

Henrik Tommerup

# Måling af bruttoenergiforbrug i nybyggeri svarende til BR2005 energikrav

Byggesystem: Skalmurede porebetonelementer 1

DANMARKS  
TEKNISKE  
UNIVERSITET



Rapport  
BYG · DTU R-097  
2004  
ISSN 1601-2917  
ISBN 87-7877-162-5

# Måling af bruttoenergiforbrug i nybyggeri svarende til BR2005 energikrav

Byggesystem: Skalmurede porebetonelementer 1

Henrik Tommerup



Department of Civil Engineering  
DTU-bygning 118  
2800 Kgs. Lyngby  
<http://www.byg.dtu.dk>

2004

---

## FORORD

Denne rapport omhandler målinger af bruttoenergiforbrug i et højisoleret enfamilieshus samt analyser af elforbrugets betydning for varmeforbruget. Huset opfylder forventede krav til bruttoenergiforbruget i kommende nye energibestemmelser. Huset er beliggende i Snekkersten og er opbygget af porebetonelementer og skalmuret, og er et blandt flere huse, der indgår i projektet. Målinger på de andre huse beskrives i separate rapporter.

Rapporten er udarbejdet af BYG•DTU i forbindelse med projektet ”Målinger af bruttoenergiforbrug i nybyggeri svarende til bygningsreglement 2005” (ELFOR - PSO 2003 - Projekt 335-28).

Der er tidligere udarbejdet rapporter der beskriver konstruktioner, varme- og ventilationsanlæg og beregninger af opvarmningsbehov (R-056) samt målinger af opvarmningsbehov (R-060).

Projektet er udført i samarbejde med de lokale elselskaber, der har etableret og hjemtaget elmålinger:

Ole Barslev, Thy-Mors Energi  
Robert Lauritsen, Nordvestjysk Elforsyning  
Carsten Tonn-Petersen, NESA

Rapportens forfatter er: Henrik Tommerup, forskningsadjunkt, BYG•DTU.

Professor Svend Svendsen, BYG•DTU, har været projektleder.

Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby, september 2004.

---

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMMENFATNING</b> .....	<b>3</b>
<b>1 BAGGRUND OG FORMÅL</b> .....	<b>5</b>
1.1 BAGGRUND .....	5
1.2 FORMÅL .....	5
<b>2 MÅLING AF BRUTTOENERGIFORBRUG</b> .....	<b>6</b>
2.1 BESKRIVELSE AF MÅLINGER .....	6
2.2 GENNEMGANG AF MÅLINGER .....	7
2.3 MÅLINGER SAMMENHOLDT MED FORVENTEDE KRAV TIL BRUTTOENERGIFORBRUG .....	23
<b>3 ELFORBRUGETS BETYDNING FOR VARMEFORBRUGET</b> .....	<b>25</b>
3.1 METODE/FREMGANGSMÅDE .....	25
3.2 EL-BESPARELSER.....	27
3.3 FORDELING AF DET EL-RELATEREDE VARMETILSKUD .....	29
3.4 BEREGNINGSRISULTATER .....	30
<b>4 REFERENCER</b> .....	<b>32</b>
<b>BILAG 1: FACADER, PLAN OG TVÆRSNIT AF HUSET</b> .....	<b>33</b>
<b>BILAG 2: ELFORBRUG – KORTLÆGNINGSDATA FOR GRUNDMODEL</b> .....	<b>34</b>
<b>BILAG 3: ELFORBRUG – EL-SPARE-MODEL</b> .....	<b>38</b>
<b>BILAG 4: ELFORBRUGETS BETYDNING FOR VARME-FORBRUGET</b> .....	<b>40</b>

---

## RESUMÉ

Denne rapport omhandler målinger af bruttoenergiforbrug i fyringssæsonen 2003/2004 i et typisk 135 m<sup>2</sup> enfamiliehus, der er opført som skalmurede porebetonelementer. Bruttoenergimålingerne har omfattet energiforbrug til rumopvarmning, varmt brugsvand, til dækning af varmetabet fra varmeinstallationen samt elforbruget, herunder forbruget til hårde hvidevarer, pumper, ventilatorer, belysning mv.

Formålet har været at dokumentere og analysere de fremkomne måleresultater og sammenligne med kommende krav til bruttoenergiforbruget. Desuden har det især været formålet at indsamle driftserfaringer for det el-forbrugende udstyr med henblik på at belyse deres betydning for varmebehovet, herunder foretage vurderinger af hvor stor en del af elforbruget der kommer til nytte i opvarmningen af huset, og mere overordnet hvordan elforbruget påvirker varmetaforbruget.

Der er rapporteret varmemålinger for en periode på 202 døgn, fra 24/9 - 2003 til 12/4 - 2004. I denne periode har huset brugt 6847 kWh til rumopvarmning og 1017 kWh til varmt brugsvand (svarende til et årligt forbrug på 1837 kWh). Der har ikke kunne måles et varmetab fra varmeinstallationen, hvilket ikke betyder at der ikke er et varmetab, men at det er forholdsvis lille og derved til dels forsvinder i fejlvisninger. Den gennemsnitlige inde- og udetemperaturen har i perioden været hhv. 22,8 °C og 3,5 °C. Ventilationsanlæggets temperaturvirkningsgrad har under normal drift ligget på omkring 80 %, mens der i kortere perioder med hård frost har været en nedsat temperaturvirkningsgrad pga. tilisning. Den mekanisk ventilerede luftmængde har i perioden ligget på et niveau svarende til et luftskifte på 0,4 h<sup>-1</sup>. Hertil skal tillægges en infiltration, der tidligere er bestemt til ca. 0,1 h<sup>-1</sup> ud fra en standard trykprøvning.

El-forbruget er målt over en periode på 117 døgn, fra 20/12-2003 til 14/4-2004. Det samlede forbrug i perioden er målt til 1235 kWh, der kan opskaleres til et årsforbrug på 3853 kWh. Heraf udgør forbruget til hårde hvidevarer 29 %. Procent-andelen af el-forbruget til apparatur med varmespild (hårde hvidevarer), der potentielt kan nyttiggøres til rumopvarmning, svarende til vask/opvask, tørretumbler (aftræk) og komfur er vurderet til hhv. 40 %, 10 % og 50 %. Det interne varmetilskud fra personer er opgjort til 1,42 W/m<sup>2</sup>, mens varmetilskuddet fra apparatur og belysning er opgjort til 2,63 W/m<sup>2</sup>, hvilket samlet set resulterer i et gennemsnitligt internt varmetilskud på 4,05 W/m<sup>2</sup>. Varmetabet fra varmeinstallationen er beregnet til 0,84 W/m<sup>2</sup>.

Der er foretaget sammenligninger mellem det målte energiforbrug til rumopvarmning og detaljerede beregninger med bygningssimuleringsprogrammet BSIM 2002. Det skal bemærkes at de el-relaterede interne varmetilskud er medtaget på detaljeret vis i beregningsmodellen baseret på målingerne (på rumniveau og på timebasis). Sammenligningen viser at der er særdeles god overensstemmelse mellem det målte og det beregnede (forventede) energiforbrug svarende til få procents afvigelse. Energiforbruget til rumopvarmning er større end forventet, hvilket primært skyldes en relativt høj indetemperatur. Beregninger viser at hvis der forudsættes en setpunkttemperatur på 20 °C, kan energiforbruget reduceres med 19 %, svarende til en reduktion på 8 % pr. grad nedsat indetemperatur.

I forbindelse med indførelse af nye energibestemmelser i bygningsreglementerne, lægges der op til indførelse af krav om overholdelse af en energiramme ved nybyggeri, der for boliger vil omfatte det samlede behov for tilført energi til dækning af varmetab, ventilation, eventuel køling og varmt brugsvand (svarende til bruttoenergiforbruget). Sammenligninger af husets faktiske

---

bruttoenergiforbrug og den forslåede energiramme, viser at bruttoenergiforbruget svarer til 90 % af energirammen. Hvis der forudsættes en rumtemperatur svarende til et setpunkt på 20 °C kan beregnes et bruttoenergiforbrug på 77 % af energirammen.

Elforbrugets betydning for varmeforbruget er undersøgt ved beregninger på en grundmodel af huset baseret på målingerne og en el-spare-model, hvor der er antaget anvendt de mest energieffektive produkter på markedet. Ved oplagte el-besparelser kan elforbruget reduceres med 41 %, således at det interne el-relaterede potentielle varmetilskud reduceres fra 2,63 til 1,58 W/m<sup>2</sup>. Det forøgede energiforbrug til rumopvarmning er sammenholdt med reduktionen i det potentielle varmetilskud. Da effekten på varmeforbruget afhænger af rumtemperatur, udeklima, ventilationssystem og solindfald, er der foretaget en række parametervariationer. Beregningerne har vist, at omkring 55 – 60 % af det el-relaterede varmetilskud kan nyttiggøres til rumopvarmning set over hele året. Den forholdsvis beskedne udnyttelse af varmetilskuddet skyldes bl.a. en væsentlig bedre isolering og ventilation med varmegenvinding, der indebærer en kortere fyringssæson, og derfor alt andet lige en mindre udnyttelse af ”el-varmen”.

Ser man på el-besparelser kontra øgede varmeudgifter, og forudsætter et typisk forhold mellem marginalprisen på el og varme på tre, kan beregnes en tilbageværende el-besparelse på mellem 81 og 85 %. Sagt med andre ord bliver kun omkring 15-19 % af el-besparelsen ”spist op” af forøgede varmeudgifter. Det skal bemærkes at den resulterende el-besparelse afhænger af i hvor høj grad man gennemfører el-besparelser på udstyr med varmespild.

---

# 1 BAGGRUND OG FORMÅL

## 1.1 Baggrund

Der anvendes stadigvæk en stor del af Danmarks energiforbrug i bygninger, selv om der er store muligheder for at opnå samme eller bedre komfort med et mindre energiforbrug. Der arbejdes med skærpede krav til energiforbruget i nybyggeri i forbindelse med nye energibestemmelser i 2005 og det nye energimærkningsdirektiv for byggeri. Der er behov for at stimulere processen med at få indført energibesparende byggeri i byggebranchen, og dette kan gøres ved at vise at:

- Energimålsætningen med ca. 30% mindre bruttoenergiforbrug kan opnås uden væsentlige ændringer i bygningers funktion, æstetik og økonomi.
- Metoderne til at eftervise krav til bruttoenergiforbruget ikke er vanskelige at benytte og giver store muligheder og frihedsgrader for at lave nye og bedre løsninger.

I forbindelse med projektet ”Forsøgsbygninger med nye typer klimaskærmskonstruktioner” (ENS J. Nr. 1213/00-0011) er i samarbejde med typehusfirmaer opført enfamiliehuse, som repræsenterer de mest almindelige byggesystemer i Danmark. Husene vil kunne leve op til den forventede skærpelse i nye energibestemmelser, hvori det ligeledes er planen at der kun skal opereres med ét krav i form af en bruttoenergiramme. Der er i fyringssæsonen 2002/2003 udført detaljerede målinger af varmeforbrug til rumopvarmning mv. under primært ubeboede forhold med henblik på primært en validering af konstruktionernes varmetekniske ydeevne.

Det har været oplagt at benytte de omtalte enfamiliehuse til måling/analyse af bruttoenergiforbruget, idet man herved vil kunne vurdere den konkrete betydning af elforbruget samt hvordan elforbruget påvirker varmeforbruget, og dermed fastlægge og bearbejde eventuelle problemer i forhold til at opfylde et samlet bruttoenergikrav. Tidlige indikationer viser, at mindre energieffektive ventilationsanlæg eller pumper i varme- og varmtvandsanlæg samt varmetab fra varme- og varmtvandsrør hurtigt kan ”opsluge” de besparelser der måtte være opnået gennem merisolering af klimaskærm, bedre vinduer, varmegenvinding osv., og derfor er det særdeles vigtigt at skabe opmærksomhed omkring dette område. Projektet er således relevant i forbindelse med at sætte fokus på de områder som har betydning for varme- og elforbruget.

## 1.2 Formål

Projektets formål har været at indhente målinger af bruttoenergiforbrug for fyringssæsonen 2003/2004 med beboere i husene. Det overordnede formål med projektet er at:

- videreføre målinger af opvarmningsbehov og supplere disse med målinger af bruttoenergiforbruget i beboet tilstand, svarende til at der tilføjes målinger af forbruget til varmt brugsvand og virkningsgraden af varmeanlægget, samt målinger af elforbrug til ventilationsanlæg, pumper i varme- og varmtvandsanlæg, hårde hvidevarer og belysning.
- dokumentere og analysere de fremkomne måleresultater og erfaringer med henblik på at rette fejl og sammenligne med de kommende krav til bruttoenergiforbruget i nybyggeri, og derigennem vise at metoderne til at eftervise kravene ikke er vanskelige at benytte og giver store muligheder og frihedsgrader i forbindelse med at lave nye og bedre løsninger.
- indsamle driftserfaringer for det elforbrugende udstyr for derigennem at belyse deres betydning for varmebehovet, herunder foretage vurderinger af hvor stor en del af elforbruget til hårde hvidevarer, belysning mv. der kommer til nytte i opvarmningen af huset, og mere overordnet hvordan elforbruget påvirker varmeforbruget.

---

## 2 MÅLING AF BRUTTOENERGIFORBRUG

Der redegøres i dette kapitel for varmeforbrugsmålinger og elmålinger i indeværende fyringssæson. Resultaterne af målingerne sammenholdes med forventede/beregnete energiforbrug og forventede krav til bruttoenergiforbruget. Målingerne benyttes i forbindelse med beregninger/analyser af elforbruget betydning for varmeforbruget, som der redegjort for i kapitel 4.

### 2.1 Beskrivelse af målinger

Der redegøres i dette afsnit kort for det måleudstyr, der er anvendt til måling af bruttoenergiforbruget. Der er foretaget målinger af varmeforbruget til rumopvarmning og varmt brugsvand samt elforbrug til apparatur, belysning og varme- og ventilationsanlæg. Desuden er der målt diverse temperaturer (inde, ude og i ventilationsanlæg) samt solindfald.

#### 2.1.1 Brunata Net

Det anvendte målesystem hedder Brunata Net, og er oprindeligt udviklet af Brunata a/s til overvågning og forbrugsmåling med fjernaflæsning af f.eks. el, vand, varme og gas. I forbindelse med målinger på forsøgshusene har Brunata i samarbejde med BYG·DTU videreudviklet systemet til at kunne foretage de målinger, der har været behov for, herunder udviklet en temperaturlogger og en solintegrator til solstrålingsmålinger. I det målesystem der er anvendt i forsøgshusene indgår temperaturloggere med radiosendere (med og uden ekstern føler), energimålere, pulsopsamlere med radiosendere, radiomodtagere og en central dataopsamlingsenhed. Radiomodtagerne opsamler målerens radiosignaler og sender dem videre gennem ledninger til en dataopsamlingsenhed, der gemmer data indtil de bliver hjemtaget, hvilket foretages via telefonnettet til en pc'er.

#### 2.1.2 Temperaturlogger

Måling af temperaturer foretages med en særlig temperaturlogger, der er udviklet til de omtalte forsøgshuse. Loggeren foretager en måling hvert 10. sekund og herudfra beregnes og gemmes en 10 minutters middeltemperatur samt en maksimum-temperatur og minimum-temperatur indenfor de seneste 10 minutter. Måleområdet er i standard opsætning  $-50\text{ °C}$  til  $50\text{ °C}$  med en opløsning på  $0,1\text{ °C}$ . Det tilhørende batteri har en estimeret levetid på 5 år. Denne nye temperaturlogger blev installeret i det konkrete hus primo december 2003. Tidligere er der anvendt en loggertype der har kunne levere en døgnmiddeltemperatur med en opløsning på  $0,5\text{ °C}$ .

