme frem ~	80-70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	30-35 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	31,1 MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	1466 m^3
Årlig afkøling på ~	18,2 °C
Varmt brugsvand ~	40 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	14 °C
Cirkulation retur ~	35 °C

Tabel B.2.2.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til opvarmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	0,366	2,1	0,064	0,029	0,274
maj	0,454	2,7	0,082	0,030	0,343
jun.	0,345	3,24	0,098	0,029	0,218
jul.	0	0	0	0	0
aug.	0,259	2,8	0,085	0,030	0,145
sep.	0,324	3,2	0,097	0,029	0,198
okt.	0,395	2,7	0,082	0,030	0,284
nov.	0,463	3,5	0,106	0,029	0,328
dec.	0,597	1,9	0,057	0,030	0,510
jan.	0,381	3,0	0,091	0,030	0,261
feb.	0,282	2,0	0,061	0,027	0,195
mar.	0,320	3,30	0,100	0,030	0,191
Sum	4,186	30,44	0,920	0,321	2,94



Figur B.2.2.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.2.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	1.000	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	4,19	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	0,321	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	2,94	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	0,219	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	629	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	30,4	m^3/år
09	Drift tid	3650	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	99	m

Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	22,2	%
21	Varmetab pr. m rør	8,1	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	4,8	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	4,19	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	30,4	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	2,21	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,56	Døgn

B.2.3 Udskoling og administration, varmtvandsbeholder, 103

Ejendommen

Ejendommen, som er en del af en større folkeskole, rummer udskoling og administrationslokaler. Ejendommen er et muret byggeri renoveret/ombygget i 2002 med udnyttet kælder, stue, 1. og 2. sal på i alt 2400 m^2.

Figur B.2.3.1. Udskoling og administrationslokaler.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 2002 og udført i galvaniseret rør i loft i kælder og lodret ved toiletter. Det varme vand opvarmes i en varmtvandsbeholder på 250 liter, med varmespiral fra top til bund. Varmestyring foregår via en føler i fremløb varmt vand målt til 45 °C, samt motorventil på fjernvarmeretur. I fjernvarmeretur er en returtermostat, der skal sikre at returtemperatur max bliver 40 °C. Varmtvandsbeholdere er isoleret med 50 mm, dog ikke i bund.

Cirkulationssystem

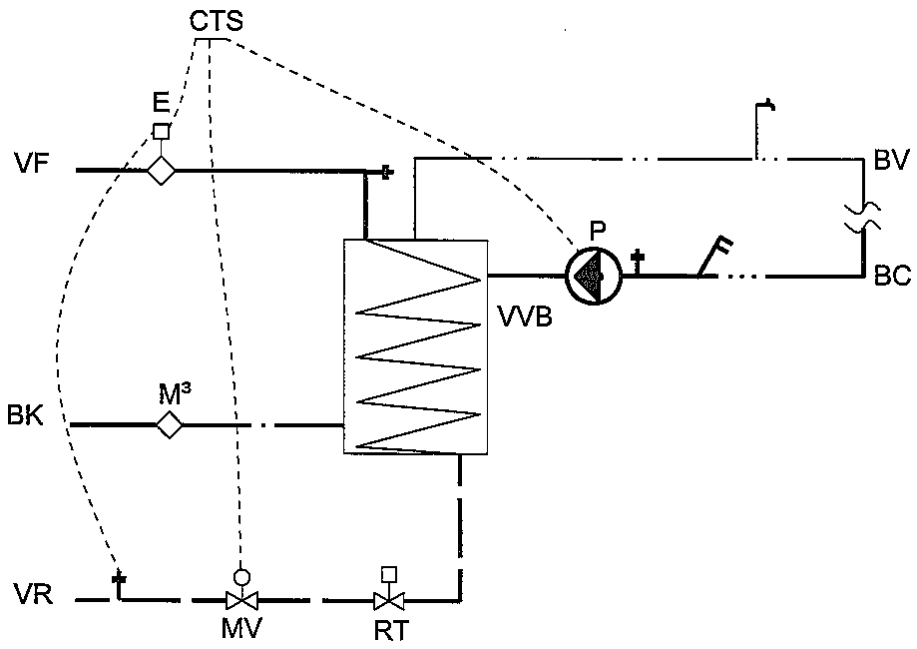
Cirkulationsledning, er ført ind i beholderens øverste 1/3. Returtemperatur på cirkulation målt til 35 °C. Der er monteret strengreguleringsventil på cirkulationsledningen. Cirkulationspumpen er Grundfos type UP 25-40 N 150, ~ 115 W. Cirkulationspumpe stopper og motorventil på fjernvarme lukker via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Cirkulationsledning er isoleret svarende til normkrav.

Dataopsamling

Der er monteret en energimåler i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderene fabr. Kamstrup, type Multical 65-S. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-måler. Forbrug overføres fra målere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

Der er i måleperioden monteret returventil (temperaturbegrænser) på fjernvarmeretur fra beholder. I juli og i en del af juni og august har der været længere drifttid på anlægget.



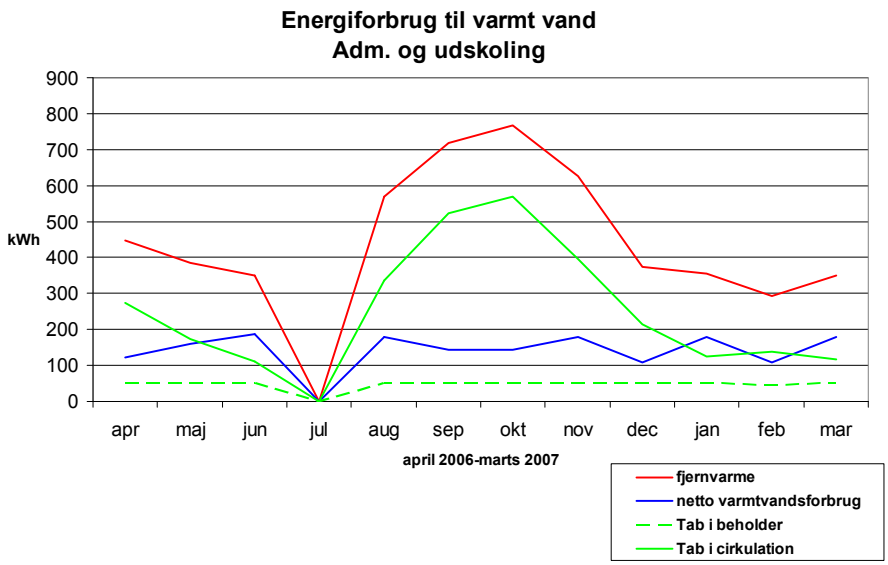
Figur B.2.3.2. Principdiagram.

Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	45 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	5,24 MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	351 m^3
Årlig afkøling på ~	12,8 °C
Varmt brugsvand ~	45°C
Koldt brugsvand til VVB ~	14 °C
Cirkulation retur ~	35 °C

Tabel B.2.3.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til opvarmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	0,448	3,4	0,123	0,050	0,275
maj	0,385	4,4	0,159	0,052	0,174
jun.	0,349	5,2	0,187	0,050	0,111
jul.	0	0	0	0	0
aug.	0,568	5,0	0,180	0,052	0,336
sep.	0,718	4,0	0,144	0,050	0,523
okt.	0,766	4,0	0,144	0,052	0,570
nov.	0,627	5,0	0,180	0,050	0,396
dec.	0,375	3,0	0,108	0,052	0,215
jan.	0,356	5,0	0,180	0,052	0,124
feb.	0,294	3,0	0,108	0,047	0,139
mar.	0,350	5,0	0,180	0,052	0,118
Sum	5,236	47,0	1,694	0,561	2,980



Figur B.2.3.3. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.3.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	2400	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	5,236	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	0,561	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	2,980	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	0,504	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	895	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	47	m^3/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	150	m
Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	32,3	%
21	Varmetab pr. m rør	4,5	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	5,3	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	2,18	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	19,6	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	3,36	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,94	Døgn

B.2.4 Tandlægeklinik til skole, veksler, 104

Ejendommen

Ejendommen, som er en del af en større folkeskole, rummer tandlægeklinik m.v. Ejendommen er renoveret/ombygget i 2002 og opført i murværk, med udnyttet kælder, stue, 1. sal på i alt 750 m^2.

Figur B.2.4.1. Tandlægeklinik.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 2002 og udført i galvaniseret rør. Rør er ført frem i loft i kælder og lodret ved toiletter. Det varme vand opvarmes i en mindre varmtvandsveksler fabr. Termix One. Varmestyring termostatventil Danfoss AVTB med føler i både fremløb varmt vand målt til 50 °C og føler i fjernvarme frem.

Cirkulationssystem

Returtemperatur på cirkulationsledning er målt til 48 °C. Der er monteret strengreguleringsventil på cirkulationsledningen. Cirkulationspumpen er en Grundfos type UP 25-40 B 150, ~ 115 W. Cirkulationspumpe stopper og motorventil på fjernvarme lukker via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Vekslerunit er ikke isoleret, men er omsluttet af en plastkappe. Cirkulationsledning er isoleret svarende til normkrav.

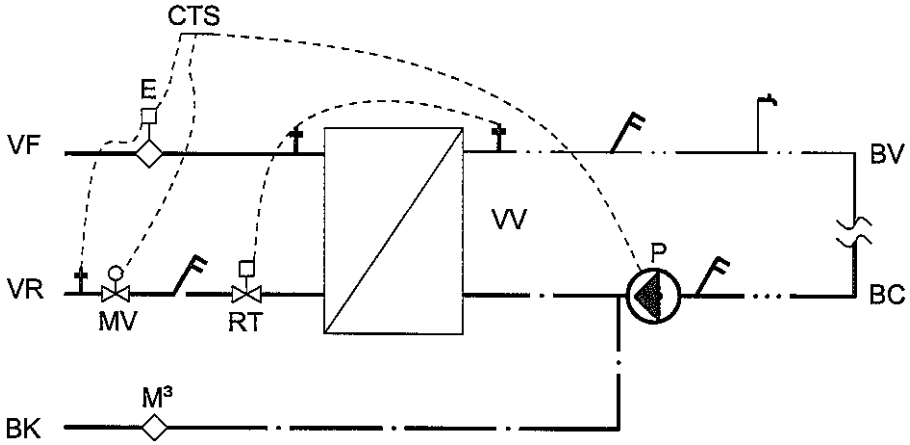
Dataopsamling

Der er monteret en energimåler i fjernvarmefremløb, fabr. Kamstrup type Multical 65-S . På koldtvandstilgang til veksler er monteret en m^3-måler. Forbrug overføres fra målere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

Det høje forbrug i juni skyldes et stort aftap over nogle få dage.

Figur B.2.4.2. Teknikrum.



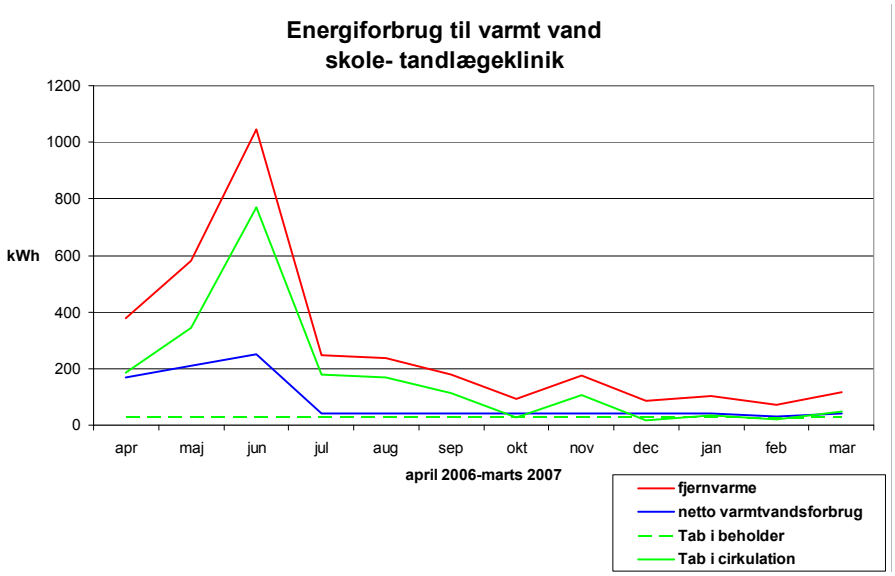
Figur B.2.4.3. Principdiagram.

Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	40 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	3,32MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	110 m^3
Årlig afkøling på ~	26,0 °C
Varmt brugsvand ~	50 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	14 °C
Cirkulation retur ~	48 °C

Tabel B.2.4.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til op-varmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	0,378	4,0	0,167	0,026	0,185
maj	0,582	5,0	0,209	0,027	0,345
jun.	1,047	6,0	0,251	0,026	0,770
jul.	0,247	1,0	0,042	0,027	0,179
aug.	0,237	1,0	0,042	0,027	0,169
sep.	0,180	1,0	0,042	0,026	0,112
okt.	0,094	1,0	0,042	0,027	0,026
nov.	0,174	1,0	0,042	0,026	0,107
dec.	0,085	1,0	0,042	0,027	0,017
jan.	0,102	1,0	0,042	0,027	0,033
feb.	0,072	0,7	0,029	0,024	0,019
mar.	0,118	1,0	0,042	0,027	0,050
Sum	3,318	23,7	0,992	0,315	2,010



Figur B.2.4.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.4.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	750	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt, ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	3,32	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	0,32	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	2,01	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	5,04	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	739	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	23,7	m^3/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	50	m
Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	29,5	%
21	Varmetab pr. m rør	9,2	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	3,2	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	4,42	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	31,6	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	10,1	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	veksler	Døgn

B.2.5 Skole fra 1970, veksler og bufferbeholder, 105

Ejendommen

Ejendommen er en større folkeskole opført som muret byggeri i to etager med undervisnings- og faglokaler samt gymnastiksal med bad og omklædning. Ejendommen er opført i 1970 med efterfølgende mindre om- og tilbygninger. Ejendommen er på i alt 4700 m^2.

Figur B.2.5.1. Skole.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 1970 og udført i galvaniseret stål med elektrolyseanlæg. Det varme vand opvarmes i en pladevarmeveksler. Der er tilknyttet en bufferbeholder på 500 liter på varmtvandsledningen umiddelbart efter pladeveksler. Varmestyring foregår via to temperatorventiler, en stor (Danfoss IVT) og en lille (Danfoss AVTB), med hver sin føler i varmt brugsvand frem. Lille ventil sat til 55 °C, og stor ventil sat til 53 °C. Varmtvandstemperatur er målt til 54 °C. Herudover er der en motorventil, der via ur lukker forvarmetilførsel uden for brugstid. Veksler og bufferbeholdere er isoleret med 100 mm.

Cirkulationssystem

Der er tre cirkulationssystemer indreguleret med strengreguleringsventiler, hvor returtemperatur er målt til henholdsvis 43 °C, 46 °C og 42 °C. Den fælles cirkulationsledning er ført ind i vekslers øverste 1/3. Der er tre cirkulationspumper fabr. Grundfos type UPS 25-40 B 180, 80 W. Cirkulationspumpe stopper via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Cirkulationsledning er isoleret svarende til ca. 10 mm mindre end nuværende normkrav.

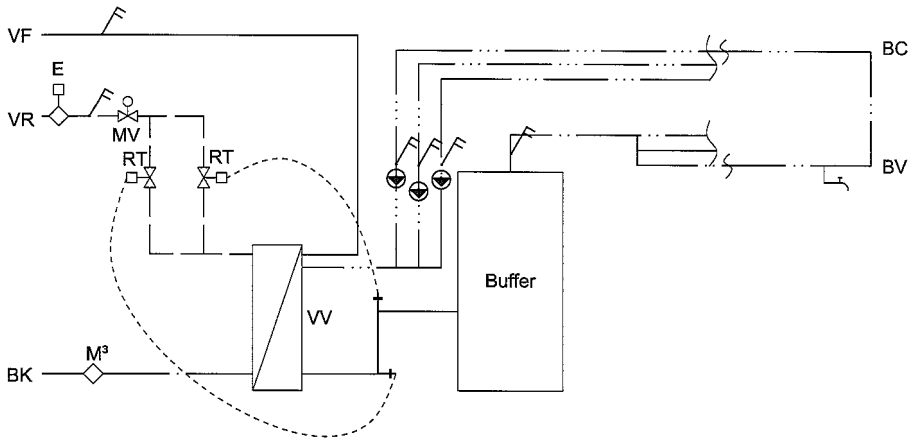
Dataopsamling

Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til centralt CTS-anlæg.

Bemærkning

Bufferbeholder er bibeholdt for elektrolyseanlægget.

Figur B.2.5.2. Teknikrum.



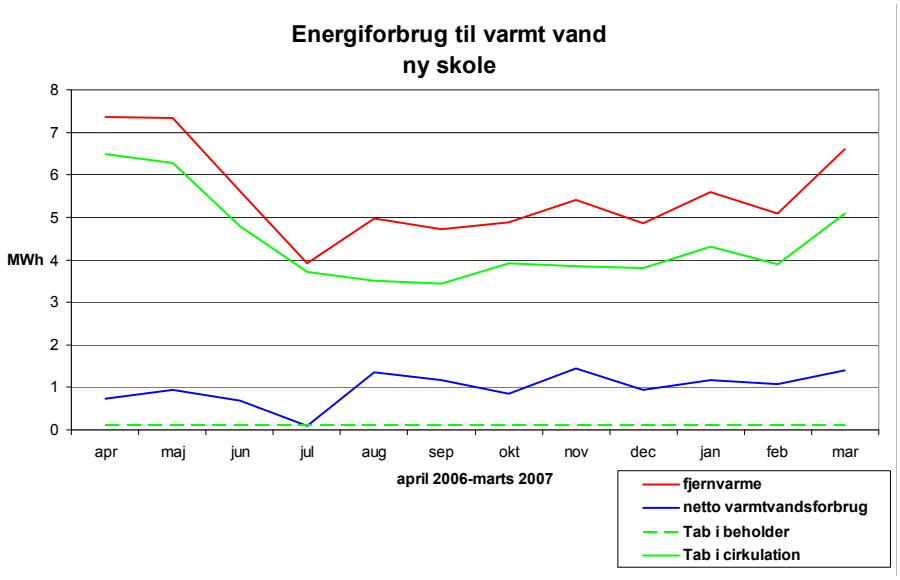
Figur B.2.5.3. Principdiagram.

Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	80-70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	40-45 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	66,3 MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	2528 m^3
Årlig afkøling på ~	22,6 °C
Varmt brugsvand ~	54 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	14 °C
Cirkulation retur ~	45 °C

Tabel B.2.5.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til op-varmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	7,35	16	0,744	0,115	6,491
maj	7,33	20	0,930	0,119	6,281
jun.	5,61	15	0,698	0,115	4,797
jul.	3,93	2	0,093	0,119	3,718
aug.	4,98	29	1,349	0,119	3,512
sep.	4,72	25	1,163	0,115	3,442
okt.	4,88	18	0,837	0,119	3,924
nov.	5,41	31	1,442	0,115	3,853
dec.	4,85	20	0,930	0,119	3,801
jan.	5,59	25	1,163	0,119	4,308
feb.	5,08	23	1,070	0,107	3,903
mar.	6,60	30	1,396	0,119	5,086
Sum	66,33	254	11,816	1,400	53,114



Figur B.2.5.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.5.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	4.700	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt	1065	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	66,3	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	1,40	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	53,11	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	105	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	1239	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	254	m^3/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	425	m
Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	17,8	%
21	Varmetab pr. m rør	28,5	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	20,5	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	6,2	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	14,1	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	54,0	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	2,47	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	0,72	Døgn

B.2.6 Lille skole fra 1912, varmtvandsbeholder, 106

Ejendommen

Ejendommen består af to mindre bygninger opført som muret byggeri. Den ene bygning er opført i 1912, den anden i 1959. Rørsystem er fra 1959 med diverse udskiftninger i 1970 og senere. Bygningernes samlede etageareal er 1260 m^2.

Figur B.2.6.1. Skole.

Varmtvandssystem

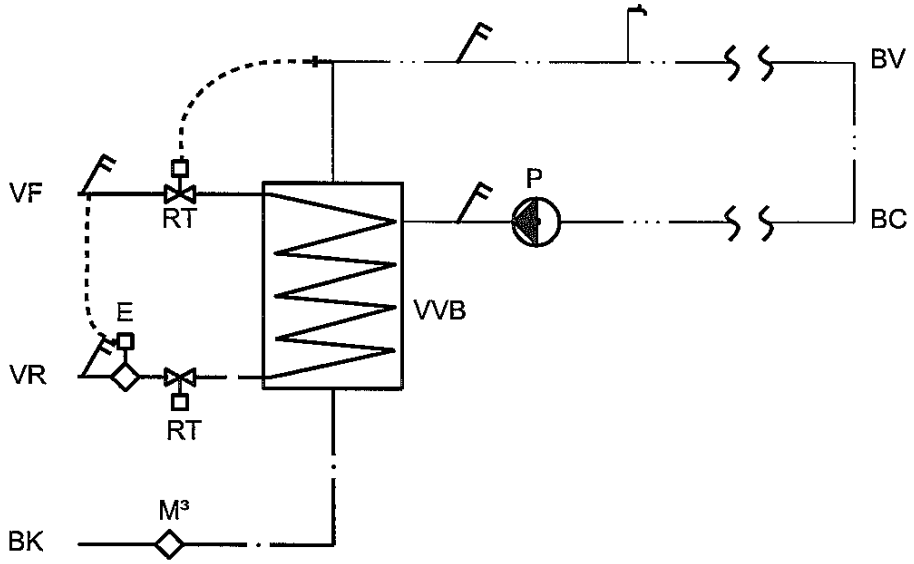
Varmtvandssystemet er i hovedsagen fra ca.1970 og udført i galvaniseret stål med elektrolyseanlæg. Det varme vand opvarmes i en varmtvandsbeholder på 800 liter. Varmestyring foregår via temperatorventiler, Danfoss AVTB, med føler i varmt brugsvand. Varmtvandstemperatur er målt til 45 °C. I fjernvarmeretur fra beholder er monteret en returventil Danfoss FJV der skal sikre lav returtemperatur. Beholdere er isoleret med 100 mm; bunden er dog uisoleret.

Cirkulationssystem

Cirkulationssystemer er opdelt i to systemer, et til hver bygning og indreguleret med strengreguleringsventiler. Fælles returtemperatur er målt til 35 °C. Den fælles cirkulationsledning er ført ind i beholderens øverste 1/3. Cirkulationspumpe er fabr. Grundfos type UPS 32-80 B 180, 245 W. Cirkulationspumpe stopper via ur, når der ikke er varmtvandsbehov. Cirkulationsledning er isoleret svarende til ca. 10 mm mindre end nuværende normkrav.

Dataopsamling

Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.



Figur B.2.6.2. Principdiagram.

Figur B.2.6.3. Teknikrum.

Registrerede forbrug og temperaturer

Perioden november 2006 til april 2007, ca. 6 måneder.

Fjernvarme frem ~	80-70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	40-45 °C (Vinter-sommer)
½-årligt energiforbrug =	16,2 MWh
½-årligt fjernvarmeforbrug =	415 m^3
Årlig afkøling på ~	33,6 °C
Varmt brugsvand ~	44 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	15 °C
Cirkulation retur ~	35 °C

Vandmåler til VVB har ikke været aflæst regelmæssigt. Der er beregnet nøgletal for en periode på ca. et halvt år, der er omregnet til et helt år.

Tabel B.2.6.1. Skema med nøgletal, omregnet til et helt år.

Registrering			
01	Opvarmede areal	1260	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	33,5	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	0,79	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	30,0	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12 timer pr. døgn)	1,07	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	848	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	80	m^3/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	210	m (ca. 15 m jordledn.)
Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	8	%
21	Varmetab i f. t. rørlængder, i drifttid	32,6	kWh/m år
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	9,5	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	26,6	W/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	64,0	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	5,10	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	3,6	Døgn

B.2.7 Kontor i 3 etager fra 1970, varmtvandsbeholder, 107

Ejendommen

Ejendommen er en 3-etagers kontorbygning udført som betonelementbyggeri og opført i 1970. Samlet etageareal er ca. 4000 m^2.

Figur B.2.7.1. Kontorbygning.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 1970 og udført i galvaniseret stål. Det varme vand opvarmes i en varmtvandsbeholder på 700 liter forsynet med anode. Varmestyring foregår via temperatorventiler, Danfoss AVTB, med føler i varmtvandsbeholderen øverste 1/3-del. Varmtvandstemperaturen er målt til 48 °C. Beholdere er isoleret med 50 mm. Bunden er uisoleret.

Cirkulationssystem

Cirkulationssystemet er indreguleret med strengreguleringsventiler, hvor fælles returtemperatur er målt til 43 °C. Den fælles cirkulationsledning er ført ind i beholderens øverste 1/3. Cirkulationspumpe er fabr. Grundfos type UP 20-15 N, 75 W. Cirkulationsledning er isoleret svarende til ca. 10 mm mindre end nuværende normkrav.

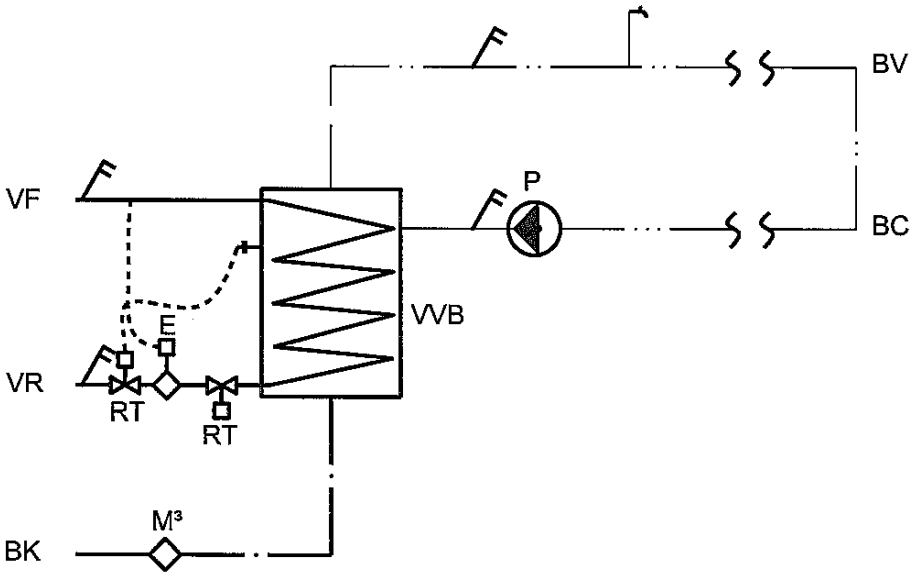
Dataopsamling

Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

Kontorbygningen har været 100% i brug frem til december 2006. Herefter har den været delvis benyttet indtil foråret 2007, hvor der er igangsat ombygning.

Figur B.2.7.2. Teknikrum.



Figur B.2.7.3. Principdiagram.

Dataopsamling

Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

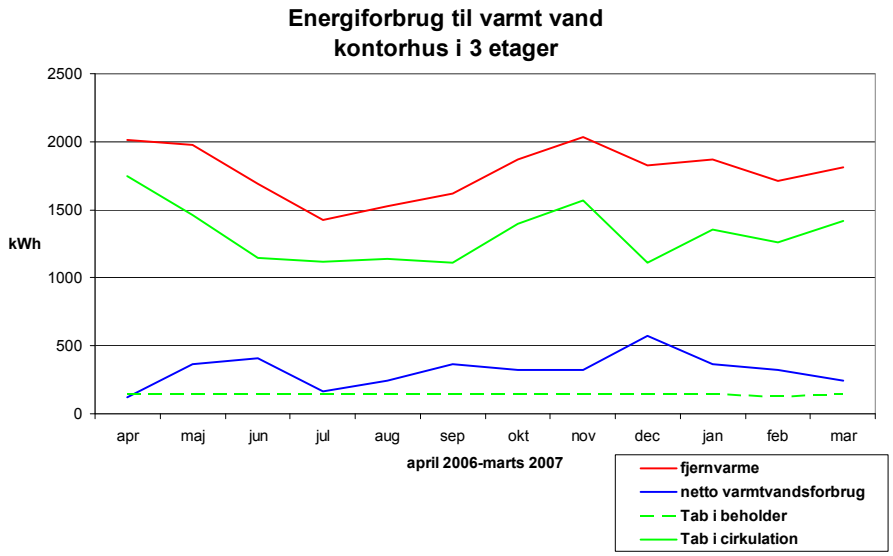
Kontorbygningen har været i brug frem til december 2006. Herefter har den stået tom og ubenyttet indtil foråret 2007, hvor der er igangsat ombygning.

Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	80-70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	40-45 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	21,4 MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	568 m^3
Årlig afkøling på ~	32,4 °C
Varmt brugsvand ~	46 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	15 °C
Cirkulation retur ~	40 °C

Tabel B.2.7.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til op-varmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	2,012	3	0,108	0,140	1,764
Maj	1,975	9	0,324	0,145	1,506
jun.	1,694	10	0,360	0,140	1,194
jul.	1,422	4	0,144	0,145	1,133
aug.	1,525	6	0,216	0,145	1,164
sep.	1,617	9	0,324	0,140	1,153
okt.	1,871	8	0,288	0,145	1,438
nov.	2,034	8	0,288	0,140	1,606
dec.	1,827	14	0,505	0,145	1,177
jan.	1,868	9	0,324	0,145	1,399
feb.	1,714	8	0,288	0,131	1,295
mar.	1,810	6	0,216	0,145	1,449
Sum	21,369	94	3,385	1,708	16,278



Figur B.2.7.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.7.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	4.000	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt	336	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	21,4	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	1,71	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	16,3	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe	0,657	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	434	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	94	m^3/år
09	Drift tid	8760	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning	105	m

Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	30,7	%
21	Varmetab pr. m rør	17,7	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	21,7	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	6,4	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	5,35	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	23,5	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	6,26	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	2,7	Døgn

B.2.8 Kontor 5-11 etager fra 1960, varmtvandsbeholder, 108

Ejendommen

Ejendommen består af tre sammenbyggede kontorbygninger udført i jernbeton og murværk. Bygningerne er opført i 1951 til 1960, og er på 5 og 11 etager. Samlet etageareal er ca. 10300 m^2.

Figur B.2.8.1. Kontorbygninger i 5 og 11 etager.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 1977 og udført i galvaniseret stål. Det varme vand opvarmes i to seriekoblede varmtvandsbeholdere på henholdsvis 400 og 600 liter begge forsynet med anode. Varmestyring foregår via motorventiler Danfoss AVTB med føler i varmtvand frem. Parallelt med motorventil er placeret en 10 mm returventil Danfoss FJV. Varmtvandstemperatur er målt til 50 °C. Beholdere er isoleret med 50 mm. Bunde er uisolerede. Via ur lukker motorventil for varmetilførsel uden for brugstid.

Cirkulationssystem

Cirkulationssystemet er opdelt i tre systemer og indreguleret med strengreguleringsventiler hvor fælles returtemperatur er målt til 45 °C. Den fælles cirkulationsledning er ført ind i beholderens øverste 1/3. Cirkulationspumper fabr. Grundfos type UM 20-12 N, 22 W. Cirkulationsledning er isoleret svarende til ca. 10 mm mindre end nuværende normkrav. Cirkulationspumpe stopper uden for brugstid.

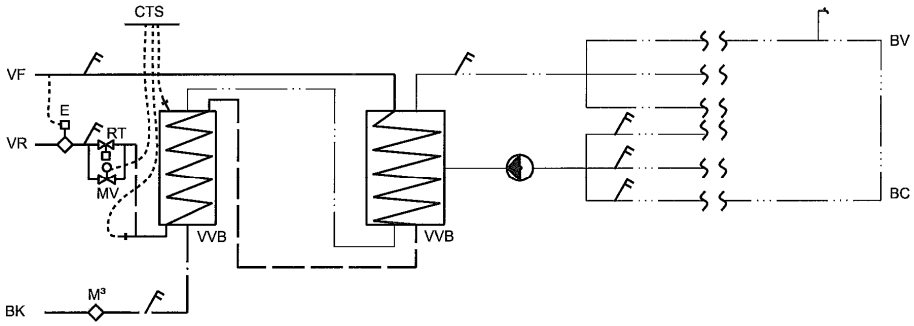
Dataopsamling

Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-vingehjulsmåler. Forbrug overføres fra målere og følere til CTS-anlæg.

Bemærkninger

Bygningerne har været under ombygning fra dec. 2006. På grund af ferielukning har der været lukket for cirkulation i juli.

Figur B.2.8.2. Teknikrum.



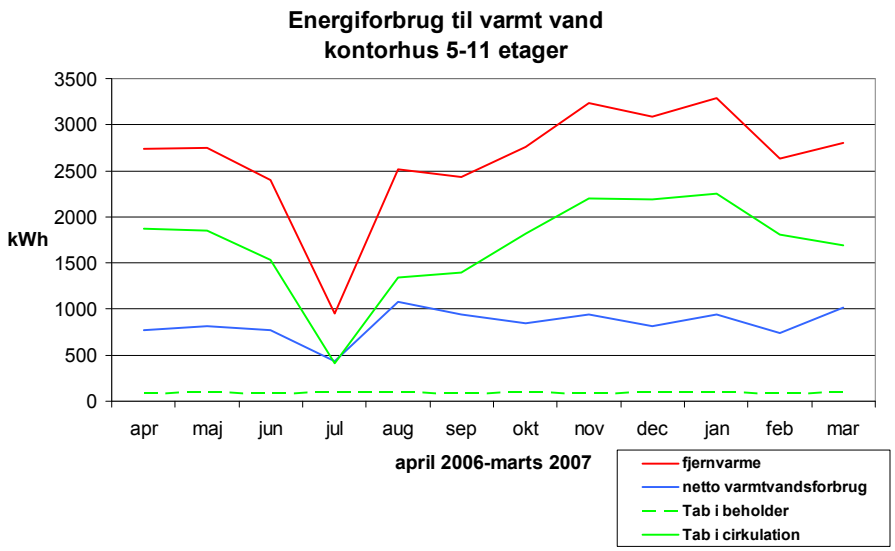
Figur B.2.8.3. Principdiagram.

Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	75-70 °C (Vinter-sommer)
Fjernvarme retur fra VVB ~	40-50 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug =	21,4 MWh
Årligt fjernvarmeforbrug =	568 m^3
Årlig afkøling på ~	32,4 °C
Varmt brugsvand ~	50 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	15 °C
Cirkulation retur ~	35 °C

Tabel B.2.8.1. Skema registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til op-varmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
apr.	2,735	23	0,776	0,090	1,869
maj	2,748	24	0,809	0,093	1,846
jun.	2,398	23	0,776	0,090	1,532
jul.	0,947	13	0,438	0,093	0,416
aug.	2,516	32	1,079	0,093	1,344
sep.	2,431	28	0,944	0,090	1,397
okt.	2,759	25	0,843	0,093	1,823
nov.	3,232	28	0,944	0,090	2,198
dec.	3,092	24	0,809	0,093	2,190
jan.	3,289	28	0,944	0,093	2,252
feb.	2,630	22	0,742	0,084	1,804
mar.	2,797	30	1,012	0,093	1,692
Sum	31,574	300	10,118	1,092	20,364



Figur B.2.8.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.8.2. Skema med nøgletal, 108.

Registrering			
01	Opvarmede areal	10.300	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt, ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	31,6	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	1,09	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	20,4	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (12t/døgn)	0,096	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	3021	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	300	m^3/år
09	Drift tid	4380	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning, vurderet til	500	M

Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	32,0	%
21	Varmetab pr. m rør	9,3	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	9,9	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	3,07	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	29,1	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	0,192	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,22	Døgn

B.2.9 Enfamiliehus fra 1962, varmtvandsbeholder, 109

Ejendommen

Bygninger er opført som pedelbolig til skole. Bygningen er fra 1962, muret og udført med fladt tag. Varmvandsbeholder er placeret i bryggers.

Figur B.2.9.1. Enfamiliehus fra 1962.

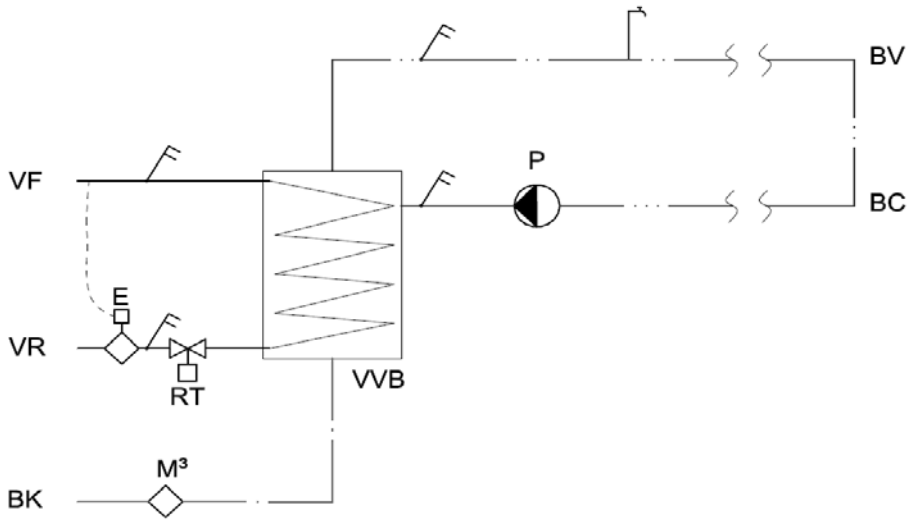
Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er fra 1962 og udført i galvaniseret stål med cirkulationsledning trukket i loft. Fjernvarmeopvarmet VVB på 110 l med 50 mm isolering.

Cirkulationssystem

Returtemperaturen 50 °C. Cirkulationspumper fabr. Grundfos type UP 20-07 N, 150, 50W.

Figur B 2.9.2. Fotos af varmtvandsbeholder.



Figur B.2.9.3. Principdiagram.

Dataopsamling

Der er energimåler på fjernvarmeretur for hele huset. Der er supplerende monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en m^3-måler. Data er opsamlet via "læseøje" på energimålere og manuelle aflæsninger.

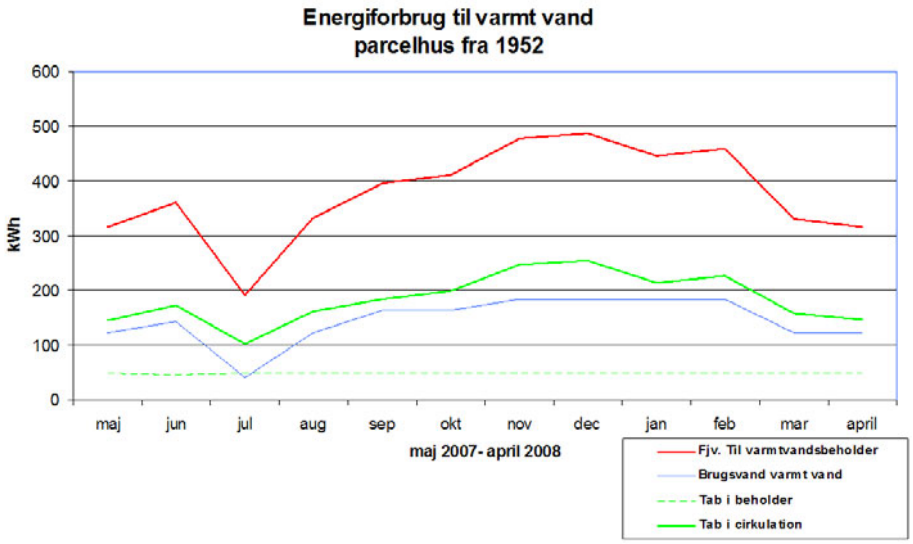
Registrerede forbrug og temperaturer

Fjernvarme frem ~	80-65 °C (Vinter-sommer)
Fjenvarme retur fra VVB ~	40-45 °C (Vinter-sommer)
Årligt energiforbrug ~	188 MWh
Årlig afkøling på ~	35 °C
Varmt brugsvand ~	55 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	15 °C
Cirkulation retur ~	50 °C

Tabel B.2.9.1. Registreret forbrug.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m³]	Energi til opvarmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
maj	0,316	3	0,122	0,049	0,148
jun.	0,360	3,5	0,142	0,044	0,173
jul.	0,192	1	0,041	0,049	0,102
aug.	0,332	3	0,122	0,049	0,161
sep.	0,395	4	0,163	0,047	0,185
okt.	0,411	4	0,163	0,049	0,199
nov.	0,477	4,5	0,183	0,048	0,246
dec.	0,487	4,5	0,183	0,049	0,254
jan.	0,445	4,5	0,183	0,049	0,213
feb.	0,458	4,5	0,183	0,048	0,227
mar.	0,330	3	0,122	0,049	0,159
apr.	0,316	3	0,122	0,048	0,146

Sum	4,519	42,5	1,729	0,578	2,213



Figur B.2.9.4. Diagram over årsforbrug.

Tabel B.2.9.2. Skema med nøgletal.

Registrering			
01	Opvarmede areal	140	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt, ikke oplyst	-	MWh/år
03	Varmeforbrug, varmt vand	4,52	MWh/år
04	Varmetab fra beholdere, vurderet	0,58	MWh/år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	2,2	MWh/år
06	Elforbrug cirkulationspumpe (24t/døgn)	0,438	MWh/år
07	Vandforbrug, bygning totalt	126	m^3/år
08	Varmtvandsforbrug	43	m^3/år
09	Drift tid	8760	h/år
10	Rørlængde cirkulationsledning, vurderet til	25	M

Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	38,2	%
21	Varmetab pr. m rør	10,0	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	34	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	-	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	32,3	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	307	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde	17,5	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,07	Døgn

B.2.10 Enfamiliehus fra 2004, varmtvandsbeholder, 110

Ejendommen

Enfamiliehus på 180 m^2 opført i 2004, med bryggers, gæstetoilet i husets ene ende og køkken og badeværelse i den anden. Varmeforsyning er naturgas. Gaskedel og VVB er placeret i hvert sit rum; VVB er placeret i bryggers tæt ved gæstetoilet.

Figur B.2.10.1. Enfamiliehus opført i 2004.

Varmtvandssystem

Varmtvandssystemet er udført i isolerede pex rør-i-rør skjult under betongulvets isolering. Det varme vand opvarmes i en 110 l VVB, isoleret med 50 mm, der opvarmes med vandbåren varme fra gaskedel. De korte rørstræk mellem gaskedel og VVB samt rør fra VVB til fordelerrør var ikke isoleret. Varmestyring foregår via prioteret varmestyring fra kedel. Varmtvandstemperatur er målt til 50 °C.

Cirkulationssystem

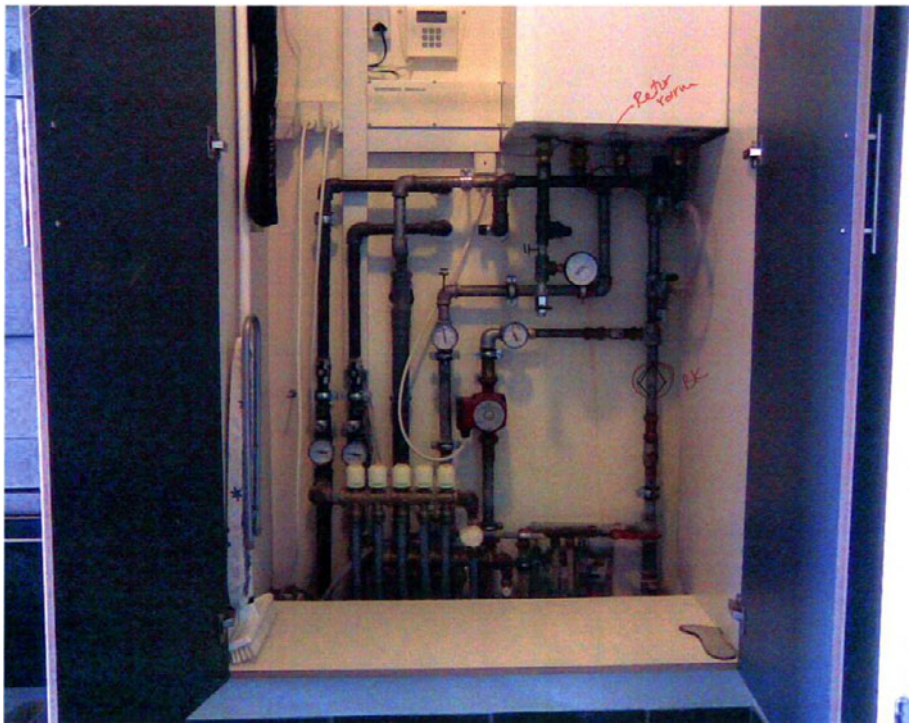
Cirkulationsledning er ført fra bad retur under gulv til VVB. Cirkulationspumpe startes, når lys tændes i bad og stopper via timer. Når pumpe er i drift er returtemperaturen 50 °C. Cirkulationspumper fabr. Grundfos type UP 20-07 N, 150, 50W.

Dataopsamling

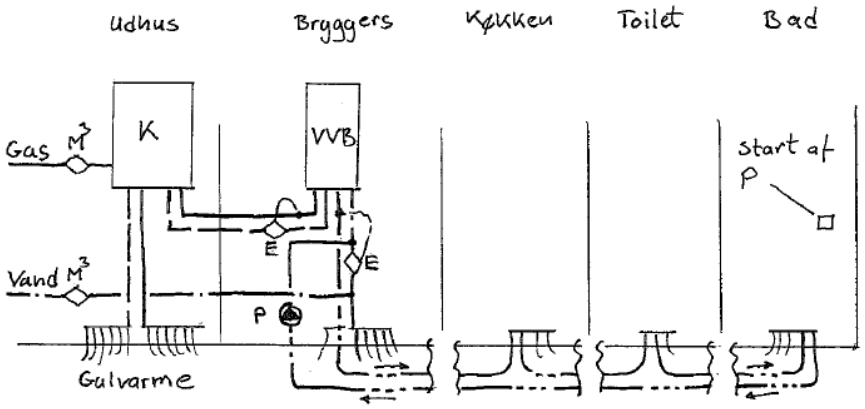
Der er monteret en energimåler fabrikat Kamstrup, type Multical 65-S i fjernvarmeretur fra varmtvandsbeholderne. På koldtvandstilgangen til varmtvandsbeholder er monteret en tilsvarende energimåer. Data er opsamlet via ”læseøje” på energimålere og manuelle aflæsninger.

Bemærkninger

Der er kun målt over en periode på 6 måneder, fra september 2007 til og med februar 2008.



Figur B.2.10.2. Skab med varmtvandsbeholder og rørfordeling.



Figur B.2.10.3. Principdiagram.

Registrerede forbrug og temperaturer

Kedelvand frem ~	60-55 °C (Vinter-sommer)
kedelvand retur fra VVB ~	45-50 °C (Vinter-sommer)
½ årligt energiforbrug ~	2,2 MWh
Årlig afkøling på ~	5 °C
Varmt brugsvand ~	50 °C
Koldt brugsvand til VVB ~	15 °C
Cirkulation retur ~	45 °C

Tabel B.2.10.1. Skema registreret forbrug for et ½ år.

Måned	Samlet energi til varmt vand [MWh]	Vandforbrug til varmt vand [m^3]	Energi til opvarmning af varmt vand [MWh]	Varmetab i beholdere og teknikrum [MWh]	Tab i cirkulation [MWh]
sep.	0,275	2,68	0,125	0,108	0,042
okt.	0,316	2,32	0,129	0,108	0,079
nov.	0,279	3,05	0,146	0,108	0,025
dec.	0,290	2,62	0,128	0,108	0,054
jan.	0,495	2,25	0,115	0,108	0,272
feb.	0,547	2,25	0,118	0,108	0,321
Sum	2,202	15,17	0,761	0,648	0,793

Tabel B.2.10.2. Skema med nøgletal.

