

■ [www.energy.sintef.no](http://www.energy.sintef.no) ■

**SINTEF****SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Resepsjon: Sem Sælands vei 11  
Telefon: 73 59 72 00  
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

**TEKNISK RAPPORT**

SAK/OPPGAVE (tittel)

**Samtidighet av romoppvarming og ventilasjonsluftoppvarming**

SAKSBEARBEIDER(E)

**Hans Martin Mathisen**

OPPDRAGSGIVER(E)

**Smartbygg**

|                                              |                                             |                                                                              |                                |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| TR NR.<br><b>TR A6282</b>                    | DATO<br><b>2006-01-31</b>                   | OPPDRAGSGIVER(E)S REF.<br><b>Jørn Stene</b>                                  | PROSJEKTNR.<br><b>16X368</b>   |
| ELEKTRONISK ARKIVKODE<br><b>051122152938</b> | <i>for</i>                                  | PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)<br><b>Anders Haugland</b> <i>[Signature]</i> | GRADERING<br><b>Åpen</b>       |
| ISBN NR.<br><b>82-594-2992-6</b>             | RAPPORTTYPE<br><i>for</i>                   | FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)<br><b>Anders Haugland</b> <i>[Signature]</i>    | OPPLAG      SIDER<br><b>36</b> |
| AVDELING<br><b>Energiprosesser</b>           | BESØKSADRESSE<br><b>Kolbjørn Hejes v 1D</b> | LOKAL TELEFAKS<br><b>73 59 39 50</b>                                         |                                |

**RESULTAT (sammendrag)**

Denne rapporten er utarbeidet under NTNU-SINTEFs Smartbygg-program, *Smart Energy Efficient Buildings* (2002-2006), delprogram 3.1 *Varme-, ventilasjons- og kjølesystemer*. En viktig aktivitet i dette delprogrammet er utvikling og implementering av varmedistribusjonssystemer med lav returtemperatur.

Det er gjort en sammenligning av samtidighet av romoppvarming og ventilasjonsluftoppvarming for seks bygninger. Det er benyttet eksisterende måledata med timesregistreringer av effektbehov for ulike formål. Ut fra måledataene er forholdet mellom behov til romoppvarming og ventilasjon beregnet. Det er også estimert en "fiktiv" returtemperatur. Resultatene viser at det er betydelig forskjell mellom bygningene. For alle er det i korte perioder er likhet mellom effektbehov for romoppvarming og ventilasjon.

**STIKKORD**

|            |             |                                |
|------------|-------------|--------------------------------|
| EGENVALGTE | Effektbehov | Romoppvarming                  |
|            | Samtidighet | Oppvarming av ventilasjonsluft |

## INNHOLDSFORTEGNELSE

|                                                                 | Side |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| 1 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....                                | 3    |
| 2 BAKGRUNN .....                                                | 4    |
| 3 METODIKK.....                                                 | 5    |
| 3.1 MÅLEDATAENES KVALITET .....                                 | 5    |
| 3.2 SAMMENLIGNINGSMETODER .....                                 | 5    |
| 4 RESULTATER .....                                              | 7    |
| 4.1 BESKRIVELSE AV DE SEKS BYGNINGENE SOM ER SAMMENLIGNET.....  | 7    |
| 4.2 GENERELT OM MÅLINGENE .....                                 | 8    |
| 4.3 SAMMENLIGNING AV BYGNINGER.....                             | 12   |
| 4.4 RESULTATER FOR DE ENKELTE BYGNINGER.....                    | 14   |
| Skolebygg Grong.....                                            | 14   |
| Høgskolebygg HiBu, Kongsberg.....                               | 18   |
| Kontorbygg Nordlåna HiNT, Levanger.....                         | 21   |
| Kontorbygg Sjølystparken, Oslo .....                            | 24   |
| Kontorbygg Glommen skogeierforening, Elverum .....              | 26   |
| Pleieinstitusjonsbygg Sørfold Pleie- og sykehjem, Sørfold ..... | 30   |
| 5 REFERANSER .....                                              | 33   |
| VEDLEGG, FLERE MÅLEDATA FRA GRONG SKOLE.....                    | 34   |

## 1 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten er utarbeidet under NTNU-SINTEFs Smartbygg-program, Smart Energy Efficient Buildings (2002-2006), delprogram 3.1 Varme-, ventilasjons- og kjølesystemer. En viktig aktivitet i dette delprogrammet er utvikling og implementering av varmedistribusjonssystemer med lav returtemperatur.