#### 2.1.3 Solintegrator

Der er udviklet en solintegrator der muliggøre hjemtagning af solstrålingsmålinger foretaget med solarimetre. Integratoren omsætter spænding (mV) målt med solarimetre til pulser som opsamles med Brunata pulsopsamlere. De hjemtagede tællinger/pulser konverteres til solbestrålingsstyrke ( $\text{W/m}^2$ ) via kendt sammenhæng mellem input spænding og pulser.

#### 2.1.4 Energimåler

Til måling af varmeforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand er der anvendt energimålere fra Kamstrup (type Multical 66-C). Målerne består af en flowmåler og to temperaturfølere (til måling af frem- og returløbstemperatur) samt selve måleren med regneværk. Nøjagtigheden kan ifølge producenterne forventes at være plus/minus 3 % ved normal anvendelse og op til 5 % ved små flow og temperaturforskelle.



---

### **2.1.5 Elmålinger**

Elmålinger udføres ikke med Brunata net systemet, men af de lokale elselskaber. Der foretages målinger på timebasis på grupper af udstyr, opdelt på installationer, ”våd” apparatur med varmespild, ”tørt” apparatur uden varmespild og en hovedmåling (samlet tilgang af el). Der er i husene i Snekkersten og Brøndby Strand anvendt klasse 2 - målere (2 % nøjagtighed), der måler 100 pulser/kWh svarende til en opløsning på 1 %. I disse huse er målerne er indsat som direkte målere (ikke med strømtransformere) i en permanent installation. Der er suppleret med spotmålinger og simple integrerende målere, hvor det er relevant, med henblik på at få indblik i de enkelte forbrug. Der er desuden foretaget en kortlægning/registrering af alle elforbrugende installationer og apparatur.

### **2.1.6 Behandling af måledata**

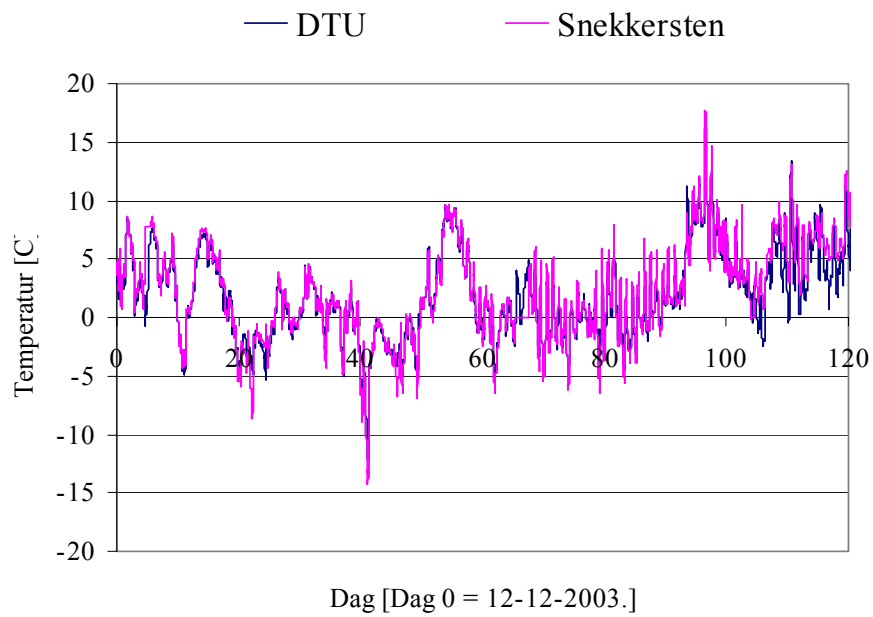
Brunata har udviklet et program til databehandling, hvor man ved at køre data gennem et ”filter”, kan sikre at man får kontinuerlige dataserier i form af f.eks. 10 min. eller time værdier.

## **2.2 Gennemgang af målinger**

I det følgende gennemgås målinger udført i perioden 24/9-2003 til 12/4-2004, svarende til en periode på 202 dage. Huset er som nævnt beliggende i Snekkersten, og der flyttede beboere ind primo september 2003, bestående af en ung familie på to voksne og to små børn (0-5 år). Overordnede tegninger af huset (plan, facader og tværsnit), fremgår af bilag 1.

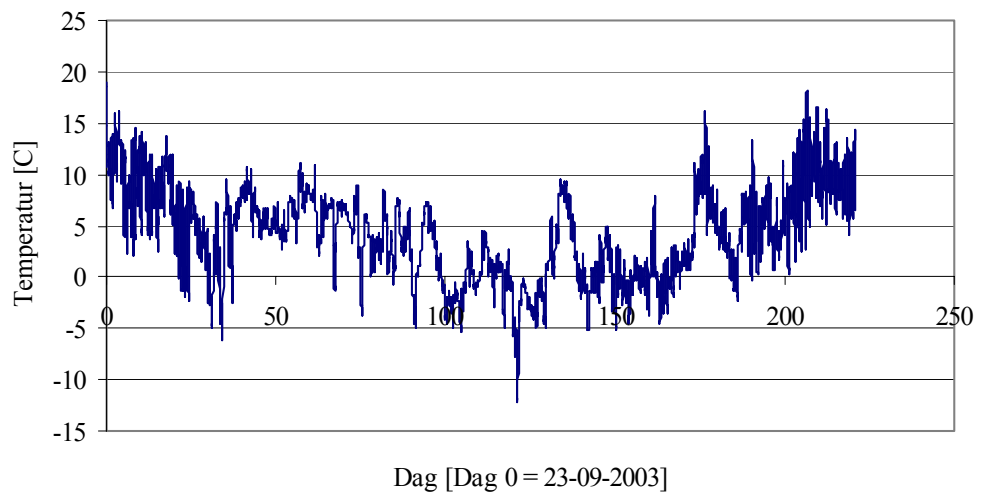
### **2.2.1 Udetemperatur**

Udetemperaturen er for det første målt ved hjælp af et termoelement placeret i indtaget til ventilationsanlægget. For den første del af måleperioden foreligger der dog ingen udetemperatur målinger for den pågældende lokalitet, men det har været muligt at fremskaffe data for et nærliggende område, svarende til vejrstationen på taget af bygning 119 på DTU, som ligger i en afstand af 30 km fra Snekkersten. En sammenligning af den målte temperaturer på DTU og i Snekkersten i perioden medio december 2003 og fire måneder frem, viser at der er en god overensstemmelse (jf. Figur 1), og da der foreligger detaljerede vejrdata (også soldata) for hele måleperioden fra DTU-vejrstationen, benyttes vejrdata fra denne lokalitet.



Figur 1. Udetemperaturer målt i Snekkersten og i vejrstation på DTU.

Figur 2 viser udetemperaturen i måleperioden baseret på målinger fra DTU's vejrstation. Middeltemperaturen har i perioden været 3,5 °C.



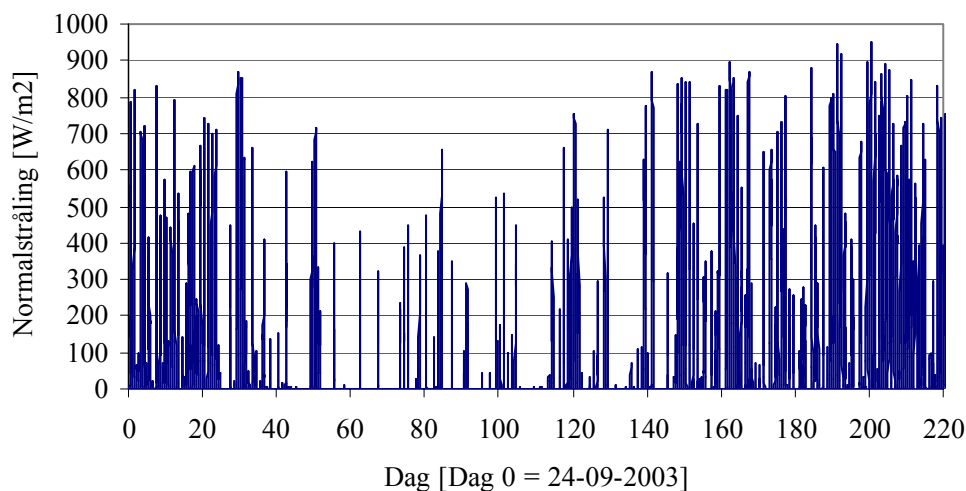
Figur 2. Udetemperaturer målt i vejrstation på DTU.

---

### 2.2.2 Solindfald

Som omtalt har DTU's vejrstation også været leveringsdygtig mht. soldata. Soldata bestående af den direkte normalstråling og den diffuse stråling på vandret anvendes sammen med målte udetemperatur til generering af klimadata til brug i programmet BSIM i forbindelse med sammenligning af det målte og forventede/beregnete opvarmningsbehov.

I måleperioden er der målt en direkte normalstråling som vist i Figur 3.



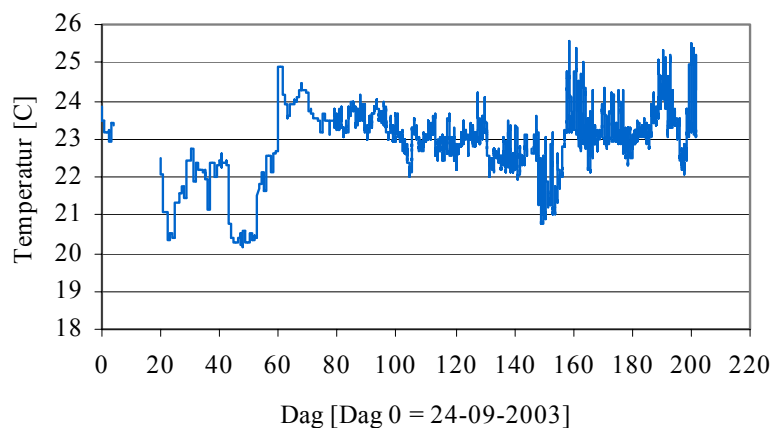
Figur 3. Normalstrålingen i måleperioden.

Figur 3 viser at normalstrålingen naturligvis har været størst i fyringssæsonens overgangsperioder og væsentligt mindre i vinterperioden. I en længerevarende periode omkring slutning af november og starten af december har der været et meget lille solindfald. Alt i alt ser de målte data fornuftige ud, og afspejler hvad man kan forvente. Det antages for tilstrækkeligt nøjagtigt at benytte soldata fra DTU i forbindelse med eftervisning af energiforbruget til opvarmning.

### 2.2.3 Indetemperatur

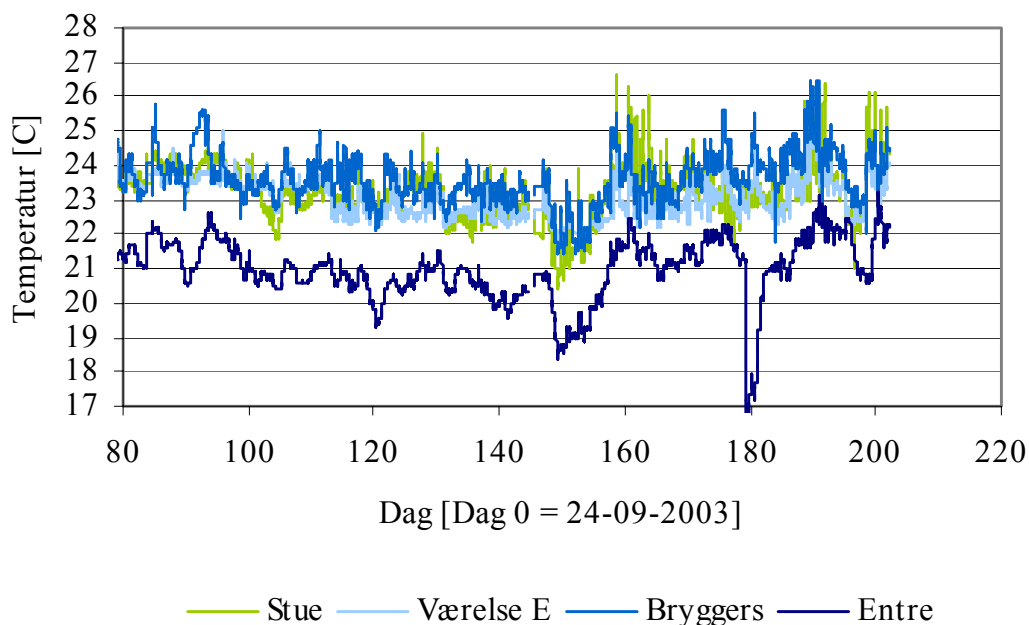
Indetemperaturen er målt vha. de omtalte temperaturloggere, placeret på indvendige vægge i samtlige rum (med undtagelse af gangen) og i en højde af ca. 1,5 m fra gulvoverfladen. Der er tale om 10 min. middelværdier.

Figur 4 nedenfor viser den gennemsnitlige indetemperatur, der er en arealvægtet middelværdi af målinger i de enkelte rum. Det skal bemærkes at der i starten af måleperioden mangler målinger for en periode på 15 dage, hvilket i øvrigt gælder alle målinger, og dette skyldes telefonselskabets utilsigtede lukning af forbindelsen til huset i forbindelse med indflytning af beboere.



Figur 4. Middeltemperatur i huset i måleperioden.

Figur 4 viser, at middeltemperatur varierer forholdsvis meget. I starten af perioden har termostaterne stået på ca. 20 °C, hvilket har medført relativt lave temperaturer. Efterhånden har beboerne dog justeret op på temperaturen, hvilket ifølge beboerne overvejende skyldes hensynet til komforten for deres børn. Middeltemperaturen i måleperioden kan beregnes til 22,8 °C. De høje temperaturer fører generelt til et væsentligt forøget opvarmningsbehov. Indetemperaturen for nogle udvalgte rum er vist i nedenstående Figur 5. Der er kun vist temperaturer fra og med dag 80, hvor de nye temperaturloggere blev installeret (jf. tidligere omtale).



Figur 5. Målte indetemperaturen i udvalgte rum.

Det ses, at de højeste temperaturer som forventet forekommer i den overvejende sydvendte stue, og at temperaturen i bryggers ligger på et relativt konstant højt niveau, hvilket primært skyldes det

---

betydelige varmetilskud fra varmeinstallationen. De laveste indetemperaturer forekommer ikke overraskende i entren. Det skal bemærkes at temperaturen i dette rum falder markant omkring dag 180 uden at temperaturen i de øvrige rum falder, hvilket kan skyldes en midlertidig ændring af termostatindstilling.

#### 2.2.4 Effektivitet af varmeveksler

Effektiviteten af varmeveksleren (temperaturvirkningsgraden) er defineret som forholdet mellem den opnåede temperaturstigning i veksleren af den indadgående luftstrøm og forskellen mellem de to luftstrømmes tilgangstemperaturer. Alle temperaturer er målt umiddelbart uden for aggregatet.