Registrering pr. ½ år			
01	Opvarmede areal	180	m^2
02	Varmeforbrug, bygning totalt	10,7	MWh/½år
03	Varmeforbrug, varmt vand	2,20	MWh/½år
04	Varmetab fra beholdere og rør i bryggers, beregnet	0,648	MWh/½år
05	Varmetab fra cirkulationsledninger	0,793	MWh/½år
06	Elforbrug cirkulationspumpe vurderet	0,005	MWh/½år
07	Vandforbrug, bygning totalt	49,0	m^3/½år
08	Varmtvandsforbrug	15,2	m^3/½år
09	Drift tid	4380	h/½år
10	Rørlængde cirkulationsledning	40	M
Beregnede nøgletal			
20	Nyttiggjort varmeforbrug varmt vand	35,0	%
21	Varmetab pr. m rør	4,5	W/m
22	Varmtvandsforbrug i f. t. total vandforbrug	31,0%	%
23	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. total varmeforbrug	20,5%	%
24	Varmeforbrug til varmt vand i f. t. etageareal	12,2	kW/m^2 år
25	Varmtvandsforbrug i f. t. etageareal	84,4	liter/m^2 år
26	Elforbrug til cirkulationspumpe i f. t. rørlængde (½h/døgn)	0,114	kW/m år
27	Varmtvandets gennemsnitlige opholdstid i beholder	1,32	Døgn

B.2.11 Højhus med ladekreds og cirkulation, 201

Ejendommen

Ejendommen er et højhusbyggeri på 16 etager, opført i 1957. Ejendommen indeholder 196 lejligheder.

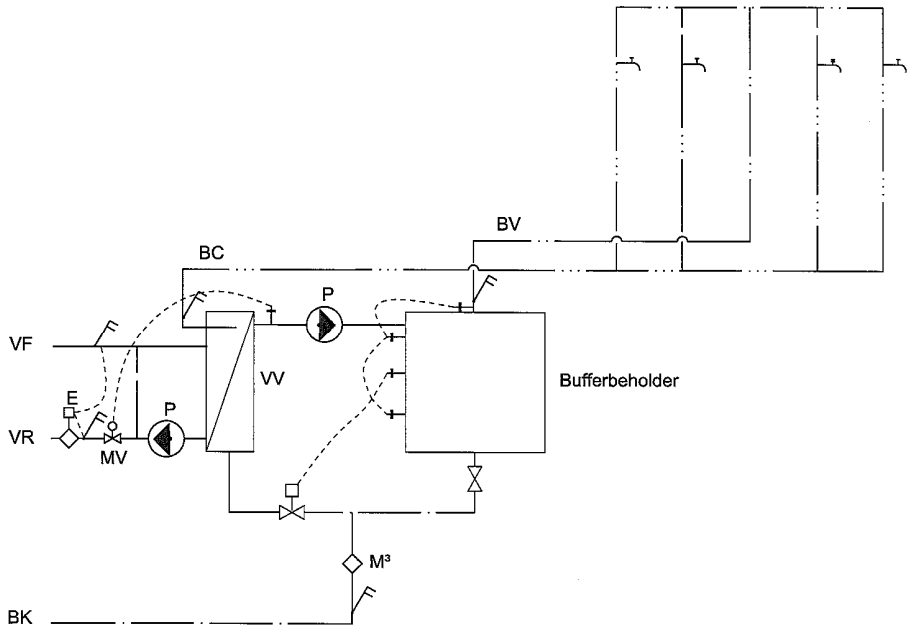
Figur B.2.11.1. Bygning.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af en 3200 l varmtvandsbeholder, der opvarmes ved hjælp af en ladekreds, der er tilsluttet en (lokal) fjernvarmeforsyning.

Beholderen er renset i foråret 2006 samtidig med at en udskiftning af pladevarmeveksleren fandt sted. Efterfølgende har det været nødvendigt at afsyre varmeveksleren én gang på grund af kalk.

Cirkulationssystemet har fordeling i kælder og på loft, og består af én fælles lodret stigstreng med 13 returstrenge. Alle ledninger er isolerede. Den samlede ledningslængde skønnes til 990 m. Den kombinerede ladekreds- og cirkulationspumpe er af typen Grundfos TPE 50-120/2.



Figur B.2.11.2. Principdiagram.

Dataopsamling

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en separat energimåler. Dataopsamlingen foretages med en FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren via et optisk øje. Der benyttes én kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren via en optokopler i elektrolyseskabet.

Endvidere måles koldtvandstemperatur, afgangstemperatur fra varmtvandsbeholderen, samt returtemperatur på cirkulationsledningen ved hjælp af en AP-9 temperaturlogger tilsluttet en FA-9.

Data er opsamlet som 5 minutters-værdier. I forbindelse med en omfattende renovering af bygningen har der været periodevis dataudfald.

Figur B.2.11.3. Teknikrum.

Målinger

I det følgende vises data fra perioden april 2006 til september 2006.

Tabel B.2.11.1. Målte forbrug på primærsiden, samt målte temperaturer

Måned	Fjernvarme		ΔTfjv	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Tcirkl.
	[MWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
apr. 2006	41,9	778	46,3	76,2	31,9	9,9	56,0	51,2
maj	41,1	823	43,0	73,8	32,2	11,5	55,9	51,1
jun.	33,1	814	35,0	71,5	37,2	12,9	54,5	49,8
jul.	27,8	809	29,5	71,9	42,2	14,5	55,5	50,0
aug.	30,6	958	27,5	70,6	42,6	14,6	53,3	48,3
sep.	35,8	824	37,4	71,2	34,9	13,9	56,4	51,1

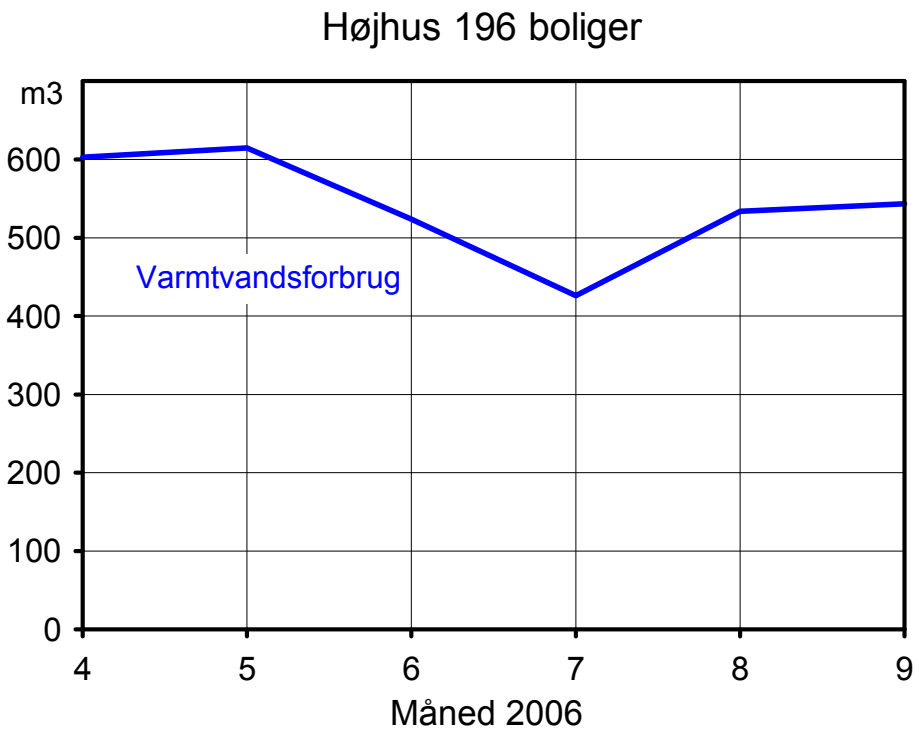
Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur, og Tcirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. (Tabellen viser simple middelværdier beregnet uden hensyntagen til flowet).

Tabel B.2.11.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

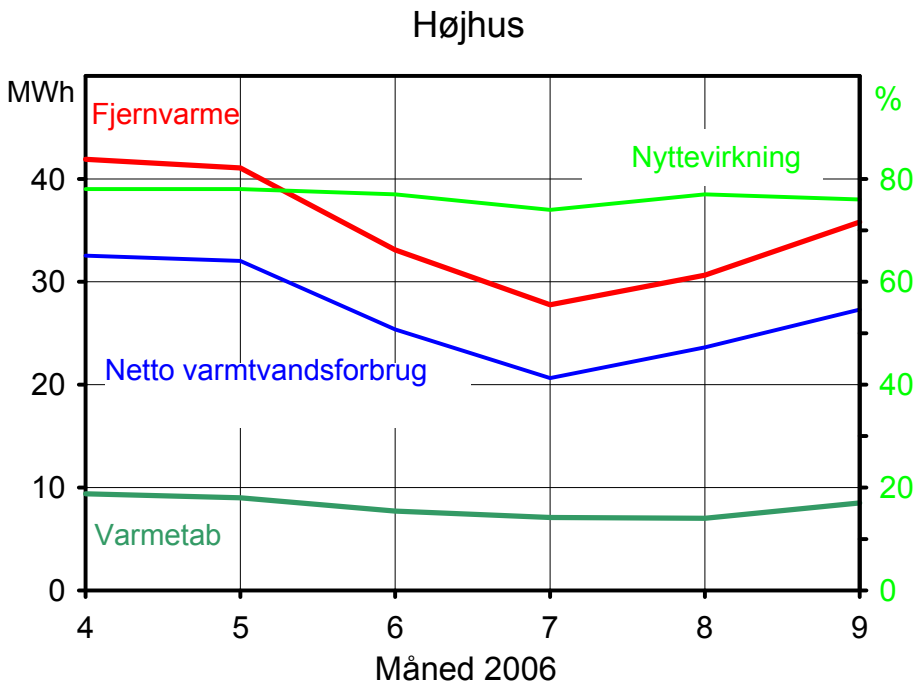
Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	η	Cirkl. tab	
	[m³]	[˚C]	[MWh]		[MWh]	[kW]
apr. 2006	603	46,4	32,5	0,78	9,4	13,1
maj	615	44,8	32,0	0,78	9,0	12,1
jun.	524	41,6	25,4	0,77	7,7	10,7
jul.	426	41,7	20,6	0,74	7,1	9,5
aug.,	534	38,0	23,6	0,77	7,0	9,4
sep.	543	43,2	27,3	0,76	8,5	11,8

Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på vandmålerens pulssignaler. ΔT er den beregnede opvarmning af brugsvandet, vægtet med det aktuelle flow. Denne værdi afviger fra den simple middelværdi, og benyttes ved beregningen af nettoenergiforbruget til opvarmning af brugsvandet. Nyttevirkningen η er forholdet mellem netto- og bruttoenergiforbrug til varmtvandsproduktionen. Endelig viser tabellen cirkulationstabet i MWh pr. måned og i kW.

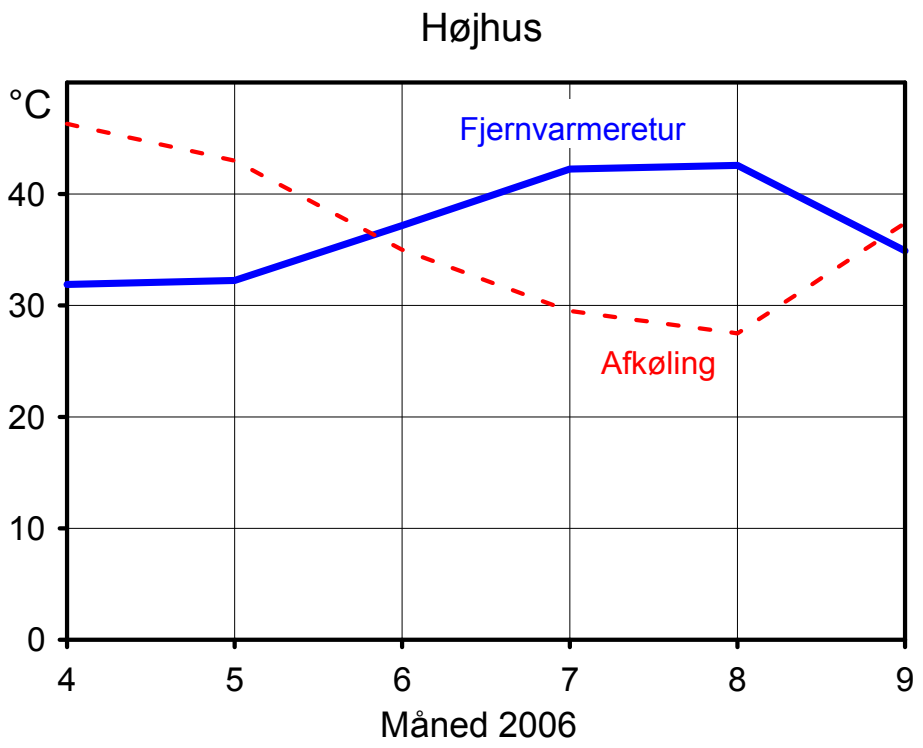
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.11.4-Figur B.2.11.6.



Figur B.2.11.4. Varmtvandsforbrug.

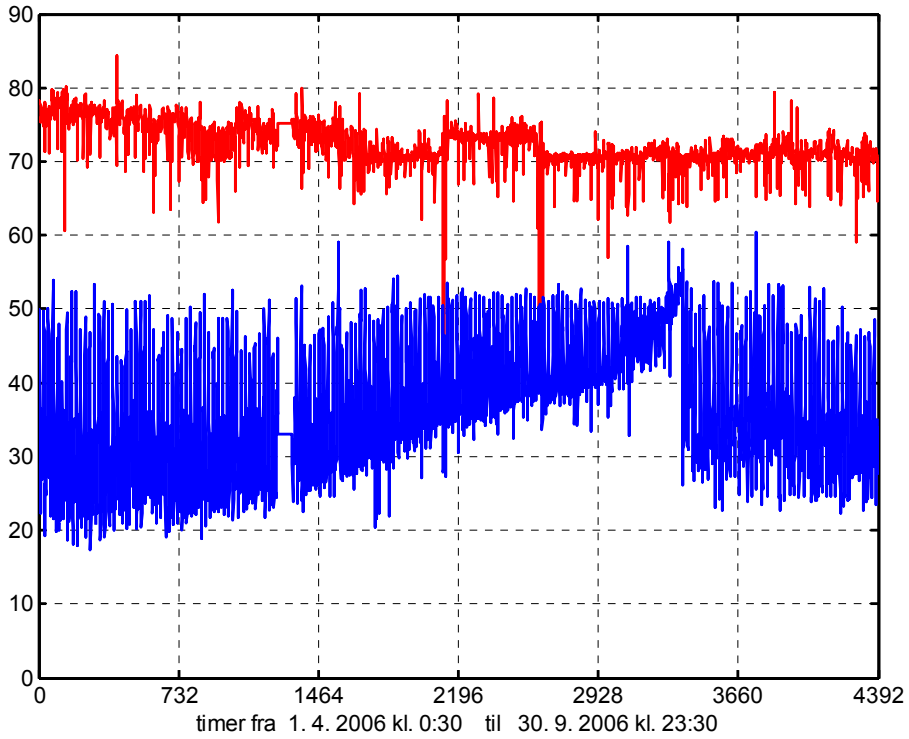


Figur B.2.11.5. Netto- og bruttoenergiforbrug til varmt brugsvand, samt varmetab og nyttevirkning.

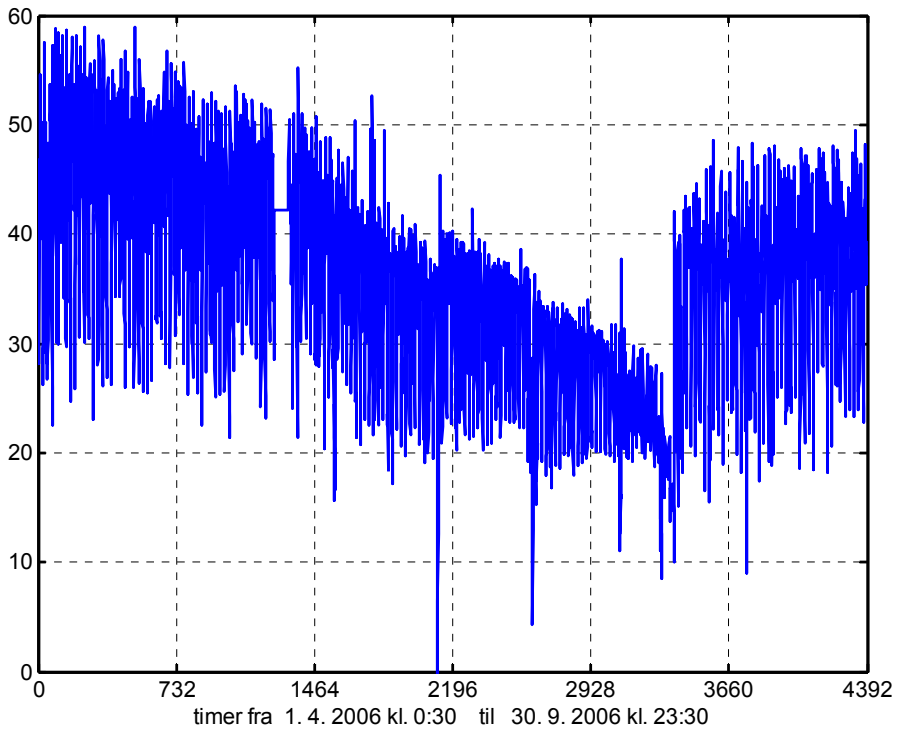


Figur B.2.11.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

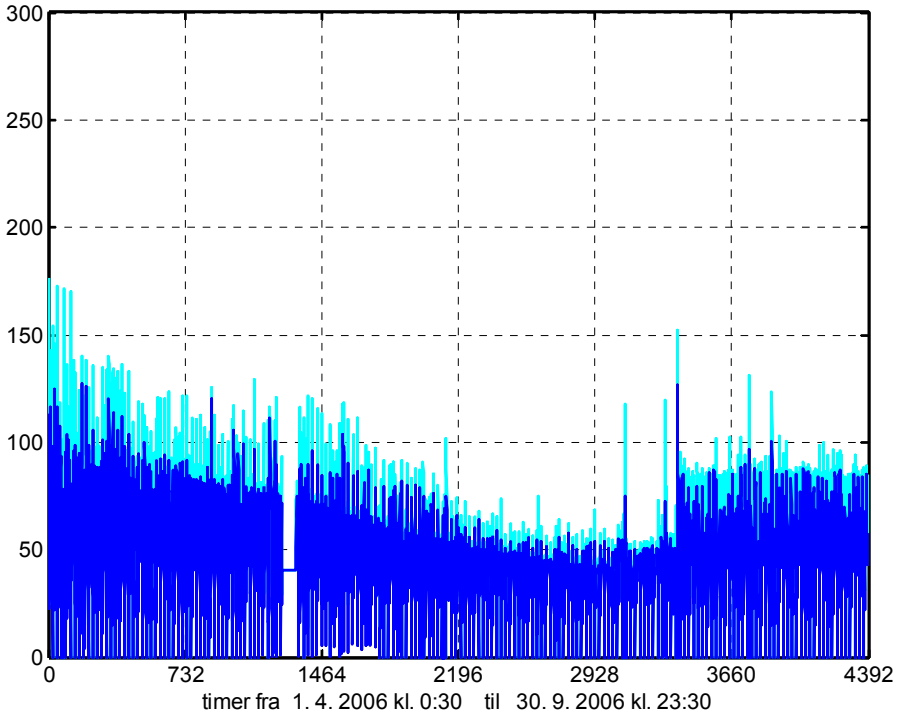
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



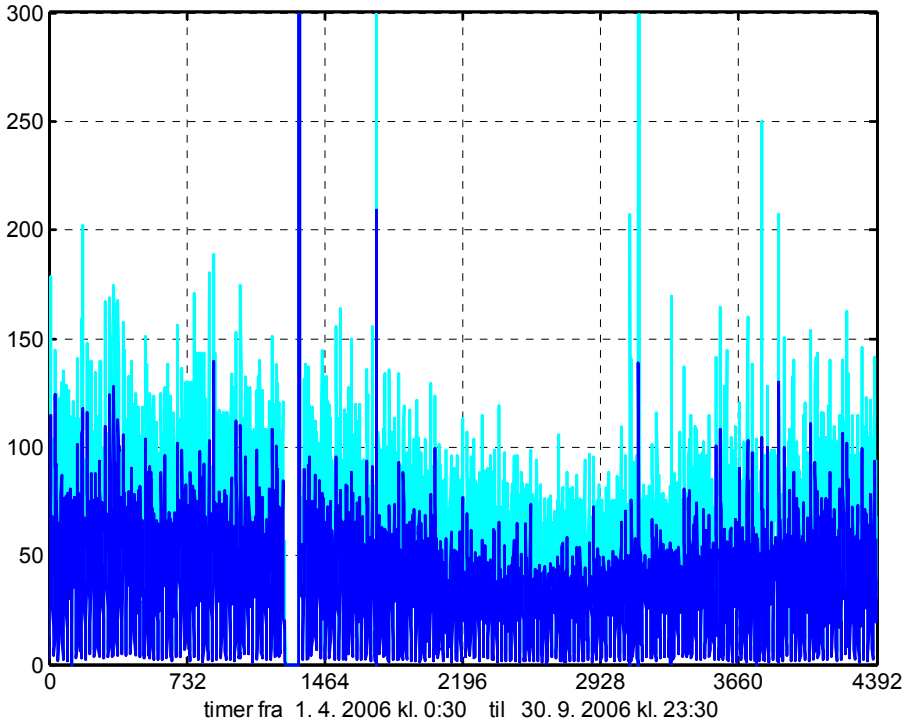
Figur B.2.11.7. Fjernvarmetemperatur til varmtvandskredsen (timeværdier).



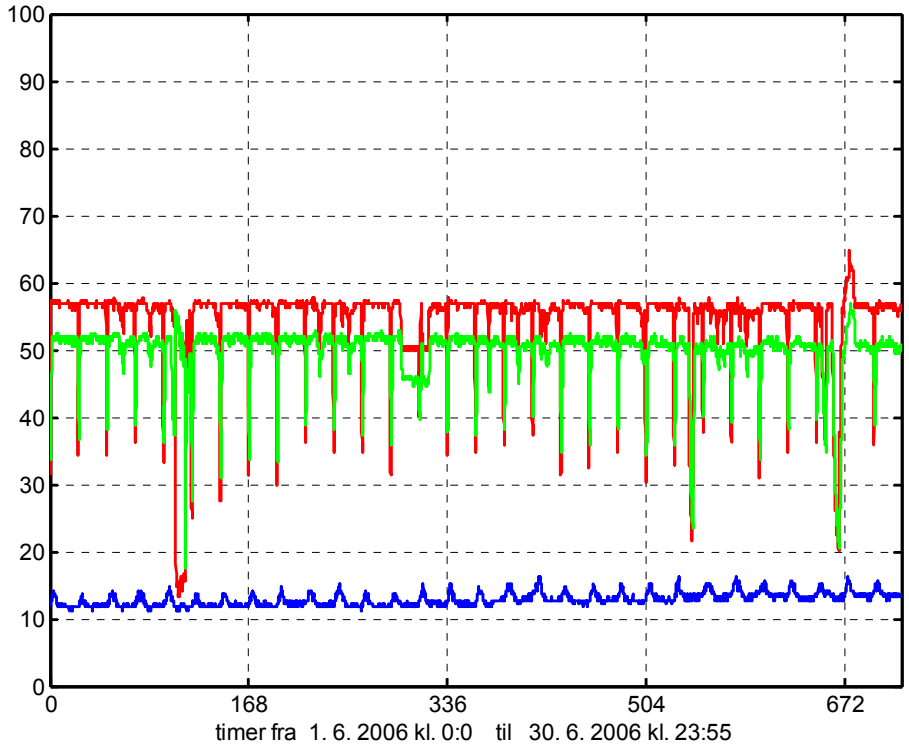
Figur B.2.11.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



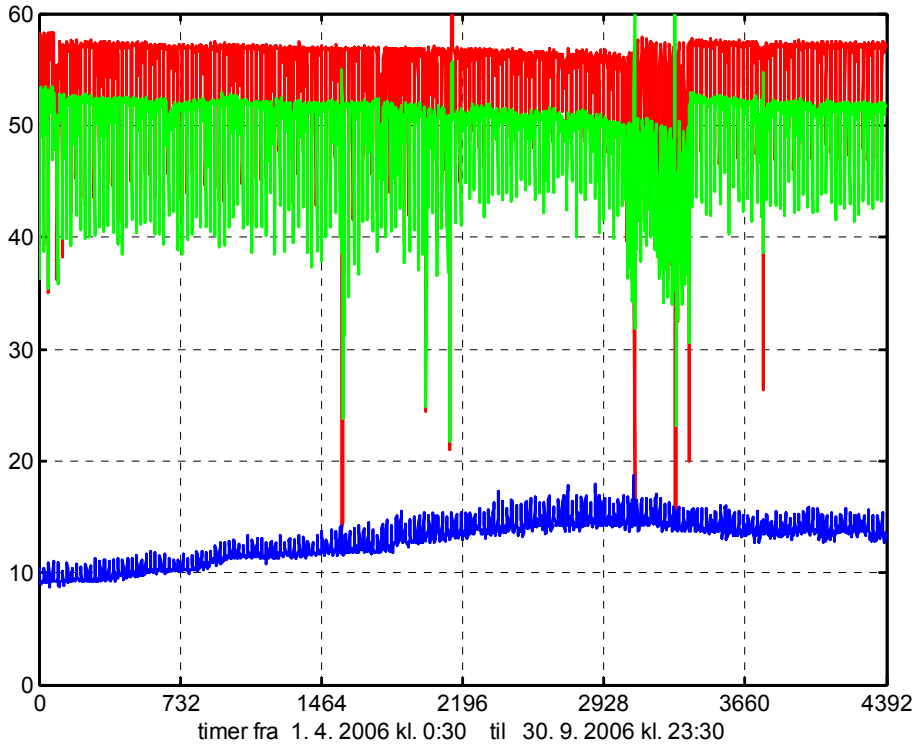
Figur B.2.11.9. Fjernvarmeeffekt (primær varmtvandseffekt) i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer); mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.11.10. Nettovarmtvandseffekt i kW (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer); mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.11.11. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang VVB, og retur på cirkulationsledningen i juni 2006 (5-minutters værdier).



Figur B.2.11.12. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang VVB, og retur på cirkulationsledningen (timeværdier).

Nøgletal for perioden april – september 2006

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 179 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 137 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,77.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 42 kWh pr. lejlighed/måned = 58 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 990 m = 5,1 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 11 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.
Forbrug af varmt brugsvand: 2,76 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 4,3 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 120 kW = 0,6 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 200 kW = 1,0 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 36,1 ˚C (27-46 ˚C).

B.2.12 Etageejendom med vekslere og cirkulation, 202

Ejendommen

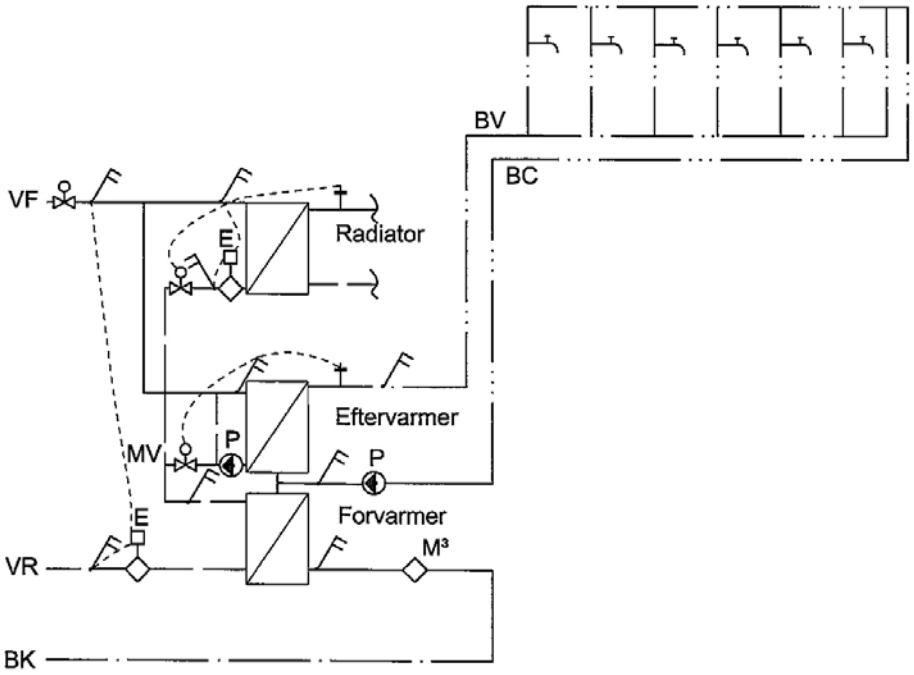
Ejendommen er en etagebolig på 6 etager, opført i 1950. Der findes 71 lejligheder samt en ubenyttet butik.

Figur B.2.12.1. Bygning.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsinstallationen er renoveret i 2002. Installationen er udført i rustfrit stål, uden elektrolyse. Varmtvandsforsyningen består af 2 pladevarmevekslere, hvoraf den ene forvarmer brugsvandet. Der findes ingen varmtvandsbeholder. Cirkulationsledningerne består af lodrette stigstrenge, der samles på loftet, og føres tilbage til varmecentralen i en fælles retur. Der er monteret termostatiske ventiler i stigstrengene. Længden af cirkulationsledninger skønnes til 863 m

Cirkulationspumpen er en Grundfos UPS 25-60 (45-90 W): De to pladevarmevekslere har hver en kapacitet på 300 kW ved 70/22 – 10/50 °C. Forbruget af koldt og varmt vand i de enkelte lejligheder måles ikke.



Figur B.2.12.2. Principdiagram.

Dataopsamling

Der er opsat en ny energimåler på radiatorkredsen, for at energiforbruget til varmt brugsvand kan beregnes som forskellen på totalt forbrug og varmeanlæggets forbrug.

Dataopsamlingen foretages dels med en FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren for totalt forbrug via et optisk øje, dels med en FA-9 tilsluttet radiatorkredsens energimåler.

Endvidere er opsat en datalogger med 5 temperaturkanaler samt 1 kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren. Der måles følgende temperaturer: koldt og varmt brugsvand, returtemperatur på cirkulationsledningen, samt fjernvarmetemperatur til forvarmer og eftervarmer.

Figur B.2.12.3. Teknikrum.

Målinger

I det følgende vises data fra perioden april 2006 til marts 2007.

Tabel B.2.12.1. Fjernvarmeforbrug til varmt brugsvand, samt målte temperaturer.

Måned	Fjernvarme [MWh]	Tr [˚C]	Tk [˚C]	Tvv [˚C]	Tcirkl. [˚C]
apr. 2006	13,6	41,4	10,8	55,2	49,2
maj	12,8	35,6***	12,5	55,3	49,2
jun.	11,6	32,9***	13,7	55,3	49,1
jul.	10,3	33,9	15,4	55,2	49,4
aug.	11,2	33,7	15,5	55,3	49,5
sep.	*	37,5***	14,0	55,3	49,6
okt.	*	39,5***	13,0	55,3	49,8
nov.	13,5 **	42,9***	12,0	55,2	49,9
dec.	13,7	43,5***	11,7	55,2	50,0
jan. 2007	13,8	36,4	11,7	55,1	50,1
feb.	13,4	47,7	11,3	55,0	50,1
mar.	14,4	43,5	11,4	55,0	50,3

* Flow ledt uden om forvarmeren ved en fejl.
** Ekstrapoleret fra 7/11 til 1/11.
*** Manglende data i perioden.

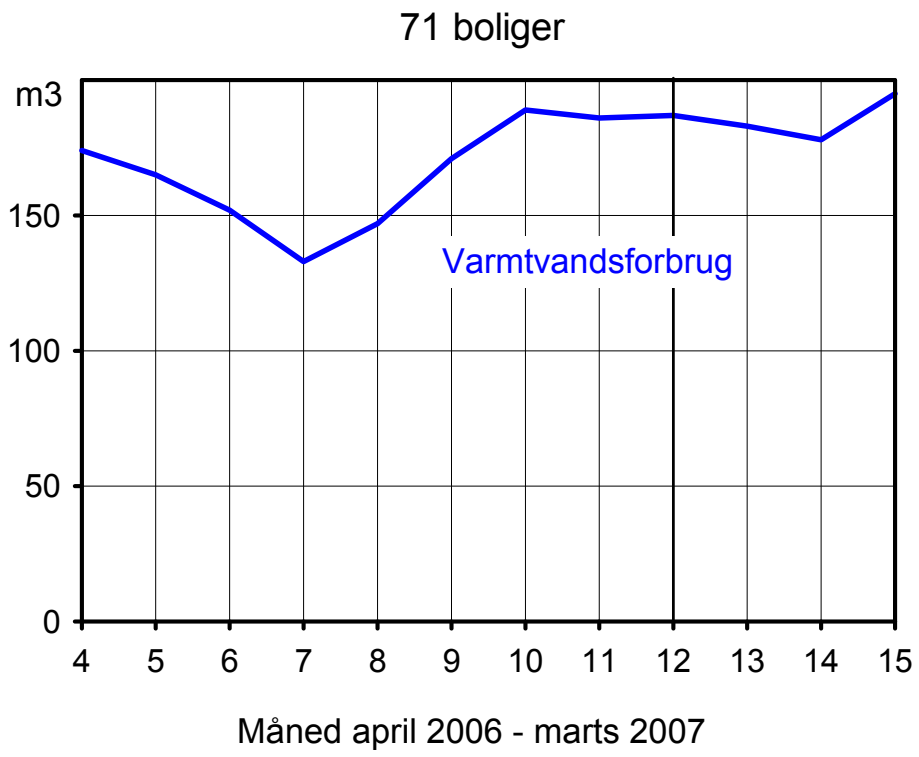
Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, Tvv er fremløbstemperaturen på det varme brugsvand, og T cirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. (Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet).

Tabel B.2.12.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

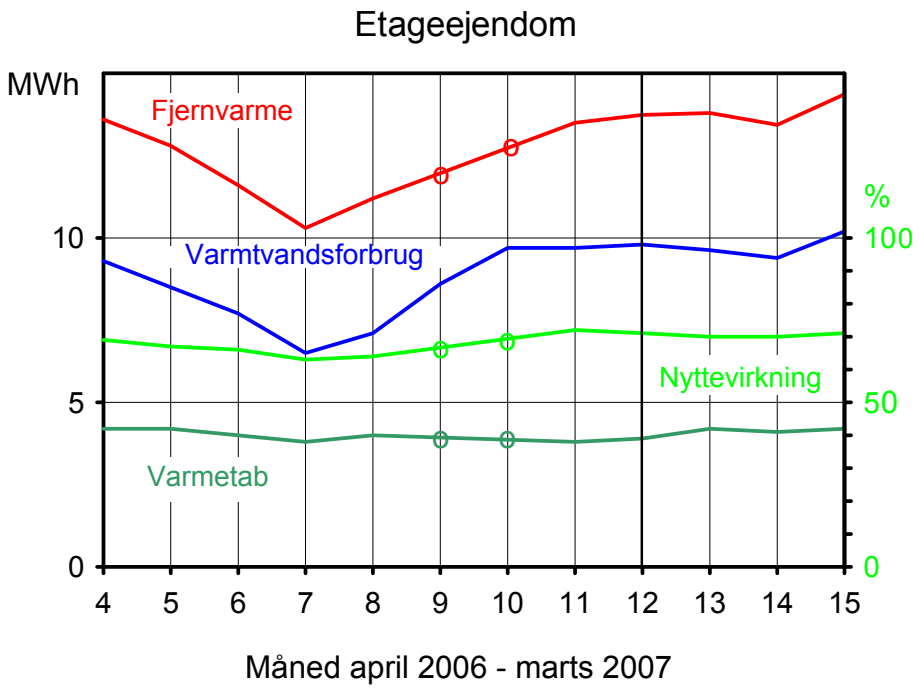
Måned	Koldt vand [m^3]	ΔT [˚C]	Netto [MWh]	η	Cirkl. tab [MWh]	[kW]
apr. 2006	174	46,0	9,3	0,69	4,2	5,8
maj	165	44,3	8,5	0,67	4,2	5,6
jun.	152	43,6	7,7	0,66	4,0	5,6
jul.	133	42,0	6,5	0,63	3,8	5,1
aug.	147	41,5	7,1	0,64	4,0	5,4
sep.	171	43,3	8,6	*	*	
okt.	189	44,1	9,7	*	*	
nov.	186	44,8	9,7	0,72	3,8	5,2
dec.	187	45,1	9,8	0,71	3,9	5,3
jan. 2007	183	45,2	9,6	0,70	4,2	5,6
feb.	178	45,3	9,4	0,70	4,1	6,0
mar.	195	45,0	10,2	0,71	4,2	5,6

* Flow ledt uden om forvarmeren ved en fejl.

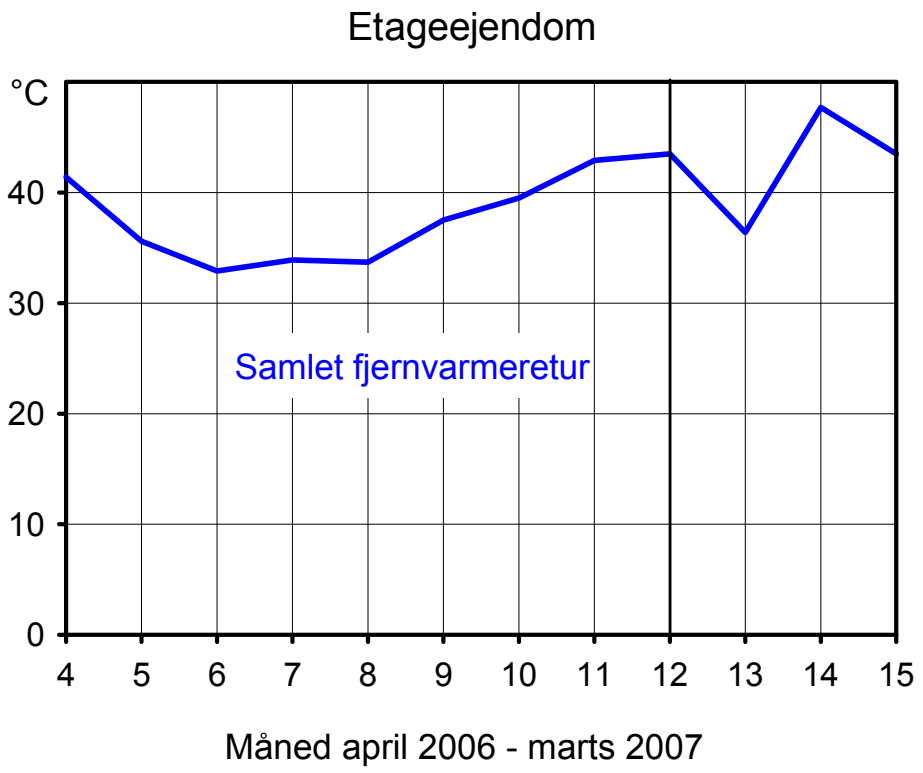
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.12.4 til Figur B.2.12.6.



Figur B.2.12.4. Varmtvandsforbrug.

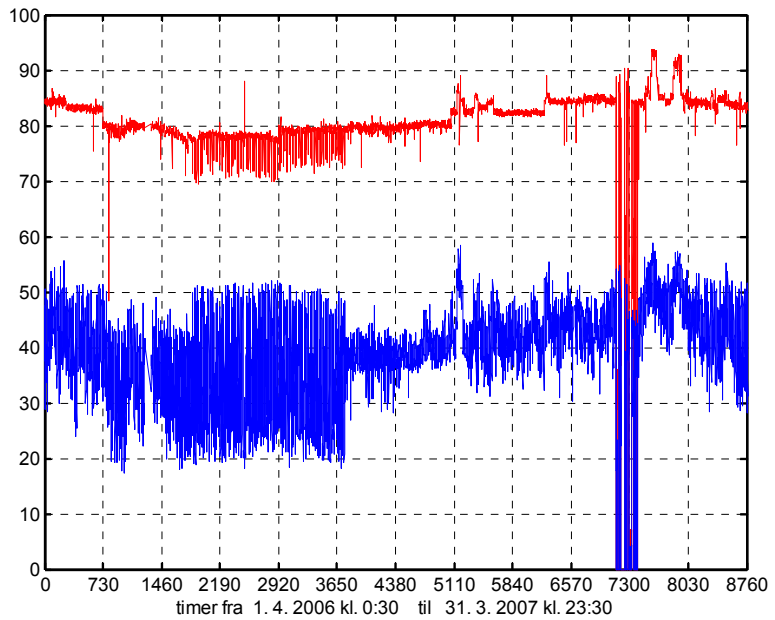


Figur B.2.12.5. Netto- og bruttoenergiforbrug, samt varmetab og nyttevirkning.

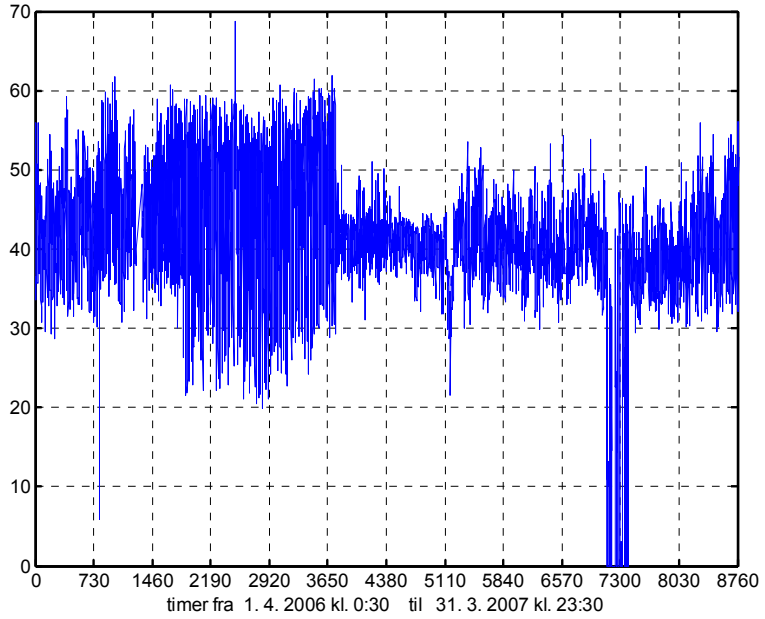


Figur B.2.12.6. Resulterende returtemperatur fra radiator- og brugsvandssystem.

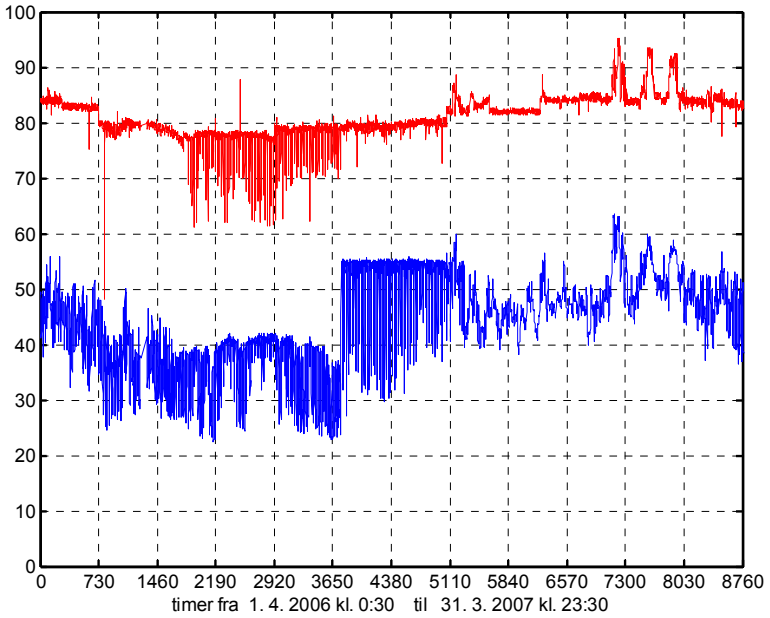
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



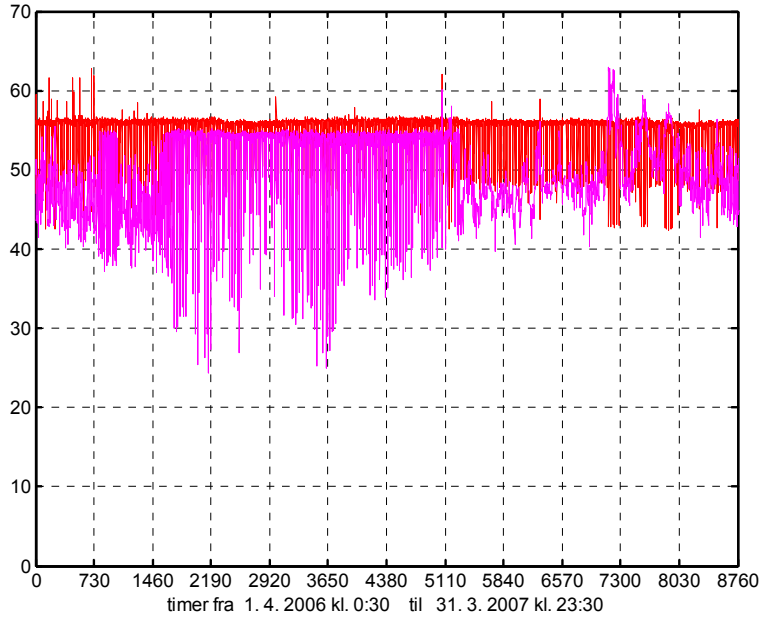
Figur B.2.12.7. Fjernvarmetemperaturer ved hovedmåler (timeværdier).



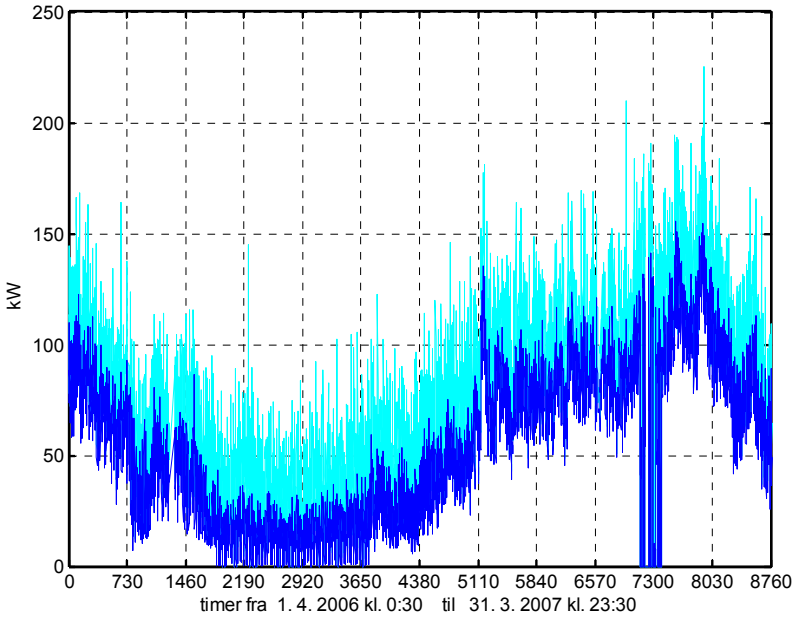
Figur B.2.12.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



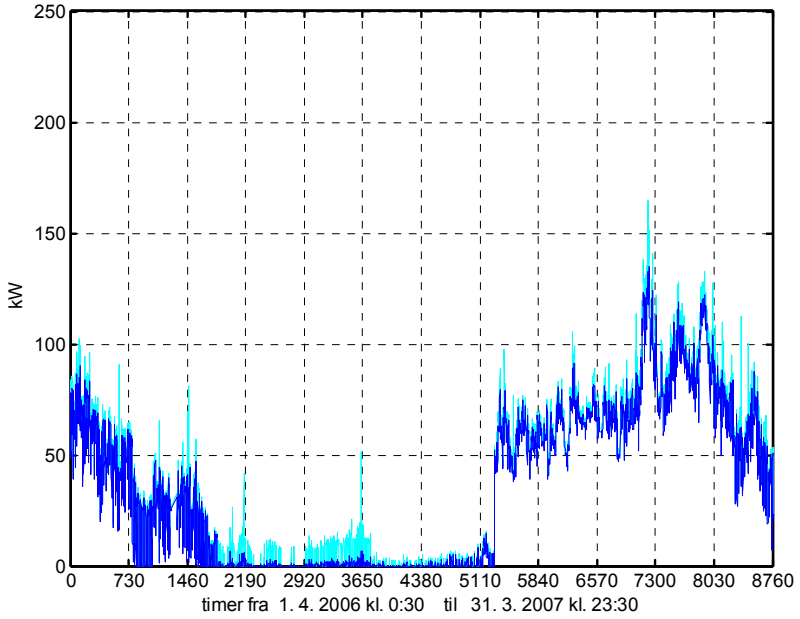
Figur B.2.12.9. Frem- og returtemperaturer til radiatorkredsen.