Temperaturvirkningsgraden udtrykkes ved:

$$\eta = \frac{T_{indblæs} - T_{indtag}}{T_{udsug} - T_{indtag}}$$

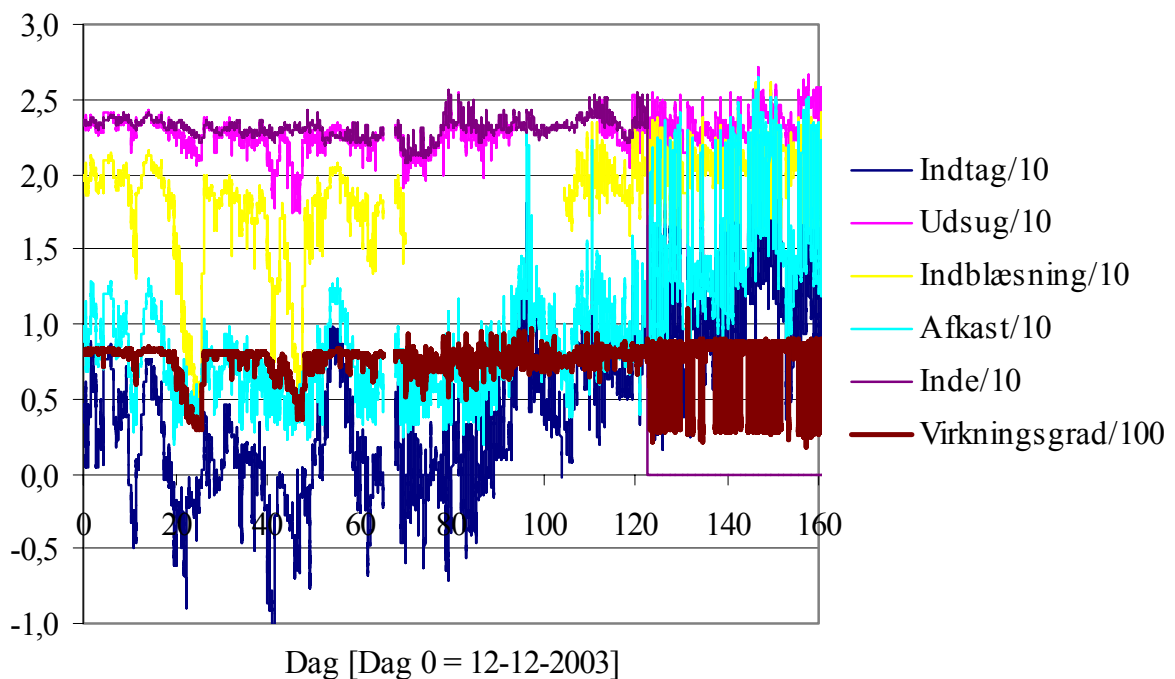
Hvor:

$T_{indblæs}$  er indblæsningsluftens temperatur

$T_{udsug}$  er udsugningsluftens temperatur

$T_{indtag}$  er indtagsluftens temperatur

Der redegøres i det følgende for målinger af anlæggets temperaturvirkningsgrad. I Figur 6 er vist en oversigt over målte temperaturer og virkningsgrad. Der har i midten af perioden været problemer med de trådløse målere i indblæsningen og udsugningen, og der mangler således målinger af indblæsningstemperaturen fra ca. dag 70 til dag 100. I denne periode er den viste kurve for temperaturvirkningsgraden beregnet ud fra temperaturændringen af den udadgående (i stedet for den indadgående) luftstrøm divideret med forskellen mellem de to luftstrømmes tilgangstemperatur, idet de to luftstrømme ved normal drift har været omtrent lige store.



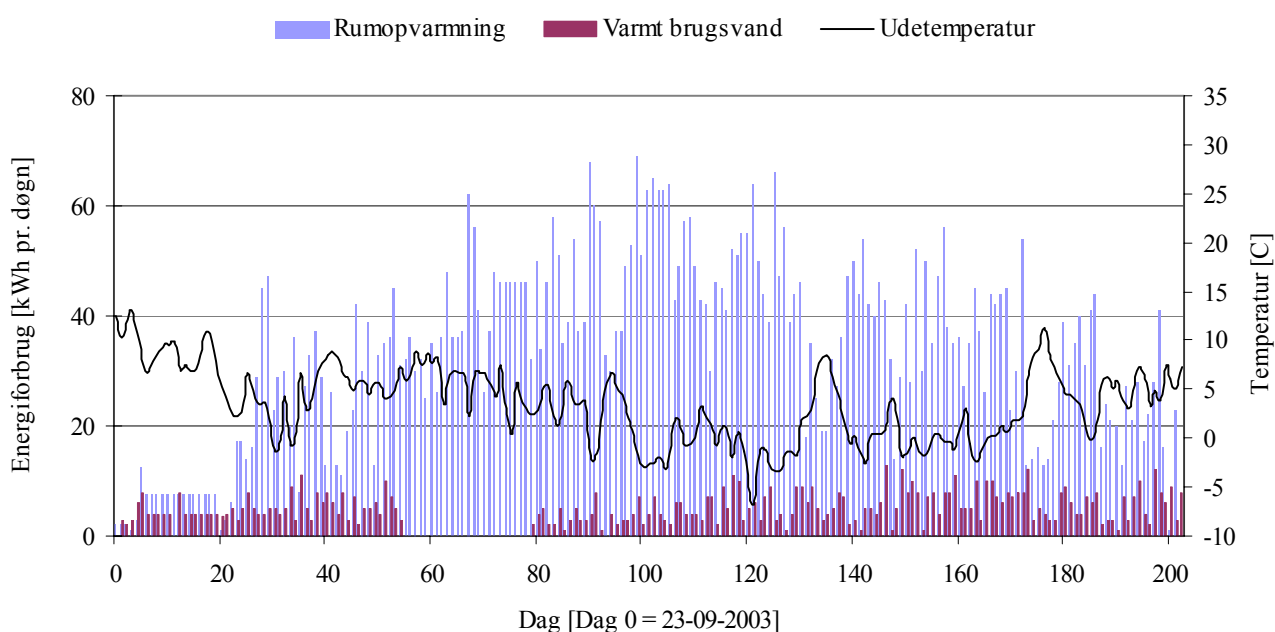
Figur 6. Diverse målte temperaturer og beregnet virkningsgrad i perioden 12. december 2003 til medio maj 2004.

Det fremgår af Figur 6 at temperaturvirkningsgraden i perioden har været ca. 80 % med undtagelse af perioder med vedvarende frost og høje udetemperaturer (sidstnævnte skyldes by-pass ved høje udetemperaturer). Det ses at virkningsgraden falder mærkbart i forbindelse med to relativt kortvarige perioder med vedvarende frost. Dette antages at skyldes en tilisning af vekslerens kanaler til den udadgående luftstrøm og en deraf følgende nedsat varmeoverføring og luftmængde. Målinger viser at anlæggets frostsikring i form af en nedregulering af indblæsningsluftstrømmen virker efter hensigten, dvs. den sørger for altid at holde afkasttemperaturen over 3 °C, men dette er altså ikke tilstrækkelig til at hindre isdannelse i veksleren. Der findes forskellige løsninger på tilisningsproblematikken, herunder by-pass af indtagsluften og efteropvarmning inden indblæsning eller en skiftevis indblæsning af luft igennem den ene halvdel af veksleren og den anden halvdel. Sidstnævnte er energimæssigt en bedre løsning end førstnævnte, idet den ikke kræver tilførelse af ekstra energi.

## 2.2.5 Varmeforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand

Energiforbruget er i måleperioden målt med separate flow-/energimålere på varme afsat i gulvvarmeanlægget og til varmt brugsvand. Figur 7 viser forbruget for de enkelte dage i perioden (24/9-2003 til 12/4-2004). Udetemperaturen er også vist (døgnmiddelværdi), der sammen med solindfaldet er afgørende for opvarmningsbehovet. Det ses at forbruget til rumopvarmning er størst i dagene omkring dag 100 og dag 121, hvilket også er ensbetydende med de koldeste dage. Opvarmningsbehovet er størst omkring dag 100 selvom udetemperaturen er højere end da det var koldest på dag 121, hvilket primært antages at skyldes nogle mere solfattede dage i denne periode ift. på dag 121. Det skal bemærkes, at der mangler målinger af varmtvandsforbruget fra ca. dag 55 til dag 80.

I den betragtede periode har der været et varmforsøg til rumopvarmning på 6847 kWh og 1017 kWh til varmt brugsvand. Brugsvandsforbruget svarer til et årligt forbrug på 1838 kWh.



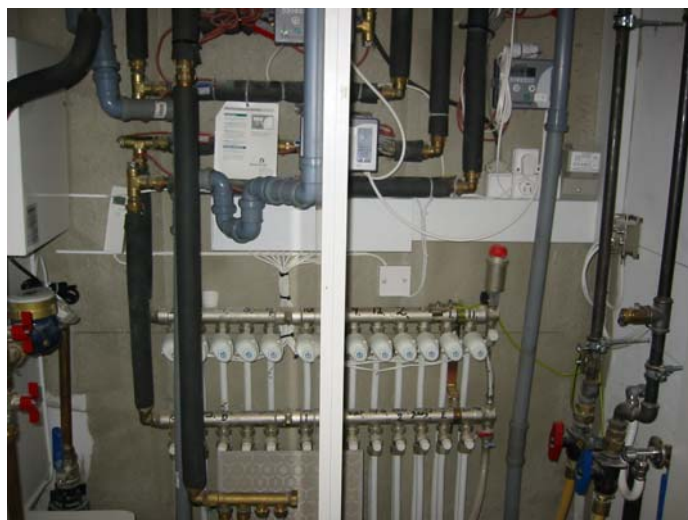
Figur 7. Energiforbrug til rumopvarmning (gulvvarmeanlæg) og varmt brugsvand.

Huset opvarmes med fjernvarme. Varmeinstallationen består af en fjernvarmeunit med varmeveksler (indirekte fjernvarme), pumpe og varmtvandsbeholder, mv. samt et shunt aggregat der regulerer varmetilførslen til de enkelte gulvvarmekredse. Varmt brugsvand fremstilles ved direkte fjernvarme i varmtvandsbeholder med spiralveksler. Gulvvarmeanlæggets fremløbstemperatur reguleres manuelt, og har i størstedelen af perioden været indstillet på ca. 35 °C. Ud fra målinger af energiforbrug og volumenstrøm kan der beregnes en gennemsnitlig afkøling i gulvvarmeanlægget på 3,4 °C. Den gennemsnitlige afkøling af fjernvarmevandet har været 46 °C.

## 2.2.6 Varmetab fra varmeinstallation

Varmetabet fra varmeinstallationen kan bestemmes ud fra målinger af den samlede leverede varme til huset (fjernvarmeværkets måler) fratrukket varmforsøget i gulvvarmeanlægget og til varmt brugsvand. For det pågældende hus vil dette varmetab bestå af tab fra varme- og varmtvandsrør,

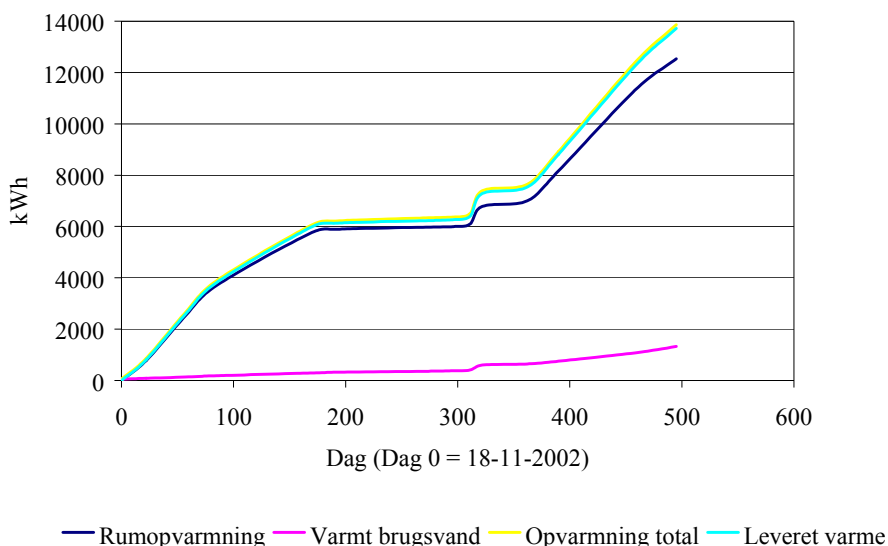
ventiler og pumper mm placeret mellem fjernvarmeværket måler og de to varmemålere på gulvvarme og varmt brugsvand. På varmerør er udført 5-10 mm isolering. I Figur 8 er vist et billede af installationen



Figur 8. Fjernvarmeinstallationen i forsøgshuset i Snekkersten. Der er rørisolering (sort) på lige rørstykker, men ikke bøjninger. Varmeveksler, pumpe og ekspansionsbeholder mv. er placeret øverst til højre og varmtvandsbeholder øverst til venstre (uden for billedet).

En stor del af varmetabet bidrager til rumopvarmningen, men en ikke ubetydelig del vil ikke kunne nyttiggøres, idet bl.a. varmetab udenfor fyringssæsonen ikke vil kunne nyttiggøres.

I nedenstående Figur 9 er vist resultater af varmemålinger foretaget over en periode på 495 dage svarende til 18/11-2002 til 25/3-2004. Knækket i kurverne omkring dag 300 skyldes dels indflytning af beboere og dermed forbrug af varmt brugsvand samt at fyringssæsonen 2003/2004 starter på dette tidspunkt.



Figur 9. Varmeforbrug siden november 2002, hvor huset stod færdigt.



Det fremgår af Figur 9 at der ikke kan registreres et varmetab i varmeinstallationen, da det målte totale forbrug (leveret varme) stort set er lig med summen af de målte energiforbrug i gulvvarmeanlægget og til varmt brugsvand (opvarmning total). En del af forklaringen er at varmeinstallationen er delvist isoleret samt at varmetabet fra varmtvandsbeholderen indgår i målingen af varmtvandsforbruget, idet der er målt på primærsiden umiddelbart før beholderen. Tages der hensyn til dette, må der stadig kunne forventes et varmetab på i størrelsesordenen 500 kWh. Den sandsynlige forklaring på at der ikke kan registreres et varmetab skal søges i varmemålerens nøjagtighed, der ifølge producenten Kamstrup som standard er 3 %. Da der imidlertid er tale om et lavenergihus med små vandmængder på primærsiden og små temperaturforskelle på sekundærsiden (gulvvarmeanlægget), vil nøjagtigheden sandsynligvis være lidt dårligere. Dette skal ses i lyset af at der på primærsiden er konstateret en gennemsnitlig volumenstrøm på ca. 0,03 m<sup>3</sup>/h, mens flowdelen kan måle på op til 1,5 m<sup>3</sup>/h, og at forskellen på frem- og returløbtemperaturen i gulvvarmekredsen er målt til i gennemsnit ca. 3°C, hvor nøjagtigheden på de to lommefølere i hhv. fremløb og returløb er 0,02 °C. På basis af ovenstående må det konkluderes at det forventede varmetab i varmeinstallationen er så relativt lille, at det forsvinder i fejlvisninger.

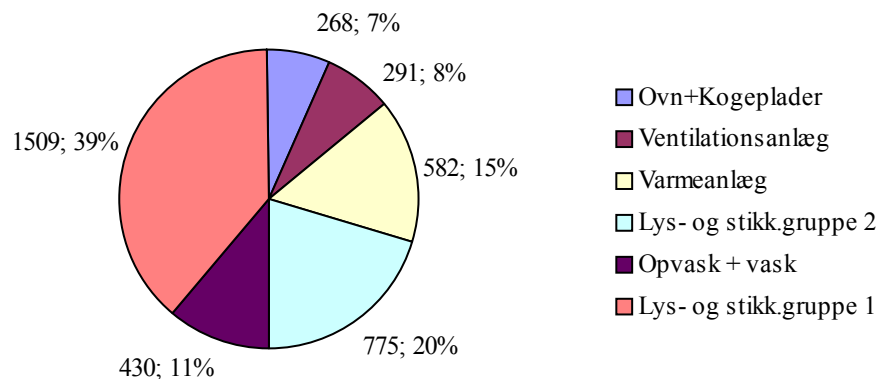
### 2.2.7 Elforbrug

Der redegøres for elmålinger foretaget over en periode på 117 døgn, fra 20/12-2003 til 14/4-2004. Målinger er foretaget på de grupper af apparatur og installationer, som der er anført i Tabel 1.