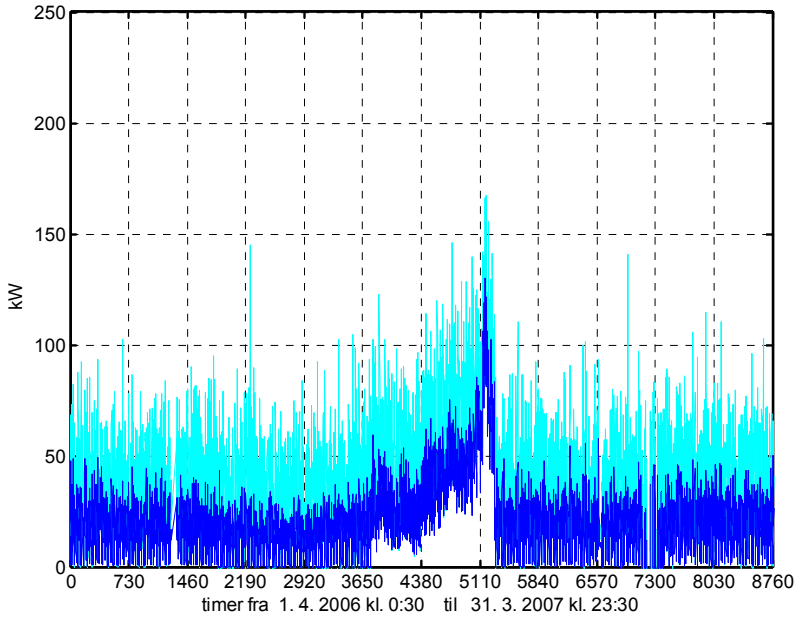
Figur B.2.12.10. Fjernvarmetemperaturer ved eftervarmer (rød) og forvarmer (lilla). Timeværdier.



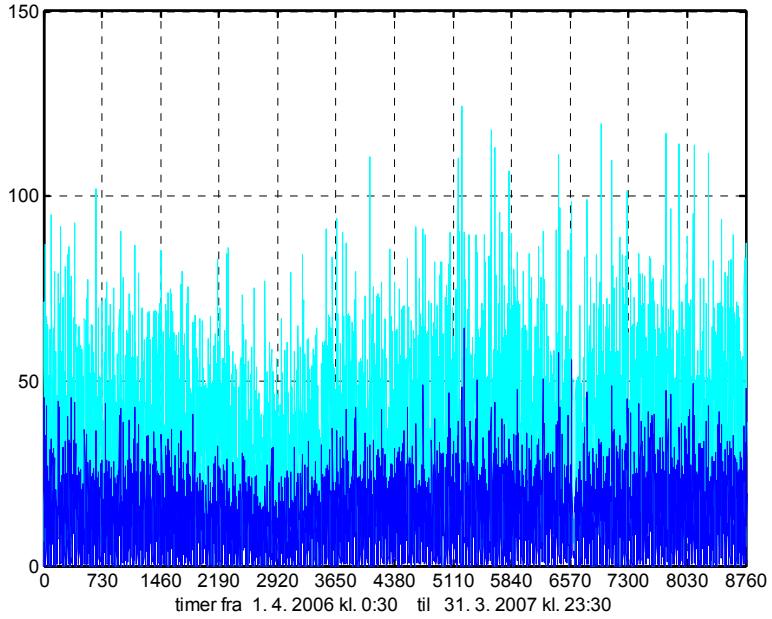
Figur B.2.12.11. Total fjernvarmeeffekt ved hovedmåler; mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



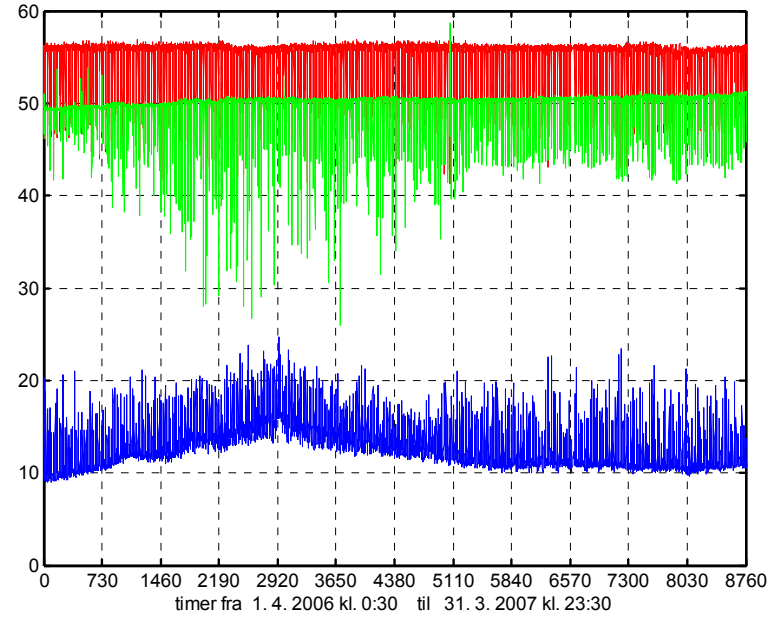
Figur B.2.12.12. Effekt til radiatorkredsen; mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.12.13. Primær fjernvarmeeffekt til varmt brugsvand; mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.12.14. Nettovarmtvandseffekt i kW (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer); mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.12.15. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang fra eftervarmer, og retur på cirkulationsledningen (timeværdier).

Nøgletal for perioden april 2006-marts 2007

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 181 kWh pr. lejlighed/måned (på basis af 10 mdr. data).
Nettoenergiforbrug: 125 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,69.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 56 kWh pr. lejlighed/måned = 77 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 863 m = 12,2 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 6 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.

Forbrug af varmt brugsvand: 2,42 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: Ingen beholder.
I perioden udgør energibehovet til varmt brugsvand ca. 34 procent af det totale fjernvarmeforbrug.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, 5-min. værdi): 100 kW = 1,4 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 120 kW = 1,7 kW/lejlighed.

B.2.13 Tæt/lavt byggeri med VVB og cirkulation, 203

Ejendommen

Ejendommen består af seks 3-etagers boligblokke med i alt 185 almene boliger. Ejendommen er opført i 1999.

Figur B.2.13.1. Ejendommen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af 2 varmtvandsbeholdere på hver 3200 l, med indbygget spiral. Beholderne anvendes parallelt, og opvarmes vha. fjernvarme.

I april 2007 var der grundet omlægninger af fjernvarmerør en periode med svigtende forsyning, således at det ikke var muligt at holde den ønskede varmtvandstemperatur. Der blev derfor i den periode brugt uforholdsmæssigt meget varmt vand, grundet den manglende temperatur.

I forbindelse med de første forsøgsresultater blev udlejer opmærksom på den dårlige afkøling for de to varmtvandsbeholdere. Den dårlige afkøling skyldtes en fejl i fordelingen af koldt vand ind til de to beholdere. Filteret på den ene koldtvandsmåler til den ene beholder var tilstoppet af sten. Derved måtte den anden beholder opvarme langt mere vand end den var dimensioneret til. Udlejer fik rettet problemet.

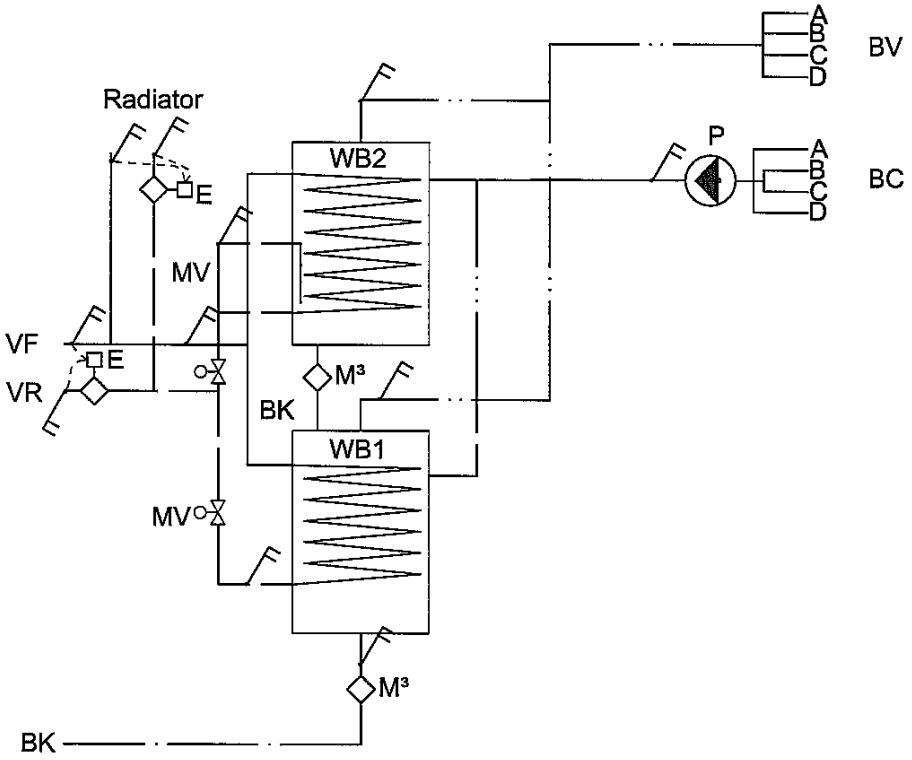
Cirkulationsledningerne er ført i lodrette installationsskakte inde i bygningerne og i kælder, samt i jord mellem boligblokkene. Den totale længde af varmtvands- og cirkulationsledninger er opmålt til 2670 m. Cirkulationspumpen er en Grundfos UPE 25-80.

Forbruget af koldt og varmt vand (samt varme og el) måles i hver lejlighed. Installationen i lejlighederne er udført med PEX-rør.

Dataopsamling

Der er opsat en datalogger med temperaturkanaler og kanaler til at opsamle pulser (forskellige modeller har været anvendt, fordi der har været problemer med dataopsamlingen på grund af strømsvigt og elektrisk støj). Der måles følgende temperaturer: koldt brugsvand, afgangstemperatur fra de to beholdere, returtemperatur på cirkulationsledningen, samt fjernvarmefremløbstemperatur og fjernvarmereturtemperatur fra de to beholdere.

Energiforbruget til varmt brugsvand måles som forskellen mellem totalt forbrug og radiatorkredsens forbrug, idet pulssignalerne for effekt og flow fra de to energimålere opsamles af dataloggeren. Endvidere opsamles pulser fra de to vandmålere til varmtvandsbeholderne via optokobler i elektrolyse-skabet.



Figur B.2.13.2. Principdiagram.

Figur B.2.13.3. Teknikrum.

Målinger

Tabel B.2.13.1. Beregnede forbrug af fjernvarme til opvarmning af varmt brugsvand samt målte temperaturer.

Måned	Fjernvarme		ΔT	Tf	Tr1	Tr2	Tk	Tvvb1	Tvvb2	Tcirkl
	[MWh]	[m³]		[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
aug. 2006	36,0	2581	12,0	74,7	55,5	41,1	18,5	63,5	53,6	52,7
sep.	38,2	2771	11,8	75,4	58,0	40,9	17,0	63,9	53,4	53,0
okt.	41,1	2715	13,0	76,4	54,3	42,7	15,6	63,2	54,0	52,8
nov.	45,4	2384	16,4	81,4	51,6	40,8	13,3	63,5	54,5	53,2
dec.	46,6	1984	20,2	82,8	46,0	34,3	12,3	60,3	50,6	50,6
jan. 2007	48,0*	953	43	84	43	32	11	56	49	49
feb.	42,4	1298	28,1	88,4	35,4	25,0	11,2	57,1	51,1	49,8
mar.	47,4	665	61,3	82,9	24,6	24,5	10,8	54,8	51,5	49,4
apr.	40,3	610	56,9	80,0	26,9	26,4	12,6	54,7	51,1	49,2
Maj	38,6	710	46,8	75,6	34,9	27,5	14,8	54,6	50,0	48,8
jun.	33,6	721	40,0	72,1	36,0	30,2	16,6	53,9	49,8	48,6
jul.	30,5	692	37,8	70,7	33,1	32,6	16,9	53,0	49,6	48,2
aug.	30,3	682	38,2	69,2	31,0	30,8	17,2	50,3	47,6	46,3
sep.	33,5	627	45,9	74,2	29,5	28,6	16,0	51,1	48,2	46,7
okt.	39,6	638	53,4	78,5	31,1	26,0	14,4	54,6	50,0	48,9
nov.	45,5	637	61,5	83,7	30,1	23,1	12,6	56,4	51,2	50,1

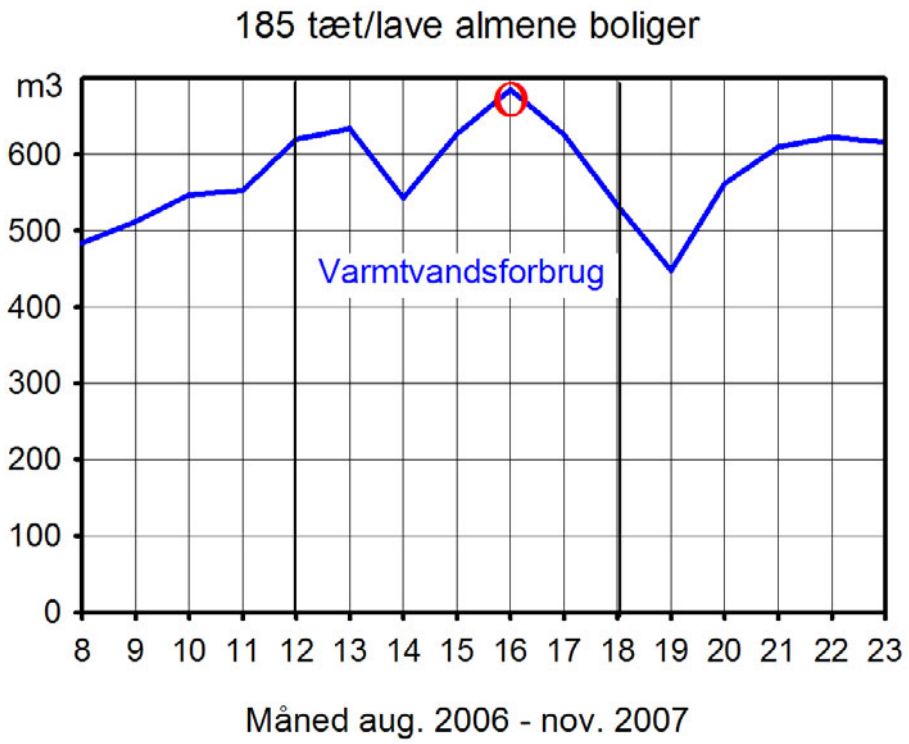
* strømafbrydelse

Tabel B.2.13.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

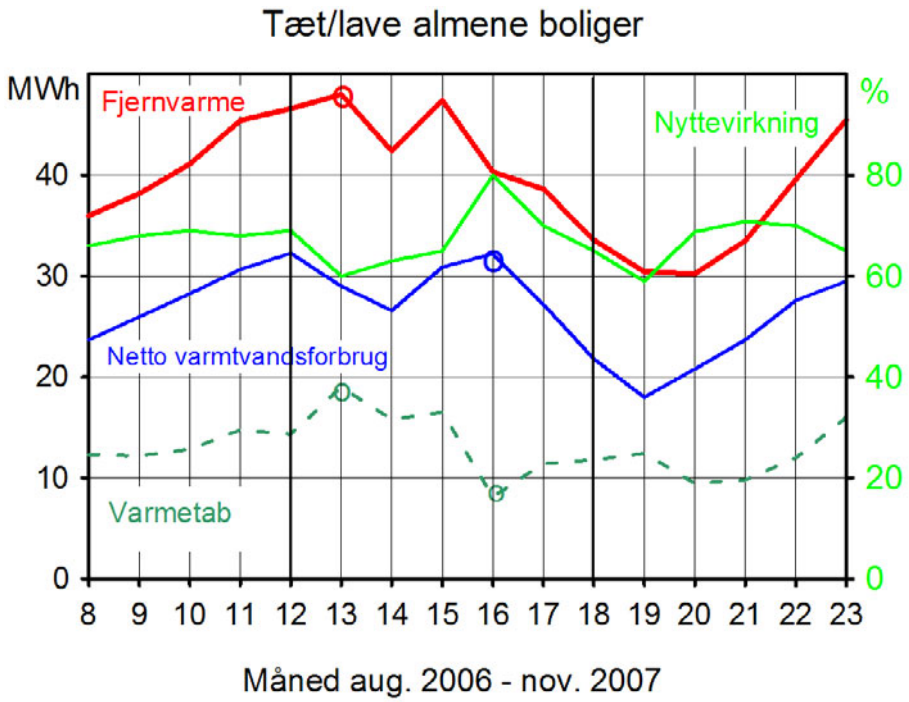
Måned	Koldt vand	DT1	DT2	Netto	eta	Cirkl. tab	
	[m³]	[˚C]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[kW]
aug. 2006	484	45,2	35,6	23,7	0,66	12,3	16,6
sep.	512	46,1	37,0	26,0	0,68	12,2	17,0
okt.	547	47,2	38,6	28,3	0,69	12,9	17,3
nov.	553	50,0	41,6	30,7	0,68	14,8	20,5
dec.	620	48,4	38,8	32,3	0,69	14,3	19,3
jan. 2007	634	42,0	38,0	(29,0)	(0,6)	-	-
feb.	543	46,8	40,6	26,6	0,63	15,8	23,5
mar.	627	44,1	40,8	30,9	0,65	16,5	22,2
apr.	685**	41,9	38,6	32,2	0,80	8,1	11,3
Maj	626	40,5	35,6	27,2	0,70	11,4	15,4
jun.	533	37,7	33,7	21,8	0,65	11,8	16,4
jul.	448	36,3	33,1	18,0	0,59	12,5	16,7
aug.	562	33,0	30,5	20,8	0,69	9,5	12,7
sep.	610	34,7	32,0	23,7	0,71	9,8	13,6
okt.	623	40,1	36,0	27,6	0,70	12,0	16,1
nov.	616	43,6	38,8	29,5	0,65	16,0	22,2

** Cirkulationstabet i april 2007 er sandsynligvis fejlbehæftet.

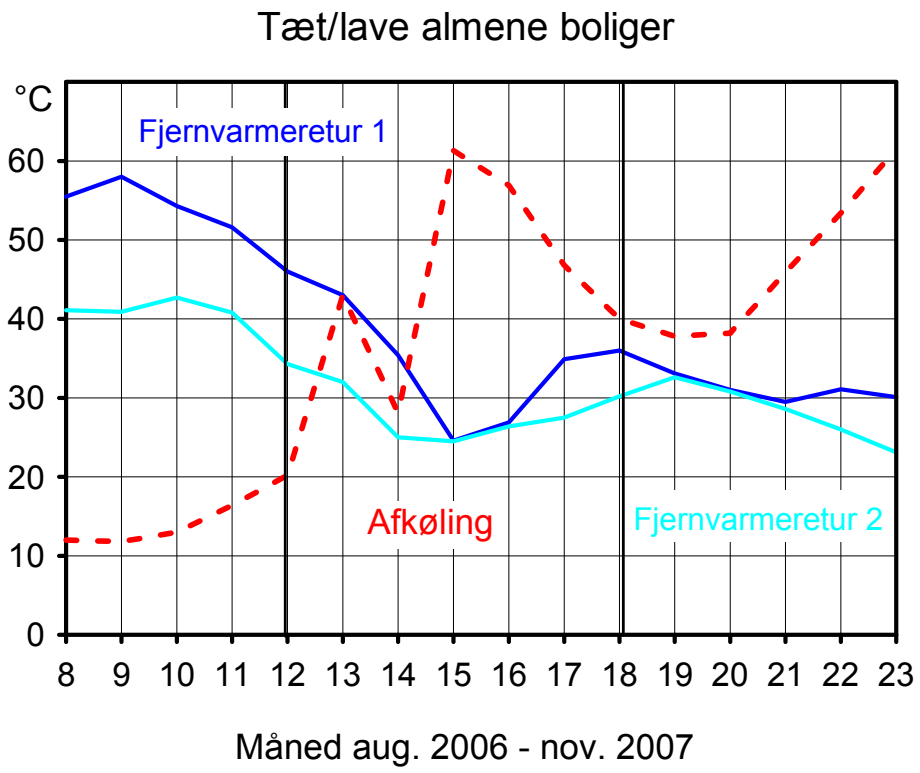
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.13.4 - Figur B.2.13.6.



Figur B.2.13.4. Varmtvandsforbrug.

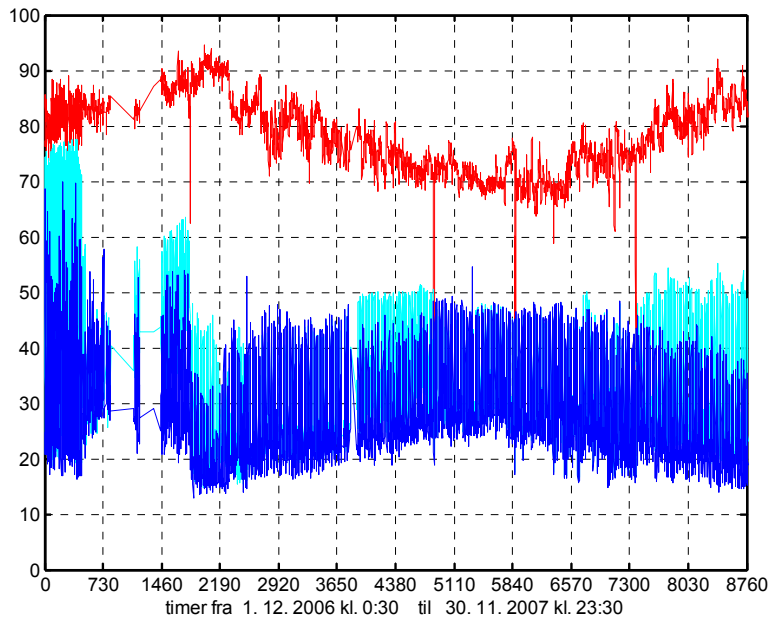


Figur B.2.13.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.

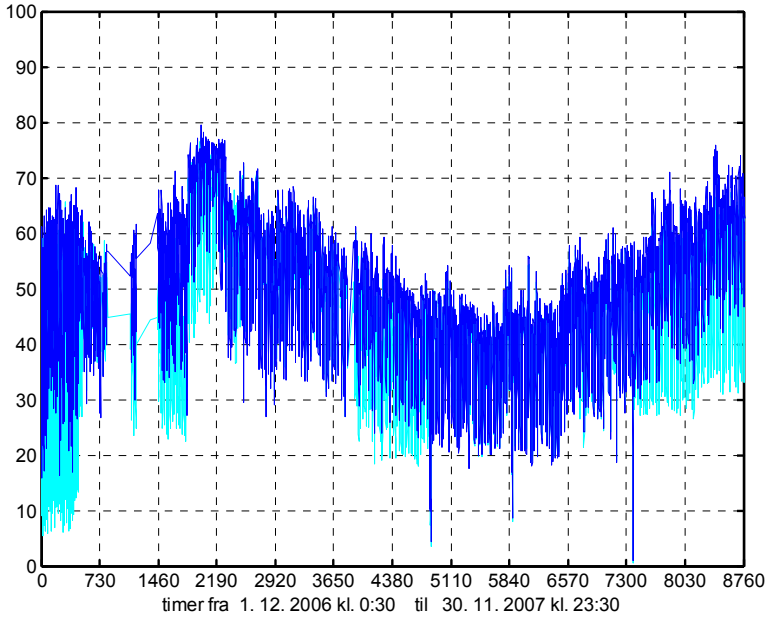


Figur B.2.13.6. Fjernvarmereturtemperatur fra de to varmtvandsbeholdere samt den fælles afkøling af fjernvarmevandet.

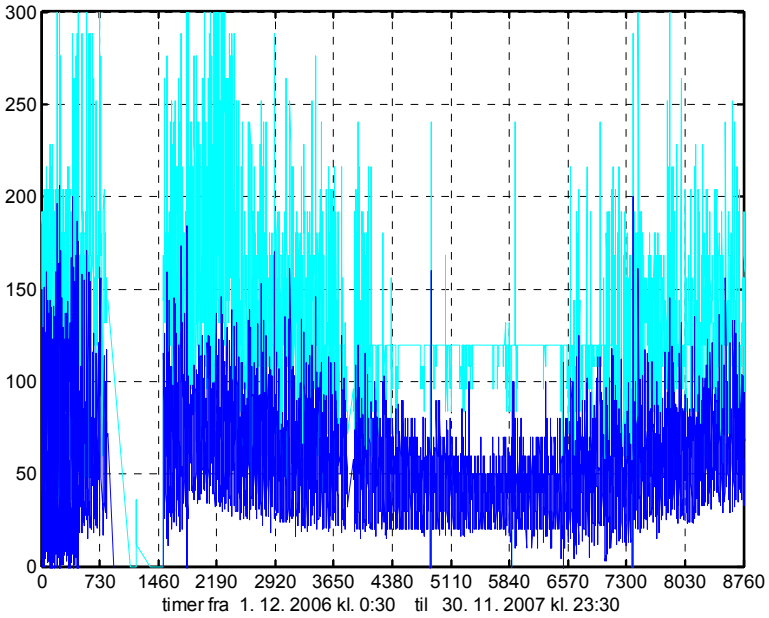
Udvalgte resultater fra datalogningen.



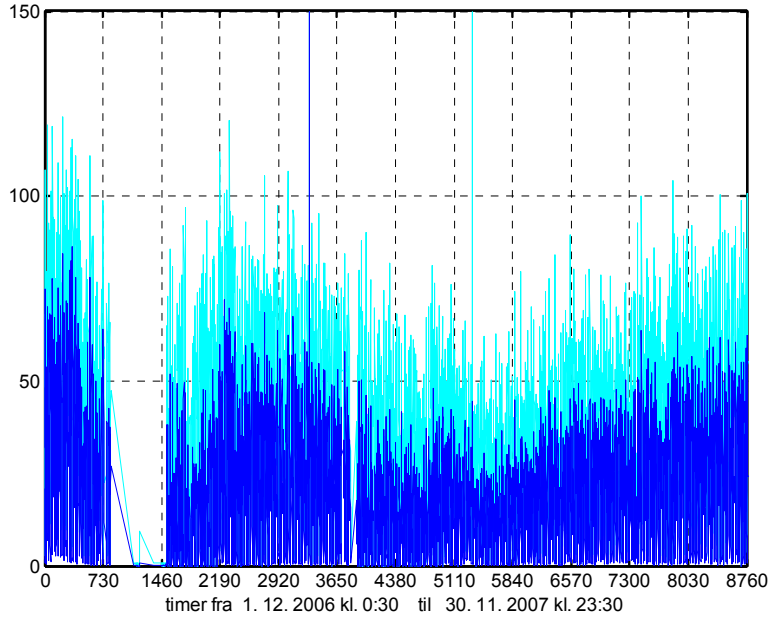
Figur B.2.13.7. Fjernvarmetemperaturer. Fælles fremløb (rød) samt de to returtemperaturer fra varmt-vandsbeholderne.



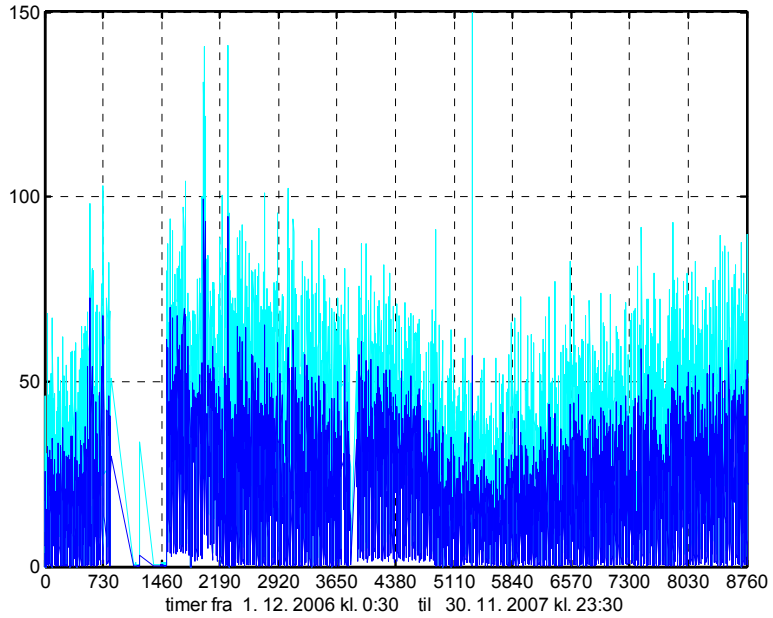
Figur B.2.13.8. Afkøling fra de to varmtvandsbeholdere.



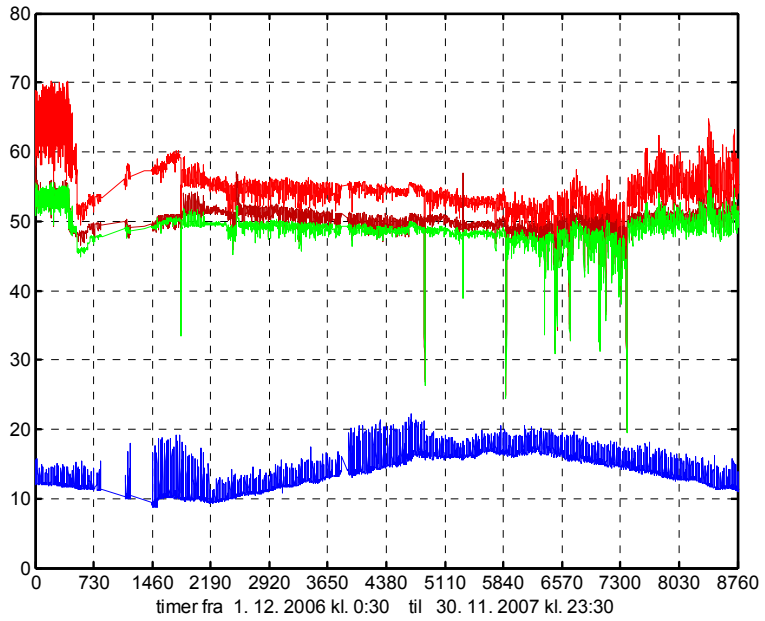
Figur B.2.13.9. Beregnet bruttoeffekt i kW til varmtvandsbeholderne (vha. filtrerede pulssignaler). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.13.10. Nettovarmtvandseffekt i kW for VVB 1 (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer).
Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.13.11. Nettovarmtvandseffekt i kW for VVB 2 (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer).
Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.13.12. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang VVB1 (rød) og VVB2 (mørkerød), og fælles returtemperatur i cirkulationsledningen (grøn).

Nøgletal for perioden december 2006 – november 2007.

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 215 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 144 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,67

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 71 kWh pr. lejlighed/måned = 97 W/lejlighed.
Længde af cirkulationsledninger: 2670 m = 14,4 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 6,7 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen:
Forbrug af varmt brugsvand: 3,21 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 7,9 timer.
I perioden udgør energibehovet til varmt brugsvand ca. 33 procent af det totale fjernvarmeforbrug.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 130 kW = 0,7 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 200 kW = 1,1 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 40,1 ˚C (20-61 ˚C).

B.2.14 Kontorbyggeri med VVB og cirkulation, 204

Ejendommen

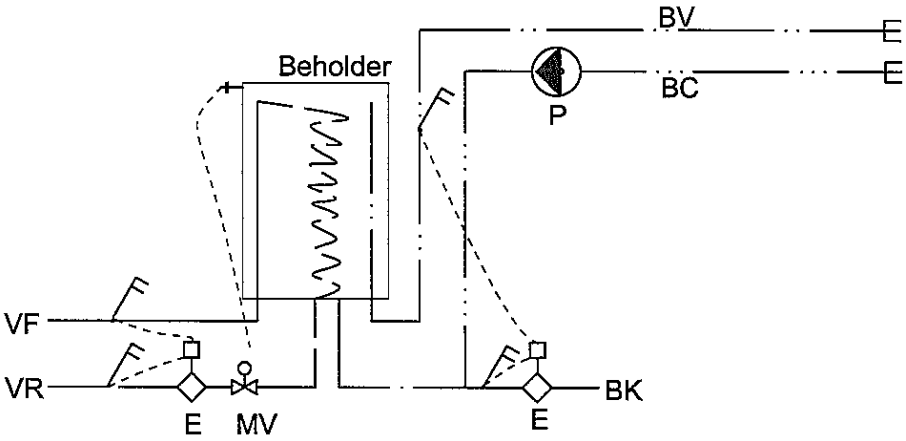
Ejendommen er en 3-etagers kontorbygning på ca. 3500 m2 opført i 1972. I undersøgelsesperioden var der ca. 70 arbejdspladser i brug i bygningen samt en kantine

Figur B.2.14.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af en 300 l varmtvandsbeholder med indbygget spiral, opvarmet vha. (lokal) fjernvarme. Der er et par meter uisolerede rør ved varmtvandsbeholderen.

Cirkulationsledningerne består af galvaniserede stålrør, ført frem i 3 kredse. De lodrette stigstrenge er delvist støbt ind i væggene ved toiletterne. Cirkulationspumpen er Grundfos type UPS 25-60 180.



Figur B.2.14.2. Principdiagram.

Dataopsamling

Der er opsat to energimålere på henholdsvis koldtvandstilgang og fjernvarmeforsyning.

Til supplement af de manuelle aflæsninger anvendes 2 stk. FA-9, der periodevis forbindes til energimålernes regneværk.

Figur B.2.14.3. Teknikrum.

Målinger

Tabel B.2.14.1. Målte forbrug og temperaturer på primærsiden

Måned	Fjernvarme		Tf	Tr	ΔT
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
mar. 2006	1559	674			2,0
apr.	1013	719			1,2
Maj	1223	95			11,1
jun.	777	18	69,8	32,6	36,2
jul.	223	4,3	57,8	26,9	44,5
aug.	362	7,7	57,9	26,4	40,7
sep.	861	26			28,6
okt.	2615	81			27,8
nov.	2566	85			26,1
dec.	1275	59			18,7
jan. 2007	1405	74			16,4
feb.	2114	57			32,0
mar.	2453	57			36,9
apr.	2185	47			39,8
Maj	2353	53			38,2
jun.	1291	35			31,5
jul.	1345	33			35,6
aug.	2058	49			36,0

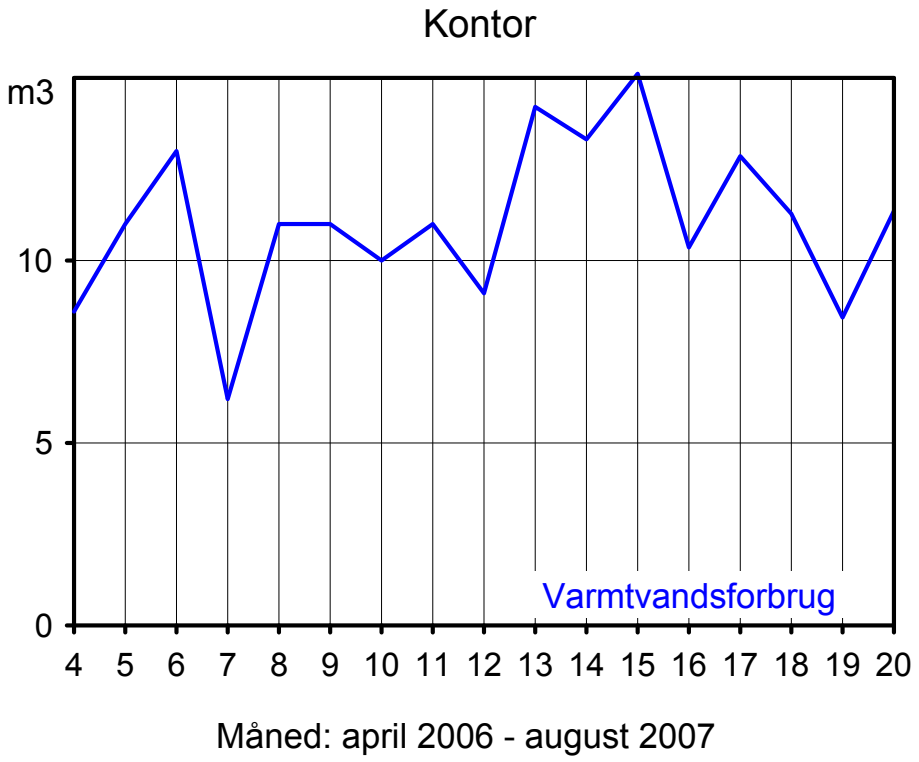
Note: Temperaturmålinger er kun medtaget for de perioder, hvor dataloggerne var monterede.

Tabel B.2.14.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

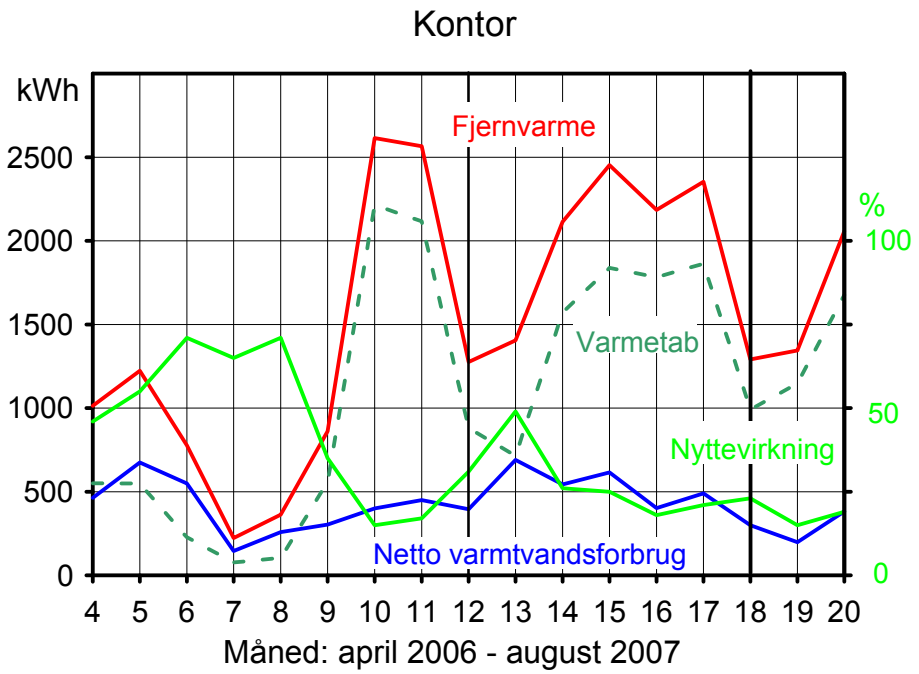
Måned	Netto		ΔT	Tk	Tvvb	Eta	Cirkl. tab	
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[-]	[kWh]	[W]
mar. 2006	849	13	57,3			0,54	710	954
apr.	463	8,6	46,3			0,46	550	764
maj	674	11	52,2			0,55	549	738
jun.	549	13	36,3	20,4	33,7	0,71	228	317
jul.	146	6,2	20,2	23,2	28,3	0,65	77	103
aug.	258	11	20,3	22,3	29,5	0,71	104	140
sep.	303	11	23,9			0,35	558	775
okt.	400	10	34,1			0,15	2215	2977
nov.	449	11	35,3			0,17	2117	2940
dec.	395	9,1	37,2			0,31	880	1183
jan. 2007	690	14	41,8			0,49	715	961
feb.	543	13	35,1			0,26	1571	2338
mar.	615	15	35,0			0,25	1838	2470
apr.	402	10	33,2			0,18	1783	2476
maj	490	13	32,7			0,21	1863	2504
jun.	300	11	50,9			0,23	991	1376
jul.	198	8	20,3			0,15	1147	1542
aug.	382	11	28,8			0,19	1676	2253

Note: Temperaturmålinger er kun medtaget for de perioder, hvor dataloggerne var monterede.

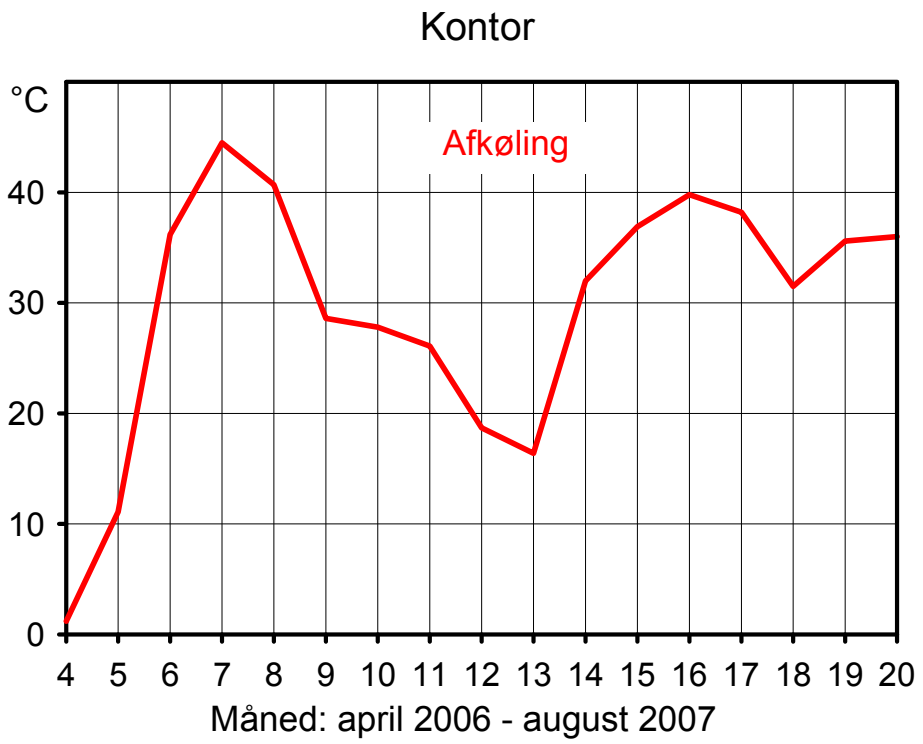
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.14.4 til Figur B.2.14.6.



Figur B.2.14.4. Varmtvandsforbrug.



Figur B.2.14.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.



Figur B.2.14.6. Afkøling af fjernvarmevandet i brugsvandskredsen.

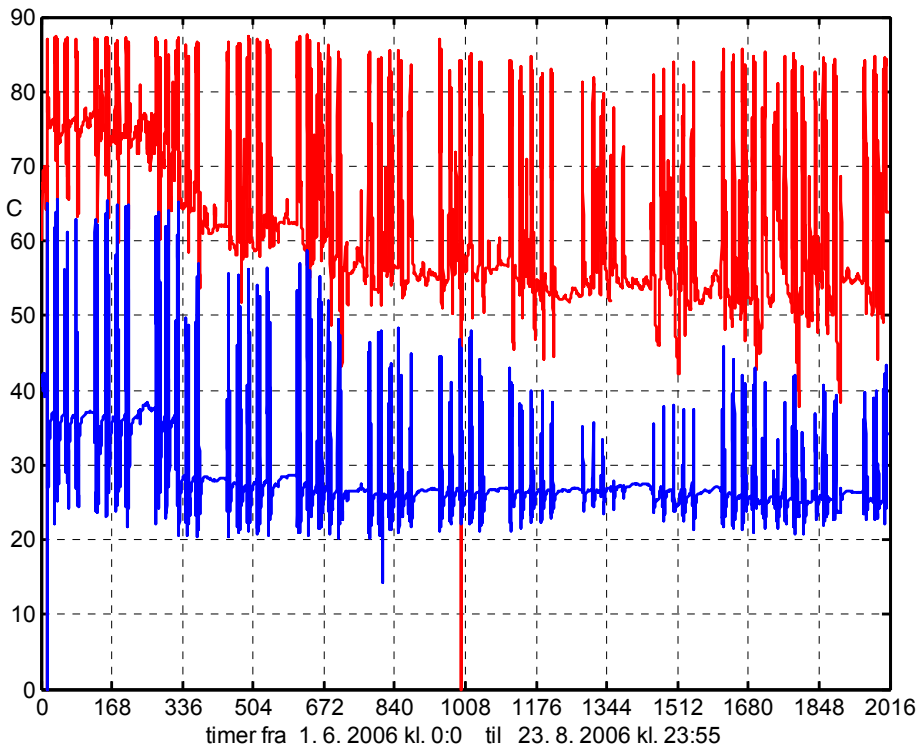
Anlægget har kørt "uroligt". Dels har uvedkommende personer stillet på reguleringsventilen, og dels har cirkulationen fungeret dårligt på grund af luft og slam. I september 2006 blev cirkulationspumpen udskiftet. Det tyder på, at der ingen cirkulation har været i juli og august, da varmetabet kun er lidt større end beholderens. Reguleringsventilen blev udskiftet primo marts 2007.

Tomgangsforsøg

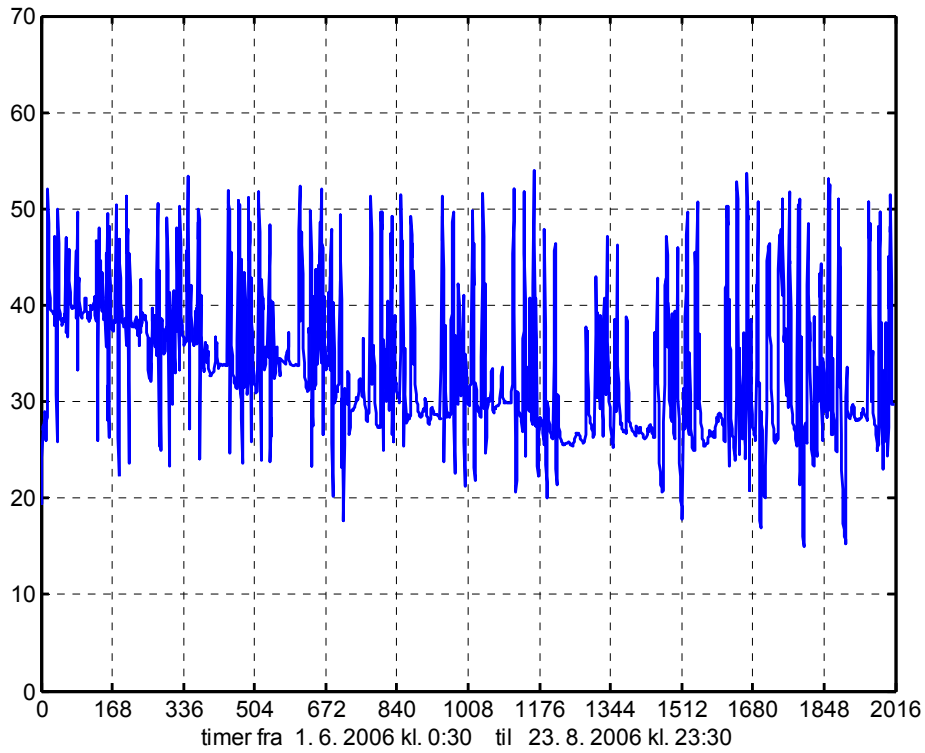
I en weekend i december 2006 blev der lavet et forsøg for at bestemme varmtvandsbeholderens varmetab. Cirkulationsledningen blev afspærret, medens beholderen blev holdt varm af fjernvarmeforsyningen. Reguleringsventilen var stillet på 3. Forsøget viste et varmetab fra beholder og uisolerede rør på ca. 130 W.

Ved en efterfølgende gentagelse af forsøget måltes 230 W, men det viste sig, at nogen havde stillet reguleringsventilen på 4.

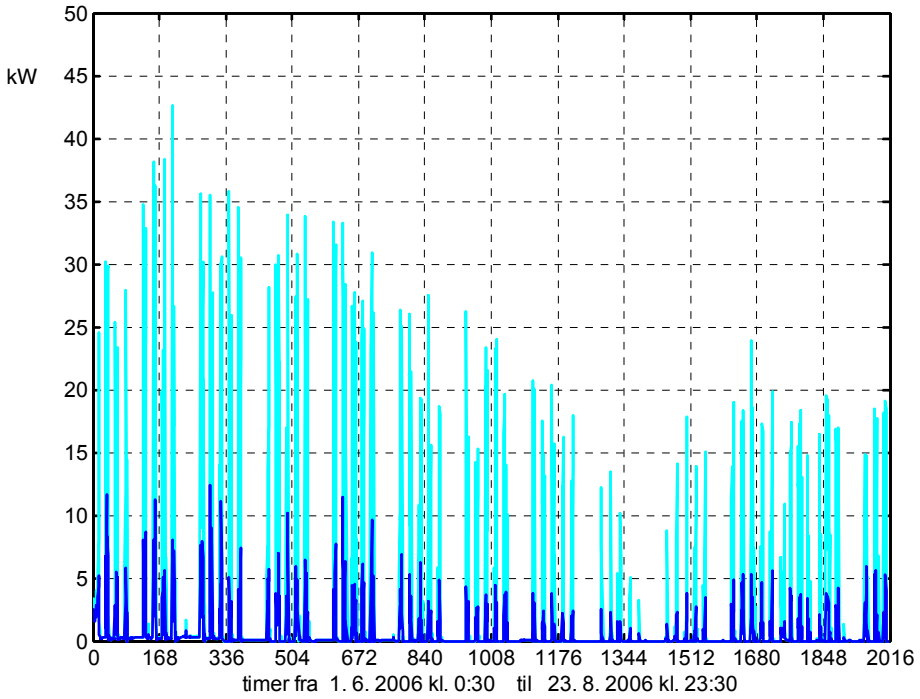
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



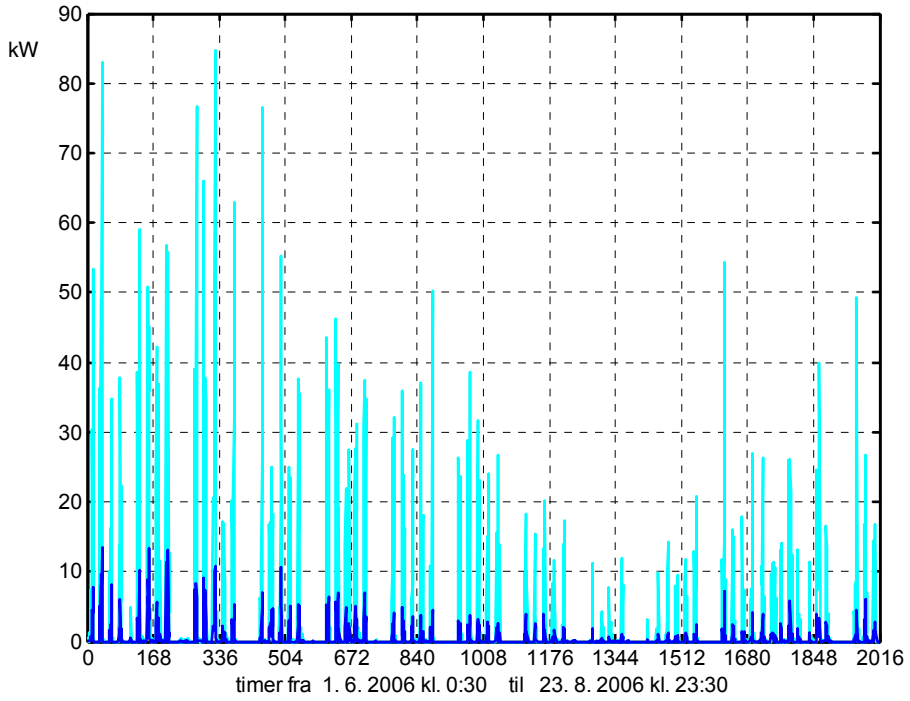
Figur B.2.14.7. Fjernvarmetemperaturer.i varmtvandskredsen.



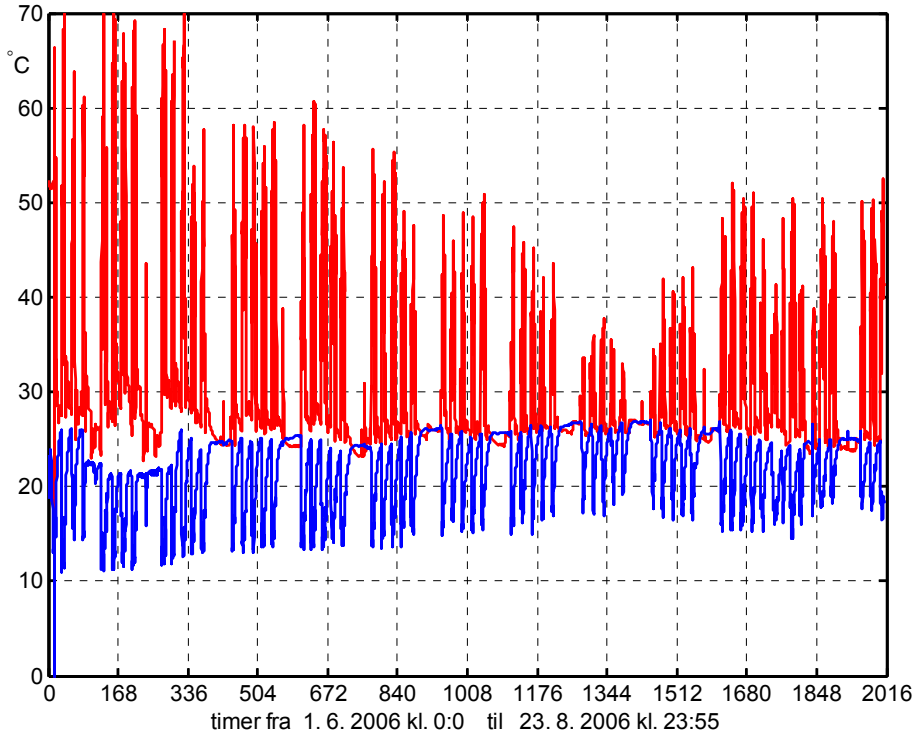
Figur B.2.14.8. Fjernvarmeafkøling, timeværdier.



Figur B.2.14.9. Fjernvarmesystemets effekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.14.10. Nettovarmtvandseffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.14.11. Fremløbs- og returtemperaturer i varmtvandskredsen. Reguleringsventilens setpunkt er sat ned i løbet af perioden.

Nøgletal for perioden april 2006-marts 2007

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 16,9 MWh/år = 1408 kWh/md = 4,8 kWh/m^2 pr. år.
Nettoenergiforbrug: 5485 kWh/år = 457 kWh/md = 1,6 kWh/m^2 pr. år.
Nyttevirkning: 0,32

Cirkulationstab: 11,4 MWh/år = 950 kWh/md. = 1302 W (varierende fra 103 W til 2940 W).
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 289 m
Skønnet varmetab i varmecentralen: 200 W
Varmetab fra cirkulationsledninger: 2750 W = 9,5 W/m (når cirkulationen fungerer).
Forbrug af varmt brugsvand: 134 m^3/år = 11,17 m^3/md = 38,3 l/m^2 pr. år.
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 19,6 timer.

Belastning:
Primær (fjernvarme, timeværdi): 12 kW.
Sekundært (brugsvand, 5-min værdi): 85 kW.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdi): 11,3 ºC (1-44 ºC).

B.2.15 Kontorbygn. med undervisningslokaler, VVB og cirk., 205

Ejendommen

Ejendommen er en kontorbygning på 2200 m^2 fordelt på 3 etager, opført ca. 1970. Der er ca. 90 standardlokaler i bygningen, fordelt på kontorer og undervisningslokaler. Ca. 100 ansatte og studerende har deres daglige gang i bygningen.

Figur B.2.15.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

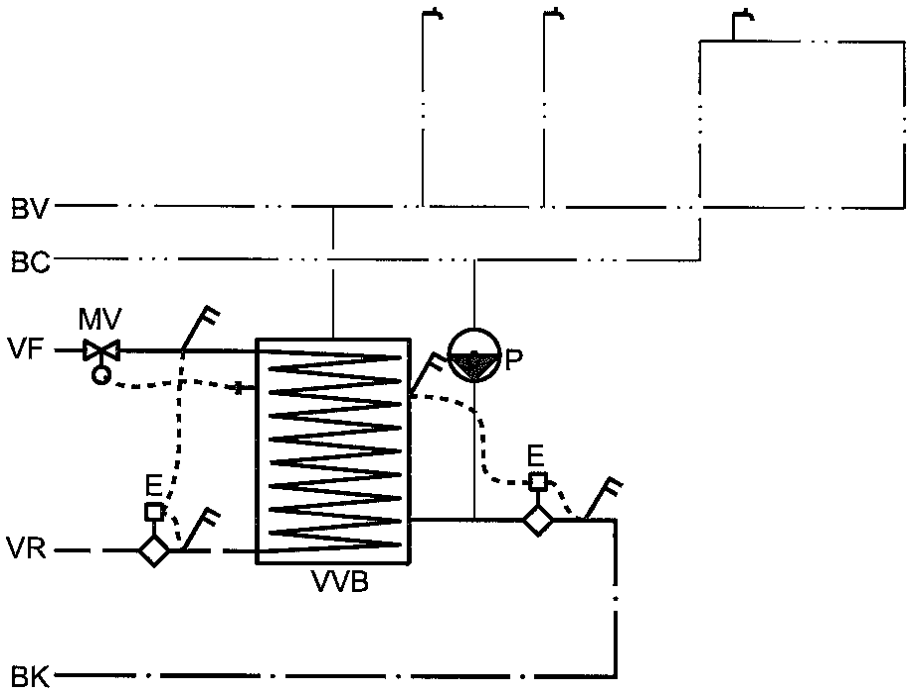
Varmtvandsforsyningen består af en 1500 l varmtvandsbeholder med indbygget spiral, opvarmet vha. (lokal) fjernvarme. Beholderen har en indbygget elpatron, men denne mulighed benyttes ikke. Cirkulationssystemet er vist på Figur B.2.15.2. Nogle stigstrenge er udført uden cirkulation, medens cirkulationssystemet er ført til 2. etage ved toiletterne. Toiletter og køkken er placerede i den modsatte ende af varmtvandsbeholderen. Den samlede ledningslængde skønnes til 132 m.

Cirkulationspumpen er af typen Smedegaard Vario 75C (150 W) (monteret i december 2006).

Dataopsamling

Der er opsat to energimålere på henholdsvis koldtvandstilgang og fjernvarmeforsyning.

Målerne kan tappes for data vha. et optisk øje. Som supplement anvendes 2 FA-9, der periodevis forbindes til energimålernes regneværk. Her opsamles 5-minuts-værdier.



Figur B.2.15.2. Principdiagram.

Figur B.2.15.3. Teknikrum.

Målinger

I efterfølgende tabel vises data fra perioden marts 2006 til august 2007.

Tabel B.2.15.1. Målte forbrug og temperaturer på fjernvarmekredsen.

Måned	Fjernvarme		ΔT	Tf	Tr
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
mar. 2006	790	19	35,3		
apr.	1778	50	30,3		
maj	1581	58	23,5		
jun.	943	39	20,8		
jul.	1677	101	14,3		
aug.	1868	97	16,6		
sep.	2040	80	22,1	69,9	47,1
okt.	1847	61	25,9	68,9	42,9
nov.	1929	50	33,2		
dec.	2007	56	30,8		
jan. 2007	2398	66	31,2		
feb.	2213	77	24,6		
mar.	2407	92	22,5		
apr.	2220	86	22,2		
maj	2154	90	20,6		
jun.	1919	84	19,7		
jul.	1926	83	19,9		
aug.	1629	59	23,9		

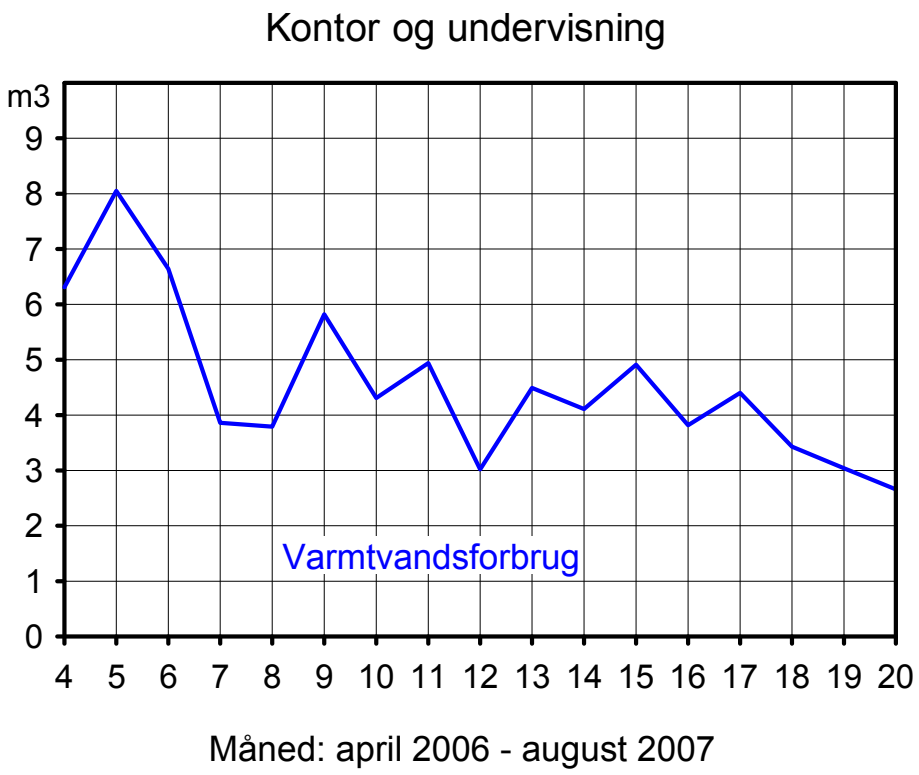
Note: Temperaturmålinger er kun medtaget for de perioder, hvor dataloggerne var monterede.

Tabel B.2.15.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

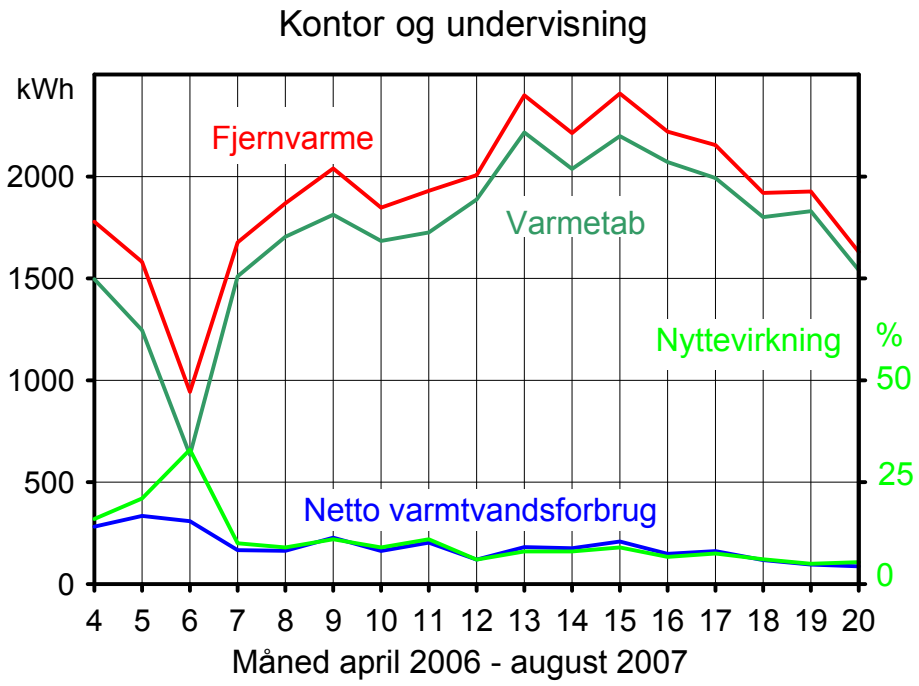
Måned	Netto		ΔT	Tk	Tvvb	Eta	Cirkl. tab	
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[-]	[kWh]	[W]
mar. 2006	416	8,8	40,7			0,53	374	503
apr.	282	6,3	38,4			0,16	1496	2078
maj	335	8,1	35,8			0,21	1246	1675
jun.	309	6,6	40,0			0,33	634	881
jul.	167	3,9	37,2			0,10	1510	2030
aug.	164	3,8	37,2			0,09	1704	2290
sep.	228	5,8	33,7	24,8	56,5	0,11	1812	2517
okt.	163	4,3	32,5	23,8	52,4	0,09	1684	2263
nov.	204	4,9	35,5			0,11	1725	2396
dec.	120	3,0	34,2			0,06	1887	2536
jan. 2007	182	4,5	34,9			0,08	2216	2978
feb.	176	4,1	36,8			0,08	2037	3031
mar.	209	4,9	36,6			0,09	2198	2954
apr.	149	3,8	33,5			0,07	2071	2876
maj	162	4,4	31,7			0,08	1992	2677
jun.	118	3,4	29,6			0,06	1801	2501
jul.	96	3,0	27,2			0,05	1830	2460
aug.	88	2,7	28,5			0,05	1541	2071

Note: Temperaturmålinger er kun medtaget for de perioder, hvor dataloggerne var monterede.

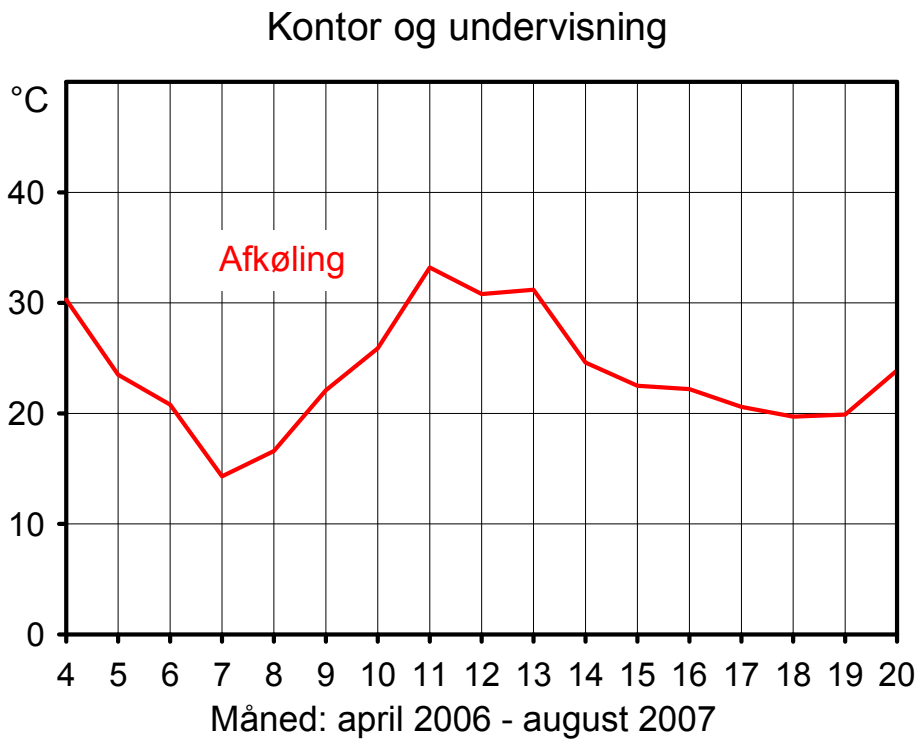
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.15.4 til Figur B.2.15.6.



Figur B.2.15.4. Varmtvandsforbrug.



Figur B.2.15.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.



Figur B.2.15.6. Afkøling af fjernvarmevandet i brugsvandskredsen.

Der er i måleperioden sket forskellige ændringer af anlæggets drift, bl.a. er der sket en sanering af asbest, samt udskiftning af anode og ventiler (sept. 2006). Det har også været nødvendigt med en gennemskylning af anlægget pga. fare for udefra kommende forurening med colibakterier.

Da man har besluttet at udskifte beholderen til en mindre i løbet af 2007, har man valgt ikke at efterisolere rør og beholderens top. Der findes således 5 m 1,25" uisolerede fjernvarmerør mellem måler og varmtvandsbeholder. I april 2008 var beholderen endnu ikke blevet udskiftet.

Tomgangsforsøg

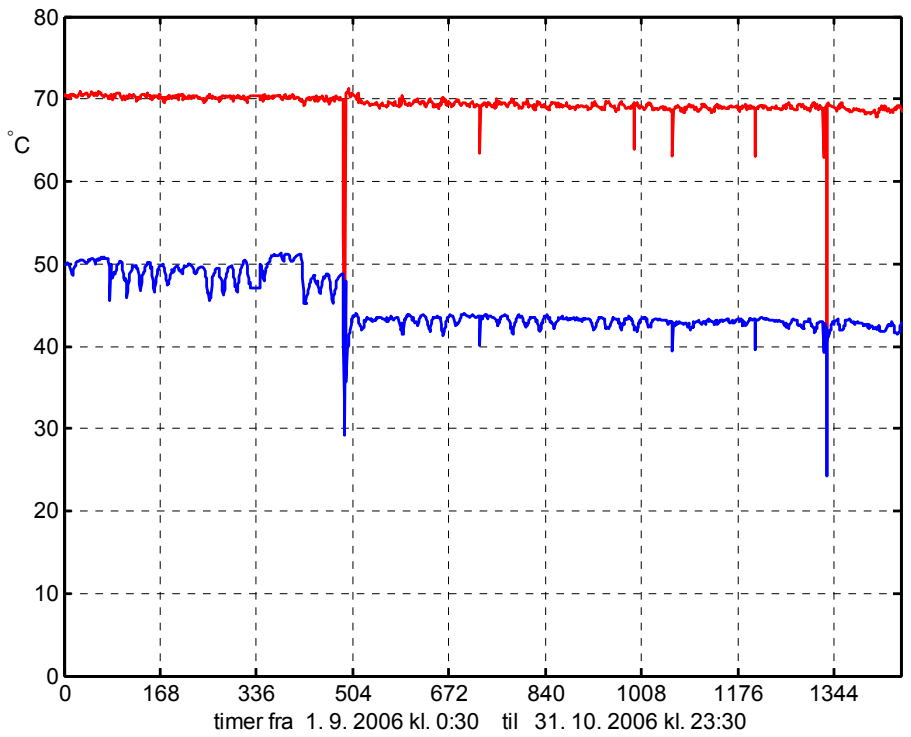
16. december 2006 blev der startet et forsøg for at bestemme varmtvandsbeholderens varmetab. Cirkulationsledningen blev afspærret i en weekend, medens beholderen blev holdt varm af fjernvarmeforsyningen. Forsøget viste et varmetab fra beholder og uisolerede rør før beholder på 1250 W.

Efter forsøget blev der rejst tvivl om cirkulationspumpen fungerede korrekt, og den blev udskiftet den 19. december 2006.

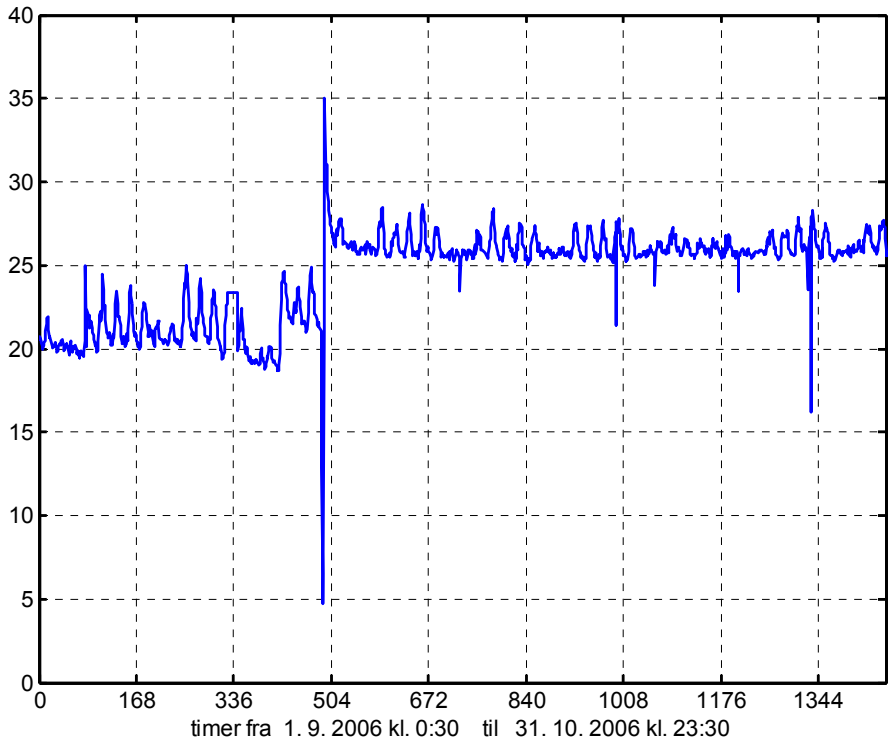
I perioden mellem Jul og Nytår blev der målt et cirkulationstab på 1800 W (excl. beholder).

Udvalgte resultater fra dataopsamlingen

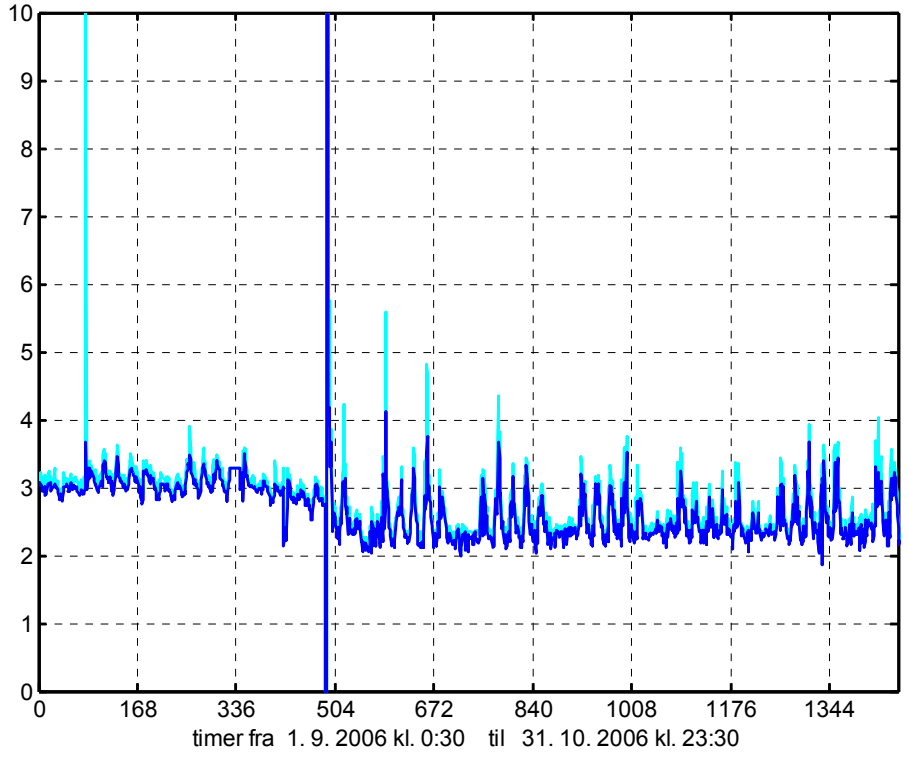
I det følgende vises udvalgte resultater fra perioden med 5-minutters dataopsamling.



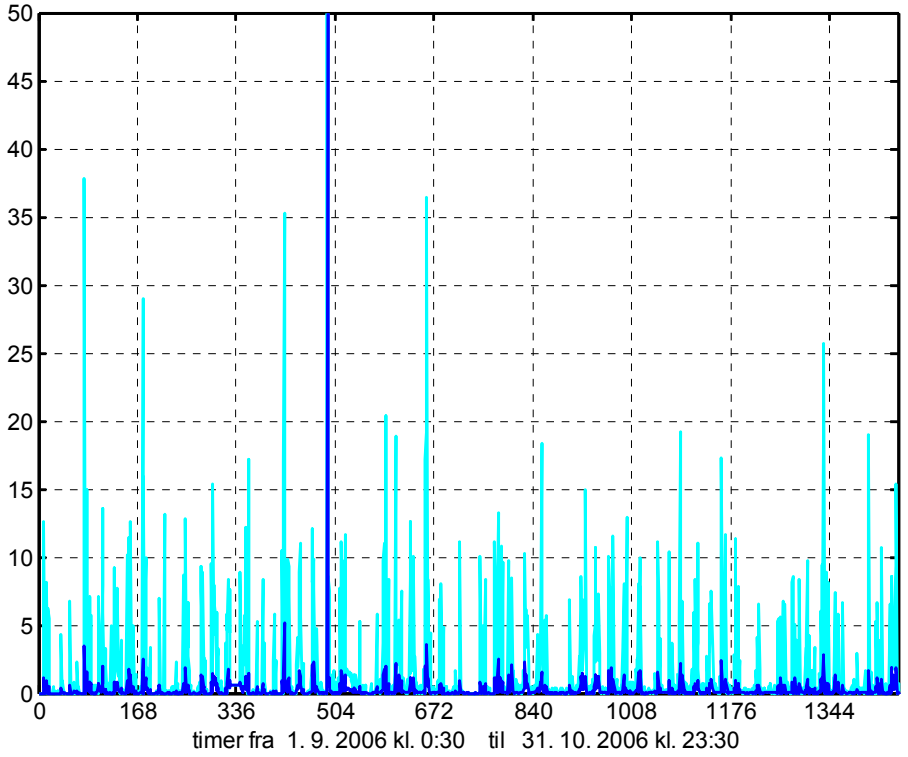
Figur B.2.15.7. Fjernvarmetemperaturer til varmtvandsbeholderen (timeværdier).



Figur B.2.15.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).

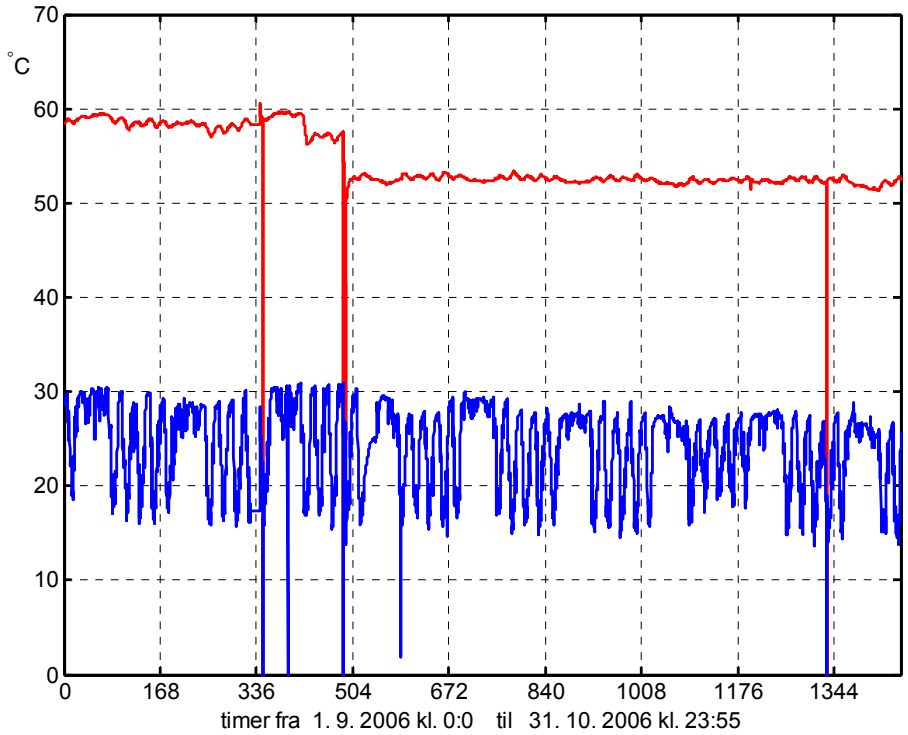


Figur B.2.15.9. Fjernvarmeeffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.15.10. Nettovarmtvandseffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.

Måleserien indeholder data for opvarmning af beholderen efter rensning og anodeskift.



Figur B.2.15.11. Temperaturer på varmt og koldt vand.

Nøgletal for perioden april 2006 – marts 2007

Forbrug og varmetab: .
Brutto energiforbrug: 22,7 MWh/år = 1892 kWh/md = 10,3 kWh/m^2/år.
Nettoenergiforbrug: 2539 kWh/år = 212 kWh/md = 1,15 kWh/m^2/år.
Nyttevirkning: 0,11

Cirkulationstab: 20,1 MWh/år = 1675 kWh/md = 2295 W (varierende fra 880 W til 3030 W).
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 132 m.
Skønnet varmetab i varmecentralen: 1200 W
Varmetab fra cirkulationsledninger: 1800 W = 13,6 W/m.
Varmetab fra cirkulationsledninger inkl. varmecentral: 22,7 W/m.
Forbrug af varmt brugsvand: 60,25 m^3/år = 5,0 m^3/md =.27,4 l/m^2/år.
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 9,1 døgn.
I perioden udgør energibehovet til varmt brugsvand ca. 17 procent af det totale fjernvarmeforbrug.

Belastning:
Primær (fjernvarme, timeværdi): 4 kW.
Sekundært (brugsvand, 5-min værdi): 38 kW.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdi): 23,6 ºC (14-33 ºC).

B.2.16 Andelsboligf., VVB og cirk., u. individuel forbrugsmål., 206

Ejendommen

Ejendommen er en andelsboligforening, der består af to boligblokke på 4 etager, opført i 1925. Centralvarme- og varmtvandsinstallation stammer fra 1989. Varmecentralen ligger i den ene blok og forsyner denne anden boligblok gennem en fjernvarmeledning. Der findes 234 lejligheder.

Figur B.2.16.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af 2 paralleltforbundne varmtvandsbeholdere på 3200 l med indbygget spiral, samt en fælles rørvarmeveksler, der forvarmer brugsvandet. Centralvarmeanlægget er ikke forbundet til forvarmeren. Cirkulationsledningerne består af lodrette stigstrende, der vender på næstøverste etage, og føres tilbage til varmecentralen. Lejlighederne forsynes både op og nedadgående. Cirkulationsledninger inde i lejlighederne er ikke isolerede. Den samlede længde skønnes til 1800 m.

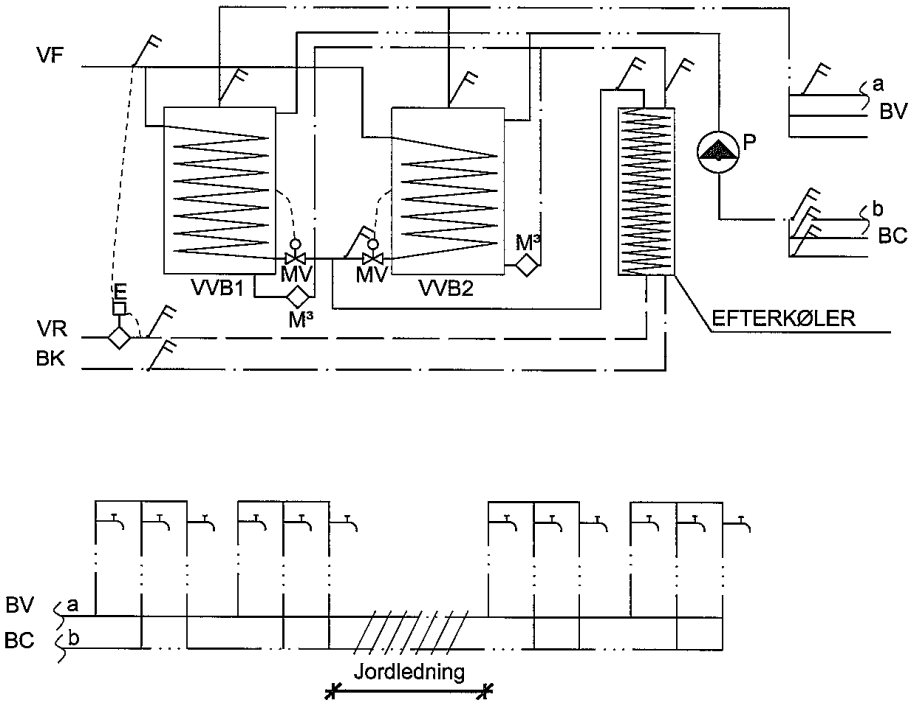
Cirkulationspumpen er en Grundfos UPS 50-120/F (450-720 W).

Forbruget af koldt og varmt vand i de enkelte lejligheder måles ikke.

Dataopsamling

Der er opsat en ny energimåler på varmtvandskredsen, og dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren.

Endvidere er opsat en datalogger med 10 temperaturkanaler samt 2 kanaler til at opsamle pulser fra koldtvandsmålerne. Der måles følgende temperaturer: koldt og forvarmet brugsvand, afgangstemperatur fra de to varmtvandsbeholdere samt temperatur på varmt brugsvand til område A, returtemperatur på cirkulationsledningen fra område A, B og C, samt fjernvarmetemperatur til forvarmer og fjernvarmereturtemperatur fra VVB 2.



Figur B.2.16.2. Principdiagram.

Figur B.2.16.3. Teknikrum.

Målinger

I det følgende vises data fra perioden april 2006 til juli 2007.

Tabel B.2.16.1. Målte forbrug på primærsiden samt målte temperaturer.

Måned	Fjernvarme		ΔT_{fjv}	Tf	Tr	Tk	Tvvb1	Tvvb2	Tcirkl.
	[MWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
apr. 2006	43,4	659	56,7	87,0	30,6	11,8	50,4	50,6	45,3
Maj	44,0	803	47,2	83,0	35,4*	13,3	51,4	52,5	46,7
jun.	39,0	778	43,1	80,4	37,6*	14,4	52,1	52,8	47,2
jul.	34,0	756	38,7	77,5	38,8	16,0	51,9	52,3	47,4
aug.	36,8	875	36,2	75,0	38,7	16,0	51,0	52,1	47,0
sep.	39,4	832	40,7	78,3	37,7	15,1	52,5	53,9	47,4
okt.	42,2	892	40,7	78,1	37,6*	14,7	51,9	53,5	47,0
nov.	43,8	830	45,4	82,4	37,0	13,6	51,7	53,3	47,7
dec.	46,4	892	44,7	82,8	38,4	13,1	52,7	54,1	48,1
jan. 2007	50,5	882	49,2	85,4	36,3	12,2	55,6	57,2	49,8*
feb.	47,6	785	52,2	87,8	35,7*	11,6	56,2	57,8	49,6
mar.	49,7	885	48,3	85,6	37,7	12,0	54,9	56,2	49,4
apr.	45,3	885	44,0	83,0	39,2*	13,0	54,4	55,5	48,8
maj	44,6	954	40,2	80,2	40,1	14,0	53,7	54,6	48,5
jun.	39,4	963	35,2	76,3	41,2	15,0	52,7	53,7	48,5
jul.	38,1	1012	32,4	75,7	43,3*	16,0	52,3	53,4	48,2

* Manglende data i perioden.

Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren; Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren; Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur og T cirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet.

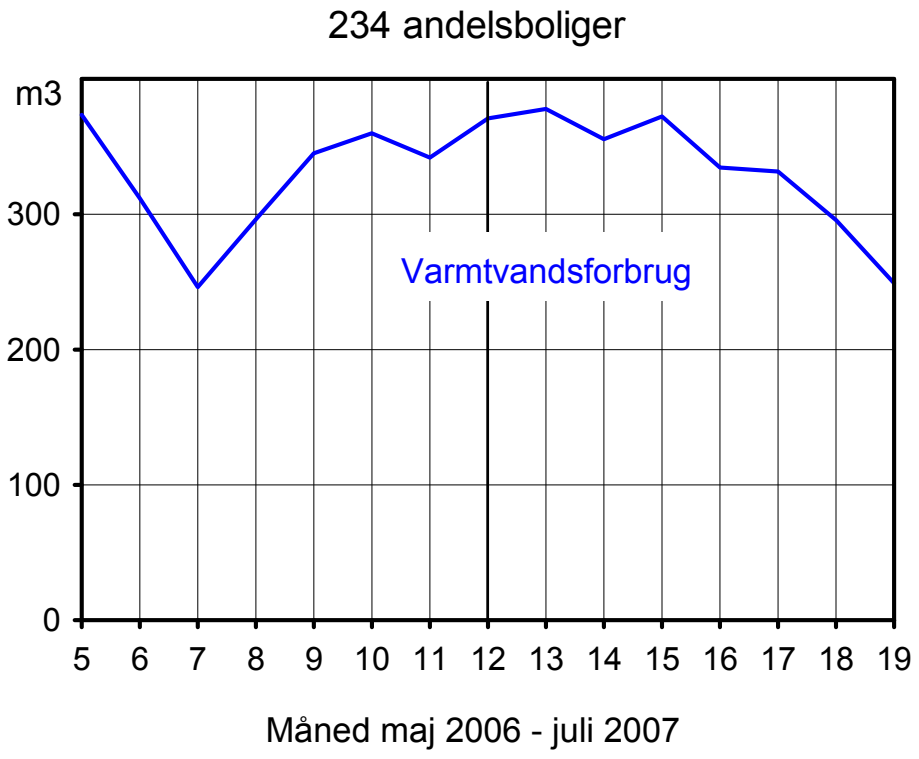
Tabel B.2.16.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	Eta	Cirkl. tab	
	[m³]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[kW]
apr. 2006*	389	39,3	17,8	0,41,	25,6	35,6
Maj	374	39,67	17,2	0,39	26,8	36,0
jun.	312	39,03	14,2	0,36	24,8	34,5
jul.	246	37,12	10,6	0,31	23,4	31,4
aug.	296	36,75	12,7	0,34	24,2	32,5
sep.	345	39,03	15,7	0,40	23,7	33,0
okt.	360	39,0	16,3	0,39	25,9	34,8
nov.	342	39,8	15,8	0,36	28,0	38,9
dec.	371	41,0	17,7	0,38	28,7	38,6
jan. 2007	378	43,8	19,3	0,38	31,2	42,0
feb.	355	46,2	19,1	0,40	28,5	42,5
mar.	372	44,5	19,3	0,39	30,4	40,9
apr.	335	42,9	16,7	0,37	28,6	39,8
Maj	332	41,1	15,9	0,36	28,7	38,6
jun.	296	39,2	13,5	0,34	26,0	36,0
jul.	249	38,0	11,0	0,29	27,1	36,4

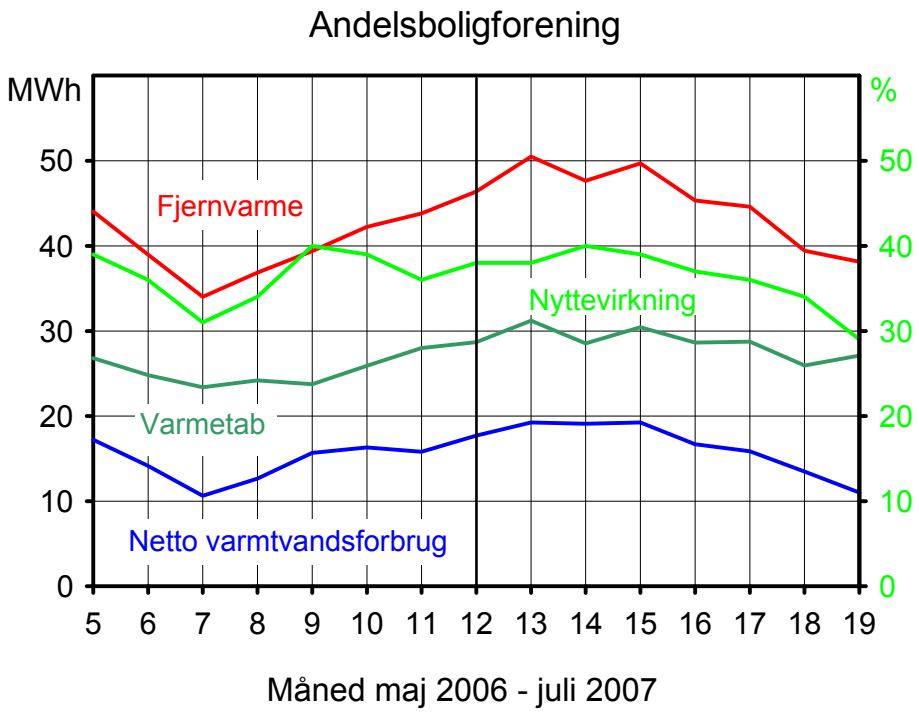
* ekstrapoleret til 720 timer fra 611 timer

Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på de to vandmåleres pulssignaler (via optokobler i elektrolyseskab).

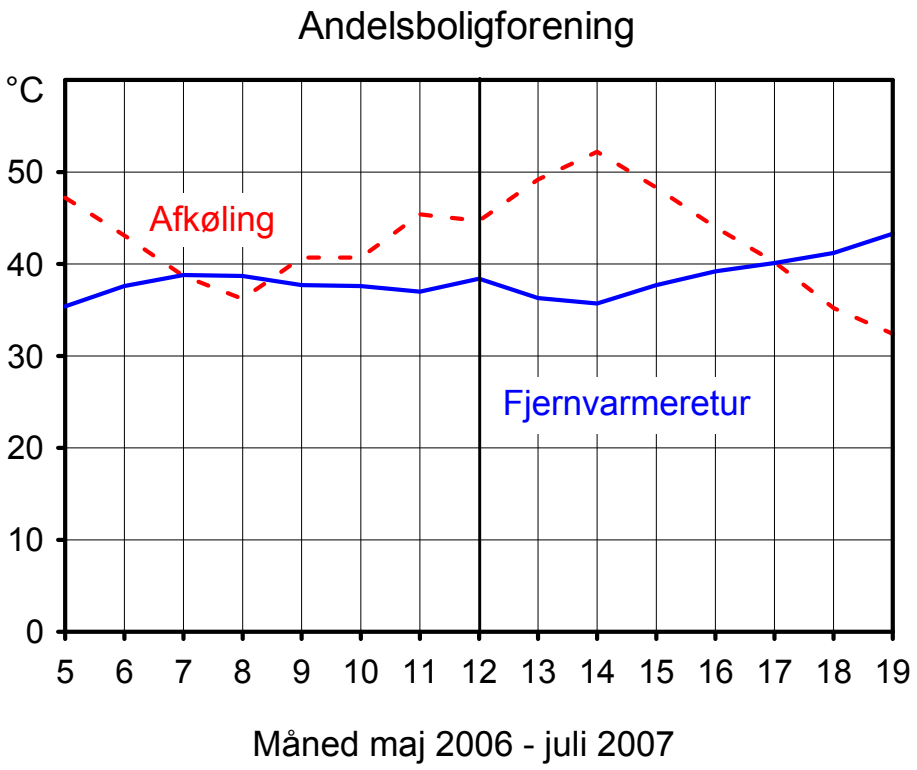
Tabellernes værdier er vist i Figur B.2.16.4 til Figur B.2.16.6 nedenfor.



Figur B.2.16.4. Varmtvandsforbrug.