Tabel 1. Oversigt over målere på grupper af apparatur og installationer

Måler	Bemærkninger
Lys- og stikk.gruppe 1	Alle rum undtagen køkken og bryggers
Lys- og stikk.gruppe 2	Køkken og bryggers
Varmeanlæg	Pumpe, varmestyringer og målesystemer
Opvask + vask	Vaskemaskine, tørretumbler (aftræk) og opvaskemaskine
Ovn + kogeplader	
Ventilation	Mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding

Det samlede elforbrug i perioden var 1235 kWh, hvilket kan opskaleres til et årligt forbrug på 3853 kWh. Elforbruget fordelt på de enkelte grupper er vist i Figur 10.



Figur 10. Elforbruget fordelt på forskellige grupper af apparatur og enkelt-komponenter, med angivelse af kWh/år og pct-andel af det samlede elforbrug.

Det ses at elforbruget på lys- og stikk. gruppe 1+2 ikke overraskende udgør over en stor del af det samlede elforbrug (59 %). Der er et forholdsvis stort forbrug til varmeanlægget, hvilket hovedsageligt skyldes forbruget til den traditionelle cirkulationspumpe (Grundfos UPS), men også elforbruget til energimålere mv. bidrager væsentligt. Elforbruget til hårde hvidevarer fås som summen af grupperne ”opvask + vask” og ”ovn + kogeplader” samt forbruget til køle-/fryseskab der indgår i ”lys- og stikk. gruppe 2” og altså ikke måles separat. Energiforbruget til køle-/fryseskabet er på grundlag af standardtest målt til 1,15 kWh/døgn svarende til 420 kWh/år eller 11 % af det samlede elforbrug. På denne baggrund udgør elforbruget til hårde hvidevarer 29 % (11+7+11).

Forbruget for de enkelte hvidevarer, deres andel af det samlede forbrug, de forventede forbrug samt energiklassificeringen fremgår af Tabel 2.

Tabel 2. Målte og forventede el-forbrug til hårde hvidevarer i kWh/år. De forventede forbrug er baseret på data fra fabrikanter/importører.

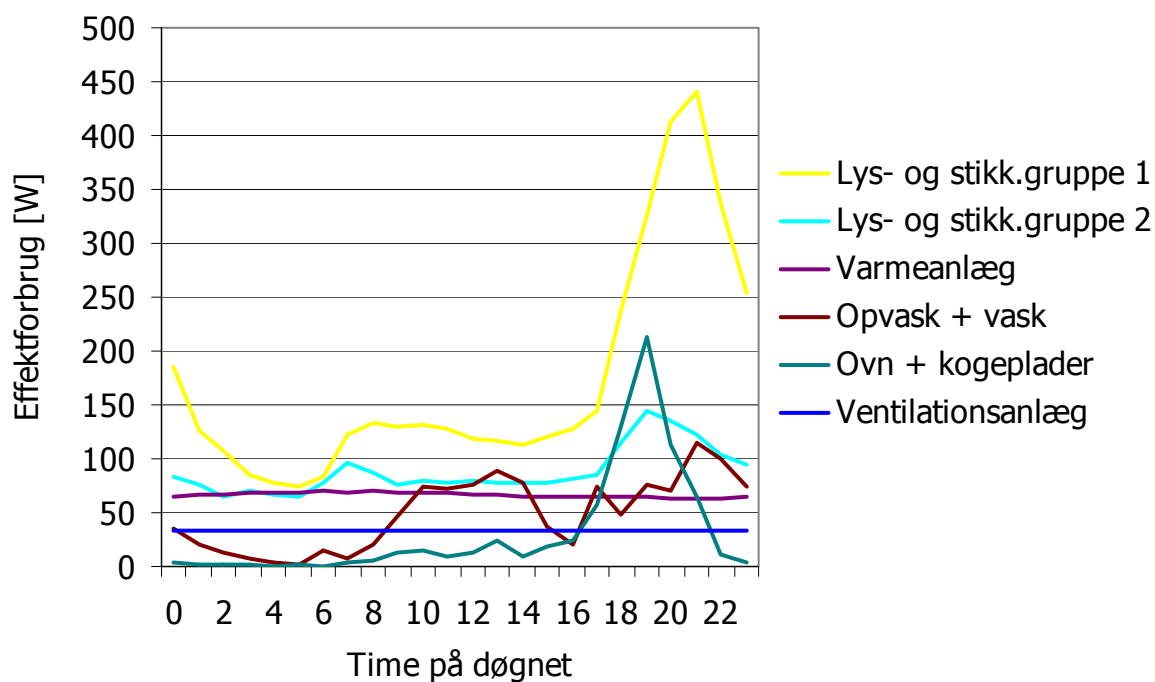
Apparatur	Målt	Andel i pct.	Forventet	Energiklasse
Opvaskm+vaskm.+tørretumbler	430	38	- <sup>1)</sup>	A, A, C
Ovn+kogeplader	268	24	- <sup>2)</sup>	B
Køle/fryseskab	420 <sup>3)</sup>	38	420	B
I alt	1118	100	-	-

<sup>1)</sup> 1,05 kWh pr. vask til opvaskemaskine på standardprogram, 0,95 kWh pr. vask til vaskemaskine v. 60° kulørt vask og 3,3 kWh pr. vask til tørretumbler på standardprogram (skabstørt, 70 % restfugt, 85 min.).

<sup>2)</sup> 0,95 kWh/time ved 200° (traditionel), 0,99 kWh/time (varm luft).

<sup>3)</sup> Ikke målt separat. Forbrug antaget som forventet baseret på standardtest.

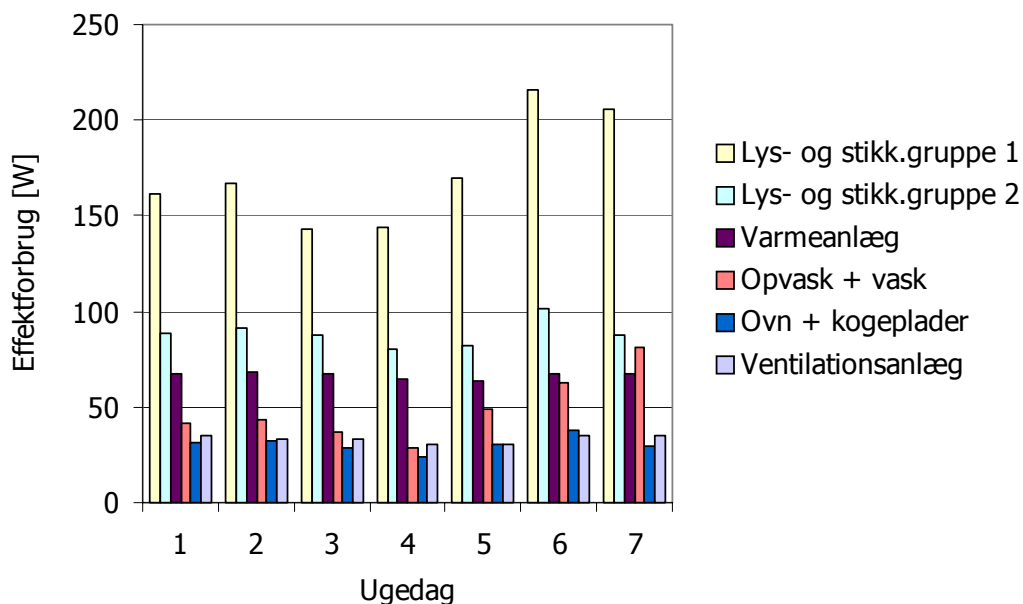
Elforbrugets fordeling over døgnet er interessant og afgørende for hvor meget der kan nyttiggøres til rumopvarmning. I Figur 11 er vist effektforbrugets døgnvariation på de enkelte grupper.



Figur 11. Middel-effektforbrug pr. time på døgnet.

Der er tale om et klassisk forbrugsmønster for en udearbejdende familie med små børn, hvor der primært er elforbrug i aften timerne. Det ses også at effektforbruget midt om natten (time 3, 4 og 5) på lys- og stikk. gruppe 1 er ca. 80 W, hvilket må antages at skyldes diverse ”stand-by-forbrug”. 80 W svarer til 700 kWh på årsbasis. Stand-by forbruget for lys- og stikk. gruppe 2 er omkring 20 W, når der ses bort fra forbruget til køle/fryseskab.

I Figur 12 er vist effektforbruget opgjort som middeleffekt for hver enkelt ugedag.



Figur 12. Middel-effektforbrug pr. ugedag.

---

Det ses at elforbruget på de fleste grupper er meget konstant. Det ses dog at forbruget på lys- og stikk. gruppe 1 ikke overraskende er noget større i weekenden. Således er forbruget lørdag/søndag i gennemsnit 34 % større end på hverdage. Desuden ses det at forbruget på gruppen ”opvask+vask” især ligger i weekenden (særligt søndag).

Der er foretaget en detaljeret kortlægning af alle el-komponenter i huset, herunder hårde hvidevarer, belysningsarmaturer, små-apparatur, pumper mm, med henblik på fordeling af de målte grupperede elforbrug/varmetilskud på husets rum og døgnets timer samt som grundlag for en vurdering af hvor der kan opnås relevante elbesparelser. Der er bl.a. foretaget registrering af mærke/type, mærkeeffekt og rumplacering. Der har været behov for at estimere af den årlige brugstid for visse komponenter, især små-apparatur, hvilket er foretaget på baggrund af bl.a. oplysninger fra beboerne.

I bilag 2 er præsenteret resultater af kortlægningen. Brugstider mv. er tilpasset så det samlede årlige elforbrug svarer til det samlede målte forbrug opskaleret til et årsforbrug. Desuden er vist en række tabeller, hvor elforbruget er opdelt på komponenter hvis hovedformål er varmeproduktion (varme), komponenter til belysning (lys), elektronik og mekanik samt fordeling på de enkelte rum.

Med dette som udgangspunkt og med kendskab til hvor stor en del af elforbruget der bliver til potentielt varmetilskud, kan varmetilskuddet til de enkelte rum bestemmes på timebasis.

### **2.2.8 Elforbrug i varmeanlæg**

Det gennemsnitlige effektforbrug til varmeanlægget har været 66 W i måleperioden. I perioden har pumpen (en typisk Grundfoss UPS 25-40) kørt med en hastighed svarende til både trin 3 og trin 1. Trin 3 svarer til VVS-installatørens typisk indstilling i traditionelle huse, der sikrer den nødvendige varme hele året. I det aktuelle højisolerede hus kan setpunktet for indetemperaturen dog formentlig opretholdes selv i meget kolde perioder med en pumpeindstilling på trin 1, hvor elforbruget er betydeligt mindre. I den periode hvor pumpen har været indstillet på trin 3 har forbruget i gennemsnit været 72 W og i perioden på trin 1 har forbruget været 38 W. Fratrækkes ”standby forbrug” til 3 stk. energimålere (målt til 2,5 W pr. stk.) fås et forbrug til pumpe og varmestyring på 30 W i sidstnævnte periode, hvilket stemmer overens med en mærkeeffekt på ca. 30 W på trin 1. Forskellen på trin 1 og trin 3 er målt til 34 W, hvilket også harmonerer med at mærkeeffekttaget er 30 W større på trin 3.

Det skal bemærkes at det muligvis kan være et problem at anvende en UPS pumpe på trin 1, når der som oftest er store forskelle i trykfaldet i de enkelte gulvvarme kredse. Med en lille pumpeeffekt og kald på varme fra mange kredse risikerer man at vandet kun strømmer ud i kredse med mindst trykfald. Dette problem kan afhjælpes med en pumpe der automatisk regulerer til den nødvendige hastighed (f.eks. type Grundfoss Alpha+). Denne pumpe har dog et forbrug på minimum 25 W og op til 60 W og den energimæssige gevinst ved at anvende en sådan pumpe er derfor umiddelbart tvivlsom (medmindre man sammenligner med en UPS pumpe indstillet på det traditionelle trin 3).

Elforbruget til cirkulationspumper er generelt betydeligt i enfamiliehuse, hvilket målingerne dokumenterer, og det er altså tvivlsomt om der kan opnås en besparelse ved at anvende såkaldte sparepumper. Der er derfor et behov/marked for udvikling af små cirkulationspumper med væsentligt lavere energiforbrug, især set i lyset af de kommende skærpede energikrav til nybyggeri.

## 2.2.9 Elforbrug til ventilation

Det gennemsnitlige effektoptag til ventilationsanlægget har i måleperioden været 33 W. Anlægget har i perioden kørt på to trin 3 (de første tre uger) og trin 2 (resten af tiden). Luftmængderne er efter perioden blevet kontrolleret og målingerne viste en luftmængden på ca. 170 m<sup>3</sup>/h på trin 3 og 110 m<sup>3</sup>/h på trin 2, svarende til et luftskifte på ca. 0,65 og 0,40 h<sup>-1</sup>. Hertil skal tillægges luftskiftet via utætheder i klimaskærmen, som ud fra resultatet af en standard trykprøvning af huset er fastsat til ca. 0,1 h<sup>-1</sup>. Bygningsreglementets normal-krav til luftskiftet er 0,5 h<sup>-1</sup>, og det samlede luftskifte på trin 2 svarer altså derfor til dette normal-krav. Elforbruget på de to trin har i gennemsnit været hhv. 61 W og 26 W.

## 2.2.10 Internt varmetilskud

I dette afsnit redegøres der for interne varmetilskud fra personer, el-apparatur og belysning.

Varmetilskuddet fra personer vurderes ud fra familiens overordnede brug af huset. I Tabel 3 er vist en oversigt over antal personer og opholdstidspunkt samt varmeafgivelse. Varmeafgivelsen er baseret på standardtal ved normal aktivitet, svarende til 100 W for voksne og 50 W for børn. Med de givne forudsætninger kan beregnes et potentielt varmetilskud på 1,42 W/m<sup>2</sup>.

Tabel 3. Opholdstid og varmeafgivelse.

Rum	Antal personer	Opholdstidspunkt	Timer pr. dag	Varmeafgivelse [W pr. person]	Varmeafgivelse [W/m <sup>2</sup> ]
Værelse E	1	23.00-7.00	8	50	0,13
Bad 2	2	7.00-8.00	1	50	0,03
Værelse C	1	16.00-17.00	1	100	0,03
Værelse D	1	23.00-7.00	8	50	0,12
Køkken/alrum	2	17.00-23.00	6	75	0,28
Stue	2	17.00-23.00	6	75	0,28
Soveværelse	2	23.00-7.00	8	100	0,49
Bad 1	2	7.00-8.00	1	100	0,06
Entre	0	-	0	0	0,00
Bryggers	0	-	0	0	0,00
Gang	0	-	0	0	0,00
Total					1,42

Størstedelen af elforbruget omsættes til varme. For visse hårde hvidevarers vedkommende går den udviklede varme dog helt eller delvist tabt, og dette gælder bl.a. varme fra komfur, opvaskemaskine, vaskemaskine, aftræks-tørretumbler og udendørs belysning. Der er derfor behov for at foretage vurderinger af hvor meget af den udviklede varme der bliver til potentielt varmetilskud, der kan udnyttes til rumopvarmning.

Der foreligger ikke umiddelbart veldokumenterede undersøgelser af hvor meget varmespild der er fra diverse hvidevarer mv. Der findes dog overslagsmæssige angivelser i [1], hvor der anføres at der i gennemsnit kan regnes med at 60-70 % af det samlede elforbrug til apparatur (ekskl. belysning) bliver til potentielt varmetilskud i boliger.

---

Elforbruget i vaskemaskiner går til opvarmning af vaskevand, til motoren og lidt til styring/automatik. El til motoren udgør ca. 10-20 %. Elforbruget til en typisk vask af 5 kg tøj ved 60 °C er ca. 1 kWh. En sådan vask varer ca. 2 timer og består typisk af en times vask med varmt vand og 1 times skyld med koldt vand. Varmetilskuddet fra en typisk vask vil derfor udgøres af motorvarmen og den varmeafgivelse der kommer fra vaskemaskinen i løbet af den første time. Det vurderes på denne baggrund at det potentielle varmetilskud er ca. 40 %. Det samme antages for opvaskemaskiner.