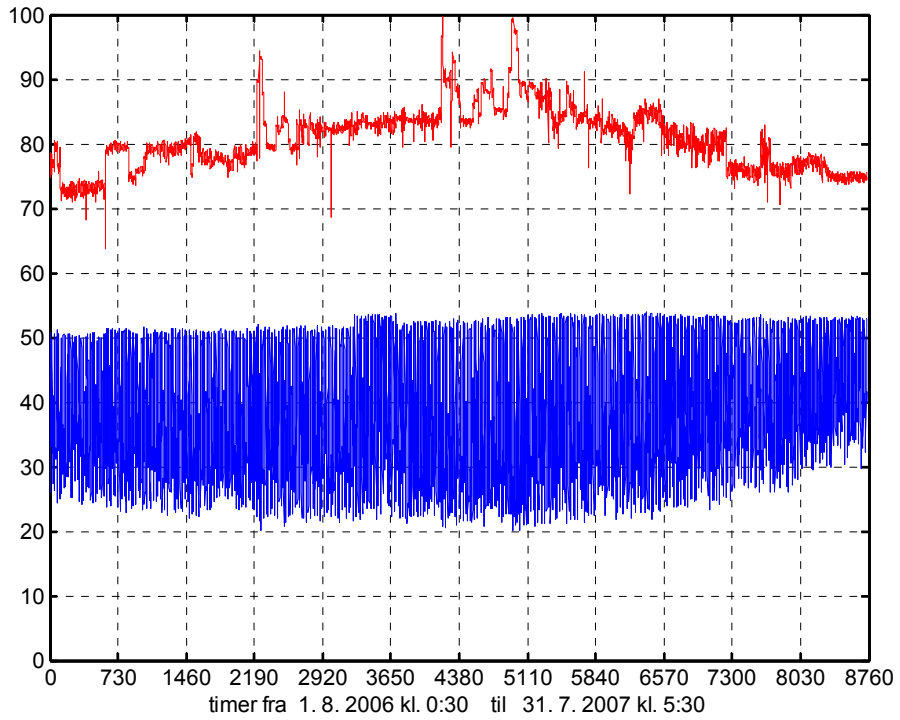


Figur B.2.16.5. Netto- og bruttoenergiforbrug, samt varmetab og nyttevirkning.

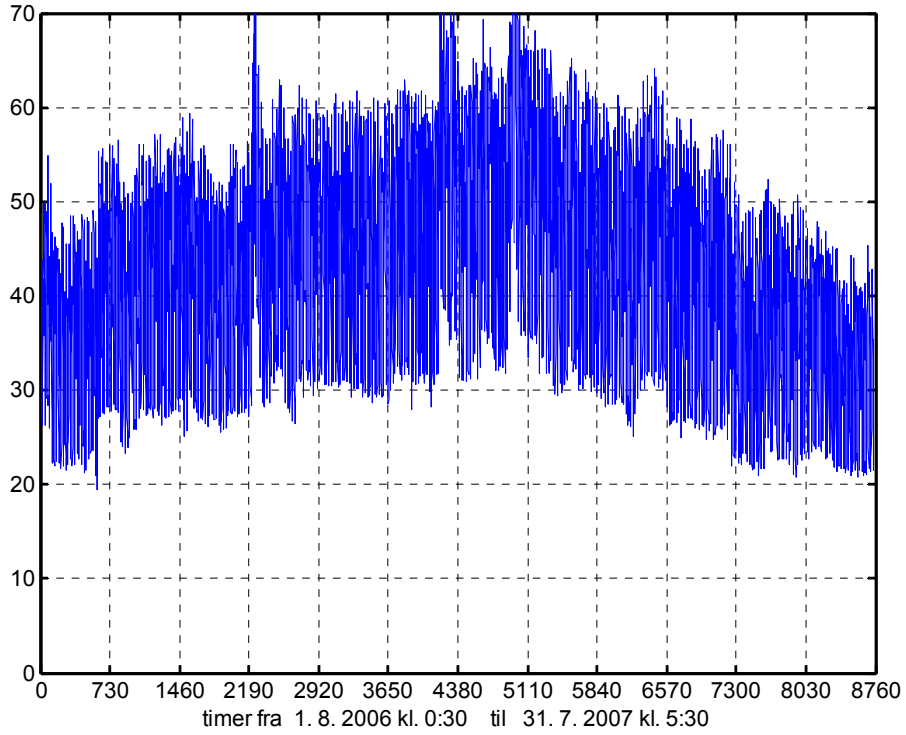


Figur B.2.16.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

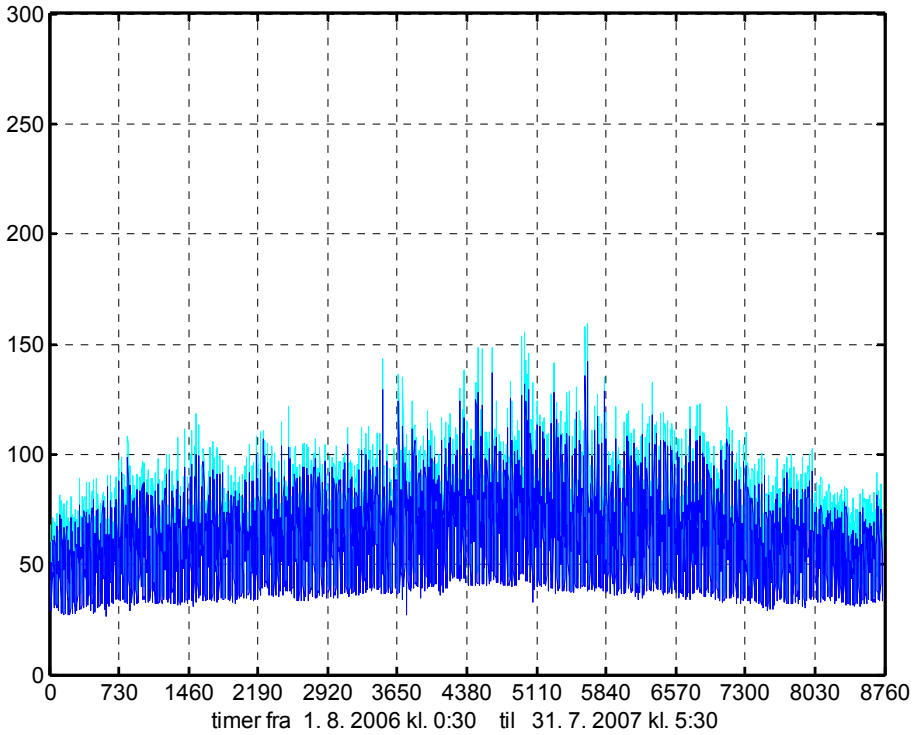
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



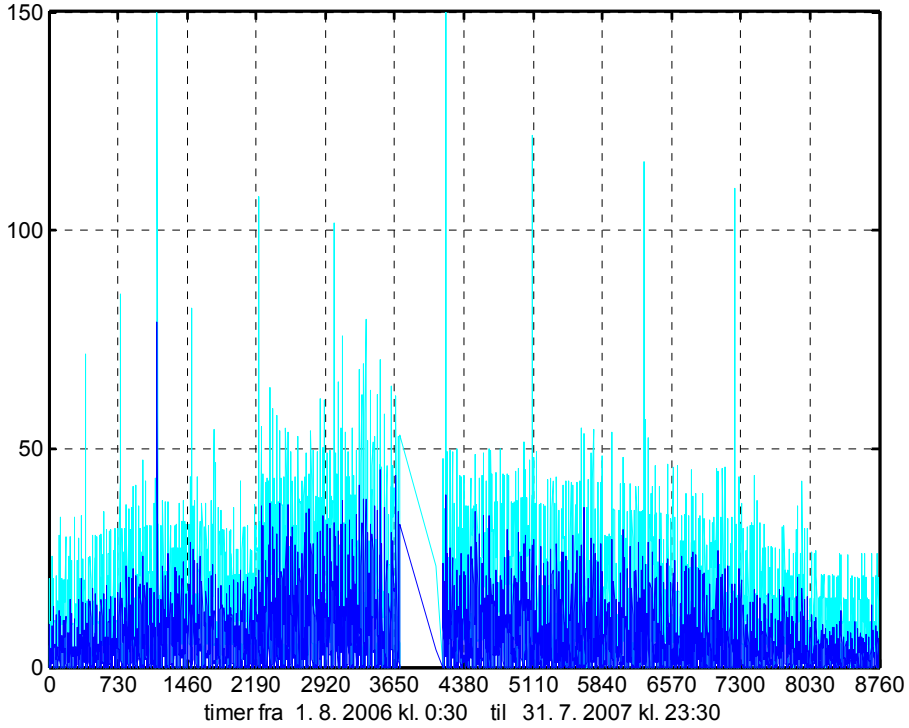
Figur B.2.16.7. Fjernvarmetemperaturer til varmtvandskredsen (timeværdier)



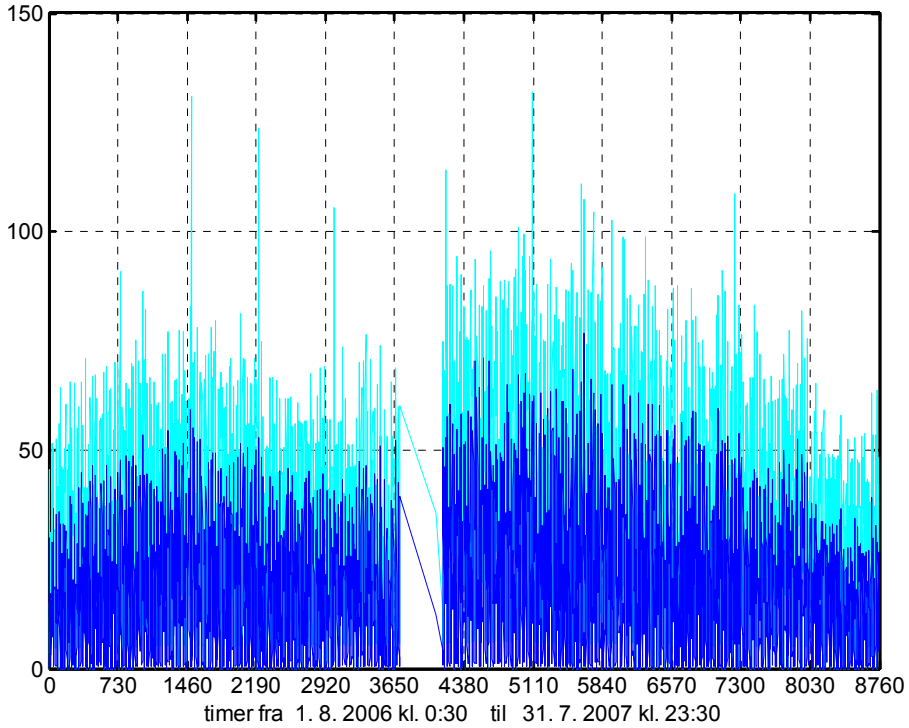
Figur B.2.16.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



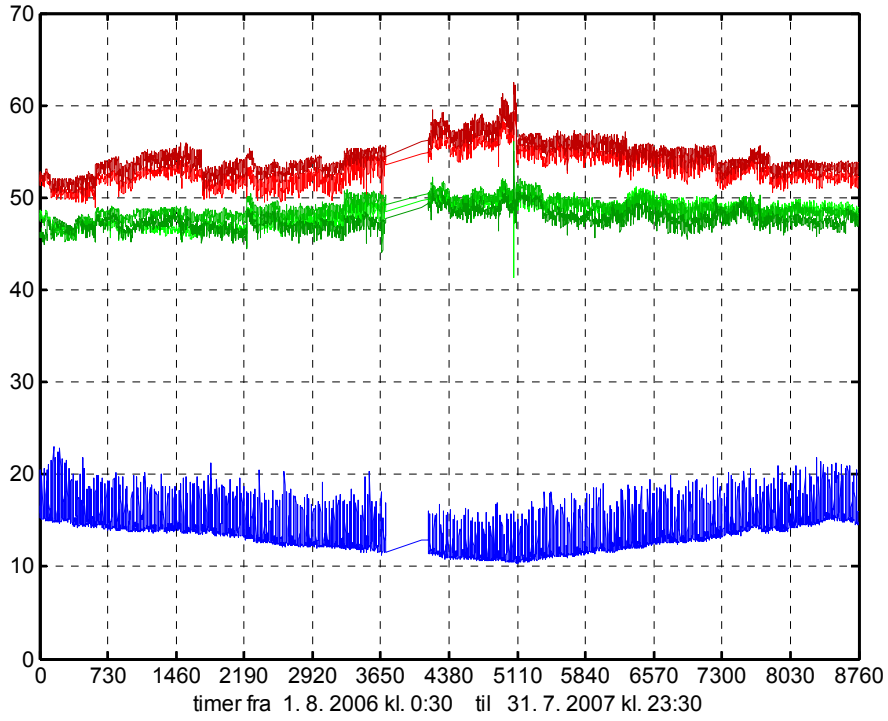
Figur B.2.16.9. Fjernvarmeeffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



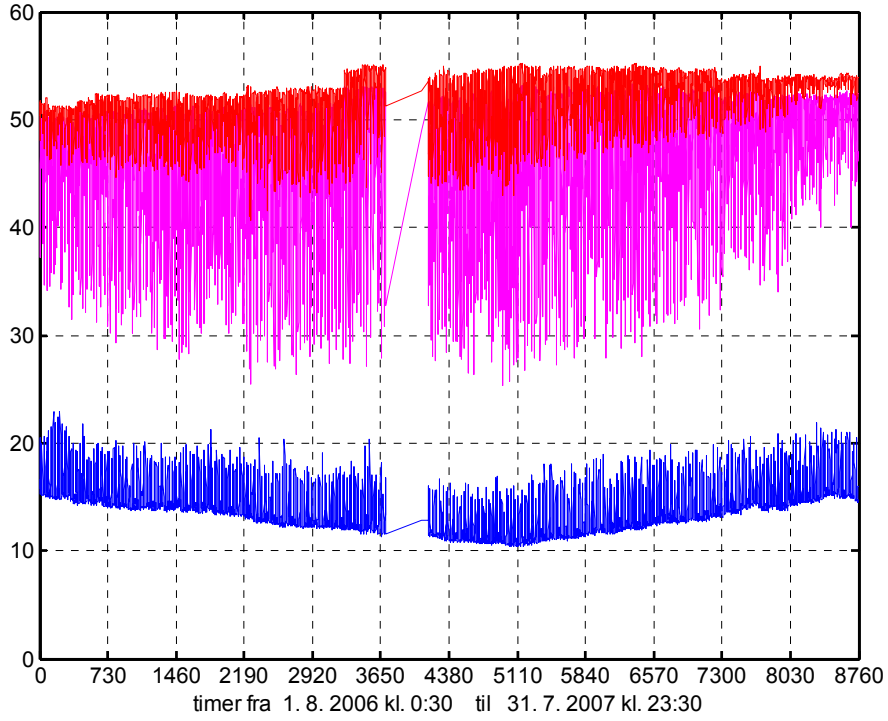
Figur B.2.16.10. Nettoeffekt i kW for varmtvandsbeholder 1 (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.16.11. Nettoeffekt i kW for varmtvandsbeholder 2 (beregnet ud fra flowpulser og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time..



Figur B.2.16.12. Temperaturer i brugsvandskredsen: koldt vand, afgang VVB1 (rød) og VVB2 (mørke-rød), samt 3 returtemperaturer fra cirkulationen (grønne). Timeværdier.



Figur B.2.16.13. Forvarmer. Tilgang og afgang (rød), samt fjernvarmetemperatur til forvarmer (lilla). Timeværdier.

Nøgletal for perioden august 2006 – juli 2007
Brutto energiforbrug: 187 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 69 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,37

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 118 kWh pr. lejlighed/måned = 161 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 1800 m = 7,7 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 21 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.
Forbrug af varmt brugsvand: 1,44 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 13,9 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 110 kW = 0,5 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 140 kW = 0,6 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 42,2 ˚C (32-52 ˚C).

B.2.17 Tæt/lavt byggeri med VVB og eltracing, 207

Ejendommen

Bebyggelsen er et tæt/lavt byggeri fra begyndelsen af 1970'erne med 137 lejligheder fordelt på 33 blokke. I 1993 er tagkonstruktionen og vandinstallationerne blevet renoverede.

Byggeriet opvarmes fra et lokalt kraftvarmeværk, der via et fjernvarmenet forsyner boligblokkene. Der findes ingen måling af varmeanlæggets energiforbrug i den enkelte blok, hvorimod varmtvandsbeholderens fjernvarmeforbrug måles.

I denne undersøgelse er udvalgt en enkelt blok med tre lejligheder og to ungdomsboliger.

Figur B.2.17.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

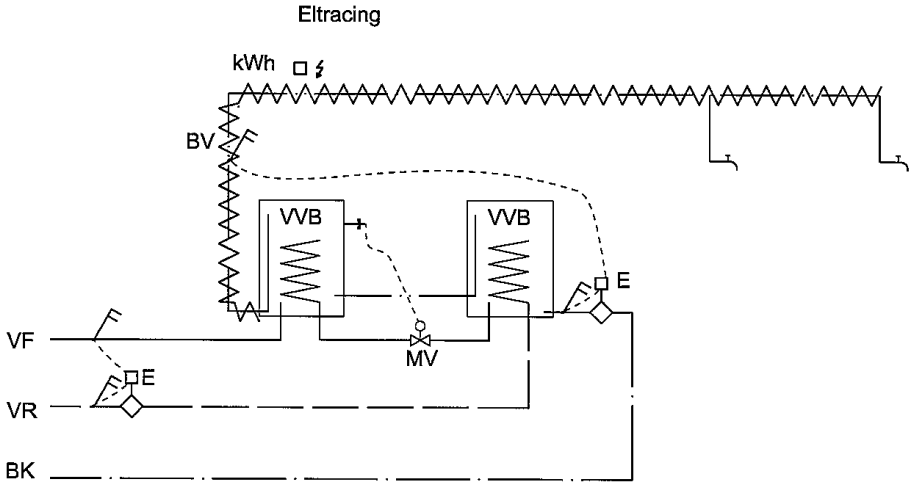
Varmtvandsforsyningen består af 2 serieforbundne varmtvandsbeholdere på 200 l, placeret på bygningens ene gavl. Bruttoenergiforbruget måltes i starten med en eksisterende energimåler, der i december 2006 blev udskiftet med en ny energimåler med pulsudgang. Fremløbsledningen for varmt brugsvand, der er forsynet med eltracing, er ført frem over lejlighedernes loft (eltracingen er ikke ført ned i lejlighederne). Varmtvandskomforten har i nogle tilfælde ikke været helt tilfredsstillende, men dette viste sig at skyldes de interne ledninger i lejligheden.

Forbruget af koldt og varmt vand i de enkelte lejligheder måles (koldtvandsmåler plus fordelingsmålere til varmt vand).

Ved målingernes start var eltracingen ureguleret. I februar 2007 blev der monteret en regulator, der pulser strømtilførslen, og derved sparer energi. Efterfølgende blev temperaturen på det varme vand hævet 5 ºC for at forhindre, at eltracingen bidrager til opvarmningen af brugsvandet.

Dataopsamling

Der er opsat en ny energimåler på varmtvandskredsens sekundærside (koldt brugsvand), og der er monteret en elmåler til måling af eltracingens energiforbrug. Dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren, og pulsudgangen på elmåleren (og senere fra fjernvarmemåleren). Som supplement foretages manuelle aflæsninger af temperaturer, og energimålerne tappes for data vha. et optisk øje.



Figur B.2.17.2. Principdiagram.

Figur B.2.17.3. Teknikrum.

I det følgende vises data fra perioden maj 2006 til december 2006, henholdsvis januar 2007 til august 2007.

Tabel B.2.17.1. Målte forbrug på sekundærsiden til varmt brugsvand, samt eltracing.

Måned	Netto		ΔT	Tk	Tvvb	Elmåler	Eltracing
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[kWh]	[W]
maj 2006	667	14	40,5	12,9	48,6	367	493
jun.	504	12	37,2	16,4	49,2	338	469
jul.	546	14	33,3	20,6	51,2	327	440
aug.	391	10	33,0	19,9	49,3	344	462
sep.	563	14	34,9	18,3	49,6	343	476
okt.	576	13	36,9	16,5	49,3	364	489
nov.	609	13	40,9	13,0	49,1	360	500
dec.	614	12	43,1	12,0	49,5	363	488

Fjernvarmemåler med pulsudgang monteret 15. december 2006.

Tabel B.2.17.2. Målte forbrug på primærsiden, samt eltracing.

Måned	Fjernvarme		ΔT	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Elmåler	Eltracing
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[kWh]	[W]
jan. 2007	833	18	39,6	65	25	9,9	47,8	376	505
feb.	940	26	31,1	(70)	(30)	7,8	51,4	282	420
mar.	1006	32	26,9			8,4	53,5	252	339
apr.	913	41	19,3			10,6	53,9	239	332
maj	716	36	17,3			15,3	54,4	239	321
jun.	555	43	11,1			19,3	54,1	223	310
jul.	435	31	12,1			20,5	51,6	233	313
aug.	522	30	15,1			20,4	53,6	228	306

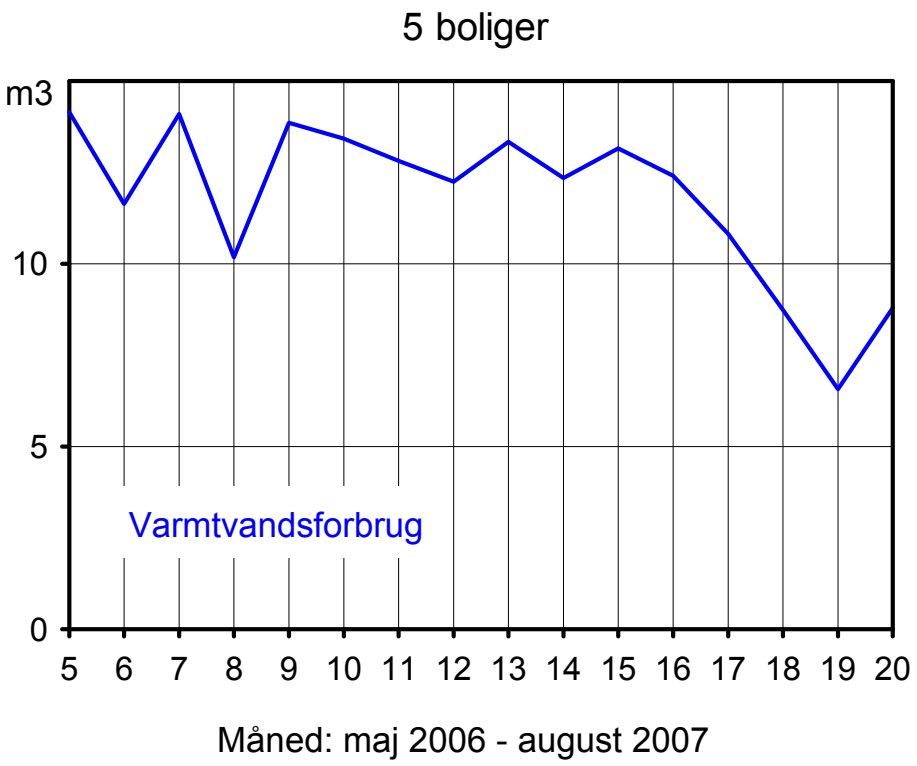
Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren. Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur (Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet).

Tabel B.2.17.3. Målte forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning.

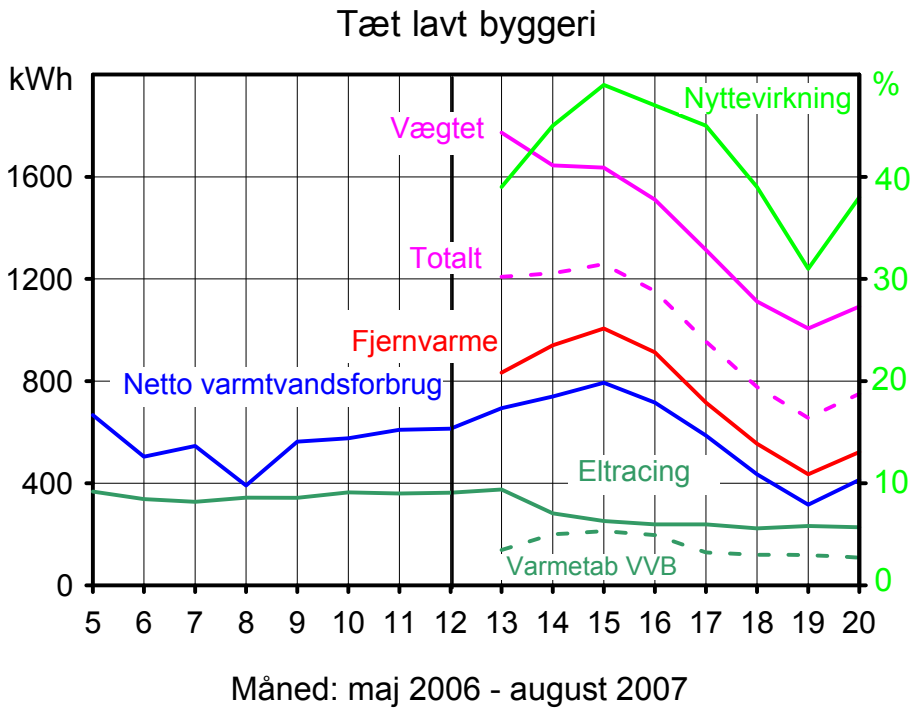
Måned	Netto		ΔT	η VVB	TabVVB	TabVVB	Totalt	η totalt	Vægtet el	Vægtet η
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[-]	[kWh]	[W]	[kWh]	[-]	[kWh]	[-]
jan. 2007	694	13	44,7	0,83	139	187	1209	0,57	1773	0,39
feb.	740	12	51,5	0,79	200	298	1222	0,61	1645	0,45
mar.	794	13	51,9	0,79	212	285	1258	0,63	1636	0,49
apr.	716	12	49,6	0,78	197	274	1152	0,62	1511	0,47
maj	587	11	46,7	0,82	129	173	955	0,61	1314	0,45
jun.	435	8,7	42,8	0,78	120	167	777	0,56	1112	0,39
jul.	316	6,6	41,4	0,73	119	160	656	0,48	1006	0,31
aug.	413	8,8	40,4	0,79	109	147	750	0,55	1092	0,38

Ved det vægtede elforbrug og den vægtede nyttevirkning er elforbruget multipliceret med en faktor på 2,5.

Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.17.4 til Figur B.2.17.7.

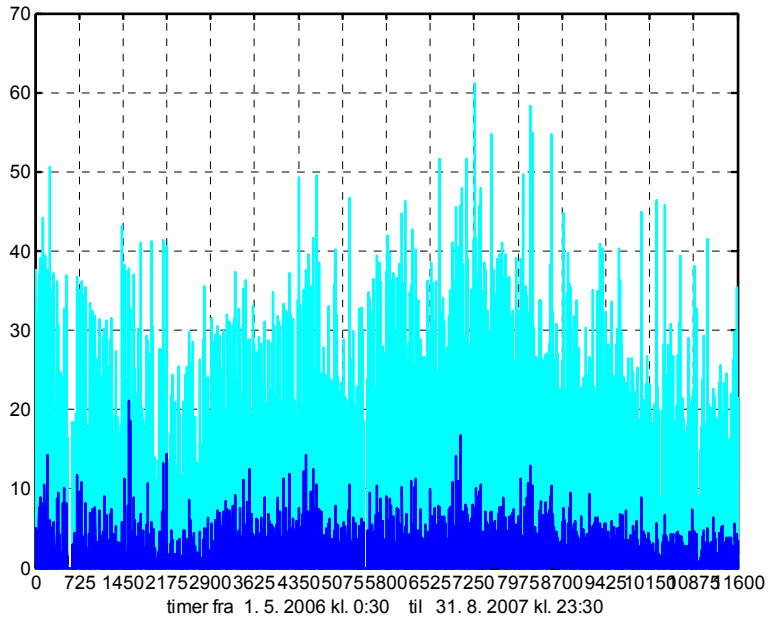


Figur B.2.17.4. Varmtvandsforbrug.

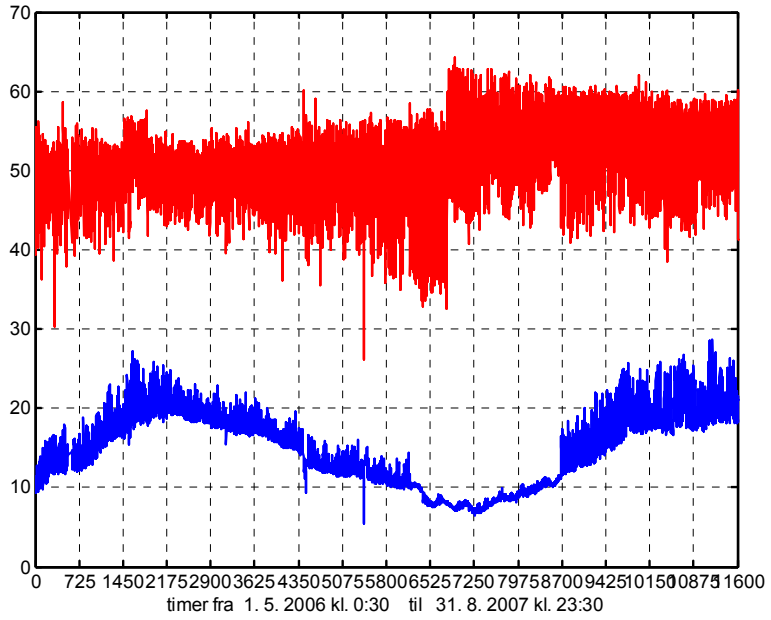


Figur B.2.17.5. Netto- og bruttoenergiforbrug, varmetab fra varmtvandsbeholder og eltracing samt nytte-virkning.

Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



Figur B.2.17.6. Nettovarmtvandseffekt i kW (målt). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.17.7. Temperatur i brugsvandskredsen: Koldtvand (blå) samt afgang fra VVB (rød). Timeværdier.

Nøgletal for perioden januar – august 2007

Forbrug og varmetab:
Fjernvarmeforbrug: 148 kWh pr. lejlighed/måned
Eltracing: 52 kWh pr. lejlighed/måned
Brutto energiforbrug: 199 kWh pr. lejlighed/måned
Vægtet brutto energiforbrug: 277 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 117 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,59.
Vægtet nyttevirkning: 0,42.

Skønnet længde af fordelingsledning: 48 m
Skønnet varmetab fra varmtvandsbeholdere: 210 W
Specifikt varmetab fra eltracingen: 7,4 W/m (middel),
august 2007: 6,4 W/m.
Forbrug af varmt brugsvand: 2,15 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderne: 27,4 timer

Belastning:
Sekundært (brugsvandssiden): 60 kW = 12 kW/lj.

B.2.18 Tæt/lavt byggeri med VVB og cirkulation, 208

Ejendommen

Ejendommen består af 15 toetagers boligblokke med i alt 105 almene boliger. Ejendommen er ibrugtaget i 1987.

Figur B.2.18.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af en varmtvandsbeholder på 4,6 m^3, med indbygget spiral, der opvarmes vha. fjernvarme. Spiralen er blevet udskiftet i foråret 2005, og renset 14. maj 2007.

Cirkulationspumpen er typen Grundfos UP 32-80 B 180.

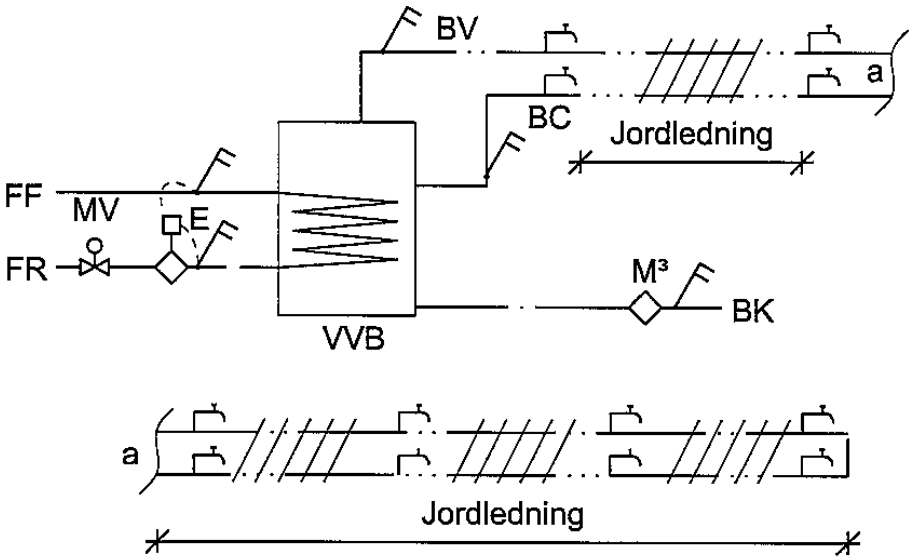
Cirkulationsledningen er ført i krybekældre fra varmecentralen under alle blokke og tilbage til varmecentralen, i alt ca. 915 m. Der er korte strækninger mellem blokkene, hvor ledningen er ført i jorden.

Forbruget af koldt og varmt vand i hver lejlighed måles ikke.

Dataopsamling

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en separat energimåler. Dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren. Der benyttes 1 kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren.

Endvidere måles koldtvandstemperatur, afgangstemperatur fra varmtvandsbeholderen, samt returtemperatur på cirkulationsledningen vha. 1 stk. AP-9 temperaturlogger tilsluttet en FA-9.
Data er opsamlet som 5 minutters værdier.



Figur B.2.18.2. Principdiagram.

Figur B.2.18.3. Teknikrum.

I det følgende vises data fra perioden september 2006 – oktober 2007.

Tabel B.2.18.1. Målte forbrug på primærsiden, samt målte temperaturer.

Måned	Fjernvarme		ΔT_{fjv}	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Tcirkl.
	[MWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
sep. 2006	18,6	379	42,3	76,3	34,6	14,8	53,9	48,3
okt.	19,5	399	41,9	77,0	34,9	14,1	53,9	48,1
nov.	19,9	362	47,3	80,0	32,4	13,0	53,8	47,6
dec.	21,3	382	48,0	80,4	31,9	12,0	53,8	47,1
jan. 2007	21,8	378	49,5	82,1	31,6	11,5	53,6	46,6
feb.	20,6	354	50,0	83,1	31,7	10,7	53,8	46,0
mar.	22,4	443	43,4	80,5	35,7	11,0	53,9	46,6
apr.	20,9	465	38,6	79,1	38,4	12,0	54,2	46,6
maj	20,8	408	43,7	77,6	31,6	13,1	54,0	46,4
jun.	19,1	335	49,1	76,2	27,7	14,2	53,9	46,7
jul.	19,5	400	42,0	76,2	34,3	14,9	53,8	44,8*
aug.	18,4	384	41,2	76,1	35,0	15,3	53,8	46,0
sep.	18,8	368	44,1	77,5	33,3	14,8	53,8	46,4
okt.	20,4	393	44,6	79,2	32,8	14,1	54,1	45,9**

* temperaturlogning til 31. juli, kl. 06:05.
** temperaturlogning i 693 timer.

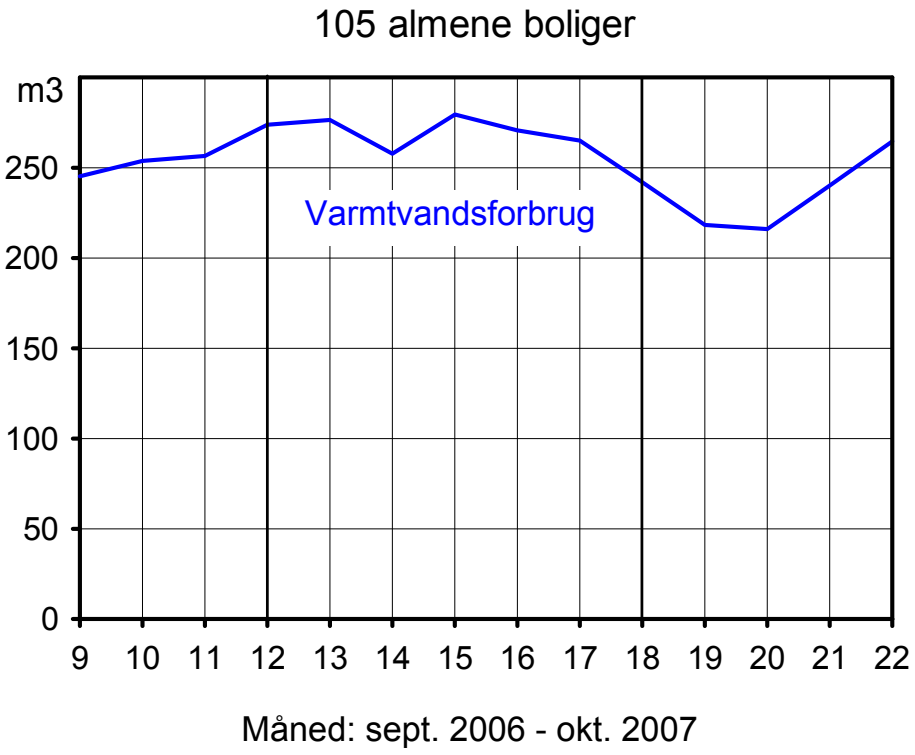
Tabel B.2.18.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	η	Cirkl. tab	
	[m³]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[kW]
sep. 2006	245	40,1	11,4	0,61	7,2	10,0
okt.	254	40,7	12,0	0,62	7,4	10,0
nov.	257	41,7	12,4	0,62	7,5	10,4
dec.	274	42,6	13,6	0,64	7,7	10,3
jan. 2007	277	42,9	13,8	0,63	8,0	10,7
feb.	258	43,7	13,1	0,64	7,5	11,1
mar.	280	43,7	14,2	0,64	8,2	11,0
apr.	271	43,0	13,5	0,65	7,4	10,2
maj	265	41,9	12,9	0,62	7,9	10,6
jun.	242	40,6	11,4	0,60	7,7	10,7
jul.	218 *	39,9	10,1	0,52	9,4	12,7
aug.	216	39,4	9,9	0,54	8,5	11,4
sep.	240	40,0	11,2	0,59	7,6	10,6
okt.	265	40,9	12,6	0,62	7,8	10,5

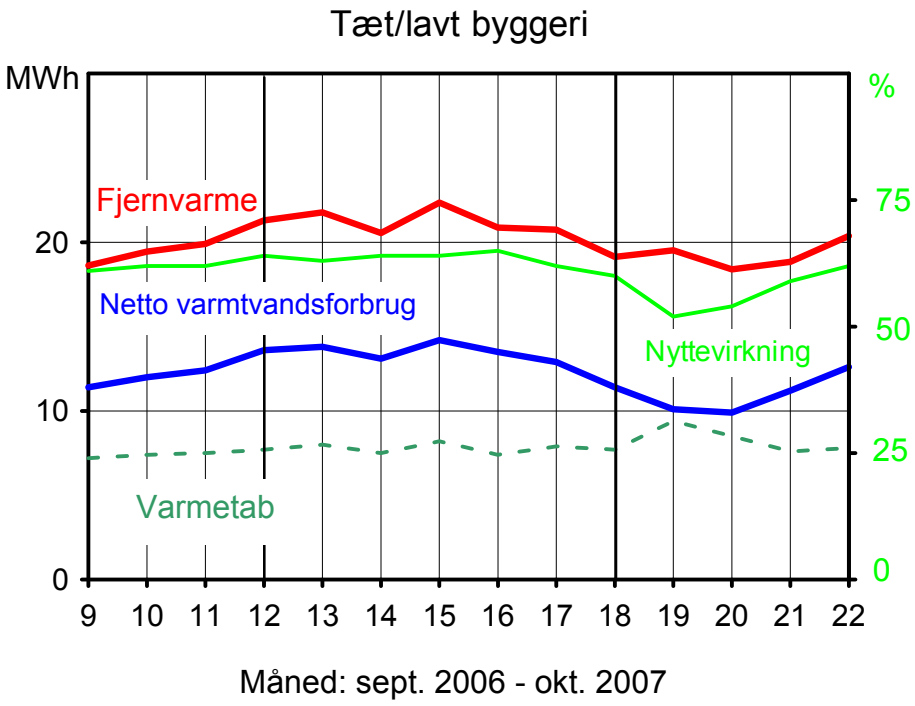
* datalogning til 31. juli, kl. 06:05.

Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur, og Tcirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. (Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet). Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på vandmålerens pulssignaler. ΔT er den beregnede opvarmning af brugsvandet, vægtet med det aktuelle flow. Denne værdi afviger fra den simple middelværdi, og benyttes ved beregningen af nettoenergiforbrug til opvarmning af brugsvandet. Nyttevirkningen η er forholdet mellem netto- og bruttoenergiforbrug til varmtvandsproduktionen. Endelig viser tabellen cirkulationstabet som MWh pr. måned og i kW.

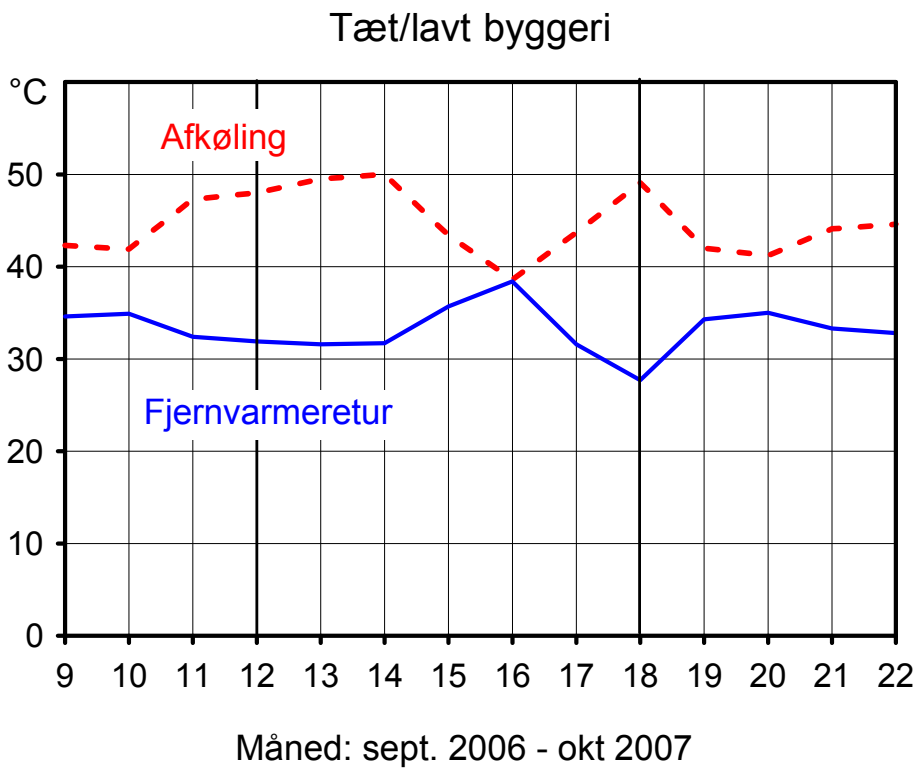
Tabellernes værdier er vist i Figur B.2.18.4 til Figur B.2.18.6 nedenfor.



Figur B.2.18.4. Varmtvandsforbrug.

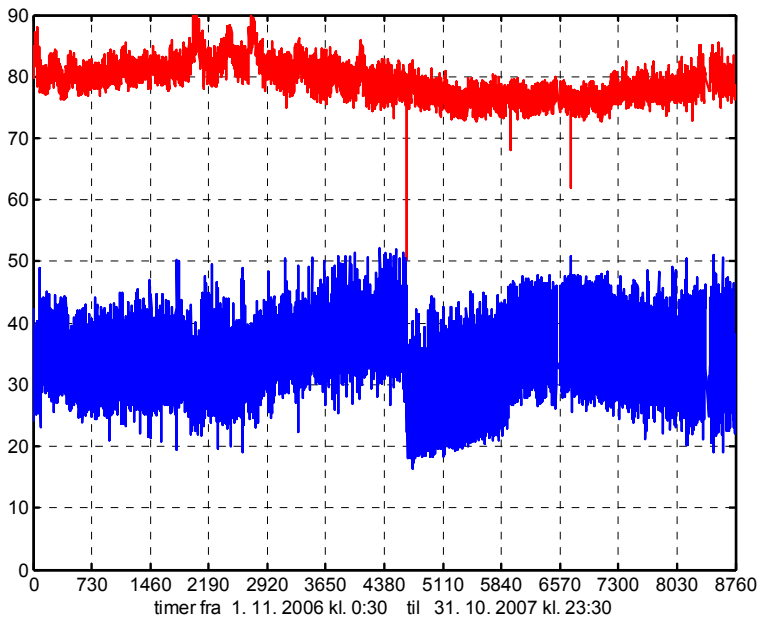


Figur B.2.18.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.

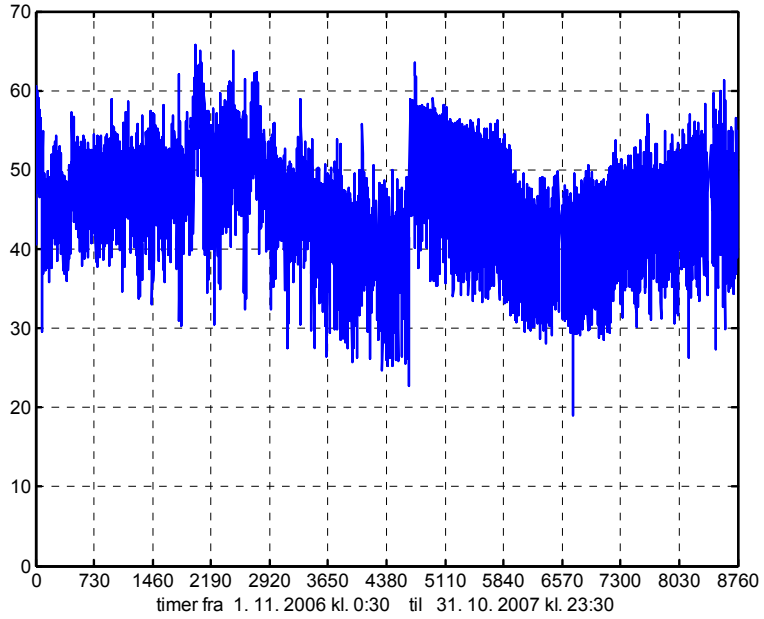


Figur B.2.18.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

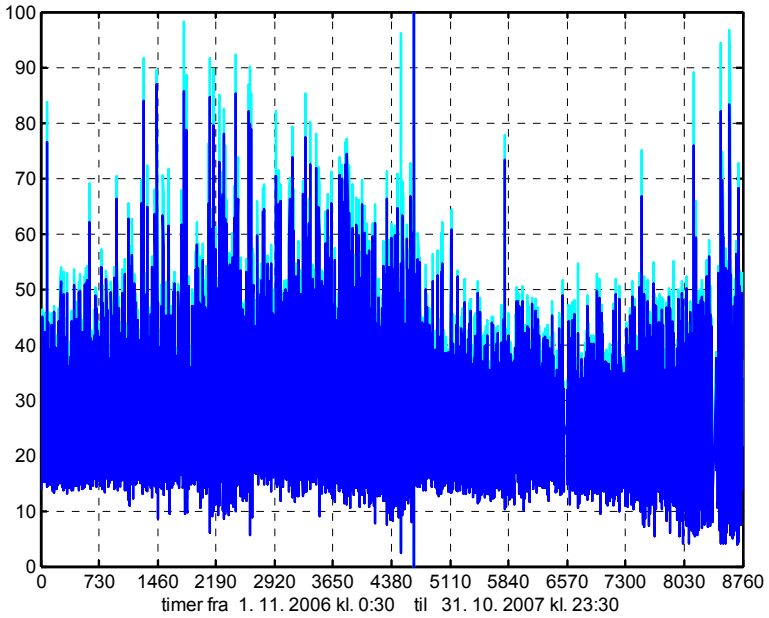
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



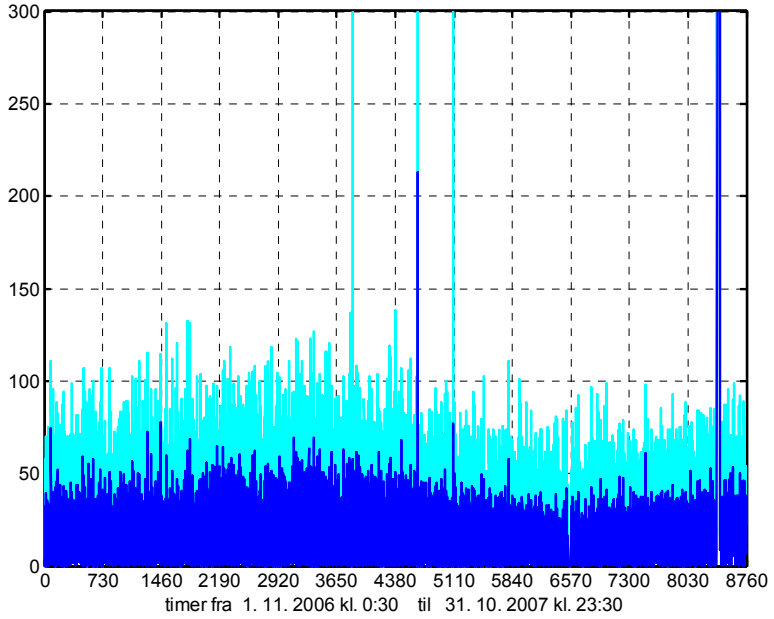
Figur B.2.18.7. Fjernvarmetemperaturer i varmtvandskredsen (timeværdier).



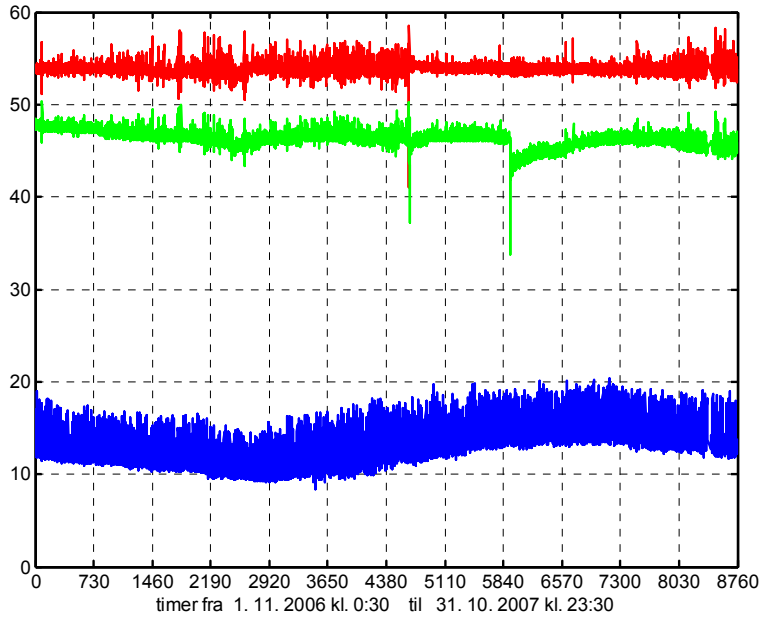
Figur B.2.18.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



Figur B.2.18.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: time-værdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.18.10. Sekundær effekt på brugsvandssiden i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.18.11. Temperaturer i brugsvandskredsen. Koldt vand, afgang VVB, og retur på cirkulationsledningen (timeværdier).

Nøgletal for perioden november 2006 – oktober 2007

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 193 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 118 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,61

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 76 kWh pr. lejlighed/måned = 104 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 915 m = 8,7 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 11,9 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.
Forbrug af varmt brugsvand: 2,43 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 13,2 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 80 kW = 0,8 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi):130 kW = 1,2 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 44,9 ˚C (39-50 ˚C).

B.2.19 4 boligblokke, fælles VVB og cirkulation, 209

Ejendommen

Ejendommen består af tre-etagers boligblokke med i alt 351 almene lejligheder. Ejendommen er ibrugtaget i 1964.
I undersøgelsen er udvalgt fire blokke med i alt 81 lejligheder, der forsynes fra én varmtvandsbeholder.

Figur B.2.19.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af en varmtvandsbeholder på 2200 l, med indbygget spiral på 112 kW, der opvarmes vha. fjernvarme.

Cirkulationsledningerne består af vandrette ledninger i kælder og på loft samt lodrette stigstrenge, som vist på Figur B.2.19.2. Mellem blokkene er ledningerne ført i jorden.

Cirkulationspumpen er skiftet i marts 2007 til typen Wilo Star-RS25/4 (28-48 W).

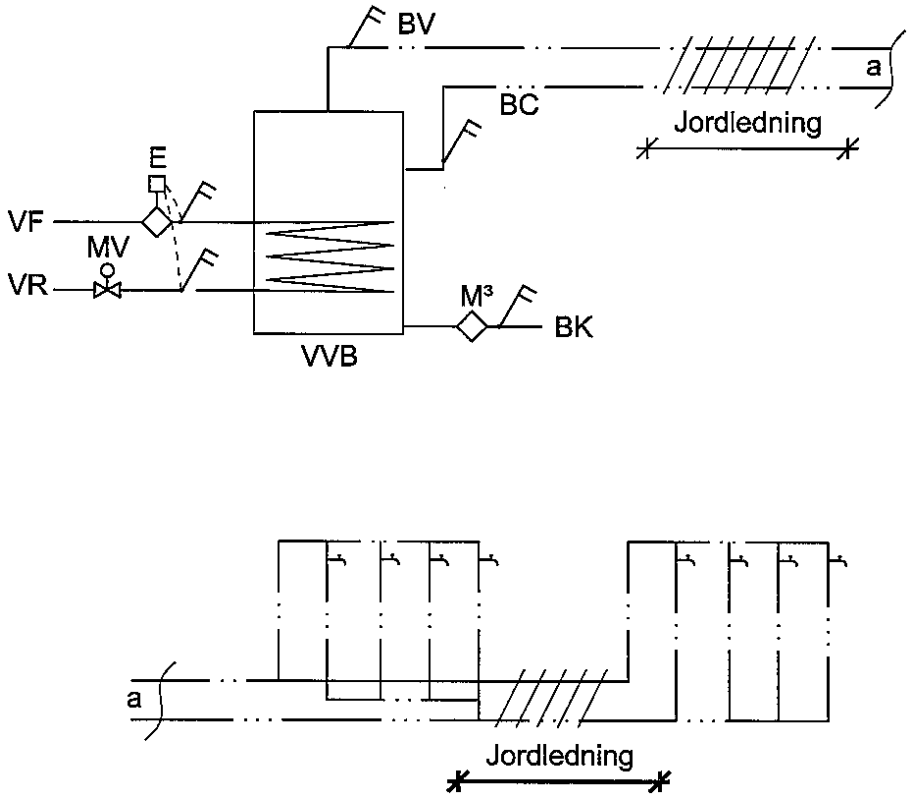
Forbruget af koldt og varmt vand i hver lejlighed måles.

Dataopsamling

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en separat energimåler. Dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren. Der benyttes 1 kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren.
Endvidere måles koldtvandstemperatur, afgangstemperatur fra varmtvandsbeholderen, samt returtemperatur på cirkulationsledningen vha. 1 stk. AP-9 temperaturlogger tilsluttet en FA-9.

Data er opsamlet som 5 minutters værdier.

I det følgende vises data fra perioden september 2006 til oktober 2007.



Figur B.2.19.2. Principdiagram.

Figur B.2.19.3. Teknikrum.

Tabel B.2.19.1. Målte forbrug på primærsiden, samt målte temperaturer-.

Måned	Fjernvarme		ΔT_{fjv}	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Tcirkl.
	[MWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
sep. 2006	18,5	705	22,5	68,4	45,5	15,5	53,2	46,0
okt.	20,8	703	25,4	69,7	43,9	14,1	53,3	45,7
nov.	20,8	644	27,8	70,9	42,7	11,8	53,1	45,3
dec.	22,7	675	28,9	71,2	42,0	10,6	53,0	45,2
jan. 2007	23,0	656	30,1	72,0	41,2	9,7	52,7	45,3
feb.	21,4	531	34,7	75,1	39,8	8,6	53,0	45,5
mar.	23,4	677	29,8	72,5	42,0	9,1	53,1	45,5
apr.	21,4	743	24,8	69,3	44,4	11,0	52,8	45,3
Maj	20,6	730	24,3	68,9	44,3	12,9	52,9	45,5
jun.	19,0	742	22,0	67,6	45,3	15,0	52,9	46,4
jul.	18,6	708	22,6	68,8	45,9	15,5	53,2	46,4
aug.	18,4	703	22,5	69,0	46,0	16,0	53,3	46,7
sep.	19,9	671	25,5	70,6	44,7	14,7	53,4	46,5
okt.	22,0	657	28,8	72,2	42,8	12,9	53,3	46,1**

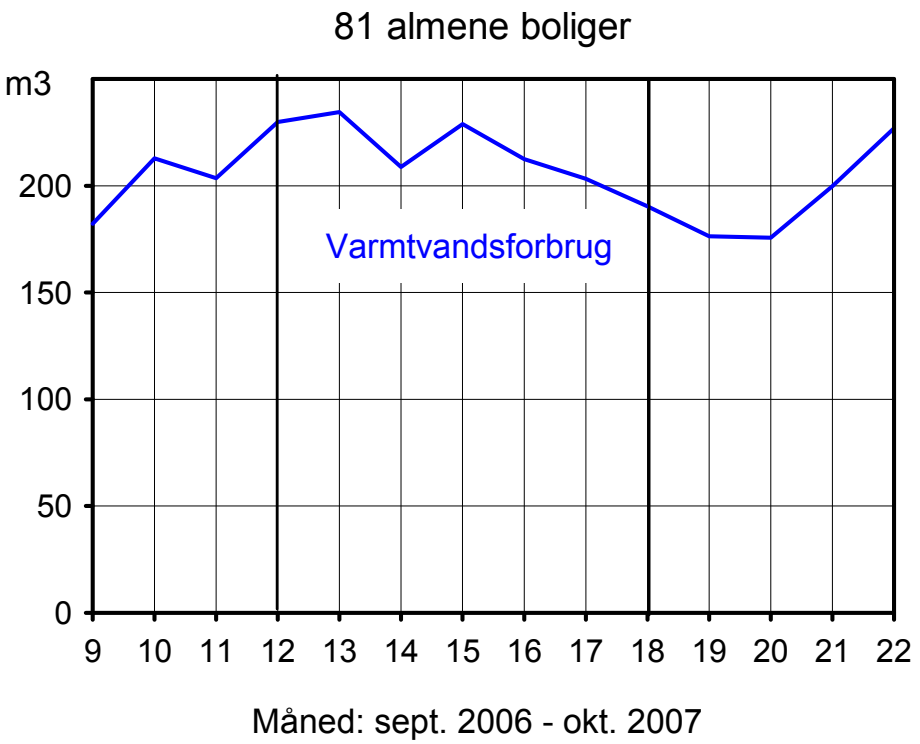
** temperaturlogning i 695 timer

Tabel B.2.19.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden samt nyttevirkning og cirkulationstab.

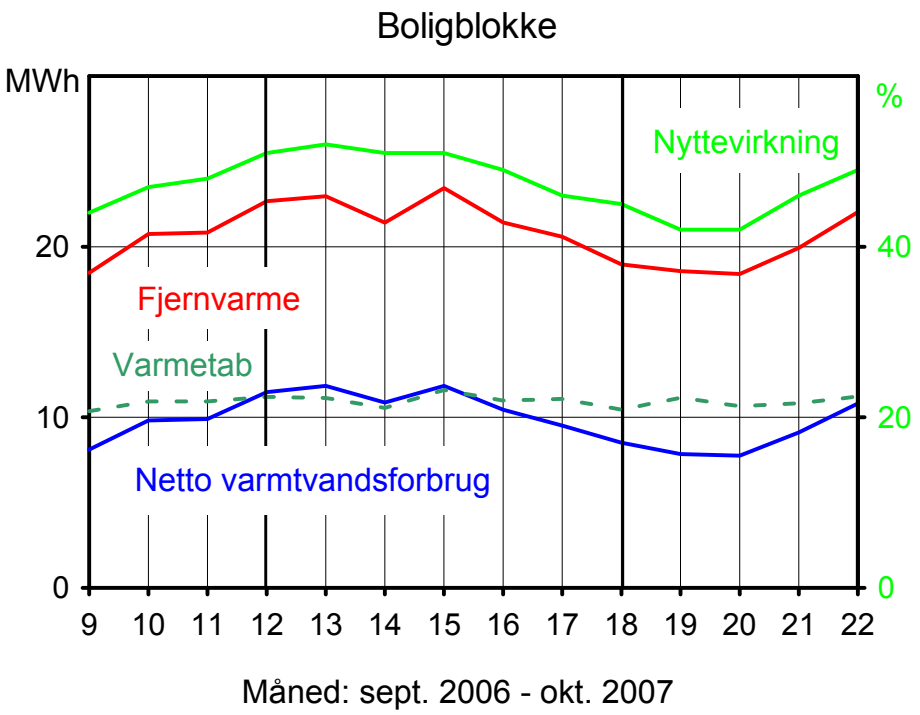
Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	Eta	Cirkl. tab	
	[m³]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[kW]
sep. 2006	182	38,3	8,1	0,44	10,4	14,4
okt.	213	39,7	9,8	0,47	10,9	14,7
nov.	204	41,8	9,9	0,48	10,9	15,2
dec.	230	42,9	11,5	0,51	11,2	15,1
jan. 2007	235	43,4	11,8	0,52	11,1	15,0
feb.	209	44,7	10,9	0,51	10,6	15,7
mar.	229	44,5	11,8	0,51	11,6	15,6
apr.	213	42,6	10,4	0,49	11,0	15,3
Maj	203	40,2	9,5	0,46	11,1	14,9
jun.	190	38,5	8,5	0,45	10,5	14,5
jul.	176	38,2	7,8	0,42	11,2	15,0
aug.	176	37,9	7,8	0,42	10,7	14,3
sep.	200	39,2	9,1	0,46	10,8	15,0
okt.	227	40,9	10,8	0,49	11,2	15,1

Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur, og T cirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. (Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet).

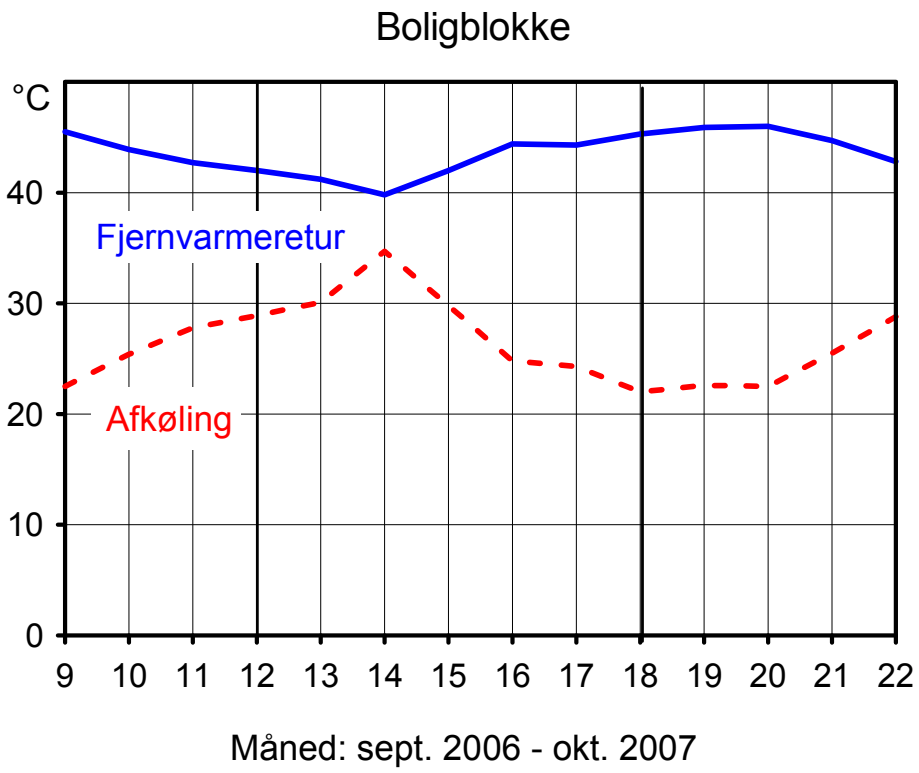
Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på vandmålerens pulssignaler. ΔT er den beregnede opvarmning af brugsvandet, vægtet med det aktuelle flow. Denne værdi afviger fra den simple middelværdi, og benyttes ved beregningen af nettoenergiforbrug til opvarmning af brugsvandet. Nyttevirkningen η er forholdet mellem netto- og bruttoenergiforbrug til varmtvandsproduktionen. Endelig viser tabellen cirkulationstabet i MWh pr. måned og i kW.



Figur B.2.19.4. Varmtvandsforbrug.

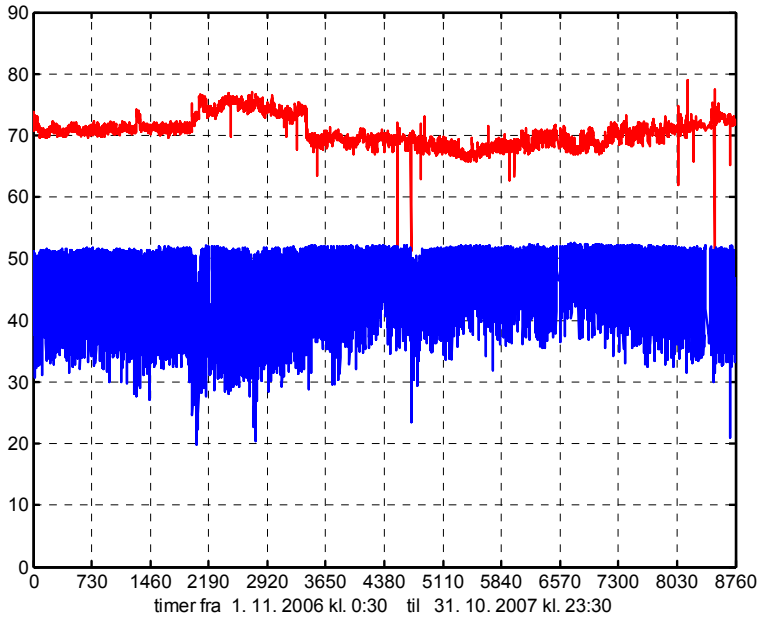


Figur B.2.19.5. Netto- og bruttoenergiforbrug, samt varmetab og nyttevirkning.

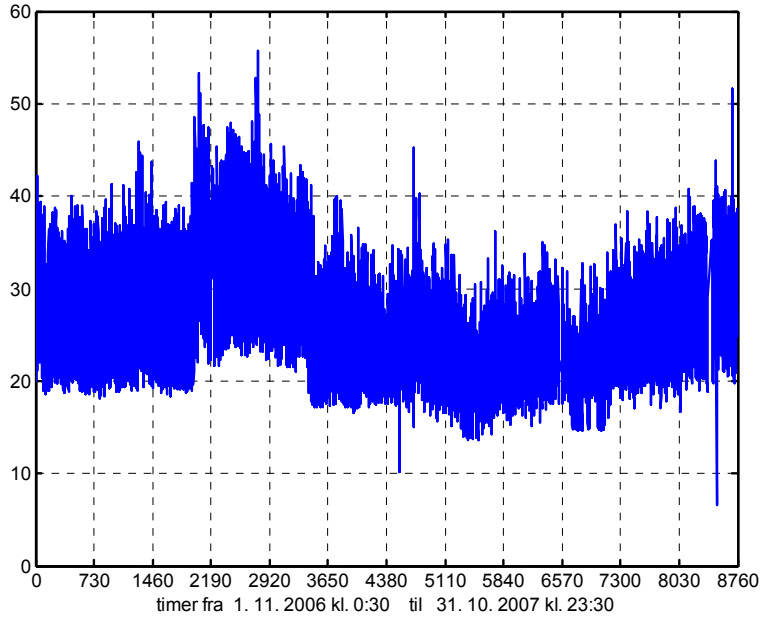


Figur B.2.19.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

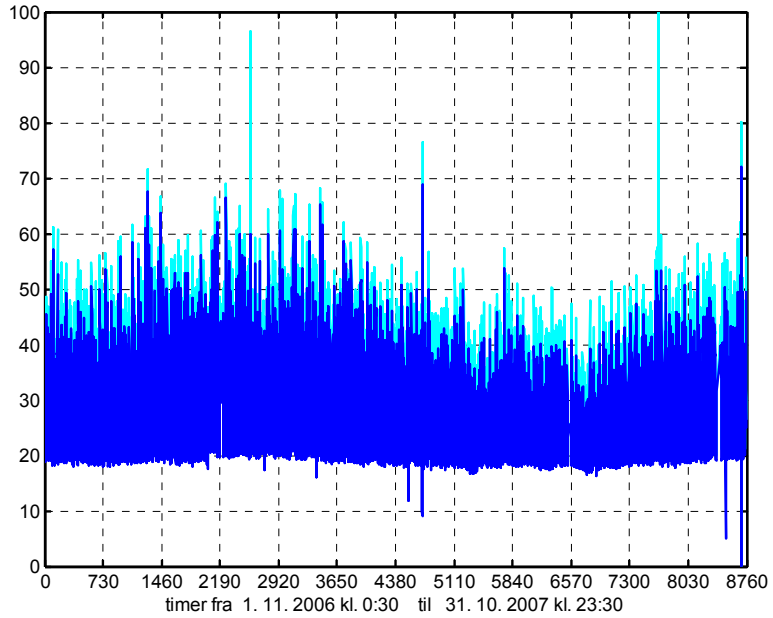
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



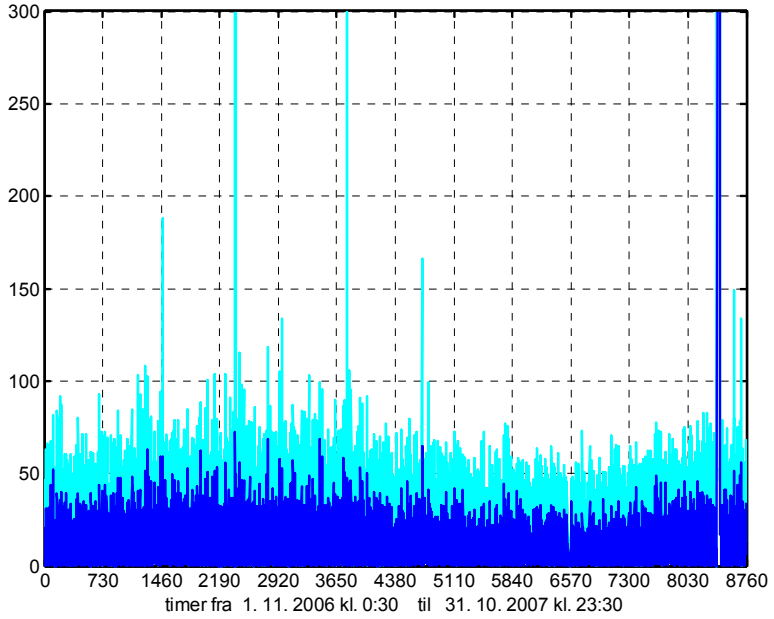
Figur B.2.19.7. Fjernvarmetemperaturer i varmtvandskredsen (timeværdier).



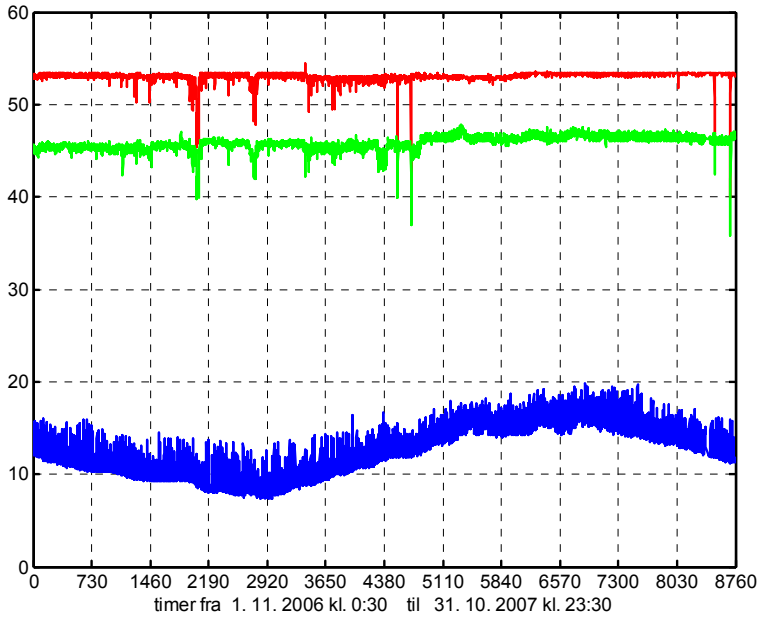
Figur B.2.19.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



Figur B.2.19.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: time-værdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time..



Figur B.2.19.10. Sekundær effekt på brugsvandssiden i kW. (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.19.11. Temperaturer i varmtvandskredsen: koldt vand, afgang VVB, og retur på cirkulationsledningen i varmecentralen (timeværdier).

Nøgletal for perioden november 2006 – oktober 2007
Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 258 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 123 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,48.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 135 kWh pr. lejlighed/måned = 185 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 1140 m = 14,1 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 13,2 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.
Forbrug af varmt brugsvand: 2,56 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 7,7 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 70 kW = 0,9 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 100 kW = 1,2 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 26,5 ˚C (22-35 ˚C).

B.2.20 6 boligblokke, fælles VVB og cirkulation, 210

Ejendommen

Ejendommen består af tre etagers boligblokke med i alt 426 almene lejligheder. Ejendommen er ibrugtaget i 1943. I undersøgelsen er udvalgt seks blokke med i alt 171 lejligheder, der forsynes fra én fælles varmtvandsbeholder.

Figur B.2.20.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af et ladekredsanlæg med en 270 kW pladevarmeveksler (ved temperatursæt 70/23 – 10/57 °C) og en varmtvandsbeholder på 5 m^3, der opvarmes vha. fjernvarme.

Cirkulationsledningerne består af ledninger i kælder og på loft, samt af ledninger i jord mellem blokkene.Systemet er udført med øvre fordeling, og med circonventiler på returstrengene. Ledningslængden skønnes til i alt 1640 m.

Cirkulationspumpen er en Grundfos UPS 50-120/F (450-720 W), og ladekredspumpen er en Grundfos UPS 25-80 (140-245 W).

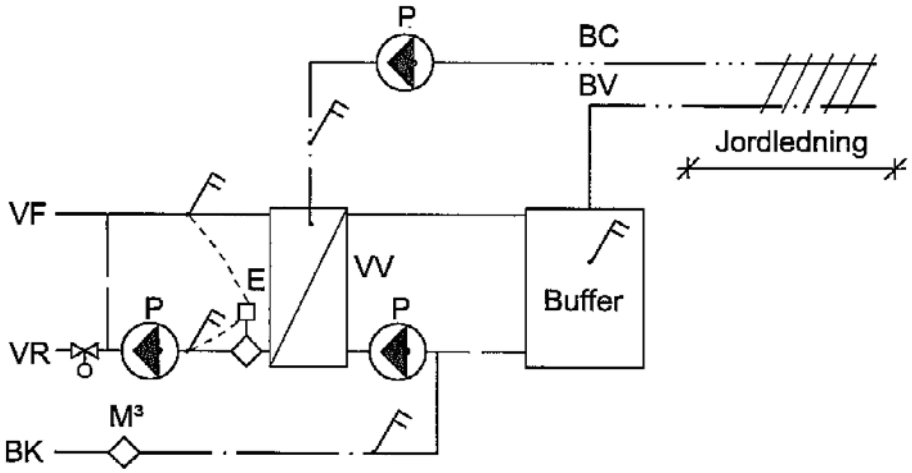
Forbruget af koldt og varmt vand i hver lejlighed måles ikke.

Dataopsamling

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en separat energimåler, der er monteret efter anlægsshunten. Dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren. Der benyttes 1 kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren.

Endvidere måles koldtvandstemperatur, temperatur øverst i varmtvandsbeholderen, samt returtemperatur på cirkulationsledningen vha. 1 stk. AP-9 temperaturlogger tilsluttet en FA-9.

Data er opsamlet som 5 minutters værdier.



Figur B.2.20.2. Principdiagram.

Figur B.2.20.3. Teknikrum.

I det følgende vises data fra perioden januar 2007 til januar 2008.

Tabel B.2.20.1. Målte fjernvarmeforbrug, samt målte temperaturer.

Måned	Fjernvarme		ΔT_{fjv}	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Tcirkl.
	[MWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]
5.-31. jan. 2007 *	41,04	2952	12,0	63,9	51,8	9,3	56,8	50,0
feb.	43,86	3070	12,3	64,1	51,8	8,0	56,8	50,9
mar.	46,04	3406	11,6	63,7	51,9	8,3	56,8	51,0
apr.	41,98	3304	10,9	63,3	52,3	10,5	56,8	51,2
Maj	40,40	3394	10,2	62,6	52,3	12,7	56,5	51,4
jun.	36,78	3305	9,6	62,4	52,8	15,2	56,7	52,0
jul.	37,62	3344	9,7	62,6	52,9	15,4	56,8	51,9
aug.	36,75	3359	9,4	62,5	53,0	16,3	56,8	51,9
sep.	39,06	3320	10,1	62,9	52,7	15,1	56,8	51,7
okt.	43,16	3418	10,9	63,4	52,4	13,3	56,8	51,5 **
nov.	43,98	3302	11,5	63,9	52,3	10,8	56,8	51,2
dec.	47,47	3408	12,0	63,9	51,8	9,2	56,7	51,0
jan. 2008	50,63	3416	12,7	65,8	52,8	8,2	58,0	52,1

* 648 timer
** temperaturlogning i 693 timer

Tabel B.2.20.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

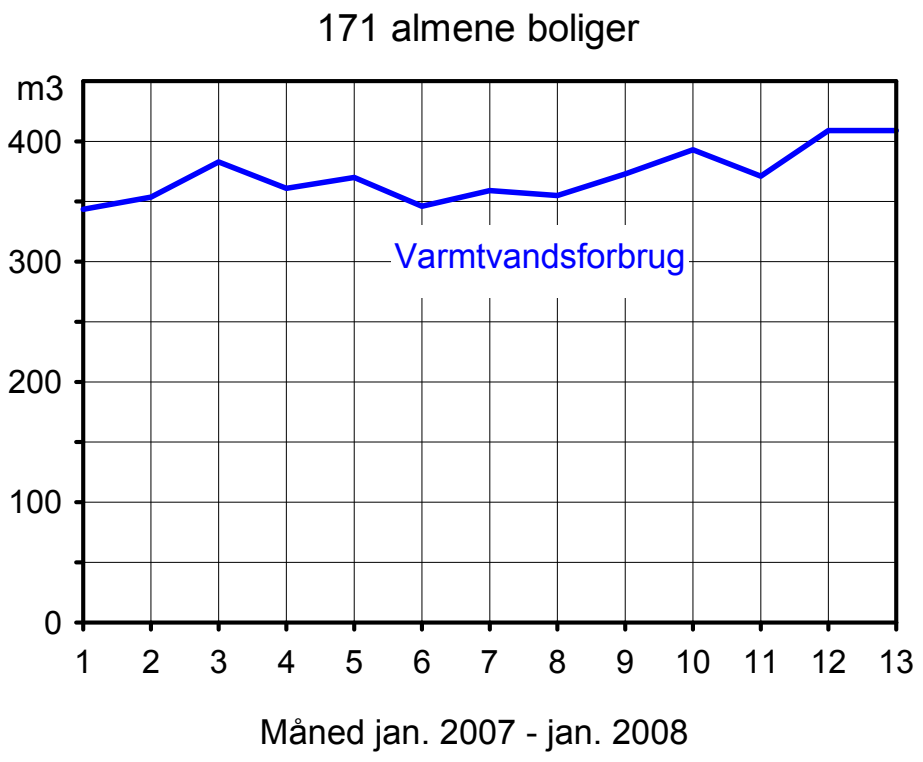
Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	Eta	Cirkl. Tab	
	[m³]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[kW]
5.-31. jan. 2007 *	344	47,9	19,1	0,47	21,9	33,8
feb.	354	49,1	20,2	0,46	23,7	35,2
mar.	383	48,7	21,7	0,47	24,4	32,7
apr.	361	46,6	19,6	0,47	22,4	31,1
maj	370	43,8	18,9	0,47	21,5	29,0
jun.	346	41,5	16,7	0,45	20,1	27,9
jul. **	359	41,5	17,3	0,46	20,3	27,9
aug.	355	40,6	16,7	0,46	20,0	26,9
sep.	373	41,8	18,1	0,46	20,9	29,1
okt.	393	43,7	20,0	0,46	23,2	31,2
nov.	371	46,3	20,0	0,45	24,0	33,3
dec.	409	47,7	22,7	0,48	24,8	33,3
jan. 2008	409	49,8	23,7	0,47	26,9	36,2

* 648 timer
** Datalogning til 31. juli. Kl. 06:05.

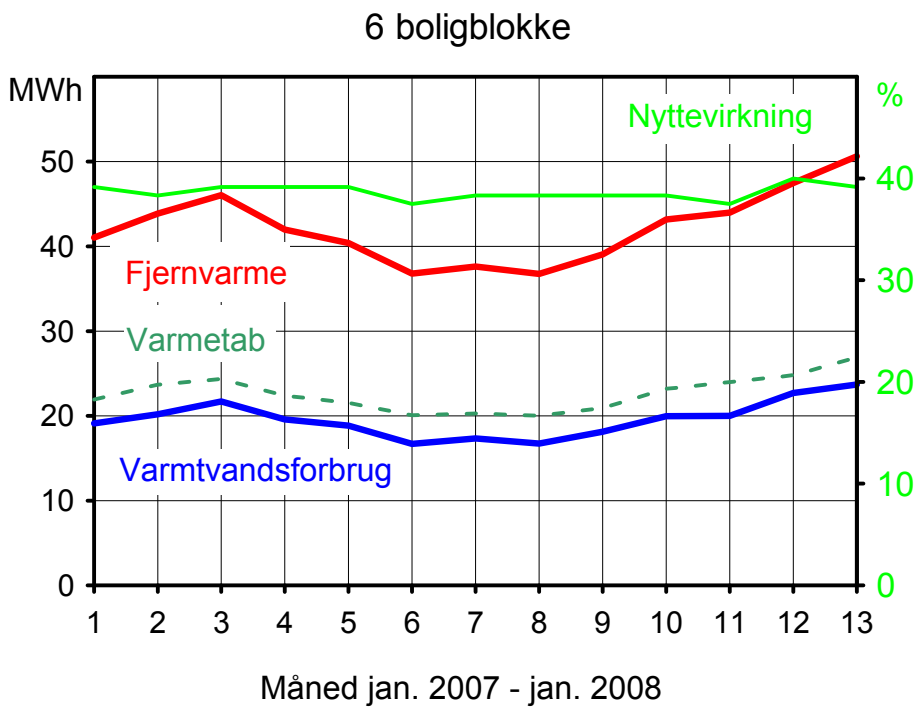
Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren, der er placeret i ladekredsen. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur, og T cirkl. er cirkulationsledningens returtemperatur i varmecentralen. (Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet).

Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på vandmålerens pulssignaler. ΔT er den beregnede opvarmning af brugsvandet, vægtet med det aktuelle flow. Denne værdi afviger fra den simple middelværdi, og benyttes ved beregningen af nettoenergiforbrug til opvarmning af brugsvandet. Nyttevirkningen η er forholdet mellem netto- og bruttoenergiforbrug til varmtvandsproduktionen. Endelig viser tabellen cirkulationstabet i MWh pr. måned og i kW.

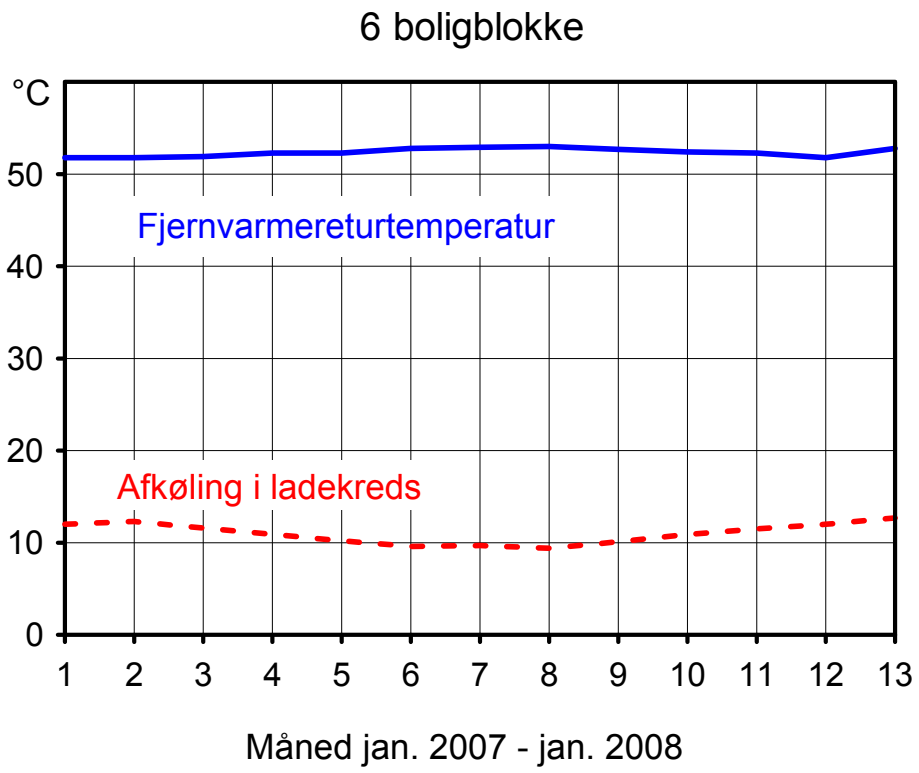
Tabellernes værdier er vist i Figur B.2.20.4 til Figur B.2.20.6 nedenfor.



Figur B.2.20.4. Varmtvandsforbrug.

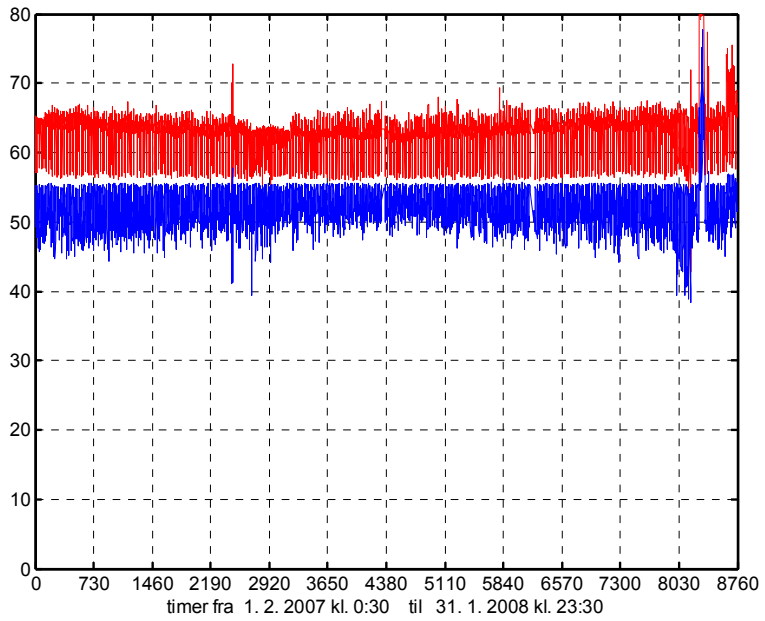


Figur B.2.20.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.

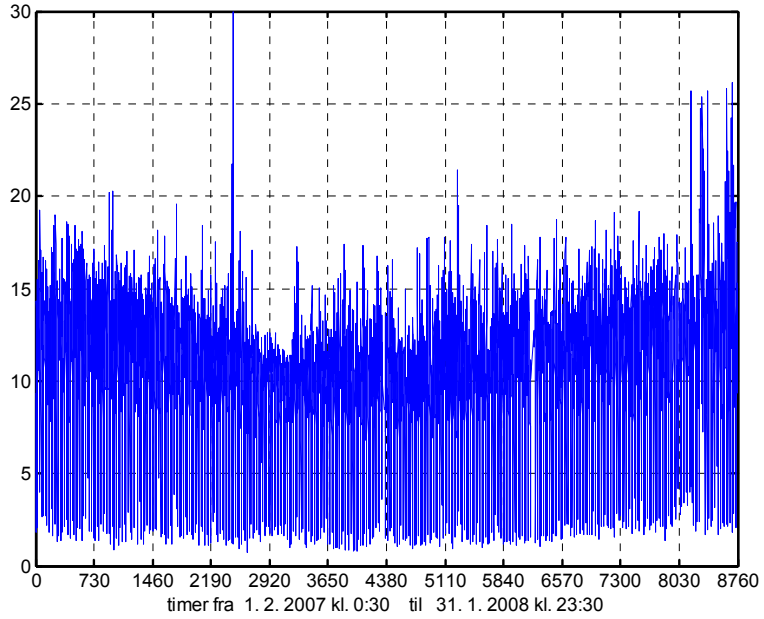


Figur B.2.20.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i shuntkredsen ved brugsvandsveksleren.

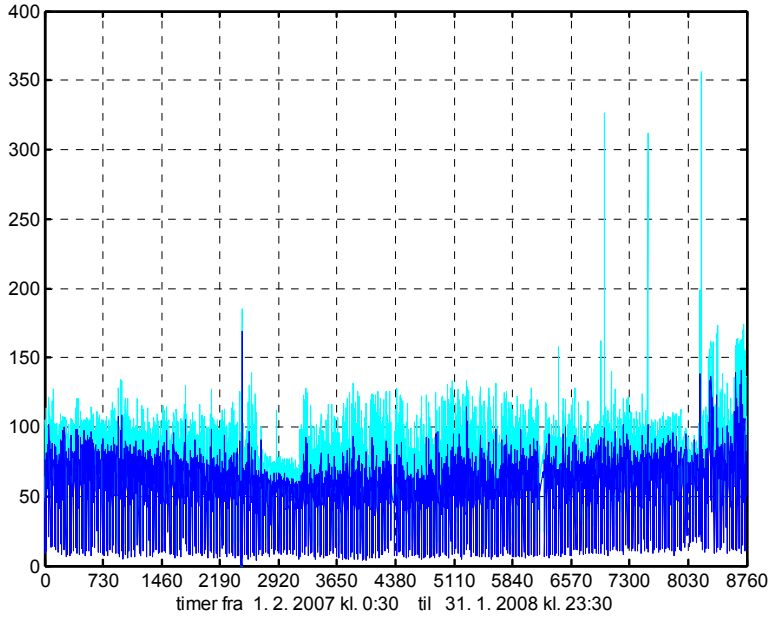
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



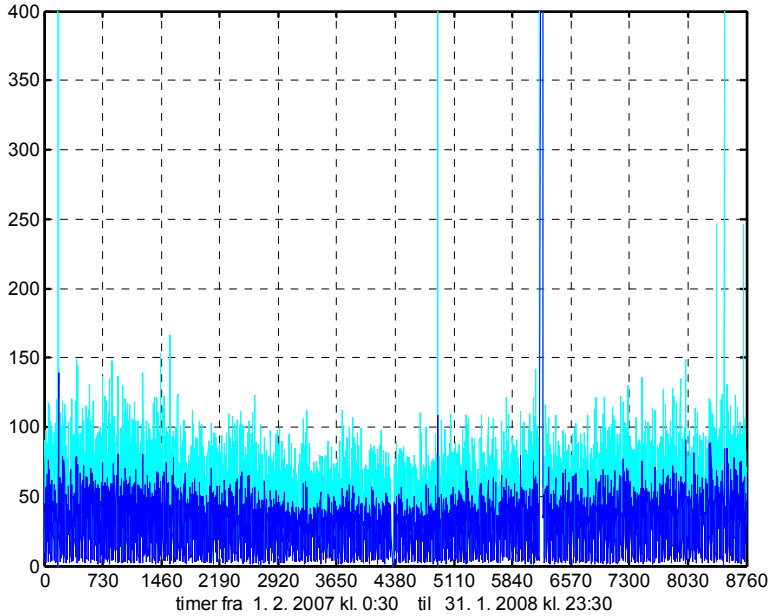
Figur B.2.20.7. Fjernvarmetemperatur i shuntkredsen (timeværdier).



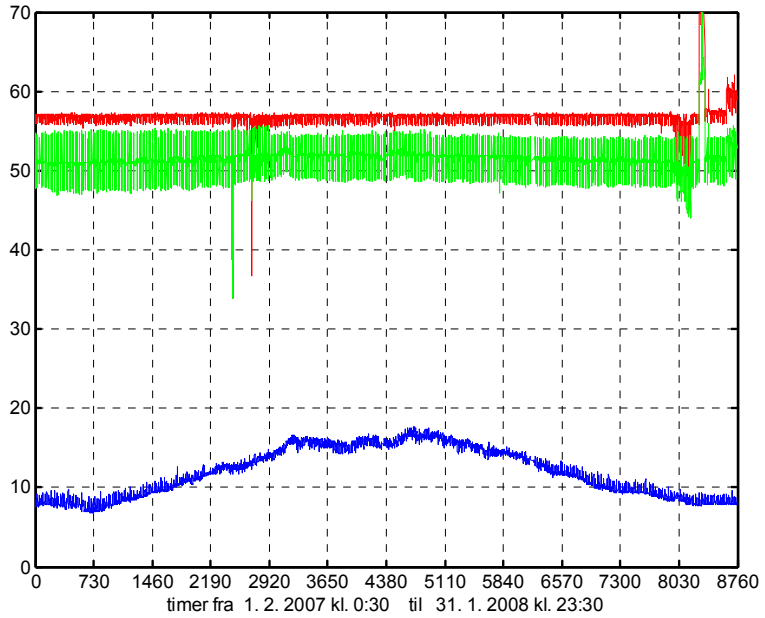
Figur B.2.20.8. Afkøling i shuntkreds (timeværdier).



Figur B.2.20.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: time-værdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time..



Figur B.2.20.10. Sekundær effekt på brugsvandssiden i kW. (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.20.11. Temperaturer i varmtvandskredsen (timeværdier); blå: koldt vand, rød: øverste del af varmtvandsbeholder, grøn: retur på cirkulationen.

Nøgletal for perioden februar 2007 – januar 2008
Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 247 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 115 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,46.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 132 kWh pr. lejlighed/måned = 182 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 1640 m = 9,6 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 7,9 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.

Forbrug af varmt brugsvand: 2,18 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 9,8 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarmeshunt, timeværdi): 100 kW = 0,6 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 140 kW = 0,8 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevand i shunt (middel/månedsværdier): 10,9 (9-13 ˚C).

B.2.21 15 boligblokke, fælles VVB og eltracing, 211

Ejendommen

Ejendommen består af femten 4 etagers boligblokke med i alt 214 almene boliger, et fælleshus samt et ejendomskontor. Ejendommen er opført i 1996.