Der findes to typer tørretumblere; aftræk og kondens. Aftrækstumblere bruger rumluften (mellem 40 og 200 m<sup>3</sup> luft i timen), så der skal tilføres en tilsvarende mængde frisk luft til rummet og der er behov for et aftræk til det fri. Kondensstumbleren kræver ikke aftræk, da det meste af den fugtige luft kondenseres og ledes til en beholder eller afløb i gulvet. Ved udkondensering af vasketøjets vand frigøres en varmemængde der er identisk med fordampningsvarmen og kondensstørretumblere giver derfor et væsentligt større varmetilskud end aftrækstørretumblere. Elforbruget til tørring af 5 kg tøj er typisk 2,5 – 4 kWh. Elforbruget til motoren er det samme som for en vaskemaskine, hvorfor langt det største effektoptag sker i varmelegemet i tumbleren. Det må antages at der stort set ikke er noget potentielt varmetilskud fra aftrækstumblere, mens ca. 100 % af kondensstumbleres elforbrug bliver til varmetilskud.

Den udviklede varme fra komfur (ovn og kogeplader) vil i nogen grad blive fjernet via. emhætte eller via udsugningsventiler i eventuelle mekaniske ventilationsanlæg. Moderne komfurer er ofte forsynet med flere lag varmereflekerende/-isolerende glas i frontlågen og 3-5 cm isoleringsmateriale og i de øvrige flader, hvilket mindsker varmetabet til rummet og forøger ventilationstabet via. emhætte ift. ældre komfurer. For typiske komfurer vurderes det at 50 % af elforbruget bliver til potentielt varmetilskud.

Varmetilskud fra ventilationsanlæggets ventilatorer og styringselektronik indregnes i temperaturvirkningsgraden.

På baggrund af ovennævnte varmespild-procenter, kan der beregnes et potentielt varmetilskud fra el-apparatur og belysning på 2,63 W/m<sup>2</sup>.

### **2.2.11 Varmetab fra varmerør og varmtvandsbeholder**

Varmetabet fra varmtvandsbeholderen og den øvrige varmeinstallation i bryggers er betydeligt, og der er derfor behov for at vurdere størrelsen af dette varmetilskud. Varmetabet fra varmtvandsbeholder sættes til 1200 MJ/år (= 38 W), som svarer til et typisk varmetab fra en lille beholder ved en beholdertemperatur på 55 °C og en rumtemperatur på 20 °C.

Varmetabet fra den øvrige varminstallation indeholder varmetab fra fjernvarmeuniten samt den rørføring der forbinder uniten med fordelerrør/ventiler til gulvvarmen, varmtvandsbeholderen og det sted hvor fjernvarmen kommer ind i huset. Varmeinstallation består af rør med forskellige dimensioner, isoleringsgrad og fremløbs- og returløbstemperaturer, og det er derfor ikke helt nemt at vurdere varmetabet. Varmetabet opgøres med basis i varmetabet fra de længere lige rørstrækninger, der for de flestes vedkommende er isoleret med 10 mm svarende til et varmetab på ca. 0,40 W/mK. Baseret på målte frem- og returløbstemperaturer og kendskab til dimensionerne på varmeinstallationen, er der opgjort en ækvivalent isoleret rørlængde på 7,5 m og en tilhørende middeltemperaturforskel mellem rør og omgivelser på 25 °C. Herudfra kan beregnes et varmetab på 75 W. Samlet set vurderes det altså at der i fyringssæsonen vil være en gennemsnitlig

---

effektafgivelse på 113 W fra varmeinstallationen svarende til  $0,84 \text{ W/m}^2$ . Det skal bemærkes at varmeafgivelsen fra pumpen indgår i varmetilskuddet fra el-apparat mm.

### 2.2.12 Sammenfatning af måleresultater

Der er i måleperioden (24/9-2003 – 12/4-2004) målt en gennemsnitlig udetemperatur på  $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Solpåvirkningen har i perioden svaret omtrent til normalen, dog har november måned 2003 været betydeligt mere solfattig end normalt. Der er målt en gennemsnitlig indetemperatur på  $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ventilationsanlæggets temperaturvirkningsgrad har under normal drift ligget på omkring 80 %. Der er forekommet kortere perioder med hård frost, hvor der har været en nedsat temperaturvirkningsgrad pga. tilisning. Den mekanisk ventilerede luftmængde har i perioden ligget på et niveau svarende til et luftskifte på  $0,4 \text{ h}^{-1}$ . Hertil skal tillægges et luftskifte pga. utætheder i klimaskærmen, der tidligere er bestemt til ca.  $0,1 \text{ h}^{-1}$ .

Der er i perioden målt et energiforbrug til rumopvarmning på 6847 kWh og et varmt vandsforbrug på 1017 kWh (årligt 1837 kWh). Der har ikke kunne måles et varmetab fra varmeinstallationen, hvilket ikke betyder at der ikke er et varmetab, men at det er lille og derved til dels forsvinder i fejlvisninger.

El-forbruget er målt over en 4 måneders periode, og det målte forbrug kan på simpel vis opskaleres til et årsforbrug på 3853 kWh. Procent-andelen af el-forbruget til apparatur med varmespild, der potentielt kan nyttiggøres til rumopvarmning, svarende til vask/opvask, tørretumbler (aftræk) og komfur er vurderet til hhv. 40 %, 10 % og 50 %.

Varmetilskuddet fra personer, el-apparat og belysning er opgjort til  $4,05 \text{ W/m}^2$ . Varmetabet fra varmeinstallationen er  $0,84 \text{ W/m}^2$ .

### 2.2.13 Målinger af varmeforbrug sammenlignet med detaljerede beregninger

I det følgende gennemgås forskellene mellem de forventede/beregnete og målte forhold i huset. Efterfølgende redegøres der for detaljerede beregninger af opvarmningsbehovet foretaget i bygningssimuleringsprogrammet BSIM 2002 [3], der baseres på målingerne, og hvor formålet er eftervisning af opvarmningsbehovet og validering af beregningsmodellen.

Sammenligner man måleresultaterne med de forventede forhold, svarende til normale beregningsforudsætninger, giver dette anledning til følgende kommentarer:

- Der er målt en væsentligt højere indetemperatur ( $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) end svarende til normale beregningsforudsætninger ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Der er målt/opgjort et mindre internt varmetilskud fra personer, el-apparat og belysning ( $4,05 \text{ W/m}^2$ ) end svarende til normale beregningsforudsætninger ( $5 \text{ W/m}^2$ ).
- Der er målt en lidt lavere temperaturvirkningsgrad i ventilationsanlægget (ca. 80 %) end de forventede 85 %.
- Der er målt en lidt højere temperaturer i gulvvarmeslangerne (ca.  $33 \text{ }^\circ\text{C}$ ) end de forventede  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Der er målt en lidt højere udetemperatur ( $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) end de forventede  $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (DRY).
- Den målte solpåvirkning svarer til et energitilskud, der er 10 % større end med DRY.

Alle ovennævnte forhold undtagen de to sidstnævnte giver anledning til et større opvarmningsbehov end forventet/beregnet.

Det fremgår at det samlede potentielle interne varmetilskud er noget mindre end de  $5 \text{ W/m}^2$ , der normalt benyttes ved beregning af boligens opvarmningsbehov. Denne standard-værdi er en gennemsnitlig værdi for hele den opvarmede del af boligen og hele døgnet i fyringssæsonen, og anvendes normalt som sådan, dvs. med en ligelig fordeling på de enkelte rum. Typisk er varmeafgivelsen dog langt fra ligeligt fordelt, men koncentreret i primært aften-timerne, hvilket også fremgår af målingerne. Dette betyder at en detaljeret medtagelse af det interne varmetilskud, vil give anledning til en bedre udnyttelse af den udviklede varme i især den første og sidste del af fyringssæsonen, da varmeafgivelsen ikke vil falde sammen med solindfaldet om dagen og de tilhørende moderate temperaturforskelle mellem ude og inde.

Energiforbruget til rumopvarmning er for det første beregnet for en model, der svarer til de forventede forhold (oprindelig model). Desuden er energiforbruget beregnet for en model af huset baseret på målingerne, herunder brug af faktiske klimadata målt i det betragtede periode detaljeret medtagelse af det interne varmetilskud. Betydningen af indetemperaturen undersøges, idet det beregnes hvor meget varmeforbruget kunne være reduceret, hvis beboerne havde haft en indetemperatur på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Det skal bemærkes at der i beregninger er medtaget varmetabet fra varme- og varmtvandsrør samt varmtvandsbeholder, så der derved på detaljeret vis er beregnet hvor meget af denne varmeafgivelse der nyttiggøres.

Tabel 4: Beregnet energibalace for perioden 24/9-2003 til 12/4-2004.

Energibalace		Oprindelig model <sup>1)</sup>	Målt 1 <sup>2)</sup>	Målt 2 <sup>3)</sup>	Målt 3 <sup>4)</sup>
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
$Q_{\text{opv}}$	Energiforbrug til opvarmning	4702	6549	5314	5193
$Q_{\text{inf}}$	Nettobidrag ved infiltration	-739	-808	-712	-737
$Q_{\text{udl}}$	Varmetab ved udluftning	-18	-12	-31	-19
$Q_{\text{sol}}$	Energi tilført ved solindfald	1211	1330	1330	1211
$Q_{\text{pers}}$	Varme tilført fra personer	0	929	929	929
$Q_{\text{udst}}$	Varme tilført fra udstyr mm.	3811	2263	2263	2263
$Q_{\text{trans}}$	Trans. tab via klimaskærm	-7978	-9556	-8464	-8190
$Q_{\text{mix}}$	Vent. tab til naborum	-79	-40	-52	-56
$Q_{\text{vent}}$	Vent. tab via ventilationsanlæg	-909	-656	-577	-595

<sup>1)</sup> Baseret på normale beregningsforudsætninger, herunder et internt varmetilskud på  $5 \text{ W/m}^2$ , rumtemperatur på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , mekanisk ventileret luftmængde på  $60 \text{ l/s}$  svarende til krav i BR1995 og et udeklima svarende til det Danske Design Reference År (DRY). Varmetilskud fra personer og varmeinstallation er inkluderet i ”varme tilført fra udstyr mm”.

<sup>2)</sup> Baseret på målingerne. Setpunktet for indetemperaturen er i modellen valgt således at middeltemperaturen for måleperioden svarer til den målte middeltemperatur på  $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

<sup>3)</sup> Som model målt 1, men med indetemperatur (setpunkt) på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

<sup>4)</sup> Som model målt 1, men med indetemperatur (setpunkt) på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  og udeklima svarende til DRY.

Det fremgår af den reviderede model 1 i Tabel 4, at energiforbruget til rumopvarmning kan beregnes til  $6549 \text{ kWh}$ . Energiforbruget er, som tidligere omtalt, målt til  $6847 \text{ kWh}$ , og den detaljerede beregning undervurderer således energiforbruget med  $298 \text{ kWh}$  eller omkring  $4 \%$ . Det forhold at der er regnet med ventilation med  $80 \%$  varmegenvinding, som målt under normal drift af anlægget, er lidt på den sikre side, da der ikke er taget højde for en nedsat varmegenvinding i nogle få perioder med meget lave udetemperaturer. Dette forhold kan forklarer en del af afvigelsen



---

mellem det målte og beregnede energiforbrug. Overordnet set er det altså tydeligt at BSIM 2002-modellen giver en særdeles fornuftig vurdering af husets opvarmningsbehov under reel beboelse og givne randbetingelser.

Energiforbruget for den oprindelige model, svarende til normale beregningsforudsætninger, er væsentligt mindre end det målte energiforbrug, hvilket primært skyldes en betydeligt lavere indetemperatur og et lidt større internt varmetilskud.

Konekvensen af at benytte en setpunktstemperatur på 20 °C er undersøgt i form af den model målt 2. Beregningen viser at den gennemsnitlige indetemperatur derved bliver 20,4 °C, mens den i måleperioden var 22,8 °C, og at energiforbruget reduceres med 19 %. Der er således tale om en besparelse i energiforbruget på 8 % pr. grad nedsat indetemperatur.

### 2.3 Målinger sammenholdt med forventede krav til bruttoenergiforbrug

I forbindelse med indførelse af skærpede krav i Bygningsreglementet til energiforbruget i bygninger bliver der indført krav om overholdelse af en energiramme, der for boliger vil omfatte det samlede behov for tilført energi til dækning af varmetab, ventilation, eventuel køling og varmt brugsvand (jf. udkast til nye energibestemmelser [2]), der også kan udtrykkes som boligens samlede energiforbrug på nær elforbrug til apparater og belysning. Energiforbruget til dækning af dette energibehov benævnes bruttoenergiforbruget. De ændrede bestemmelser indføres i år 2005 (efter en høringsperiode frem til 1. september 2004), og vil efter en overgangsperiode være permanent gældende fra 1. januar 2006. Eftervisning af at bestemmelserne er overholdt vil for boliger således i fremtiden skulle baseres på beregninger af energiforbrug til rumopvarmning, eventuel køling, varmt brugsvand, energitab i kedler og varmtvandssystemer samt elforbrug til pumper og ventilatorer.

Energirammen angiver et mindstekrav. Med de nye energibestemmelser er der samtidig er lagt op til en klassificering af lavenergibygninger svarende til bygninger hvor energiforbruget ikke overstiger 75 pct. (klasse 2) og 50 pct. (klasse 1) af energirammen.

Det vil være interessant at sammenholde de målte energiforbrug med de forventede krav til bruttoenergiforbruget. For boliger udtrykkes energirammen således:

$$(260 + \frac{8000}{A}) MJ / m^2 \text{ pr. år.}$$

hvor A er det opvarmede etageareal.

Energirammen for det konkrete hus er således:

$$(260 + \frac{8000}{135}) MJ / m^2 = 319 MJ / m^2 = 11972 kWh$$

I nedenstående Tabel 5 er opgjort bruttoenergiforbruget for huset baseret på målingerne. Energiforbrug til rumopvarmning er målt i langt størstedelen af fyringssæsonen inklusiv hele vinterperioden, hvor det største forbrug ligger, og derfor antages dette forbrug at repræsentere det årlige forbrug til rumopvarmning. Energiforbruget til varmt brugsvand antages at være det samme i årets øvrige måneder som gennemsnittet af forbruget i måleperioden og er målt på primærsiden

således at varmetabet fra varmtvandsbeholderen er inkluderet. Årsnyttevirkningen for varmeanlægget kan, da der er tale om et fjernvarmeanlæg, sættes til 100 %.

Tabel 5. Bruttoenergiforbruget baseret på målinger i perioden 24/9-2003 til 12/4-2004. Alle tal-angivelser er i kWh/år. El-behov indgår med en primærenergifaktor på 2,5 ved opgørelse af bruttoenergiforbruget.

Varme- og el-behov	Energiforbrug	Energiforbrug primærenergi	Bemærkninger/forudsætninger
Rumopvarmning	6847	6847	
Varmt brugsvand	1838	1838	Inkl. varmetab fra beholder.
Varmetab fra varmeinstal.	657	657	Varmetab fra varmeinstallation (ekskl. varmtvandsbeholder): 75 W.
El til varmeanlæg	197	491	Cirk.pumpe (Grundfos UPS) på trin 1 (30 W). I drift i fyr. sæsonen (sept – maj inkl.)
El til ventilation	228	569	DC-ventilatorer, luftskifte på 0,5 h <sup>-1</sup> inkl. utætheder (26 W). I drift hele året.
I alt		10403	Energiramme: 11972 kWh/år

Det ses at bruttoenergiforbruget for det konkrete hus er målt til 10403 kWh pr. år, hvilket svarer til 87 % af energirammen. Det skal bemærkes at forbrug af varmt brugsvand iht. udkastet til nye energibestemmelser skal indregnes som 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> etageareal. Under antagelse af opvarmning fra 10 °C til 55 °C, svarer dette til 1753 kWh for det konkrete hus. Det målte forbrug er 1838 kWh, så der er altså god overensstemmelse.

De målte inde- og udeklima forhold afviger væsentligt fra de beregningsforudsætninger, der skal benyttes ved eftervisning af at energirammen er overholdt. Benyttes disse, svarende til et setpunkt for indetemperaturen på 20 °C og udeklima som DRY, fås et bruttoenergiforbrug på 8749 kWh pr. år. eller 73 % af energirammen, hvilket lige netop svarer til en klassificering som lavenergihus i klasse 2. Huset opfylder altså med god margen de forventede krav til bruttoenergiforbruget.

---

### 3 ELFORBRUGETS BETYDNING FOR VARMEFORBRUGET

Størstedelen af elforbruget i boliger omsættes til varme der potentielt kan nyttiggøres til rumopvarmning. Hvis man nedsætter elforbruget ved at bruge lavenergiprodukter, vil det forøge energiforbruget til rumopvarmning. Betydningen af et lavere elforbrug undersøges i det følgende.

I boliger falder en del af den el-relaterede varme (og personvarme) på tidspunkter, hvor der ikke er behov for varme, men i typiske husstande med udearbejdende voksne vil en stor del af el-forbruget ligge i aftentimerne, hvor der ofte er et varmebehov, idet der ikke er varmtilskud fra solindfald og samtidig et større transmissionstab (lavere udetemperaturer end om dagen). Dette giver umiddelbart en god udnyttelse af det el-relaterede varmetilskud i store dele af fyringssæsonen. Omvendt vil en væsentlig bedre isolering og ventilation med varmegenvinding mv. i fremtidens huse, indebærer en kortere fyringssæson og alt andet lige en mindre udnyttelse af ”el-varmen”.

Det skal bemærkes at brændselsforbruget til konventionel el-produktion er flere gange større end til varmeproduktion, hvilket betyder at marginalprisen på el er ca. tre gange så høj som på varme. Da det el-relaterede varmetilskud ikke kan udnyttes fuldt ud, vil den økonomiske gevinst ved el-besparelser være flere gange større end den stigende udgift til varme.

Elforbrugets konkrete betydning for varmekonsumet i det aktuelle hus, undersøges nærmere i det følgende.

#### 3.1 Metode/fremgangsmåde

Der tages udgangspunkt i en beregningsmodel (grundmodel) af det aktuelle hus, hvor der anvendes typiske randbetingelser, svarende til det danske design reference år (DRY) og et normalt setpunkt for indetemperatur på 20 °C. Det interne varmetilskud baseres på målinger/erfaringer fra måleperioden, svarende til brugsmønstret for en almindelig familie i dagens Danmark. Denne beregning sammenlignes med en beregning på en ”el-spare-model”, hvor det mest oplagte apparatur og belysningsarmaturer udskiftes med de bedste lavenergiprodukter på markedet. Ved at sammenligne ændringen i varmekonsumet med ændringen i det potentielle varmetilskud fra elforbrug, kan sammenhængen mellem forbruget af el og varme belyses. Fyringssæsonen defineres som månederne september til maj (inkl.).

Da effekten på varmekonsumet afhænger af en række parametre der ikke er konstante, foretages der derfor en række parametervariationer, som der er redegjort for i Tabel 6 og nedenfor.

Tabel 6. Oversigt over variationer på parametre af væsentlig betydning for varmekonsumet til rumopvarmning.

Parameter	Reference	Parametervariation
Setpunkt indetemperatur	20 °C	21, 23 °C
Klimadata	DRY	Koldt forår/efterår <sup>1)</sup>
Ventilation	Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding	Naturlig ventilation
Orientering	Sydvendt stue	Vestvendt

<sup>1)</sup> Defineres i denne sammenhæng som månederne april, maj, september, oktober og november.

---

Det fremgår af Tabel 6, at to højere temperaturniveauer undersøges. Det første er 21 °C, som i praksis er den typiske komforttemperatur. Det andet og noget højere niveau er 23 °C, hvilket må betragtes som sjældent, og som primært vil kunne forekomme i huse med småbørnsfamilier.

Variation mht. klimadata foretages ud fra et bud på et koldt forår og efterår i Danmark og består af de fem måneder april, maj, september, oktober og november, udvalgt fra de 15 års vejrdata, der er grundlag for DRY, idet månederne med lavest middeltemperatur i perioden 1975-1989 benyttes. I Tabel 7 er således vist hvilke år det andet klimasæt består af samt middeludetemperaturer for disse måneder og de tilsvarende måneder i DRY.

Tabel 7. Koldeste måneder i fyringssæsonens overgangsperioder udvalgt fra de 15 års vejrdata, der ligger til grund for DRY. Til sammenligning er vist månedsmiddeltemperaturen i DRY.

Måned	År	Koldeste måned [°C]	DRY [°C]
April	1986	4,1	5,6
Maj	1987	9,2	11,3
September	1986	10,0	12,5
Oktober	1979	7,9	9,1
November	1985	1,9	4,8

Det skal bemærkes at der i det ”kolde” referenceår naturligvis indgår tilhørende soldata for de udvalgte måneder, hvilket ikke nødvendigvis vil betyde et større varmebehov (eller bedre udnyttelse af det interne varmetilskud), da solindfaldet kan være større end i DRY.

Med hensyn til ventilation foretages en variation svarende til anvendelse af naturlig ventilation frem for ventilation med varmegenvinding. I tilfældet med varmegenvinding er antaget en temperaturvirkningsgrad på 80 % og by-pass af udeluft ved udetemperaturer over 16 °C. Luftmængden er sat til 0,6 gange i timen svarende til 0,1 til infiltration og 0,5 til mekanisk ventilation eller kontrollerbar naturlig ventilation. Luftmængden ved mekanisk ventilation er derved ikke iht. gældende regler, hvor den krævede luftmængde pga. krav til udsugning fra køkkener, baderum og bryggers er væsentligt større for det aktuelle hus, men det kan i forbindelse med de nye energibestemmelser forventes at de krævede luftmængder harmoniseres, så de er de samme uanset om der anvendes naturlig ventilation eller mekanisk ventilation, og svarende til de ovenfor nævnte, idet diverse undersøgelser og erfaringer viser at et konstant luftskifte på 0,5 er tilstrækkeligt til at opretholde et tilfredsstillende indeklima.

Betydningen af en orientering af husets stuefacade mod vest undersøges, idet husets stuefacade som udgangspunkt er antaget sydvendt. En parametervariation svarende til en nordvendt stuefacade, ville umiddelbart også være relevant, men denne situation forekommer kun sjældent i praksis.

Derudover undersøges et ”best case scenario” mht. udnyttelse af det el-relaterede varmetilskud, hvor der simuleres med en indetemperatur på 23 °C, anvendes klimadata med koldt for-/efterår, naturlig ventilation (ingen varmegenvinding) og hvor stue og køkken/alrum antages vestvendt.

---

## 3.2 El-besparelser

I dette afsnit redegøres for hvor meget elforbruget kan reduceres ved brug af de bedste og mest energieffektive produkter. Udredningen er baseret primært på oplysninger fra Elsparefondens Sparel-sider på nettet og offentliggjorte resultater fra testlaboratoriet i forbrugernes hus. De meste oplagte besparelsetiltag vedrører udstyr med stort effektforbrug og/eller lang driftstid svarende til hårde hvidevarer, Tv-apparatur, pumper og ventilatorer samt belysning.

### 3.2.1 Ventilationsanlæg

Ventilationsanlæg med varmegenvinding i enfamiliehuse kan udformes med et specifikt elforbrug til lufttransport på  $500 \text{ J/m}^3$ , hvilket er konklusionen på et projekt om udvikling af et energieffektivt ventilationsaggregat, jf. [4]. Dette elforbrug svarer til et effektoptag på 18 W ved et luftskifte på 0,5 gange i timen. Det mindre elforbrug vil påvirke effektiviteten af varmeveksleren og varmebehovet minimalt.

### 3.2.2 Cirkulationspumpe

De antages for sandsynligt at de bedste sparepumper på markedet i løbet af den nærmeste fremtid vil have et årsmidleffektoptag på 20 W, når de installeres i et velisoleret hus med et beskedent behov for varmetilførelse. Den mest almindeligt anvendte cirkulationspumpe (Grundfos UPS) har tre hastigheder med manuel omskiftning med et effektoptag på 30 – 60 W.

### 3.2.3 Køle/frys

I nærmeste fremtid indføres en A+/A++ mærkningsordning for køle/frys produkter. Produkter der kan henføres til klasse A++ udgør kun få procent af det nuværende marked. Traditionelle kombiskabe i klasse A++ har typisk et elforbrug på 200 kWh/år.

### 3.2.4 Belysning

Der foreslås følgende energimæssige forbedringer af belysningen (jf. Tabel 8):

Tabel 8. Oversigt over lyskildetyper og deres effektoptag. Der er behov for en tilpasning af sparepærens mærkeeffekt, når glødepærer erstattes af sparepærer, hvilket der er taget højde for.

Lyskildetype	Antal [stk]	Som opført [W]	Bedst på markedet [W]
Lavvolt halogen	34	31	20
Glødelampe60	3	60	15
Glødelampe300	2	300	70
Glødelampe25	2	25	7

### 3.2.5 TV-apparater

De bedste TV apparater på markedet har et effektoptag i drift på ca. 60 W og et standby-forbrug på under 1 W.

### 3.2.6 Vaskemaskine og tørretumbler

Den nuværende A-mærkede vaskemaskine har på grundlag af standardtest for 60°C-normalprogram et elforbrug på 0,95 kWh/vask (tidsforbrug ca. 2 timer), mens de bedste A-mærkede vaskemaskiner på markedet har et elforbrug på 0,66 kWh/vask. Det antages at normalprogrammet er repræsentativt

---

for elforbruget ved vaskemaskinens normale brug, og på den baggrund kan elforbruget reduceres med ca. 30 %.

Den nuværende C-mærkede aftrækstørretumbler har på grundlag af standardtest for normalprogram et elforbrug på 3,3 kWh/portion (tidsforbrug 85 min), mens de bedste A-mærkede tørretumblere på markedet har et elforbrug på ca. 1,65 kWh/portion. Det antages at normalprogrammet er repræsentativt for elforbruget ved vaskemaskinens normale brug, og på den baggrund kan elforbruget reduceres med 50 %.

### **3.2.7 Opvaskemaskine**

De bedste opvaskemaskiner på markedet har et elforbrug på 0,80 kWh/vask (tidsforbrug ca. 2 timer) på grundlag af standardtest for normalprogram. Det antages at normalprogrammet er repræsentativt for elforbruget ved vaskemaskinens normale brug.

### **3.2.8 Ovn**

Den eksisterende ovn er B-mærket og har ved traditionel brug et elforbrug på 0,99 kWh (1 times drift). Elforbruget kan reduceres til 0,57 kWh ved brug af det bedste A-mærkede produkt på markedet svarende til en reduktion på 42 %.

### 3.3 Fordeling af det el-relaterede varmetilskud

De skitserede el-besparelser giver anledning til ændrede varmetilskud i de enkelte rum. Fordelingen af varmetilskuddet over døgnet foretages som tidligere omtalt på timebasis ud fra de udførte el-målinger (grundmodel). I Tabel 9 er vist fordelingen af det el-relaterede varmetilskud før og efter udskiftning til lavenergiprodukter, og er opgjort i pct. af det største varmetilskud for hver time på døgnet svarende til 100 %, hvilket er det format BSIM benytter. For ”øvrige rum” er timefordelingen i pct. af det største varmetilskud ens, hvilket dog ikke gælder værdien af det største varmetilskud for de enkelte rum.

Tabel 9. Fordeling af varmetilskud i pct. af største varmetilskud.

Time	Grundmodel			El-spare-model		
	Bryggers	Køkken/alrum	Øvrige rum	Bryggers	Køkken/alrum	Øvrige rum
1	86	29	29	90	26	29
2	84	25	24	89	22	24
3	84	25	19	89	22	19
4	84	24	17	89	21	17
5	84	23	17	89	21	17
6	86	28	19	91	25	19
7	87	35	28	92	31	28
8	88	33	30	92	30	30
9	90	32	29	93	29	29
10	93	34	30	95	30	30
11	93	32	29	94	28	29
12	93	33	27	94	30	27
13	94	35	26	94	32	26
14	92	32	26	93	28	26
15	87	33	27	91	30	27
16	85	35	29	90	32	29
17	92	45	33	94	42	33
18	91	71	54	95	70	54
19	97	100	74	99	100	74
20	96	79	93	98	76	93
21	100	68	100	100	63	100
22	96	48	76	97	42	76
23	93	41	58	95	36	58
24	88	34	42	92	30	42
Varmetilskud = 100 % [W]	231	251	405	186	172	229

### 3.4 Beregningsresultater

De skitserede oplagte el-besparelser kan forventes at reducere det årlige elforbrug fra 3853 kWh til 2290 kWh (se bilag 3), svarende til en reduktion på 41 %. Det interne varmetilskud fra apparatur og belysning reduceres med 40 % (fra 2,63 W/m<sup>2</sup> til 1,58 W/m<sup>2</sup>).

Hvis der regnes på energiforbruget til rumopvarmning uden og med de skitserede el-besparelser, og med parametervariationer som tidligere omtalt, kan der beregnes energiforbrug og udnyttelsesfaktorer, som vist i Tabel 10. I bilag 4 er specificeret varmebalancer og gennemsnitlige inde- og udetemperaturer for de enkelte beregningsmodeller.

Tabel 10. Beregnede energiforbrug til rumopvarmning for modeller med og uden el-besparelser samt tilhørende udnyttelsesfaktorer for det el-relaterede varmetilskud.

Beregningsforudsætninger	Energiforbrug til rumopvarmning [kWh/m <sup>2</sup> /år]		$\eta_{i,y}$ <sup>1)</sup> [-]	$\eta_{i,h}$ <sup>1)</sup> [-]
	Grundmodel	El-spare-model	Hele året	Fyringssæson
Reference	35,3	40,8	0,53	0,71
INDETEMP21	39,5	45,2	0,56	0,75
INDETEMP23	48,4	54,7	0,61	0,81
KOLDTFOR-/EFTERÅR	38,5	44,4	0,58	0,77
NATURVENT	58,9	65,1	0,60	0,80
VESTVENDT	40,5	46,2	0,55	0,74
BESTCASE	90,7	97,7	0,67	0,90

<sup>1)</sup> Udnyttelsesfaktor for internt varmetilskud =  $\Delta$ Varmeforbrug /  $\Delta$ Varmetilskud

Det fremgår af Tabel 10, at der er stor forskel på de beregnede energiforbrug. At en del af de undersøgte parametervariationer, har så stor effekt på energiforbruget, skyldes at der som udgangspunkt er tale om et særdeles velisoleret hus med et energiforbrug på ca. 50 % af et tilsvarende opført efter det nuværende bygningsreglement.

Udnyttelsesfaktoren angiver hvor stor en del af det potentielle el-relaterede varmetilskud som nyttiggøres til rumopvarmning. Udnyttelsesfaktoren afhænger især af husets evne til akkumulering af overskudsvarme og forholdet mellem varmetilskud og varmetab. En udnyttelsesfaktor på 0,53 set over hele året, som beregnet for reference-forudsætninger, betyder at varmeforbruget forøges med 53 % af det reducerede interne varmetilskud. Sagt på en anden måde; den givne ændring i det interne varmetilskud slår igennem med 53 % på varmeforbruget. Den relativt lille udnyttelsesfaktor set over hele året skyldes bl.a. at varmetilskuddet ikke kan udnyttes i sommerperioden. Ses der kun på fyringssæsonen, er udnyttelsen naturligvis større, svarende til 71 %.