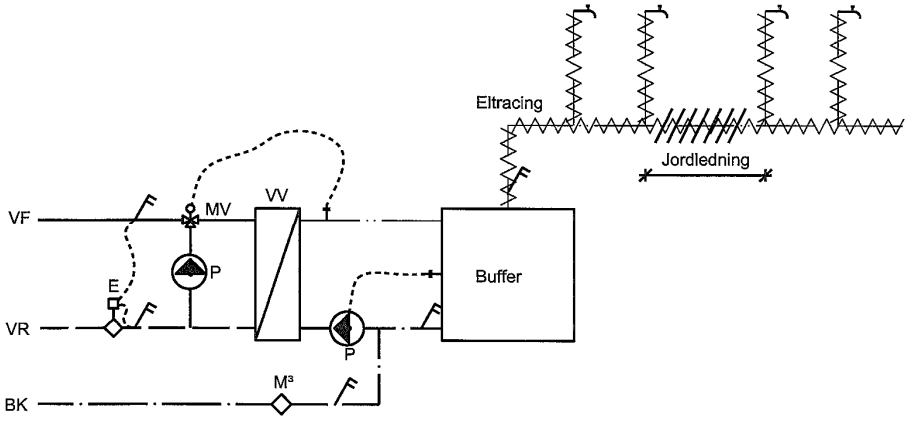
Figur B.2.21.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af et ladekredsanlæg med en 800 kW (ved 70/40 – 10/55 °C) pladevarmeveksler og en varmtvandsbeholder på 4,4 m^3, der opvarmes vha. fjernvarme. Ladekreds- og shuntpumpe er begge af typen Wilo Stratos 32/1-12 (16-310 W).

Fremløbsledningen for varmt brugsvand, der er forsynet med eltracing, er ført frem i kældrene, og i 200 m jordledning mellem boligblokkene. Kabellængden skønnes til 1475 m.

Forbruget af koldt og varmt vand i hver lejlighed måles.



Figur B.2.21.2. Principdiagram.

Dataopsamling

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en separat energimåler. Dataopsamlingen foretages med 1 stk. FA-9 datalogger, der henter data fra energimåleren. Der benyttes 1 kanal til at opsamle pulser fra koldtvandsmåleren. Endvidere måles koldtvandstemperatur, afgangstemperatur fra varmtvandsbeholderen, samt returtemperatur fra varmtvandsbeholderen i ladekredsen vha. 1 stk. AP-9 temperaturlogger tilsluttet en FA-9. Data er opsamlet hvert 5. minut. I det følgende vises data fra sept. 2006 til nov. 2007.

Figur B.2.21.3. Teknikrum.

Tabel B.2.21.1. Målte forbrug på primærsiden samt målte temperaturer og eltracing.

Måned	Fjernvarme		$\Delta T_{fjv<}$	Tf	Tr	Tk	Tvvb	Elmåler	Eltracing
	[MWh]	[m^3]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[kWh]	[kW]
sep. 2006	37 *							8798	12,2
okt.	38 *			74,3	54,2	13,4	50,1	8427	11,3
nov.	38 *			70,4	49,6	11,6	51,1	8281	11,5
dec.	39,9	1247	27,5	79,6	55,6	10,5	50,9	8650	11,6
jan. 2007	45,2	1315	29,6	82,4	56,6	9,5	50,9	8278	11,1
feb.	48,8	1365	30,8	85,8	58,3	8,6	51,8	8952	13,3
mar.	52,6	1620	27,9	83,0	57,7	8,8	51,3	8187	11,0
apr.	45,0	1502	25,8	87,7	55,3	10,5	49,3	8662	12,0
maj	39,7	1488	22,9	75,6	55,2	12,3	50,5	8496	11,4
jun.	36,1	1642	18,9	73,3	56,2	14,2	52,9	8222	11,4
jul.	30,4	1620	16,1	71,4	56,6	15,1	54,2	7845	10,5
aug.	30,9	1439	18,5	70,9	53,9	15,3	50,1	9338	12,6
sep.	37,9	1492	21,8	74,7	55,3	14,4	50,4	7811	10,8
okt.	39,8	1410	24,3	73,9	54,4	11,5	50,5**	8698	11,7
nov.	42,9	1329	27,8	81,2	56,5	10,8	51,6	8869	12,3

* Målt værdi ganget med 10/6 for perioden 5/10 til 14/11. Energimåleren programmeret forkert.

** Dataudfald.

Tabel B.2.21.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

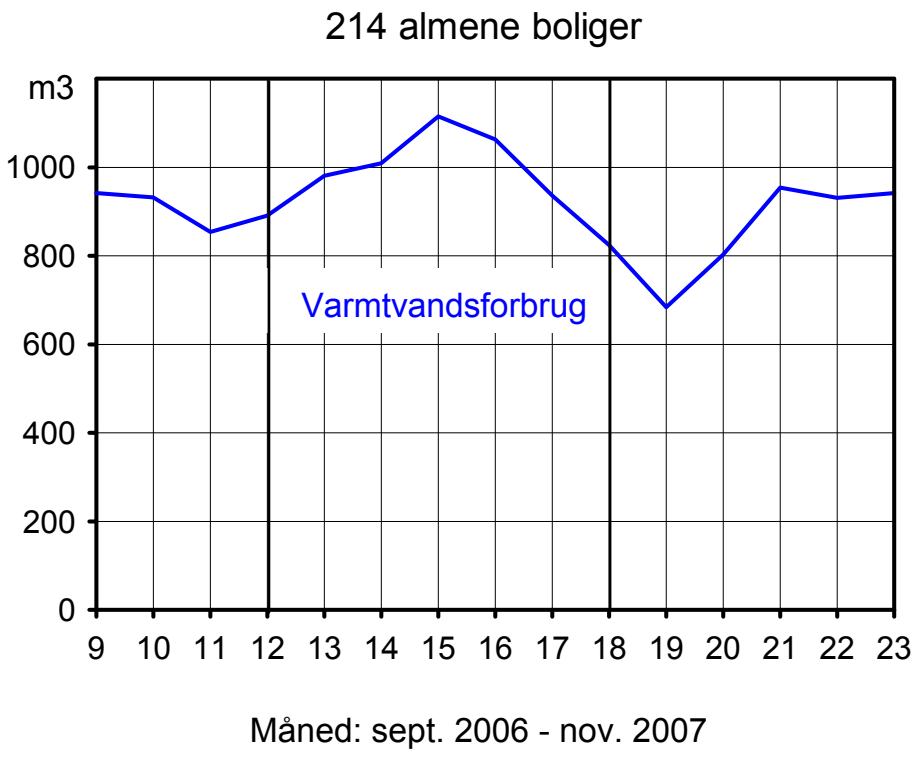
Måned	Koldt vand	ΔT	Netto	η VVB	Totalt	Eta totalt	Vægtet el	Vægtet η
	[m³]	[˚C]	[MWh]	[-]	[MWh]	[-]	[MWh]	[-]
sept. 2006	942							
okt.	932	35,1	38	1,0	46,4	0,82	59,1	0,64
nov.	854	38,0	38	1,0	46,3	0,82	58,7	0,65
dec.	891	38,8	40,1	1,01	48,5	0,83	61,5	0,65
jan. 2007	981	40,0	45,6	1,01	53,5	0,85	65,9	0,69
feb.	1009	41,6	48,8	1,0	57,8	0,84	71,2	0,69
mar.	1115	40,7	52,7	1,0	60,8	0,87	73,1	0,72
apr.	1063	36,4	45,0	1,0	53,7	0,84	66,7	0,68
maj	936	36,5	39,7	1,0	48,2	0,82	60,9	0,65
jun.	824	37,8	36,2	1,0	44,3	0,82	56,7	0,64
jul.	684	38,7	30,8	1,0	38,2	0,81	50,0	0,62
aug.	803	33,0	30,8	1,0	40,2	0,77	54,2	0,57
sep.	954	33,9	37,6	0,99	45,7	0,82	57,4	0,66
okt.	931	37,8	40,9	1,03	48,5	0,84	61,5	0,67
nov.	942	39,0	42,7	1,0	51,8	0,82	65,1	0,66

Tf og Tr er fjernvarme-fremløbs- og returtemperaturer ved energimåleren. Tk er temperaturen på det kolde vand ved måleren, og Tvvb er varmtvandsbeholderens afgangstemperatur. Tabellen viser simple middelværdier uden hensyntagen til flowet.

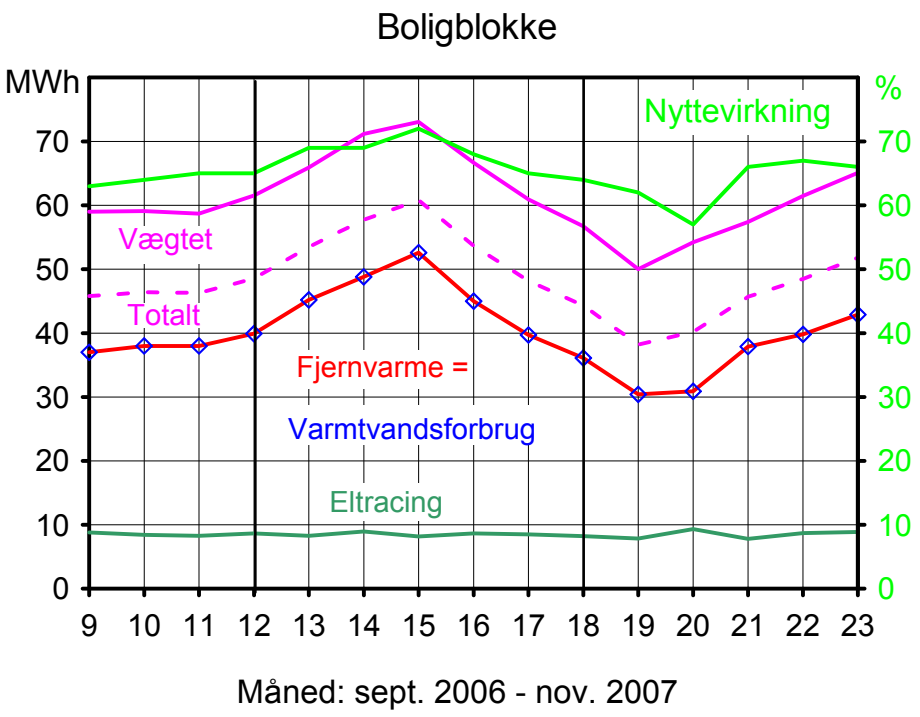
Forbruget af koldt vand til varmtvandsproduktionen er baseret på vandmålerens pulssignaler. ΔT er den beregnede opvarmning af brugsvandet, vægtet med det aktuelle flow. Denne værdi afviger fra den simple middelværdi, og benyttes ved beregningen af nettoenergiforbrug til opvarmning af brugsvandet. Nyttevirkningen η er forholdet mellem netto- og bruttoenergiforbrug til varmtvandsproduktionen. Endelig viser tabellen cirkulationstabet som MWh pr. måned og i kW.

Det bemærkes, at vandmåleren ikke er blevet kalibreret før målingerne, og dette kan forklare, at varmtvandsbeholderen tilsyneladende ikke har noget varmetab.

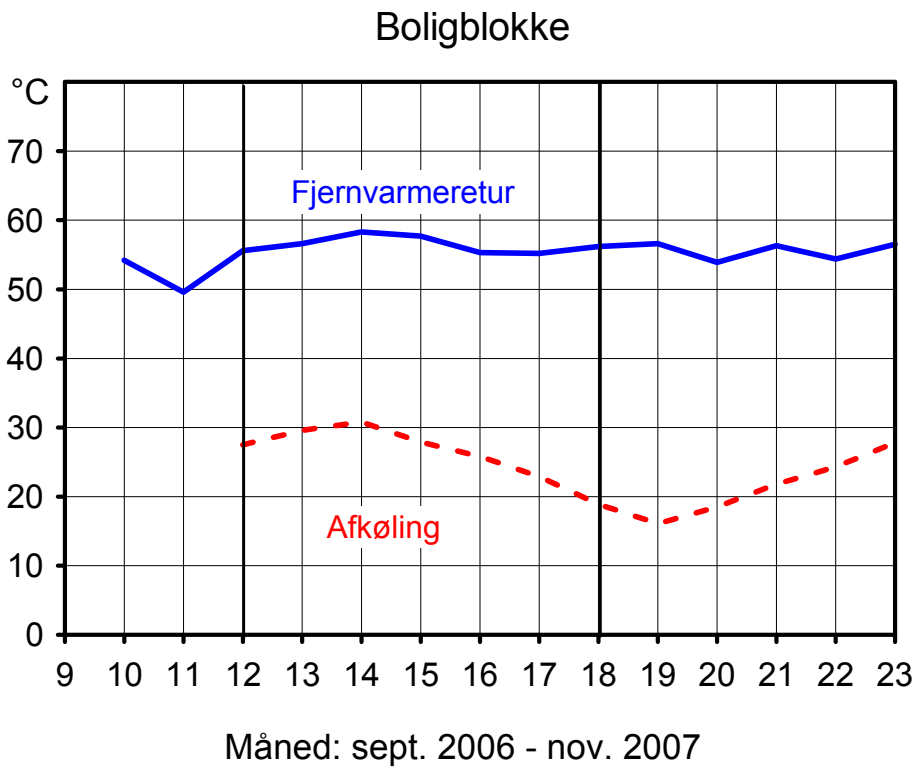
Tabellernes værdier er vist i Figur B.2.21.4 til Figur B.2.21.6 nedenfor.



Figur B.2.21.4. Varmtvandsforbrug.

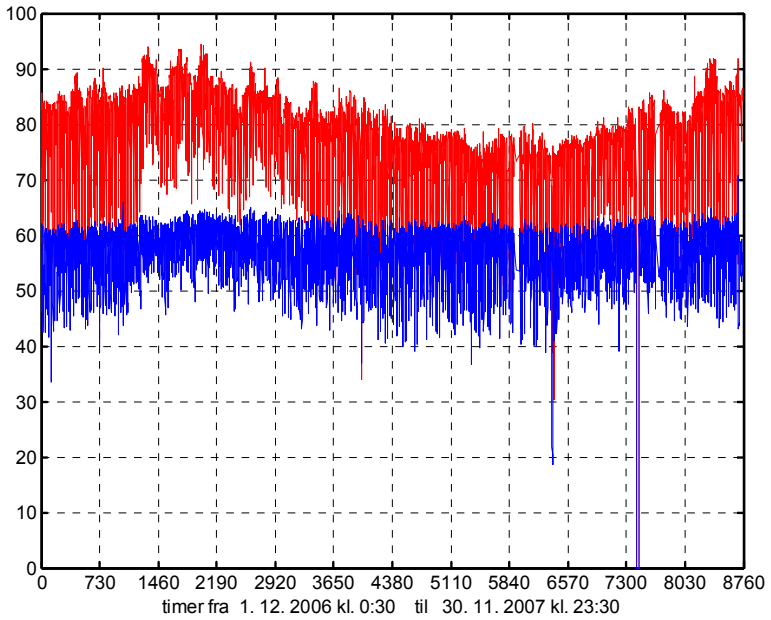


Figur B.2.21.5. Eltracing. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.

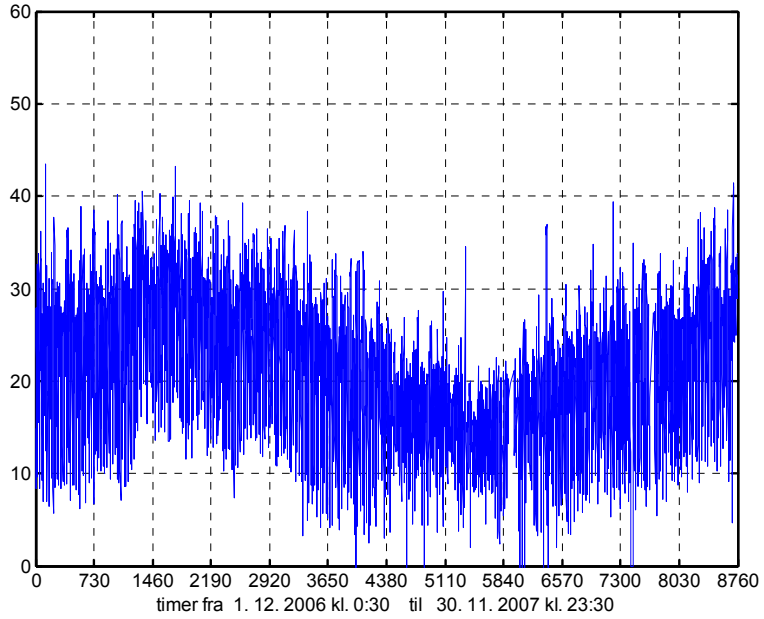


Figur B.2.21.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

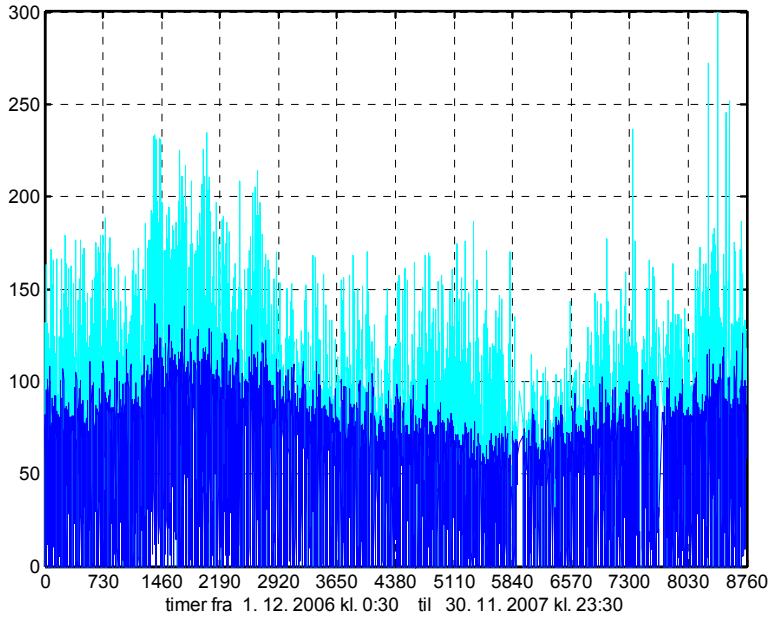
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



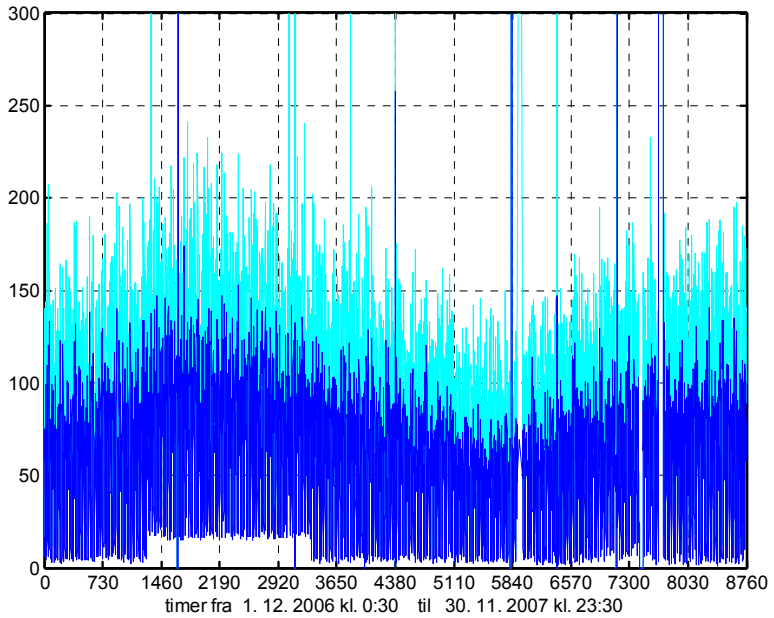
Figur B.2.21.7. Fjernvarmetemperaturer til varmtvandskredsen (før anlægsshunt) (timeværdier)



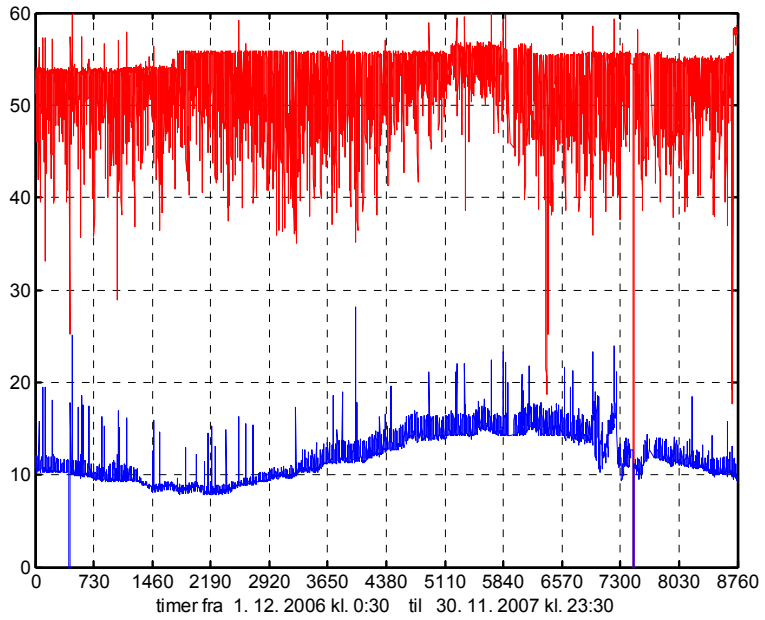
Figur B.2.21.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



Figur B.2.21.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: time-værdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time..



Figur B.2.21.10. Sekundær effekt på brugsvandssiden i kW. (beregnet ud fra flow og temperaturer). Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.21.11. Temperaturer i varmtvandskredsen; rød: afgang fra VVB, blå: koldt vand (timeværdier)

Nøgletal for perioden december 2006 – november 2007
Forbrug og varmetab:
Fjernvarmeforbrug: 190 kWh pr. lejlighed/måned.
Eltracing: 40 kWh pr. lejlighed/måned.
Bruttoenergiforbrug: 230 kWh pr. lejlighed/måned
Vægtet bruttoenergiforbrug: 290 kWh pr. lejlighed/måned

Nettoenergiforbrug: 190 kWh pr. lejlighed/måned
(dvs. intet målt varmetab fra varmtvandsbeholderen).
Nyttevirkning: 0,83
Vægtet nyttevirkning: 0,66

Skønnet længde af fordelingsledninger: 1475 m = 6,9 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra eltracingen: 7,9 W/m
Forbrug af varmt brugsvand: 4,34 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 3,5 timer.
I perioden udgør energibehovet til varmt brugsvand 28 procent af det totale energiforbrug til fjernvarme og eltracing.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 130 kW = 0.9 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 240 kW = 1,1 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 24,1 ˚C (16-31 ˚C).

B.2.22 Ejendom med VVB og eltracing, 212

Ejendommen

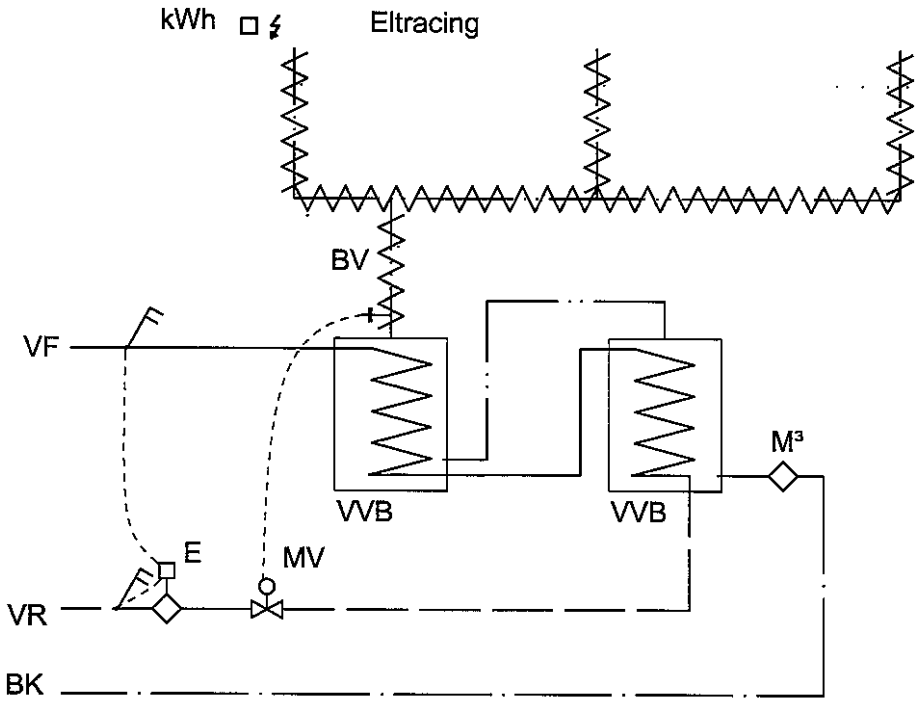
Ejendommen er en etagebolig på 5 etager med 5 opgange, opført i 1906. Der findes i dag 39 lejligheder og 4 små erhvervslokaler, i alt 43 lejemål. Nogle lejligheder er gennem årene blevet sammenlagt. Der regnes med 39 boliger.

Figur B.2.22.1. Bygning.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af to serieforbundne varmtvandsbeholdere på 500 l, der opvarmes med fjernvarme. Fremløbsledningerne for det varme brugsvand er forsynet med eltracing. Kabellængden skønnes til 160 m. Installationen er renoveret ultimo 1997.

Forbruget af koldt og varmt vand i hver lejlighed måles ikke.



Figur B.2.22.2. Principdiagram.

Dataopsamling

Dataopsamlingen er baseret på manuelle aflæsninger af målere (med supplerende datafangst vha. et optisk øje). Det har i flere tilfælde ikke været muligt at foretage aflæsningerne på den sidste dag i måneden, og derfor er det valgt at vise målingerne som effekter og som vandforbrug pr. døgn.

Fjernvarmeforbruget til varmtvandskredsen måles med en eksisterende energimåler. Til måling af elforbruget til eltracing anvendes en eksisterende elmåler. Der er opsat en ny vandmåler i varmecentralen til måling af vandforbruget til varmt brugsvand.

Figur B.2.22.3. Teknikrum.

Målinger

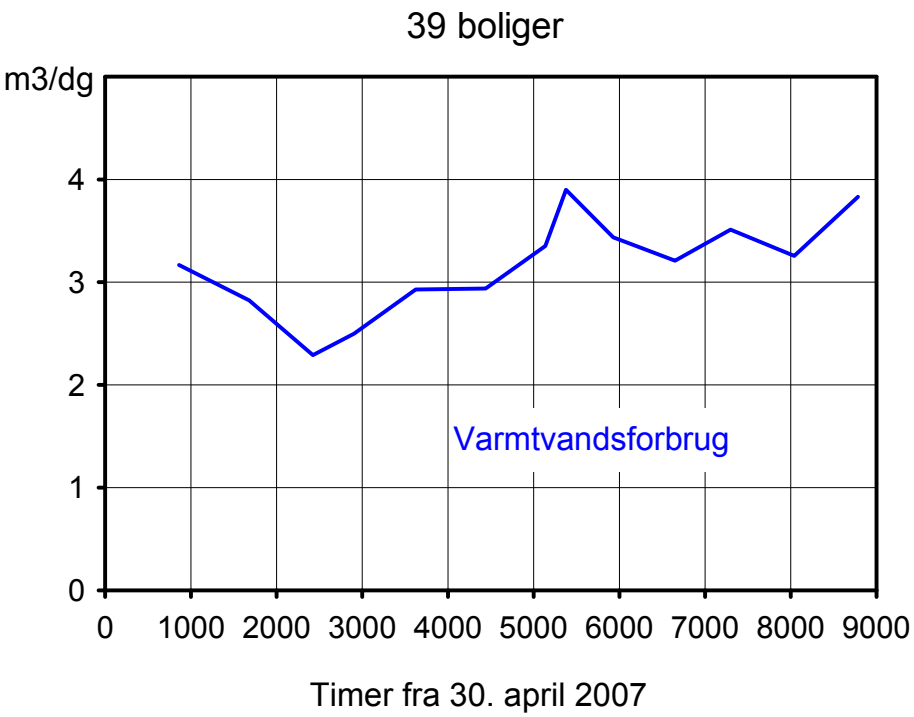
I det følgende vises data fra perioden 30. april 2007 til 1. maj 2008.

Tabel B.2.22.1. Målte forbrug og temperaturer samt nyttevirkning.

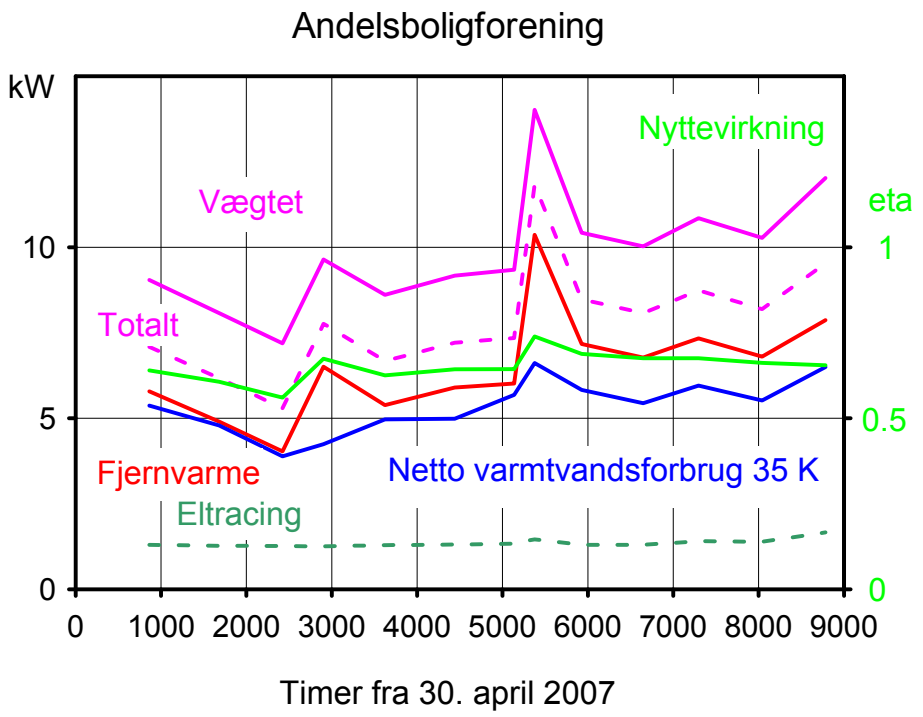
Måned	Fjern-varme		ΔT	Tr	Tvvb	El-måler	El-tracing	Varmt vand	Totalt	Vægtet El	Vægtet Eta
2007	[MWh]	[m³]	˚C]	[˚C]	[˚C]	[kWh]	[W]	[m³]	[MWh]	[MWh]	[-]
30/04-05/06	5	91	47	28	54	1125	1302	114	6,1	7,8	0,64
05/06-09/07	4	80	43	36	50	1037	1271	96	5,0	6,6	0,61
09/07-09/08	3	60	43	36	50	941	1265	71	3,9	5,4	0,56
09/08-29/08	3,1	42	64	37	50	603	1256	50	3,7	4,6	0,67
29/08-28/09	3,9	69	49	35	50	928	1289	88	4,8	6,2	0,63
28/09-01/11	4,8	71	59	38	50	1068	1309	100	5,9	7,5	0,64
01/11-30/11	4,2	65	55	35	50	927	1332	97	5,1	6,5	0,64
30/11-10/12	2,5	-	-	35	50	351	1463	39	2,9	3,4	0,74
10/12-02/01	4,0	-	-	35	50	718	1301	79	4,7	5,8	0,69
2008											
02/01-01/02	4,88	66,0	63,6			936	1300	96,3	5,82	7,22	0,68
01/02-28/02	4,75	60,4	67,7			912	1407	94,8	5,66	7,03	0,68
28/02-31/03	5,06	63,8	68,2			1033	1388	100,9	6,09	7,64	0,66
31/03-01/05	5,86	82,5	61,1			1236	1661	118,8	7,10	8,95	0,65

Målerne er i løbet af perioden blevet aflæst med flere decimaler. Temperaturerne er ikke blevet aflæst i hele perioden, og temperaturen på det kolde brugsvand mangler helt.

Tabellens værdier er vist i efterfølgende Figur B.2.22.4 til Figur B.2.22.5.



Figur B.2.22.4. Varmtvandsforbrug i 39 boliger og 4 erhvervslokaler.



Figur B.2.22.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt eltracing og nyttevirkning. Ved den vægtede værdi er elforbruget ganget med faktor 2,5. Det beregnede nettovarmtvandsforbrug forudsætter en opvarmning af det kolde brugsvand på 35 K.

Nøgletal for perioden maj 2007-april 2008

Forbrug og varmetab:
Fjernvarmeforbrug: 118 kWh pr. lejlighed/måned.
Eltracing: 25,4 kWh pr. lejlighed/måned.
Bruttoenergiforbrug: 143,4 kWh pr. lejlighed/måned
Vægtet bruttoenergiforbrug: 182 kWh pr. lejlighed/måned

Nettoenergiforbrug: regnes lig med fjernvarmeforbruget
Nyttevirkning: 0,82
Vægtet nyttevirkning: 0,65

Skønnet længde af fordelingsledninger: 160 m = 4,1 m/lejlighed
Specifikt varmetab fra eltracingen: 8,4 W/m
Forbrug af varmt brugsvand: 2,45 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderne: 7,7 timer

Afkøling af fjernvarmevandet (månedsværdier): 43-68 °C.

B.2.23 Boligblok med VVB og cirkulation, 213A

Ejendommen

Ejendommen er en tre-etages boligblok med 18 lejligheder.

Figur B.2.23.1. Bygningen.

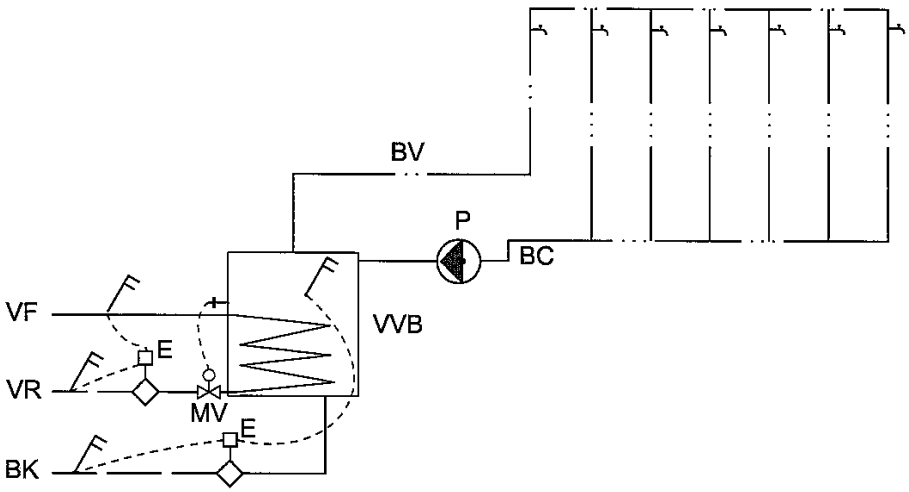
Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af en 1500 l varmtvandsbeholder med indbygget spiral, opvarmet ved hjælp af (lokal)fjernvarme. Cirkulationssystemet er vist på Figur B.2.23.2. Den samlede ledningslængde skønnes til 160 m.

Cirkulationspumpen er typen UPS 25-60 (40-90 W).

Dataopsamling

Der er opsat to energimålere på henholdsvis koldtvandstilgang og fjernvarmeforsyning. Målerne er forbundet til 2 FA-9, og der opsamles 5-minutsværdier.



Figur B.2.23.2. Principdiagram.

Figur B.2.23.3. Teknikrum.

Målinger

I efterfølgende tabel vises data fra perioden april 2007 til september 2007.

Tabel B.2.23.1. Målte forbrug og temperaturer på primærsiden.

Måned	Fjernvarme		ΔT	Tf	Tr
	[kWh]	[m³]	[-]	[˚C]	[˚C]
apr. 2007	3871	141,34	23,6	75,7*	53,5*
Maj	3784	147,37	22,1	75,7	53,5
jun.	3202	135,14	20,4	74,5	53,9
jul.	3299	139,31	20,4	74,6	54,1**
aug.	3180	136,04	20,1	74,3	54,0
sep.	3519	139,90	21,6	75,8	53,9

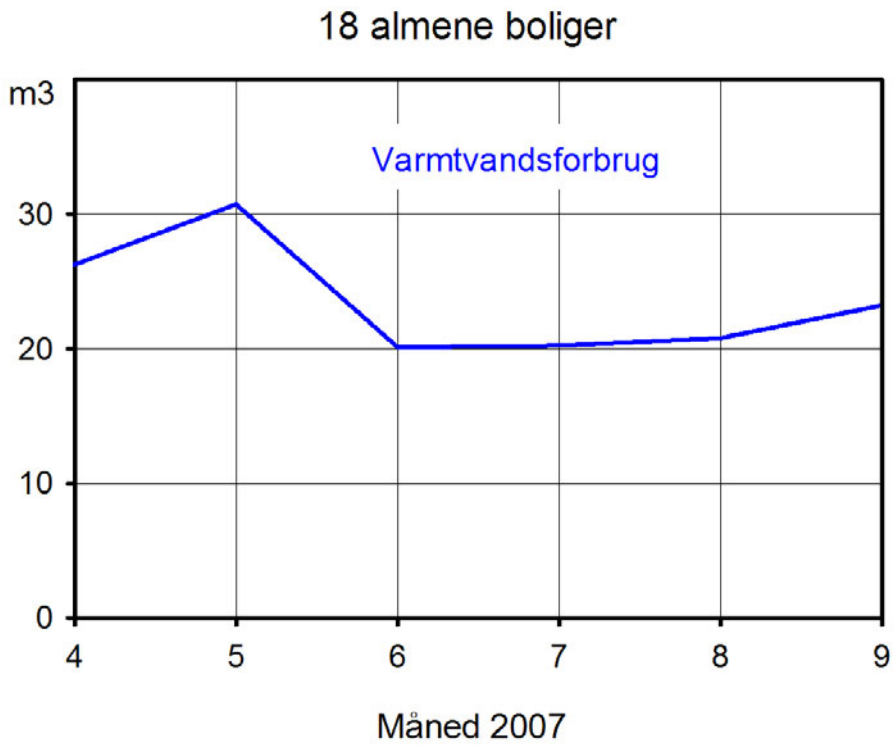
* 725 timer temperaturdata.
** Datalogning til 31. juli, kl. 06.

Tabel B.2.23.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

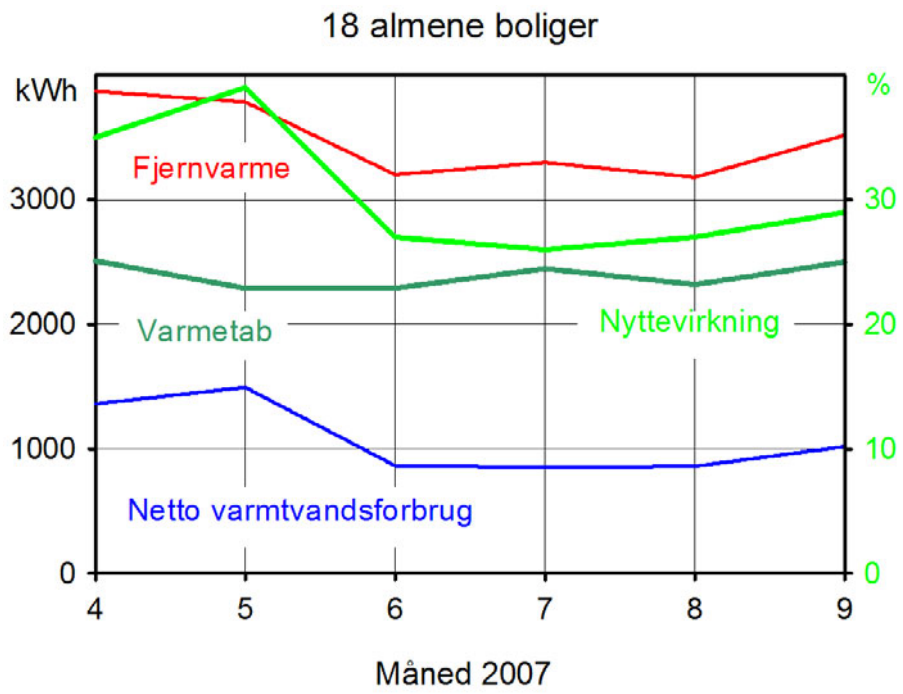
Måned	Netto		ΔT	Tk	Tvvb	η	Cirkl. tab	
	[kWh]	[m³]	[˚C]	[˚C]	[˚C]	[-]	[kWh]	[W]
apr. 2007	1362	26,27	44,6	14,1*	54,9*	0,35	2509	3484
Maj	1494	30,75	41,8	15,8	54,8	0,39	2289	3077
jun.	866	20,13	37,0	19,7	54,3	0,27	2290	3181
jul.	852	20,24	36,2	20,6	54,4	0,26	2447	3289
aug.	860	20,80	35,6	20,6	54,2	0,27	2320	3118
sep.	1019	23,24	37,7	18,9	54,4	0,29	2500	3472

* datalogning startet 11/4.

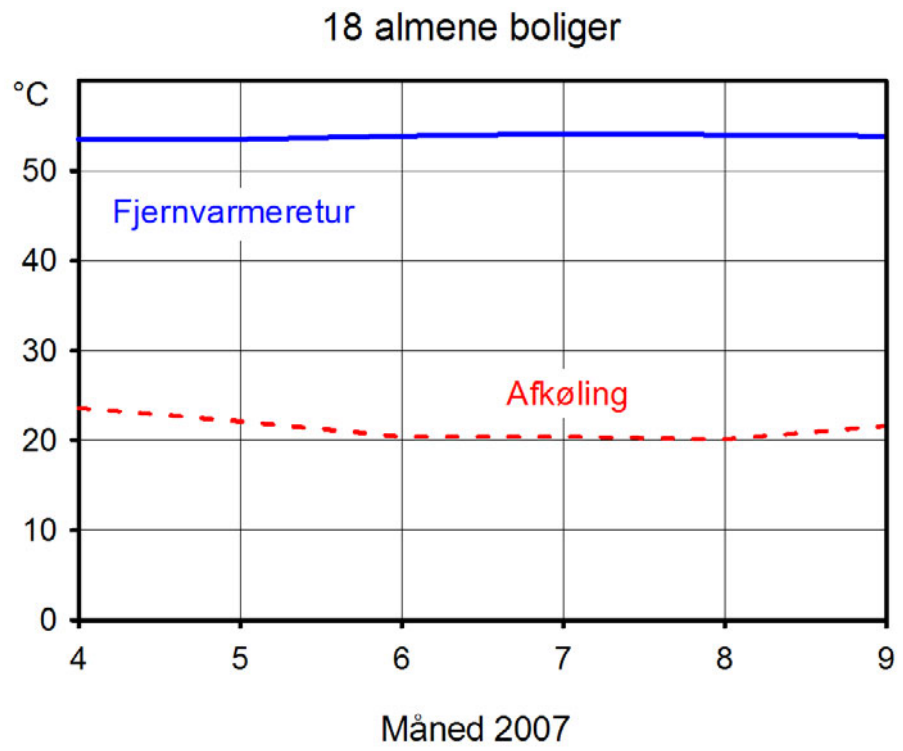
Tabellernes værdier er vist i Figur B.2.23.4 til Figur B.2.23.6 nedenfor.



Figur B.2.23.4. Varmtvandsforbrug.

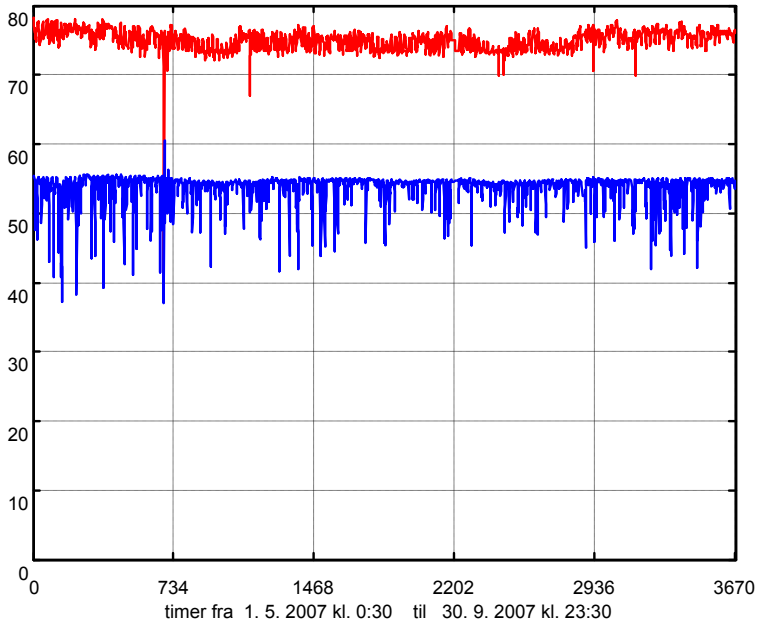


Figur B.2.23.5. Netto- og bruttoenergiforbrug, samt varmetab og nyttevirkning.

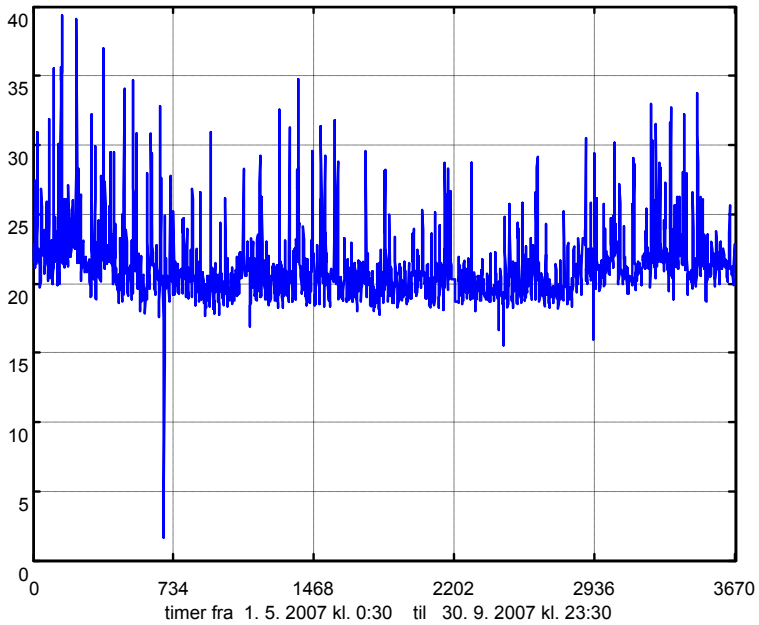


Figur B.2.23.6. Fjernvarmereturtemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

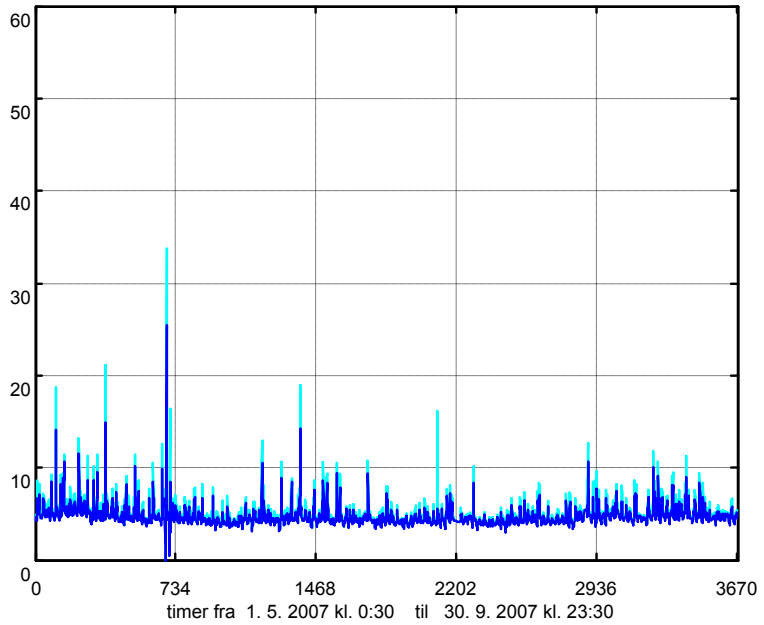
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



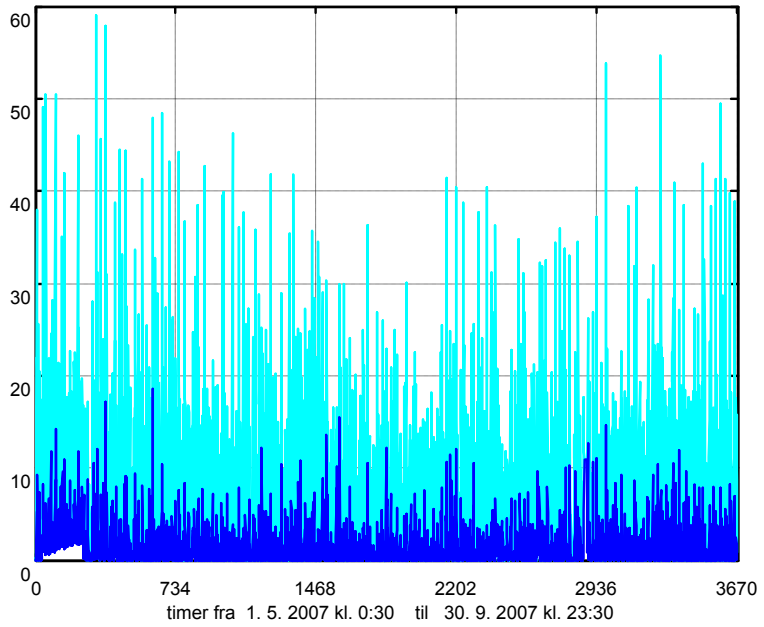
Figur B.2.23.7.Fjernvarmetemperaturer til varmtvandskredsen (timeværdier).