Hvis setpunktet for indetemperaturen sættes op, ses det at udnyttelsesfaktoren ikke overraskende stiger, og forøgelsen af varmeforbruget vil derfor være relativt større, når det interne varmetilskud reduceres. Koldere for- og efterårsmåneder har samme effekt, hvilket også gælder, når der ikke benyttes varmegenvinding (model ”naturvent”) samt når solindfaldet mindskes (model ”vestvendt”). For best-case-scenariet mht. udnyttelse af varmetilskuddet, kan beregnes en udnyttelsesfaktor på 0,67.



---

På baggrund af de udførte parametervariationer kan det konkluderes at varmemeforbruget til rumopvarmning, kan forventes at blive forøget med 53 – 67 % af det reducerede potentielle interne varmetilskud. I praksis vil en udnyttelsesgrad på 55-60 % kunne forventes.

På baggrund af den beregnede el-besparelse og de øgede varmeudgifter samt forholdet mellem marginalprisen på henholdsvis el og varme, kan beregnes hvor stor en pct. -del af el-besparelsen, der bliver ”spist op” af et stigende varmemeforbrug. Den typiske forbrugermarginalpris på varme er 0,50 kr./kWh, mens den tilsvarende elpris er 1,50 kr./kWh. Der regnes derfor med en faktor 3 på elprisen ift. varmeprisen. Den tilbageværende el-besparelse kan beregnes således:

$$\text{Tilbageværende elbesparelse [\%]} = \frac{\text{elbesparelse} \cdot 3 - \text{ekstra var memeforbrug}}{\text{elbesparelse} \cdot 3} \cdot 100 \%$$

I Tabel 11 er den tilbageværende el-besparelse beregnet. Det fremgår heraf at den resulterende økonomiske gevinst ved el-besparelser er mellem 81 og 85 % af el-besparelsen. Man kan med andre ord sige at varmeregningen forøges med 15-19 % af den totale opnåede reduktion af elregningen. El-besparelser bliver altså kun i beskedent omfang spist op af et stigende varmemeforbrug.

Tabel 11. Tilbageværende el-besparelse i pct. af den totale el-besparelse (i kr.) efter fradrag for effekten af et mindre el-relateret varmetilskud og dermed større varmemeforbrug til opvarmning.

Beregningsforudsætninger	Tilbageværende el-besparelse [%]
Reference	85
INDETEMP21	84
INDETEMP23	83
KOLDTFOR-/EFTERÅR	84
NATURVENT	83
VESTVENDT	84
BESTCASE	81

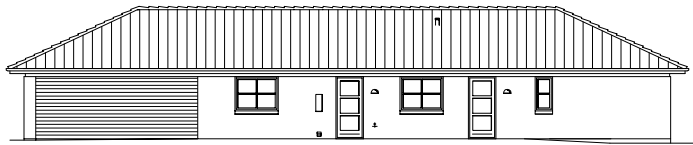
Det skal bemærkes at den beregnede tilbageværende el-besparelse afhænger af i hvor stor udstrækning man gennemfører el-besparelser på udstyr med varmespild, da varmetilskud og varmemeforbrug derved påvirkes. Større grad af besparelser på udstyr med varmespild giver større grad af tilbageværende el-besparelse.

---

## 4 REFERENCER

- [1] SBI Meddelelse 129: Beregning af bruttoenergiforbrug. By og Byg, 2000.
- [2] Udkast til nye energibestemmelser i bygningsreglementerne. Erhvervs- og Boligstyrelsen, Juli 2004.
- [3] BSIM2002 (version 3.4.8.11): Et integreret EDB-værktøj til termisk analyse af bygninger og installationer (afløseren for Tsb3). Statens Byggeforskningsinstitut, 2004.
- [4] Udvikling og optimering af et energieffektivt straightner ventilationsaggregat med indbygget chopper varmeveksler. Teknologisk institut februar 2003

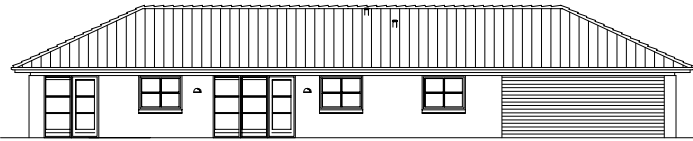
# BILAG 1: FACADER, PLAN OG TVÆRSNIT AF HUSET



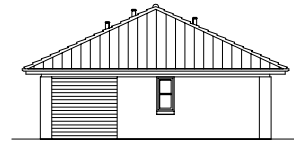
Facade mod Øst



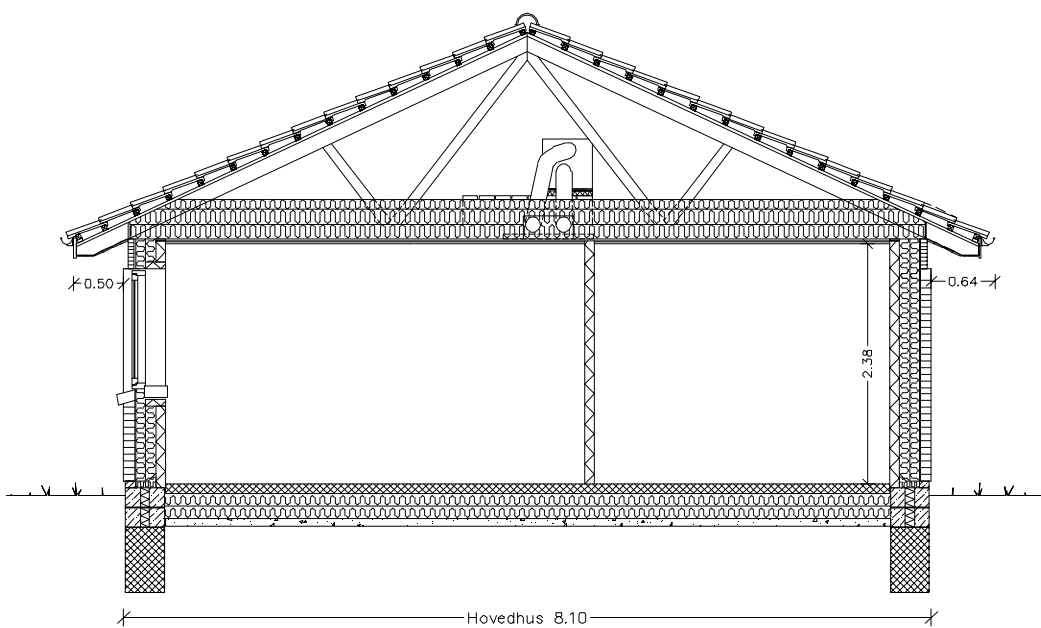
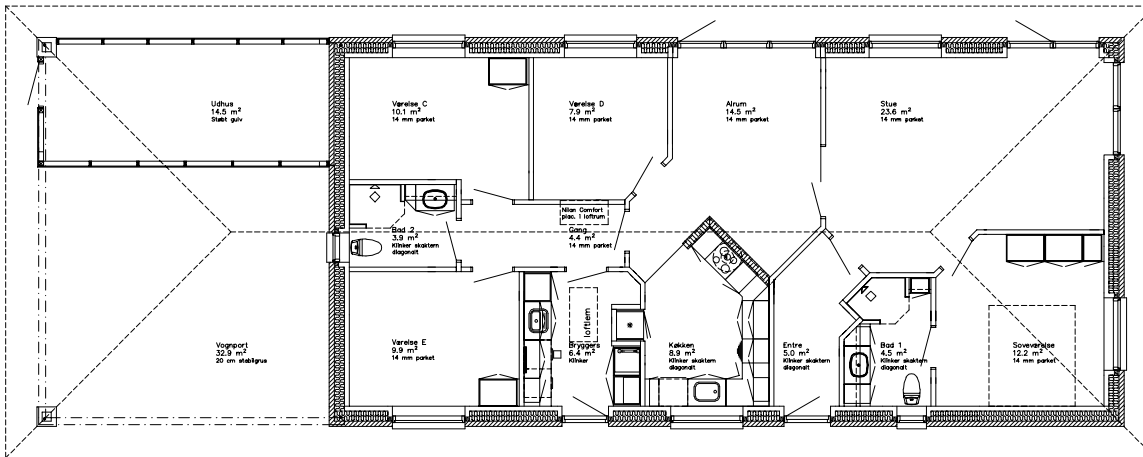
Gavl mod Nord



Facade mod Vest



Gavl mod Syd



---

## **BILAG 2: ELFORBRUG – KORTLÆGNINGSDATA FOR GRUNDMODEL**

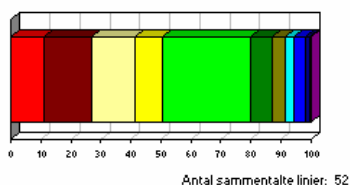
Kategori	Komponent	"Sået bruger"	Sået	kW spjættet	kW monteret	Taktid	Rum	Rumtype	Måler	Arenaføle	Varetyls-form	Vælovs-føle	Måler	Løstgrad %	kW/m <sup>2</sup>	Potentielt varmt %	Varmetilfødt kW/m <sup>2</sup>	
																		Udvalgte forløb
Konvertering	Mikrobølgeovn inkl. sand-by	Processvarme	1	1,800	1,800	Panasonic Dimension 4	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	15	100	27	1,800	27	
	Brofister	Processvarme	1	0,850	0,850	Severin Electronic	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	15	100	13	0,850	13	
	Glædelampe25	Belysning	4	0,025	0,100	0,025 Pencil	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	350	100	48	0,050	18	
	4 lys	Belysning	4	0,031	0,124	0,025 Overskab	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	350	100	43	0,124	43	
	5 mekanik	Emhætte inkl. belysning	Ventilation	1	0,200	0,200	1114 CT Thermo	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	15	100	30	0,200	0
	6 varme	Elkedel (2 liter) varme	Processvarme	1	1,850	1,850	Eldel	Køkken	Servicevrum	Overn + vask	Mållavning	On/off moduleret	Proportional	35	100	61	1,850	61
	7 varme	Opvaskemaskine (indbygning)	Processvarme	1	3,300	3,300	Bosch SGI 09A05 SK (klasse A)	Køkken	Servicevrum	Overn + vask	Mållavning	On/off moduleret	Proportional	78	31	80	3,960	40
	8 varme	Køgeplade	Processvarme	1	6,000	6,000	Bosch	Køkken	Servicevrum	Overn + vask	Mållavning	On/off moduleret	Proportional	200	8	140	10,800	50
	9 varme	Over undertrykplade	Processvarme	1	2,000	2,000	Bosch HFN 2350 E1 (klasse B)	Køkken	Servicevrum	Overn + køgeplade	Mållavning	On/off moduleret	Proportional	223	29	128	2,400	50
	10 mekanik	Flidmønter	Motorer	1	0,200	0,114	Philips Billy tavleblender	Køkken	Servicevrum	Overn + køgeplade	Mållavning	Konstant	Proportional	10	100	0	0,200	0
	11 mekanik	Foodprocessor/toremaskine	Motorer	1	0,300	0,345	Philips stillpresser	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	18	100	9	0,300	9
	12 varme	Varefjerner	Processvarme	1	0,900	0,900	Theal foodsmaskine	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	3	100	3	0,900	3
	13 mekanik	Foodprocessor/toremaskine	Motorer	1	0,200	0,200	lille foodprocessor	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	18	100	5	0,200	5
	14 mekanik	Foodprocessor/toremaskine	Motorer	1	0,500	0,345	Severin blender	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	Konstant	Proportional	18	100	9	0,500	9
	15 mekanik	Køle-fryseskab	Køling	1	0,031	0,031	Bosch KIM 30440 (klasse B)	Køkken	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Mållavning	On/off moduleret	Proportional	900	100	420	0,125	420
	16 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	4	0,031	0,124	0,025 loft	Alrum	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	112	0,124	112
	17 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	2	0,031	0,124	0,025 loft	Entre	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	56	0,062	56
	18 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	4	0,031	0,124	0,025 flæskeskab	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	300	100	37	0,124	37
	19 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	1	0,300	0,300	standerlampe	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Variabel, møglet	Proportional	900	50	135	0,255	135
	20 mekanik	Strykemaskine	Motorer	1	0,075	0,043	0,043	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	53	100	4	0,075	4
	21 elektronik	TV #2, 23" sb./dg	Elektronik	1	0,240	0,240	Sony	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	1100	100	264	0,240	264
	22 elektronik	Video, 23" sb./dg	Elektronik	1	0,052	0,052	Funtt	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	18	0,052	18
	23 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,034	0,034	Denver DVD	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	12	0,034	12
	24 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,032	0,032	CD	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	11	0,032	11
	25 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,050	0,050	Denon DR-M10 tapedeck	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	18	0,050	18
	26 elektronik	Hi-Fi, 20" sb./dg	Elektronik	1	0,100	0,100	Sony Ta-F570 ES	Stue	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	650	100	65	0,100	65
	27 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	2	0,031	0,124	0,025 loft	Soveværelse	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	56	0,062	56
	28 lys	Glædelampe60	Belysning	1	0,060	0,060	loft	Bad/toilet 1	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	54	0,060	54
	29 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	6	0,031	0,124	0,025 loft	Bad/toilet 1	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	274	100	44	0,186	44
	30 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,010	0,010	Tændvestopplader	Bad/toilet 1	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	88	0,010	88
	31 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	2	0,031	0,124	0,025 loft	Bænkammer 1	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	56	0,062	56
	32 lys	Glædelampe60	Belysning	1	0,060	0,060	loft	Bænkammer 1	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	54	0,060	54
	33 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	2	0,031	0,124	0,025 loft	Bænkammer 1	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	100	15	0,062	15
	34 varme	Vaskemaskine	Processvarme	1	2,150	2,150	Bosch Maxx WTL 2850 (klasse A)	Byggers	Servicevrum	Opn + vask	Vask, tørring, etc.	On/off moduleret	Proportional	312	39	262	2,580	105
	35 varme	Tørretumbler (dørr) (fræk)	Processvarme	1	3,300	3,300	Bosch WTA 2300 (klasse C)	Byggers	Servicevrum	Opn + vask	Vask, tørring, etc.	On/off moduleret	Proportional	32	55	95	3,860	10
	36 elektronik	El-sur-clock-radio	Elektronik	1	0,002	0,002	Babylam	Byggers	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	18	0,002	18
	37 mekanik	Slavsuger	Specialbelysning	1	1,300	0,897	0,897	Byggers	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	26	100	34	1,300	34
	38 varme	Støvsuger med damp	Processvarme	1	1,300	1,300	1,300	Byggers	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 2	Vask, tørring, etc.	Konstant	Proportional	8760	100	44	0,005	44
	39 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,005	0,005	Danskrøling "Direct" Alarmanlæg	Byggers	Servicevrum	Ventilation	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	289	0,044	0
	40 mekanik	Ventilationsanlæg	Ventilation	1	0,033	0,033	Nisan Comfor 300 DC	Byggers	Servicevrum	Ventilation	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	175	0,050	175
	41 elektronik	Cirkulationspumpe	Pumpning	1	0,046	0,046	Målestystemer og styringer	Byggers	Servicevrum	Varmetilfødt	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	403	0,030	403
	43 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	2	0,031	0,124	0,025 loft	Gang	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	56	0,062	56
	44 elektronik	TV #1, 23" sb./dg	Elektronik	1	0,110	0,110	Philips	Bænkammer 2	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	300	100	33	0,110	33
	45 lys	Glædelampe300	Belysning	5	0,031	0,124	0,025 loft	Bænkammer 2	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Variabel, møglet	Proportional	300	50	45	0,255	45
	46 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	1	1,500	1,500	1,500	Bænkammer 2	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	100	36	1,555	36
	47 varme	Hørrør	Processvarme	1	1,500	1,500	1,500	Bad/toilet 2	Servicevrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	100	39	1,500	39
	48 elektronik	PC m. screen-sæve	Elektronik	1	0,122	0,122	0,122	Kontor	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	459	100	56	0,122	56
	49 lys	Glædelampe60	Belysning	1	0,060	0,060	loft	Kontor	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	54	0,060	54
	50 lys	Lavvælt, halogen	Belysning	1	0,031	0,124	0,025 loft	Kontor	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Opbold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	28	0,031	28
	51 elektronik	Farve-Printer	Elektronik	1	0,030	0,030	0,030	Kontor	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Puls + stømning	Proportional	234	7	1	0,040	1
	52 elektronik	DIVERSE, husholdning	Elektronik	1	0,010	0,010	Teft Danmark modern	Kontor	Opboldsrum	Lys-og stikk gruppe 1	Installation	Konstant	Proportional	8760	75	65	0,010	65
																		3111

### Kortlægningsresultater.

Det totale årlige energiforbrug fordelt på kategorier og anvendelser.