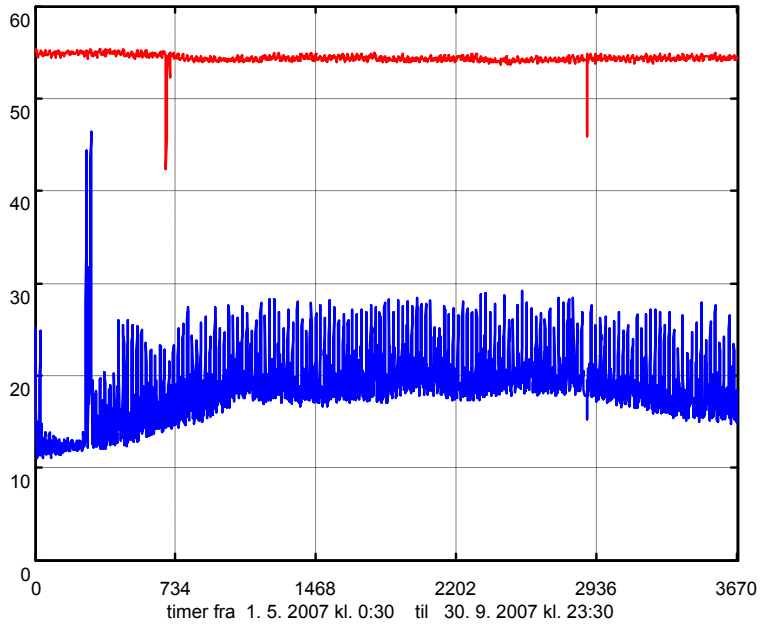
Figur B.2.23.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



Figur B.2.23.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.2.23.10. Sekundær effekt på brugsvandssiden i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time. .



Figur B.2.23.11. Temperaturer i brugsvandskredsen (timeværdier).

Nøgletal for perioden maj – september 2007

Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 189 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 57 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,30.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 132 kWh pr. lejlighed/måned = 180 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 160 m = 8,9 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 20,2 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.

Forbrug af varmt brugsvand: 1,28 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 48 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 15 kW = 0,8 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 50 kW = 2,8 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 20,9 ˚C (20-22 ˚C).

B.3 Målinger på nye installationer

B.3.1 Boligblok renoveret i 2007, VVB og rør-i-rør, 213B

Ejendommen

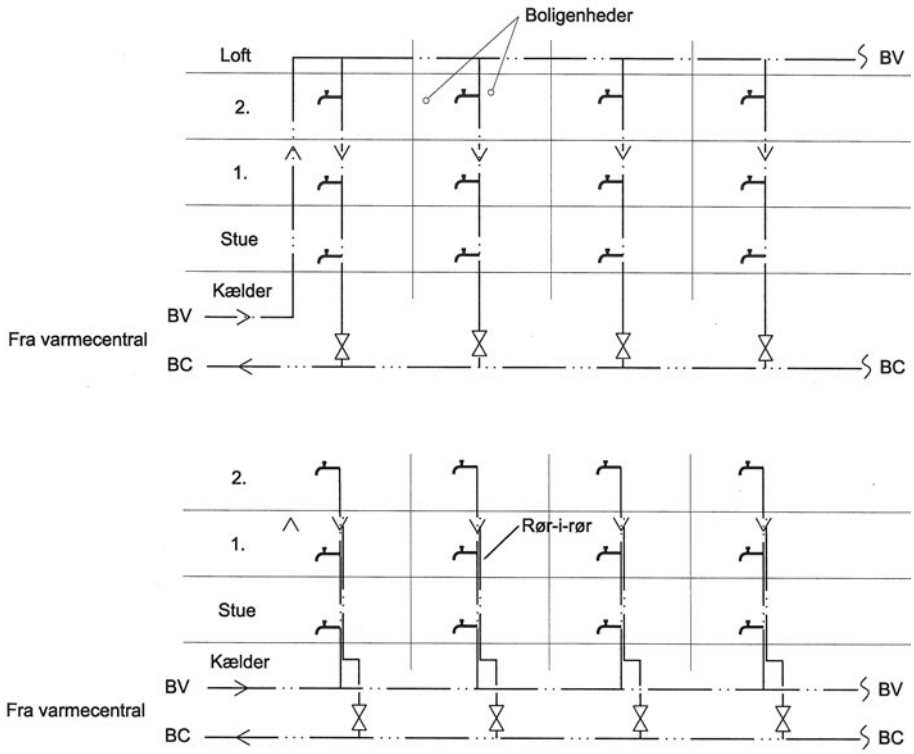
Ejendommen er en tre-etages boligblok med 18 lejligheder.

Figur B.3.1.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

Varmtvandsforsyningen består af 3 stk. 300 l serieforbundne varmtvands-beholdere med indbygget spiral, opvarmet ved hjælp af (lokal)fjernvarme. Cirkulationssystemet er vist på Figur B.3.1.2. Den samlede ledningslængde skønnes til 142 m.

Cirkulationspumpen er en Grundfos UPE 25-40 B, 20-60 W.



Figur B.3.1.2. Principdiagram, renoveret boligblok, eksisterende installation (øverst) og ny installation (nederst).

Figur B.3.1.3. Teknikrum med tre varmtvandsbeholdere..

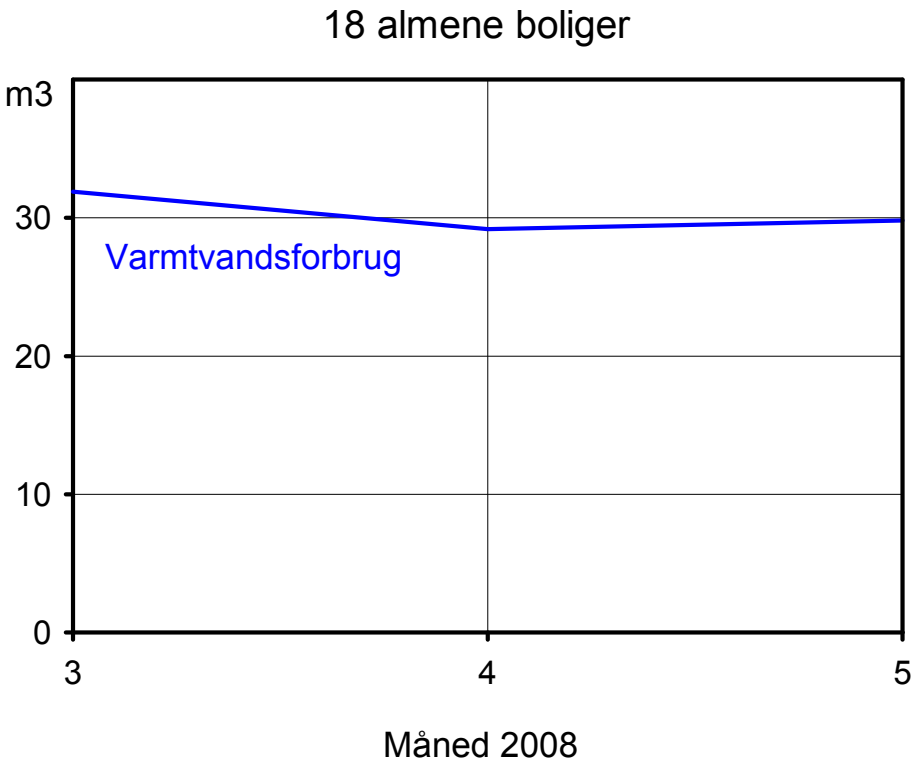
Tabel B.3.1.1. Målte forbrug og temperaturer på primærsiden.

Måned	Fjernvarme		ΔT	Tf	Tr
2008	[kWh]	[m³]	[-]	[˚C]	[˚C]
Marts	3700	120,5	26,4	74,8	50,6
April	3390	144,5	20,2	71,6	51,0
Maj	3240	203,0	13,7	65,4	51,7

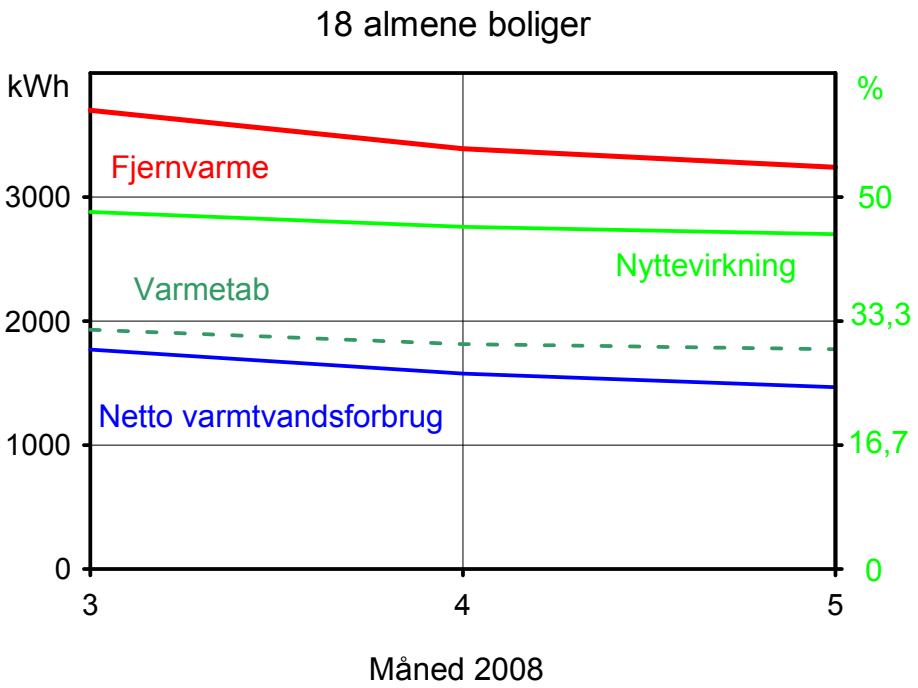
Tabel B.3.1.2. Målte og beregnede forbrug på sekundærsiden, samt nyttevirkning og cirkulationstab.

Måned 2008	Netto [kWh]	[m³]	ΔT [˚C]	Tk [˚C]	Tvvb [˚C]	η [-]	Cirkl. tab [kWh]	[W]
Marts	1770	31,89	47,7	10,3	55,9	0,48	1930	2594
April	1576	29,19	46,4	11,4	55,8	0,46	1814	2519
Maj	1467	29,81	42,3	15,3	55,7	0,45	1773	2383

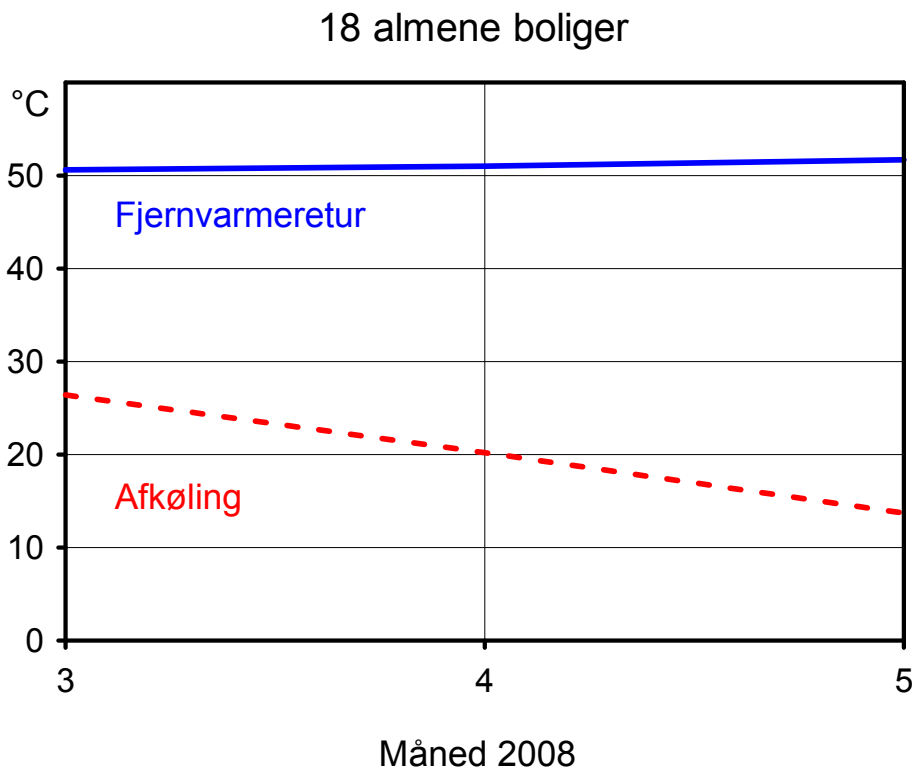
Tabellernes værdier er vist i efterfølgende Figur B.3.1.4 til Figur B.3.1.6.



Figur B.3.1.4. Varmtvandsforbrug.

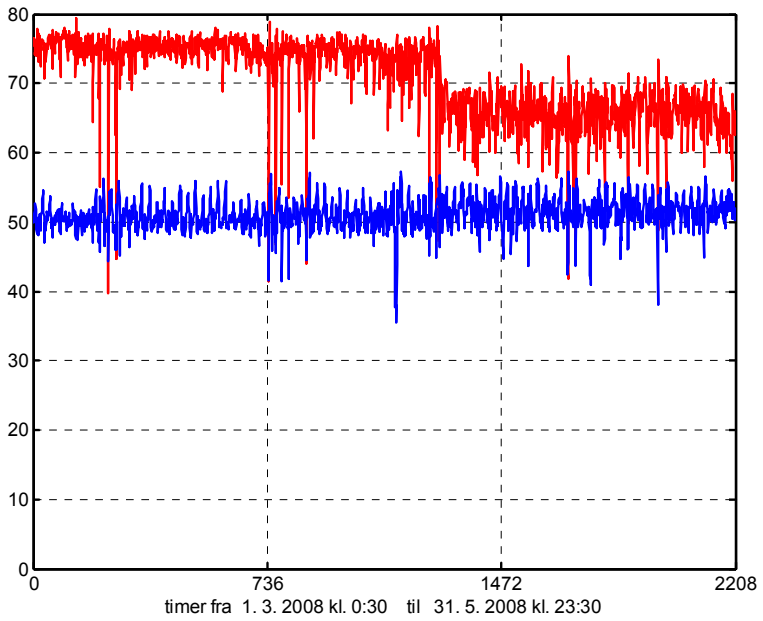


Figur B.3.1.5. Netto- og bruttoenergiforbrug samt varmetab og nyttevirkning.

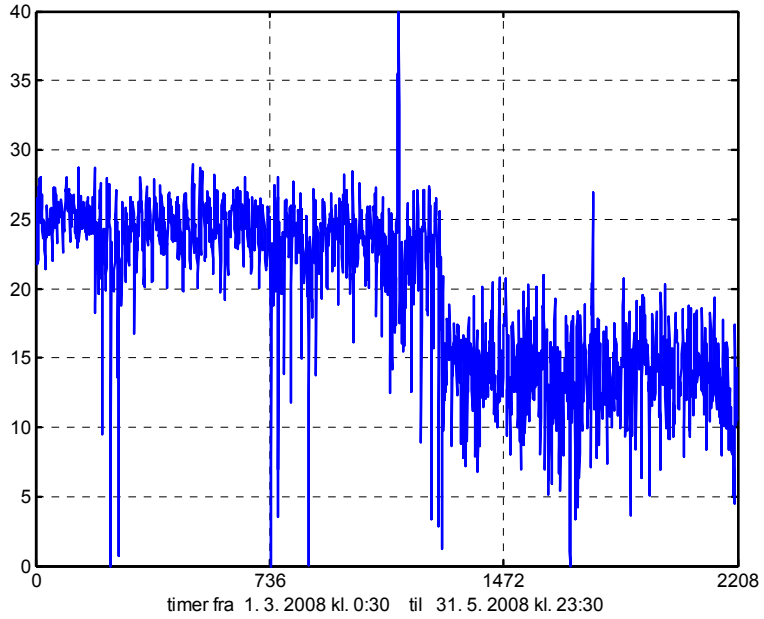


Figur B.3.1.6. Fjernvarmetemperatur og afkøling i brugsvandskredsen.

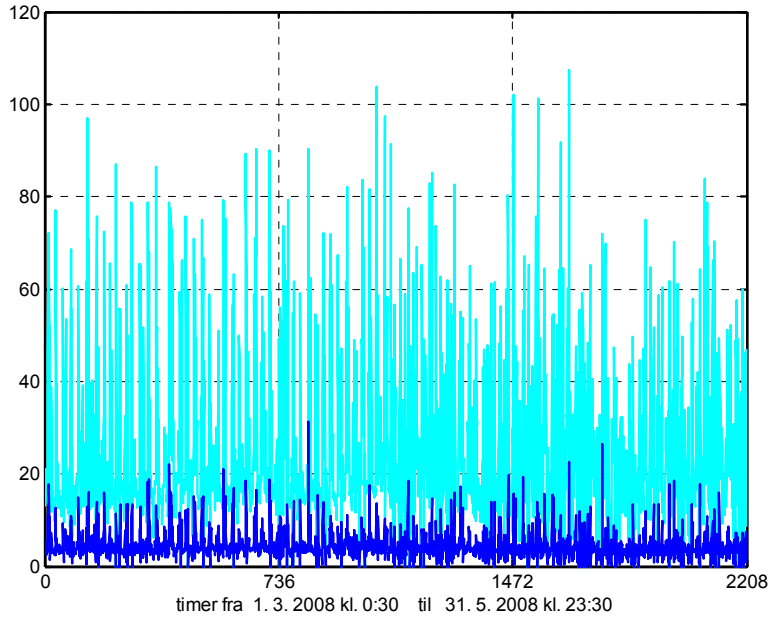
Udvalgte resultater fra dataopsamlingen.



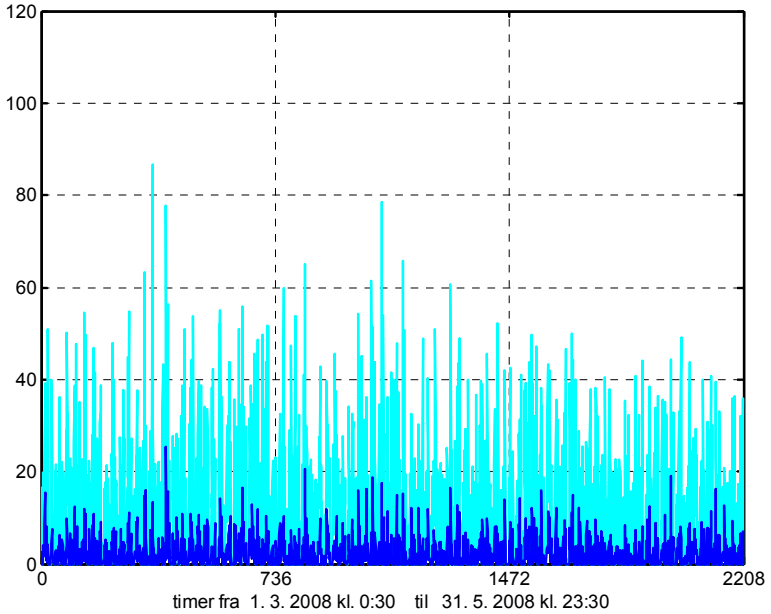
Figur B.3.1.7. Fjernvarmetemperaturer til brugsvandskredsen (timeværdier).



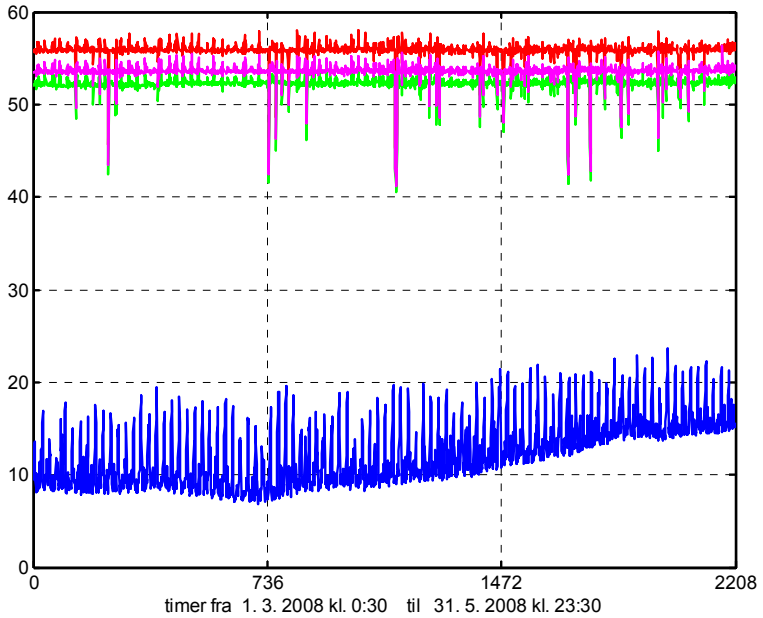
Figur B.3.1.8. Afkøling af fjernvarmevandet (timeværdier).



Figur B.3.1.9. Primær fjernvarmeeffekt i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minuttersværdi i hver time.



Figur B.3.1.10. Målt sekundær effekt på brugsvandssiden i kW. Mørkeblå: timeværdier, lyseblå: højeste 5-minutters værdi i hver time.



Figur B.3.1.11. Temperaturer i varmtvandskredsen; rød: varmtvandstemperatur i varmecentralen, lilla: ved fjerneste stigstreng, grøn: returtemperatur ved fjerneste stigstreng, blå: temperatur på koldt vand.

Nøgletal for perioden marts – maj 2008
Forbrug og varmetab:
Brutto energiforbrug: 191 kWh pr. lejlighed/måned
Nettoenergiforbrug: 89 kWh pr. lejlighed/måned
Nyttevirkning: 0,47.

Cirkulationstab og varmetab i varmecentralen: 102 kWh pr. lejlighed/måned = 139 W/lejlighed.
Skønnet længde af cirkulationsledninger: 142 m = 7,9 m/lejlighed.
Specifikt varmetab fra cirkulationsledninger: 17,6 W/m, inkl. varmetabet i varmecentralen.

Forbrug af varmt brugsvand: 1,68 m^3 pr. lejlighed/måned
Brugsvandets gennemsnitlige opholdstid i beholderen: 21,9 timer.

Belastning (maksimum):
Primært (fjernvarme, timeværdi): 25 kW = 1,4 kW/lejlighed.
Sekundært (brugsvand, 5-min. værdi): 70 kW = 3,9 kW/lejlighed.
Afkøling af fjernvarmevandet (middel/månedsværdier): 19,0 ˚C (14-26 ˚C).

B.3.2 Boligblok renoveret i 2007 og 2008, 111

Ejendommen

Ejendommen er én blok ud af i alt 8 blokke med i tilsammen 500 lejligheder. Denne blok er på 4-etager og med 48 lejligheder.

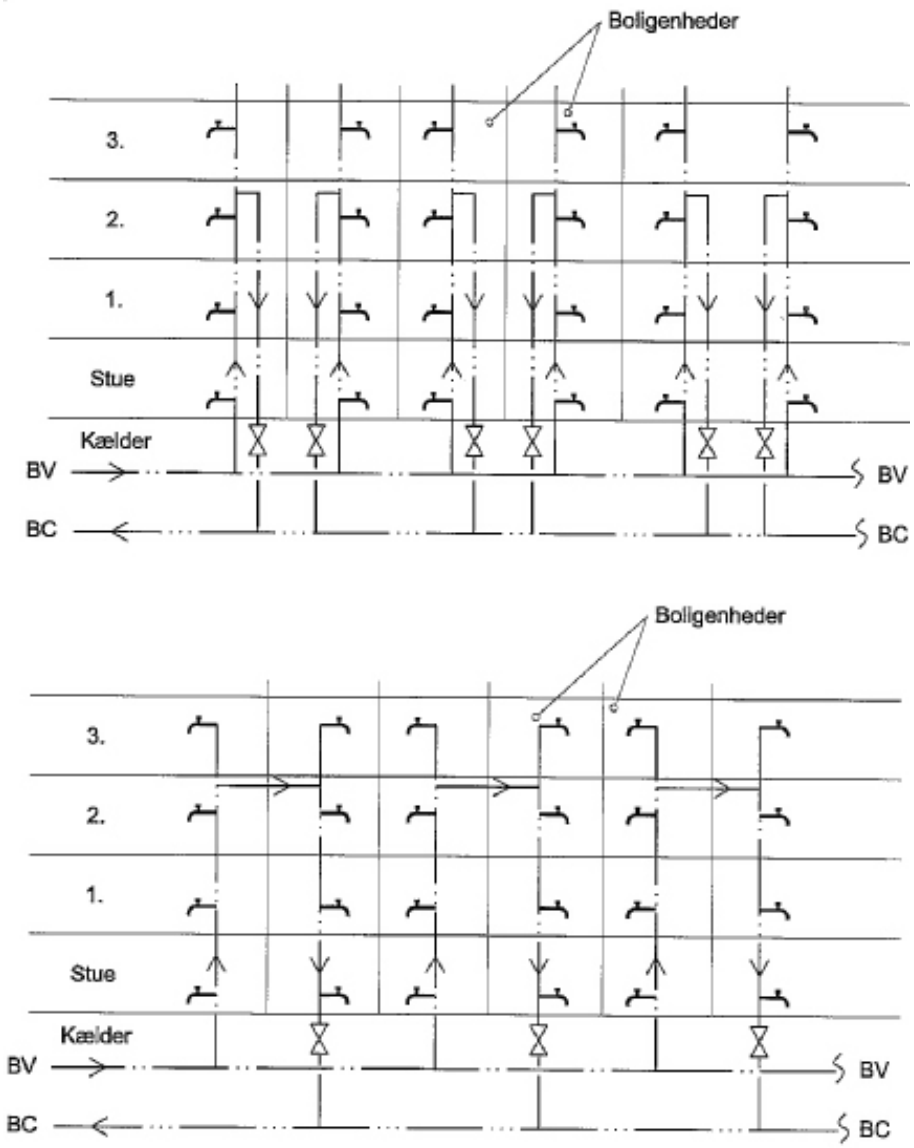
Nye rustfri rør, længde på cirkulationsledning reduceret, bedre rørisolering,

Figur B.3.2.1. Bygningen.

Varmtvandsforsyningen

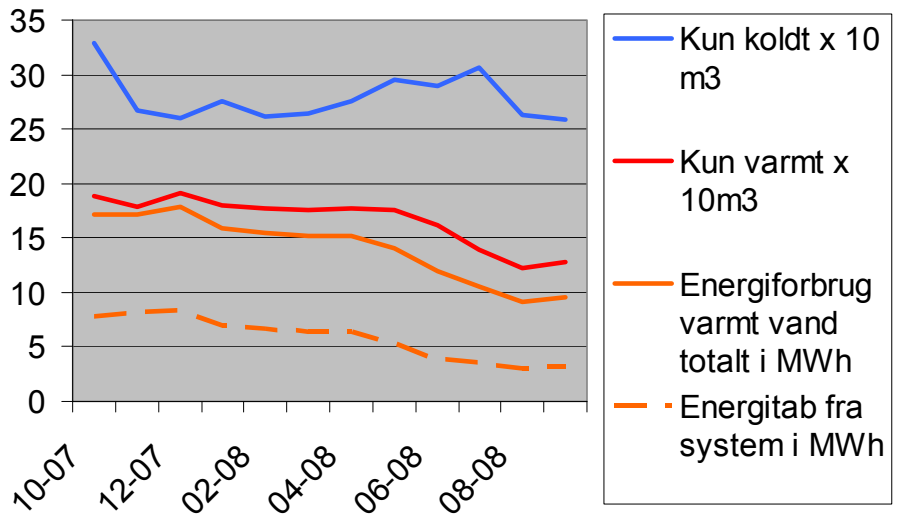
Varmtvandsforsyningen består af 2 stk. 2000 l serieforbundne varmtvandsbeholdere med indbygget spiral, opvarmet ved hjælp af fjernvarme. Cirkulationssystemet er vist på Figur B.3.2.2. Den samlede ledningslængde hvor der cirkuleres var på ca. 900 m, og blev reduceret med ca. 240 m i forbindelse med renovering.

Cirkulationspumpen er en Grundfos UPS 25-60 B, trin 3, 100 W. Fjernvarme-cirkulationspumpe til veksler er en Grundfos UMS 25-20 180, trin 1 30 W.



Figur B.3.2.2. Øverste diagram før renovering, nederste diagram efter renovering

Figur B.3.2.3. Ekstra isolering af cirkulationsledning i kældergang.



Figur B.3.2.4. Vand- og energiforbrug før, under og efter renovering i boligblok med 48 lejligheder.

Ændring i vand og energiforbrug fremgår af Figur B.3.2.4.Renoveringen af vandinstallationerne forløb fra årsskiftet 2007/2008 og frem til april 2008. Årsagen til, at koldvandsforbruget er steget, er, at der efter renoveringen er en bedre varmtvandsforsyning med hensyn til flow og temperatur. De gamle galvaniserede vandrør var kalket til og gav især dårlig varmtvandforsyning til de fjerneste lejligheder. Koldvandsforbruget indeholder ikke forbrug til varmt vand.

B.4 Beregningsmodeller

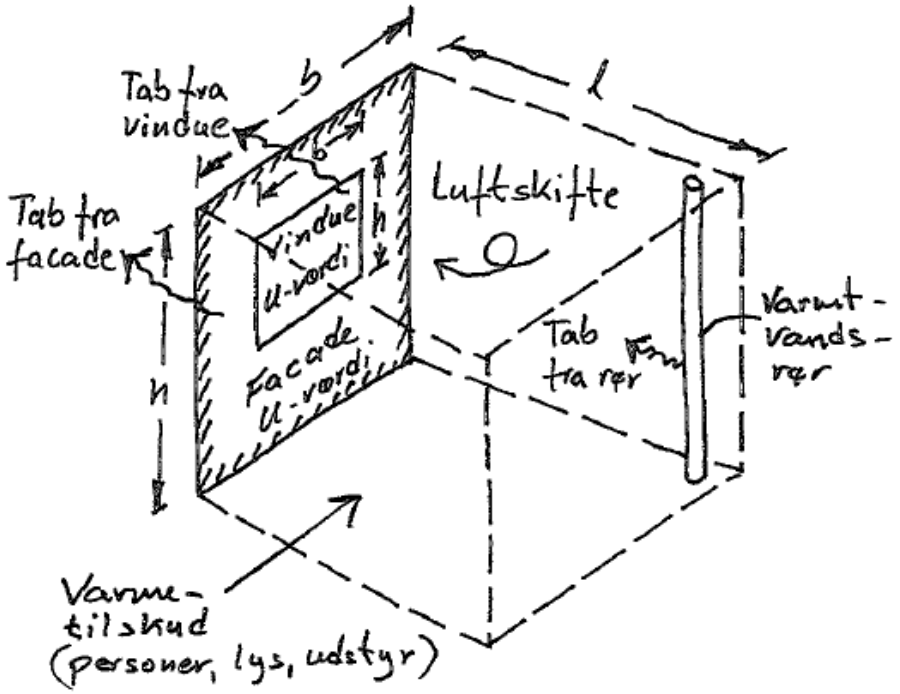
Til brug for projektet er der opbygget to beregningsmodeller, som kan bruges til beregning af ligevægtstemperaturen for rør til varmt vand placeret i forskellige omgivelser. Omgivelserne for rørene er:
- A: et rum til beboelse og
- B: en kælder.

Modellerne er opbygget som et regneark i Excel format. Modellerne benytter sig af en statisk beregning af varmetabet fra rørene på baggrund af omgivelsernes temperatur, rørenes isoleringsniveau, temperaturen af vandet i rørene og månedsværdier for udeklimaet. Med disse forudsætninger beregnes varmetilskuddet til det omgivende rum og – for kælderens vedkommende – den temperatur, som varmeafgivelsen fra rørene medvirker til at opretholde i kælderen.

Alle beregningsmodellerne består af en række faneblade:

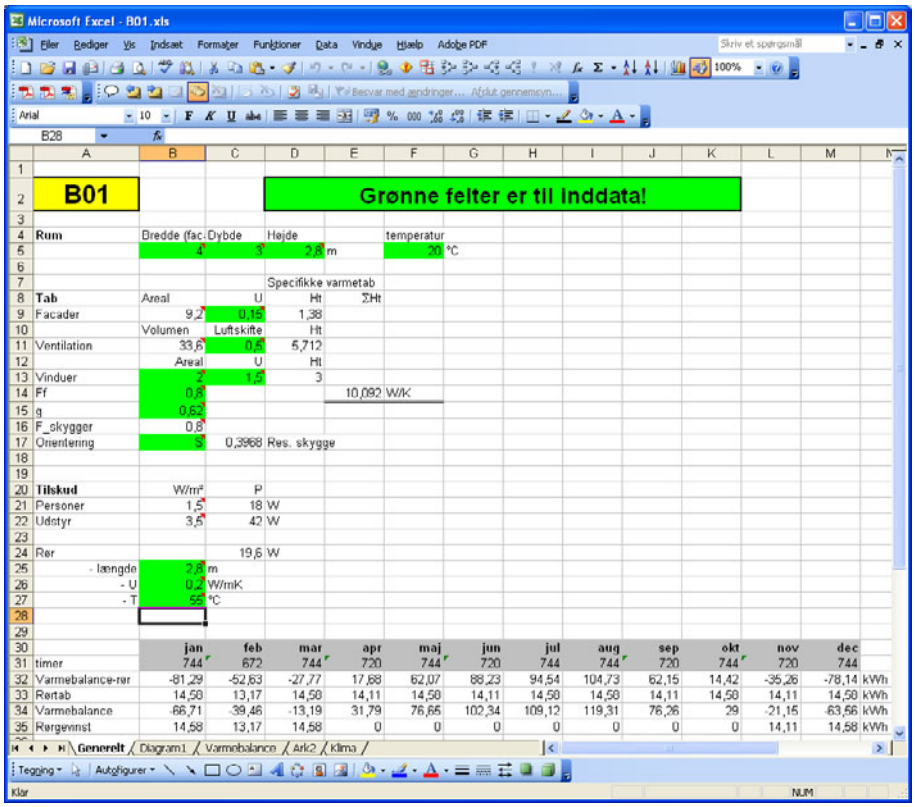
1. Inddata (*Generelt*) samt opstilling af varmebalance for rum og rør,
2. Stavdiagram (*Diagram1*) der viser varmetab fra rummet og varmetilskud fra rørene,
3. Stavdiagram (*Varmebalance*) med detaljeret varmebalance for rummet,
4. Hjælpeark (*Ark2*) med data som benyttes i forbindelse med optegning af den detaljerede varmebalance,
5. Klimadata (*Klima*) på månedsbasis som benyttes i beregningen

B.4.1 Model ”rum”, regneark



Figur B.4.1.1. "Rum" i fx en etageejendom.

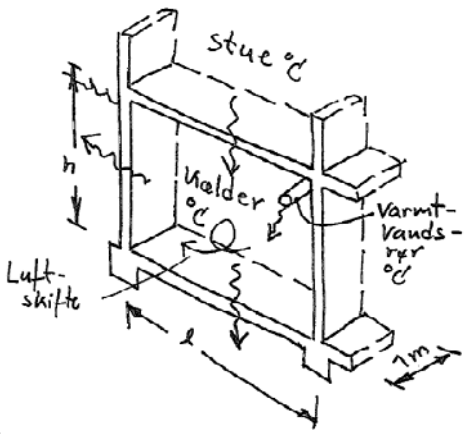
Modellen for opstilling af varmebalance for et rum, gennem hvilket der løber rør til varmt brugsvand, er meget simpel og tager alene hensyn til varmetab fra rummet, dvs. transmissions- og ventilationstab, varmetilskud til rummet fra personer, udstyr og sol samt varmetabet fra rørene. Inddata er derfor tilsvarende simple, og alene de grønne felter skal udfyldes. Det drejer sig om rummets geometri, dvs. længde og bredde samt vinduernes størrelse. Desuden skal isoleringsevnen af facaden, vinduerne og rørene angives samt temperaturforholdene for rør og rum.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2	B01			Grønne felter er til Inddata!									
3													
4	Rum	Bredde (fac	Dybde	Højde		temperatur							
5		4	3	2,8	m	20	°C						
6													
7				Specifikke varmetab									
8	Tab	Areal	U	Ht	ΣHt								
9	Facader	9,2	0,15	1,38									
10		Volumen	Luftskifte	Ht									
11	Ventilation	33,6	0,5	5,712									
12		Areal	U	Ht									
13	Vinduer	2	1,5	3									
14	Ff	0,8			10,092	W/K							
15	g	0,62											
16	F_skygger	0,8											
17	Orientering	S	0,3968	Res. skygge									
18													
19													
20	Tilskud	W/m²	P										
21	Personer	1,5	18	W									
22	Udstyr	3,5	42	W									
23													
24	Rør		19,6	W									
25	- længde	2,8	m										
26	- U	0,2	W/mK										
27	- T	55	°C										
28													
29													
30		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
31	timer	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
32	Varmebalance-rør	-81,29	-52,63	-27,77	17,68	62,07	88,23	94,54	104,73	62,15	14,42	-35,26	-78,14 kWh
33	Rørtab	14,58	13,17	14,58	14,11	14,58	14,11	14,58	14,58	14,11	14,58	14,11	14,58 kWh
34	Varmebalance	-66,71	-39,46	-13,19	31,79	76,65	102,34	109,12	119,31	76,26	29	-21,15	-63,56 kWh
35	Rørgevinst	14,58	13,17	14,58	0	0	0	0	0	0	0	14,11	14,58 kWh

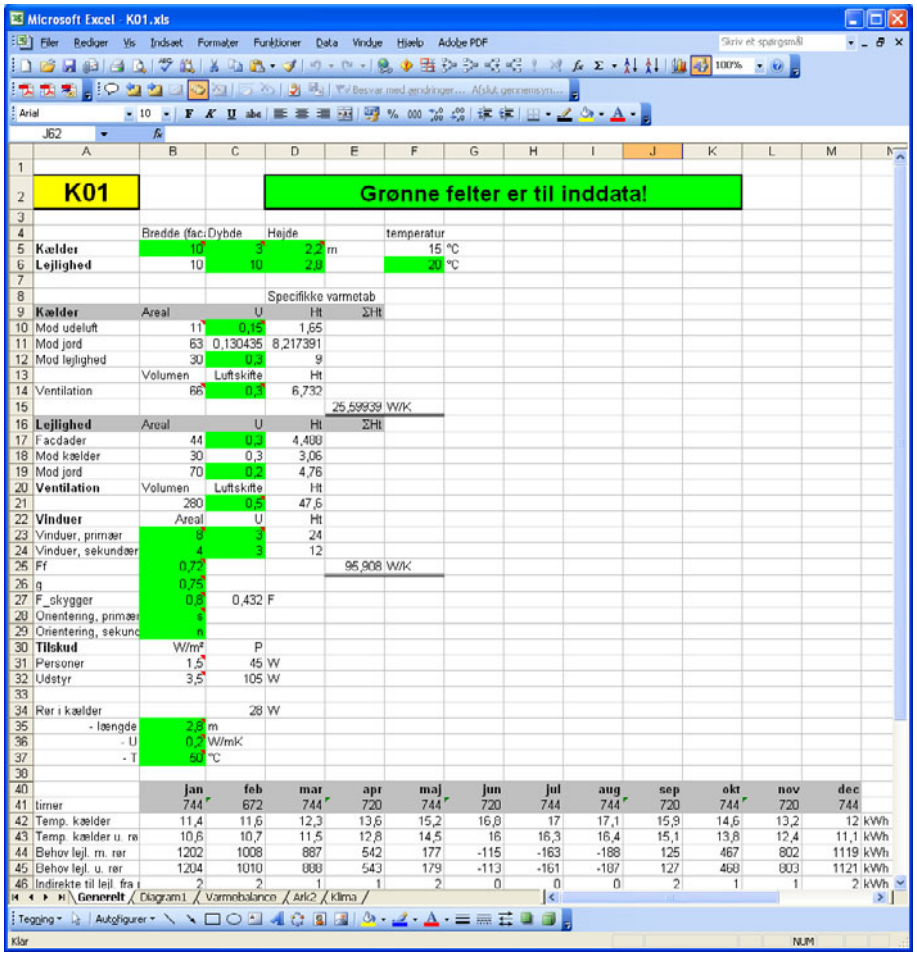
Figur B.4.1.2. Skærmbillede fra beregningsmodellen for placering af rør til varmt vand gennem rum til beboelse.

B.4.2 Model "kælder", regneark



Figur B.4.2.1. "Kældermodel", varmerør under kælderloft.

Modellen for opstilling af varmebalance for en kælder, gennem hvilken der løber rør til varmt brugsvand, og for de rum, som er beliggende umiddelbart over kælderen, er relativt simpel og mængden af nødvendige inddata tilsvarende beskeden.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2	**K01**			**Grønne felter er til inddata!**									
3													
4		Bredde (fac	Dybde	Højde		temperatur							
5	**Kælder**	10	3	2,2	m	15	°C						
6	**Lejlighed**	10	10	2,8		20	°C						
7													
8				Specifikke varmetab									
9	**Kælder**	Areal	U	Ht	ΣHt								
10	Mod udeluft	11	0,15	1,65									
11	Mod jord	63	0,130435	8,217391									
12	Mod lejlighed	30	0,3	9									
13		Volumen	Luftskifte	Ht									
14	Ventilation	66	0,1	6,732									
15					25,59939	W/K							
16	**Lejlighed**	Areal	U	Ht	ΣHt								
17	Facadder	44	0,3	4,488									
18	Mod kælder	30	0,3	3,06									
19	Mod jord	70	0,2	4,76									
20	**Ventilation**	Volumen	Luftskifte	Ht									
21		280	0,5	47,6									
22	**Vinduer**	Areal	U	Ht									
23	Vinduer, primær	8	3	24									
24	Vinduer, sekundær	4	3	12									
25	Ff	0,72			95,808	W/K							
26	g	0,75											
27	F_skygger	0,6	0,432	F									
28	Orientering, primær	s											
29	Orientering, sekund	n											
30	**Tilskud**	W/m²	P										
31	Personer	1,5	45	W									
32	Udstyr	3,5	105	W									
33													
34	Rør i kælder		28	W									
35	- længde	2,8	m										
36	- U	0,2	W/mK										
37	- T	60	°C										
38													
40		**jan**	**feb**	**mar**	**apr**	**maj**	**jun**	**jul**	**aug**	**sep**	**okt**	**nov**	**dec**
41	timer	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
42	Temp. kælder	11,4	11,6	12,3	13,6	15,2	16,8	17	17,1	15,9	14,6	13,2	12 kWh
43	Temp. kælder u. rø	10,6	10,7	11,5	12,8	14,5	16	16,3	16,4	15,1	13,8	12,4	11,1 kWh
44	Behov lejl. m. rør	1202	1008	887	542	177	-115	-163	-188	125	467	802	1119 kWh
45	Behov lejl. u. rør	1204	1010	888	543	179	-113	-161	-187	127	468	803	1121 kWh
46	Indirekte til lejl. fra	2	2	1	1	2	0	0	0	2	1	1	2 kWh

Figur B.4.2.2. Skærmbillede fra beregningsmodellen for placering af rør til varmt vand gennem en kælder under et beboelsesrum.

B.5 Statistiske data

Tabel B.5.1.1. Befolkningens boligsituation (Statistisk Årbog 2004).

Beboere og husstande	% 1960	% 1980	% 2003=100%	Antal 1960	Antal 1980	Antal 2003
Husstand	60,9	82,6	100,0	1.475.620	2.000.231	2.421.436
Beboere	84,1	93,8	100	4.437.550	4.947.728	5.276.076
Beboere/bolig	138	114	100	3,01	2,47	2,18

Tabel B.5.1.2. Personer pr. bolig (Statistisk Årbog 2004).

Personer pr. bolig	% 1960	% 1980	% 2003	Antal 1960	Antal 1980	Antal 2003
1	16	27,9	36,9	710.008	1.380.416	1.946.872
2	27,4	31,6	33,5	1.215.889	1.563.482	1.767.485
3	20,9	16,1	12,3	927.448	796.584	648.957
4	18,9	16,5	11,9	838.697	816.375	627.853
5 eller flere	16,8	7,9	5,4	745.508	390.871	284.908

Tabel B.5.1.3. Boligart (Statistisk Årbog 2004).

Boligart	% 1960	% 1980	% 2003	Antal 1960	Antal 1980	Antal 2003
Stuehuse	12,4	7,8	4,9	550.256	385.923	258.528
Parcel/rækkehuse	32,6	49,9	54,8	1.446.641	2.468.916	2.891.290
Etageboliger	55	41,6	39,7	2.440.653	2.058.255	2.094.602
Andet	-	0,6	0,6	-	29.686	31.656

Tabel B.5.1.4. Boligers varmeinstallation (Statistisk Årbog 2003).

Boliger med:	2003
WC+bad	2.369.693
Fjernvarme	1.515.321
Olie	452.500
Naturgas	341.752
Brændeoven og el	174.625
Andet	54.555

Tabel B.5.1.5. Befolkningens drikkevandsforbrug (Statistisk Årbog 2004).

Drikkevandsforbrug efter anvendelse	2003		
Husholdninger	247,7	mio. m^3	~ 50m^3 pr. beboer
Industri, erhverv og institioner	215,4	mio. m^3	
Vanding erhverv	157,6	mio. m^3	
Tab m.v.	25	mio. m^3	
Totalt	645,8	mio. m^3	

B.6 Signaturforklaring

VF	Varmerør frem
VR	Varmerør retur
BK	Brugsvand koldt
BV	Brugsvand varmt
BC	Brugsvand cirkulation
E	Energimåler
M^3	M^3 måler
P	Pumpe
MV	Motorventil
	Returtermometer
	Termometer
	Varmtvandshane
	Føler med ledning
VVB	Varmtvandsbeholder
VV	Varmeveksler

Der foreligger ikke sikker viden om størrelsen af energiforbruget til produktion og fordeling af varmt brugsvand i bygninger. Årsagen er, at der sjældent anvendes separate energimålere til dette formål. Hidtidige vurderinger har primært været baseret på teoretiske beregninger, og samtidig har der været lagt lille vægt på varmetabet fra rørsystemerne. I rapporten redegøres for nye og detaljerede undersøgelser i et stort antal bygninger. Der er foretaget målinger af vand- og energiforbrug samt af varmetab fra produktionsanlæg og fordelingsledninger. Målingerne er foretaget på en række forskellige varmtvandssystemer og både boligbyggerier, erhvervsejendomme og offentlige bygninger har indgået i undersøgelserne.

1. udgave, 2009
ISBN 978-87-563-1372-8