#	El-forbrug.	Energiforbrug	
		kWh/år	% af total
	<b>Varme</b>		
1	Tørretumbler (aftræk)	95	10,7
2	Kogesektion	140	15,9
3	Dvn (indbygning)	128	14,5
4	Dpvaskemaskine	80	9,1
5	Vaskemaskine	262	29,7
6	El-kedel (2 ltr./dag)	61	6,9
7	Hårtørrer	39	4,4
8	Mikrobølgeovn inkl. stand-by	27	3,1
9	Strygejern med damp	34	3,8
10	Brødrister	13	1,4
11	Vaffeljern	3	0,3
12			
13			
14			
15			
Sum af resterende registreringer:			
Total sum:		881	100,0

Procentdiagram:



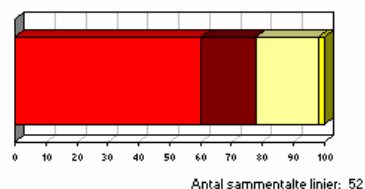
Listen og grafen viser kun de femten mest betydende poster.

### Kortlægningsresultater.

Det totale årlige energiforbrug fordelt på kategorier og anvendelser.

#	El-forbrug.	Antal	Energiforbrug	
			kWh/år	% af total
	<b>Lys</b>			
1	Lavvoltage, halogen	34	538	59,9
2	Glødelampe60	3	162	18,1
3	Glødelampe300	2	180	20,1
4	Glødelampe25	2	18	2,0
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Sum af resterende registreringer:				
Total sum:			897	100,0

Procentdiagram:



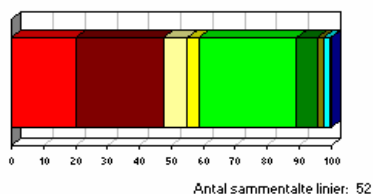
Listen og grafen viser kun de femten mest betydende poster.

### Kortlægningsresultater.

Det totale årlige energiforbrug fordelt på kategorier og anvendelser.

#	El-forbrug.	Energiforbrug	
		kWh/år	% af total
	<b>Elektronik</b>		
1	CTS	175	20,2
2	DIVERSE, husholdning	237	27,4
3	Hi-Fi, 20h stb./dg	65	7,5
4	TV #1, 23h stb./dg	33	3,8
5	TV #2, 23h stb./dg	264	30,4
6	PC m. screen-save	56	6,5
7	Video, 23h stb./dg	18	2,1
8	El-ur/lock-radio	18	2,0
9	Farve-Printer	1	0,1
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Sum af resterende registreringer:			
Total sum:		867	100,0

Procentdiagram:



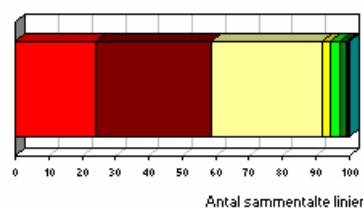
Listen og grafen viser kun de femten mest betydende poster.

### Kortlægningsresultater.

Det totale årlige energiforbrug fordelt på kategorier og anvendelser.

#	El-forbrug.	Energiforbrug	
		kWh/år	% af total
	<b>Mekanik</b>		
1	Ventilationsanlæg	289	23,9
2	Køle-/fryseskab	420	34,7
3	Cirkulationspumpe	403	33,3
4	Emhætte inkl. belysning	30	2,5
5	Støvsuger	34	2,8
6	Foodprocessor/frøremaskine	23	1,9
7	Håndmixer	6	0,5
8	Sjymaskine	4	0,3
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Sum af resterende registreringer:			
Total sum:		1.209	100,0

Procentdiagram:



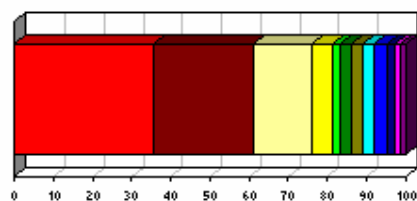
Listen og grafen viser kun de femten mest betydende poster.

### Kortlægningsresultater.

Det totale årlige energiforbrug fordelt på kategorier og anvendelser.

#	EI-forbrug.	Energiforbrug	
		kWh/år	% af total
	<b>Rum</b>		
1	Bruggers	1.367	35,5
2	Køkken	992	25,7
3	Stue	564	14,6
4	Kontor	204	5,3
5	Barnekammer 2	78	2,0
6	Alrum	112	2,9
7	Soveværelse	110	2,8
8	Barnekammer 1	110	2,8
9	Bad/Toilet 1	131	3,4
10	Bad/Toilet 2	75	2,0
11	Entre	56	1,4
12	Gang	56	1,4
13			
14			
15			
<b>Sum af resterende registreringer:</b>			
<b>Total sum:</b>		3.855	100,0

### Procentdiagram:



Antal sammentalte linier: 52

Listen og grafen viser kun de femten mest betydende poster.

---

## **BILAG 3: ELFORBRUG – EL-SPARE-MODEL**

I kolonnen benævnt ”tekst” er der med *kursiv* angivet for hvilke komponenter der er forudsat lavenergiprodukter.



Kategori	KOMPONENT	"Sælteskriv"	Sh	kW spæret	h-%	kW minut	T (A):	Rum	Rumtype	Måler	Anvendelse	Vejledelse	Ydelseforhold	Driftsdata			Potentielt vækst %	Værdighed kWh/år
														Ydelseforhold	Ydelseforhold	Ydelseforhold		
1	Varme	Mikrobølgeovn inkl. uandby	1	1,800	100	1,800	Panasonic Dimension 4	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	15	100	27	1,800	27
2	Varme	Bloøstiser	1	0,850	100	0,850	Severin Electronic	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	15	100	13	0,850	13
3	Lys	Glødelampe25	2	0,007	100	0,007	Prandl	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	350	100	5	0,050	5
4	Lys	Lavvølt, halogen	4	0,020	80	0,016	Overalob	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	150	100	28	0,124	28
5	Mekanik	Enhænde inkl. belysning	1	0,200	57	0,114	CT Therman	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	33	100	61	0,200	0
6	Varme	Elektronik (2 år/årg)	1	1,850	100	1,850	Tefal Vitessè	Køkken	Serviceurum	Opvask + vask	Madlavning	On/off moduleret	Proportional	78	31	31	3,960	40
7	Varme	Opvaskemaskine (indbygning)	1	2,82	100	2,82	Redat på markedet i Energiklasse A	Køkken	Serviceurum	Opvask + vask	Madlavning	On/off moduleret	Proportional	200	8	140	10,800	50
8	Varme	Køgeskåne	1	9,000	100	9,000	Bosch	Køkken	Serviceurum	Ovn + kogepåler	Madlavning	On/off moduleret	Proportional	223	29	74	2,400	37
9	Varme	Processvarme	1	1,150	100	1,150	Redat på markedet i Energiklasse A	Køkken	Serviceurum	Ovn + kogepåler	Madlavning	On/off moduleret	Proportional	30	100	6	0,200	6
10	Mekanik	Håndtørrer	1	0,200	57	0,114	Philips Billy sanbehønder	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	18	100	9	0,500	9
11	Mekanik	Foodprocessor/tørremaskine	1	0,500	69	0,345	Philips adpresser	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	3	100	3	0,900	3
12	Varme	Vaffeljern	1	0,900	100	0,900	Thea toasmaskine	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	3	100	3	0,900	3
13	Mekanik	Foodprocessor/tørremaskine	1	0,290	69	0,200	lille foodprocessor	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	18	100	5	0,290	5
14	Mekanik	Foodprocessor/tørremaskine	1	0,500	69	0,345	Kenwood blender	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Madlavning	Konstant	Proportional	18	100	9	0,500	9
15	Mekanik	Køle-fryseskab	1	0,020	80	0,016	Energiklasse A ++ (typisk ca. 200 kWh/år)	Køkken	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	72	0,124	72
16	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Alrum	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	36	0,062	36
17	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Hent	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	24	0,124	24
18	Lys	Lavvølt, halogen	4	0,020	80	0,016	glæderkab	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	300	100	24	0,124	24
19	Lys	Lavvølt, halogen	1	0,070	100	0,070	standerlampe	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Variablet, meget	Proportional	900	50	32	0,255	32
20	Mekanik	Strykemaskine	1	0,075	57	0,043		Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	53	100	4	0,075	4
21	Elektronik	TV #2, 23h stb./dø	1	0,060	100	0,060	Redat på markedet	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	1100	100	66	0,240	66
22	Elektronik	Video, 23h stb./dø	1	0,052	100	0,052	Funai	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	18	0,052	18
23	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,034	100	0,034	Denver DVD	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	12	0,034	12
24	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,032	100	0,032	CD	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	11	0,032	11
25	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,100	100	0,050	Denon DR-M10 tapdeck	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	350	100	18	0,050	18
26	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,100	100	0,100	Sony Th-5750 ES	Stue	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	650	100	65	0,100	65
27	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Soveværelse	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	36	0,062	36
28	Lys	Glødelampe60	1	0,015	100	0,015	loft	Soveværelse	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	14	0,060	14
29	Lys	Lavvølt, halogen	6	0,020	80	0,016	loft	Bad/toilet 1	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	100	28	0,186	28
30	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,010	100	0,010	Taubstørstepåler	Bad/toilet 1	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	88	0,010	88
31	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Barnekammer 1	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	36	0,062	36
32	Lys	Glødelampe60	1	0,015	100	0,015	loft	Barnekammer 1	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	14	0,060	14
33	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Barnekammer 2	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	234	100	9	0,062	9
34	Varme	Vaskemaskine	1	0,846	100	0,846	Redat på markedet i Energiklasse A	Bryggers	Serviceurum	Opvask + vask	Vask, tørring, etc.	On/off moduleret	Proportional	312	39	103	2,580	40
35	Varme	Tørretumbler	1	1,650	100	1,650	Redat på markedet i Energiklasse A	Bryggers	Serviceurum	Opvask + vask	Vask, tørring, etc.	On/off moduleret	Proportional	52	55	47	3,960	10
36	Elektronik	El-ur/tælk-radio	1	0,002	100	0,002	Babylarm	Bryggers	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	18	0,002	18
37	Mekanik	Svovsuger	1	1,300	69	0,897		Bryggers	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	26	100	34	1,300	34
38	Varme	Styrefjern med damp	1	1,300	100	1,300		Bryggers	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Vask, tørring, etc.	Konstant	Proportional	26	100	34	1,300	34
39	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,005	100	0,005	Danskstrøm "Direct" Alarmanlæg	Bryggers	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 2	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	44	0,005	44
40	Mekanik	Ventilationsanlæg	1	0,018			SEL = 500 J/m <sup>3</sup> , n = 0,5 h-1	Bryggers	Serviceurum	Ventilation	Installation	Variablet, lidt	VSD/Onformer	8760	100	158	0,044	0
41	Elektronik	CTS	1	0,020	100	0,020	MEL-systemer og styringer	Bryggers	Serviceurum	Varmeanlæg	Installation	Konstant	Konstant	8760	100	175	0,050	175
42	Mekanik	Cirkulationspumpe	1	0,020			Løvsensgumpen (årsmidte/effekt 20 W)	Bryggers	Serviceurum	Varmeanlæg	Installation	Konstant	Proportional	8760	100	175	0,020	175
43	Lys	Lavvølt, halogen	2	0,020	80	0,016	loft	Gang	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	36	0,062	36
44	Elektronik	TV #1, 23h stb./dø	1	0,060	100	0,060	Redat på markedet	Barnekammer 2	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	300	100	18	0,110	18
45	Lys	Glødelampe300	1	0,070	100	0,070	standerlampe	Barnekammer 2	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Variablet, meget	Proportional	300	50	11	0,255	11
46	Lys	Lavvølt, halogen	5	0,020	80	0,016	loft	Bad/toilet 1	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	100	23	0,155	23
47	Varme	Hårtørrer	1	1,500	100	1,500		Bad/toilet 2	Serviceurum	Lys- og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	26	100	39	1,500	39
48	Elektronik	PC m. screen-sæve	1	0,122	100	0,122		Kontor	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	459	100	56	0,122	56
49	Lys	Glødelampe60	1	0,015	100	0,015	loft	Kontor	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	14	0,060	14
50	Lys	Lavvølt, halogen	1	0,020	80	0,016	loft	Kontor	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Opbehold m. lys	Konstant	Proportional	900	100	18	0,031	18
51	Elektronik	Farve-Printer	1	0,050	100	0,050		Kontor	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Kort aktivitet	Konstant	Proportional	234	7	1	0,040	1
52	Elektronik	DIVERSE, husboldning	1	0,010	100	0,010	Tele Danmark modem	Kontor	Opholdsrum	Lys- og stikk gruppe 1	Installation	Konstant	Proportional	8760	75	65	0,010	65
													2,290		1872			

---

## Bilag 4: Elforbrugets betydning for varme-forbruget

I dette bilag er specificeret varmebalancer og gennemsnitlige inde- og udetemperaturer for parametervariationer på en grundmodel og el-spare-model af huset. Bidrag til varmebalancen er angivet i kWh pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal.

### Grundmodeller.

	Reference	Indetemp21	Indetemp23	Koldtfor- efterår	Naturvent	Vestvendt	Bestcase
qHeating	35,3	39,5	48,4	38,5	58,9	40,5	90,7
qCooling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
qInfiltration	-6,7	-7,0	-7,8	-7,1	-6,6	-6,6	-8,1
qVenting	-2,0	-1,4	-0,6	-0,9	-0,9	-2,2	-0,2
qSunRad	22,0	22,0	22,0	22,1	22,0	16,2	15,3
qPeople	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
qEquipment	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
qTransmission	-72,9	-77,0	-85,2	-76,8	-71,7	-72,1	-88,4
qMixing	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8
qVentilation	-7,0	-7,4	-8,2	-7,2	-32,9	-6,9	-40,6
Sum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
tOutdoor mean	5,0	5,0	5,0	3,9	5,0	5,0	3,9
tOp mean	20,7	21,6	23,5	20,6	20,5	20,7	23,3

### El-spare-modeller.

	Reference	Indetemp21	Indetemp23	Koldtfor- efterår	Naturvent	Vestvendt	Bestcase
qHeating	40,8	45,2	54,7	44,4	65,1	46,2	97,7
qCooling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
qInfiltration	-6,6	-7,0	-7,7	-7,0	-6,5	-6,6	-8,1
qVenting	-1,0	-0,6	-0,2	-0,3	-0,4	-1,2	-0,1
qSunRad	22,0	22,0	22,0	22,1	22,0	16,2	15,3
qPeople	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
qEquipment	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9
qTransmission	-72,1	-76,2	-84,6	-76,0	-71,1	-71,4	-88,1
qMixing	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7	-0,5
qVentilation	-6,9	-7,3	-8,1	-7,1	-32,7	-6,8	-40,6
Sum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
tOutdoor mean	5,0	5,0	5,0	3,9	5,0	5,0	3,9
tOp mean	20,6	21,4	23,3	20,4	20,4	20,5	23,2