Som grunnlag for prosjektet er det benyttet data for fire bygninger fra ENOVAs Modellbyggprosjekt /1/ og data fra to bygninger hvor målinger er utført av SINTEF /3/ og som del av et dr.ing.studium /2/.

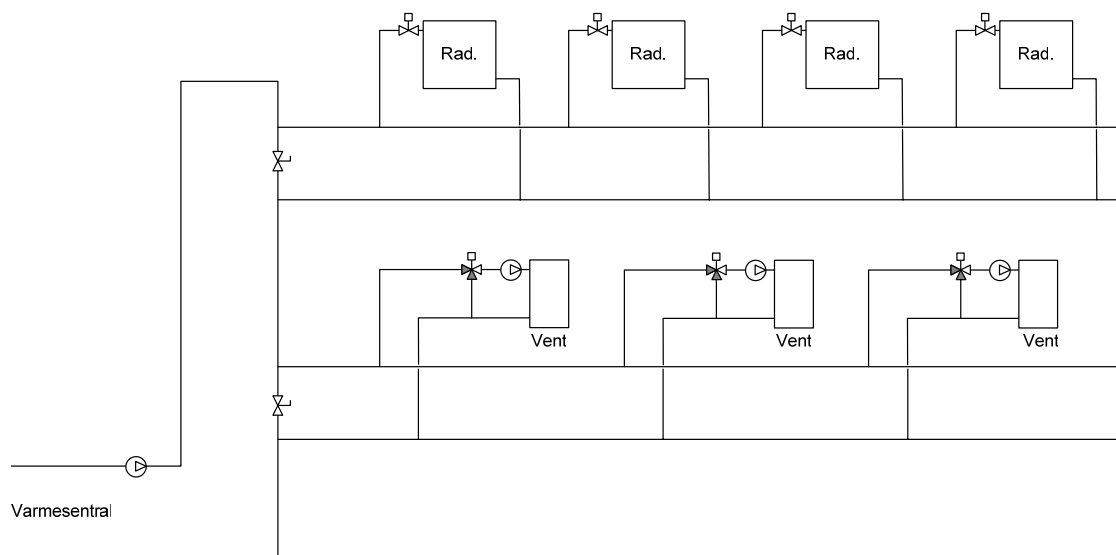
Det er gjort en sammenligning av samtidighet av romoppvarming og ventilasjonsluftoppvarming for de seks bygningene. Det er benyttet eksisterende måledata med timesregistreringer av effektbehov for ulike formål. Ut fra måledataene er forholdet mellom behov til romoppvarming og ventilasjon beregnet. Det er også estimert en "fiktiv" returtemperatur. Resultatene viser at det er betydelig forskjell mellom bygningene. For alle er relativt korte perioder med likhet mellom effektbehov for romoppvarming og ventilasjon.

I modellen for returtemperatur er det benyttet lik  $\Delta T$  over begge varmeavgivere (radiatorer og ettervarmebatterier for ventilasjon). Dette er en forenkling i forhold til hvordan dette kan gjøres i praksis. Der hvor det er jevnt over er forskjell i effektene vil man kunne oppnå lavere returtemperatur ved å dimensjonere med størst  $\Delta T$  for den største effekten.

Ut fra måling av samlet formålsdelt energibruk for året kan det ikke trekkes konklusjoner om hvordan fordelingen av effektbehov mellom romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft vil være, og hva som kan oppnås av returtemperatur til varmesentral. Noen bygninger har likt energibehov til oppvarming og ventilasjon summert over året. I de samme bygningene er det i store deler av året målt store forskjeller i effektene til romoppvarming og ventilasjon.

## 2 BAKGRUNN

Ved bruk av CO<sub>2</sub>-varmepumper for bygningsoppvarming er det ønskelig med stor temperaturforskjell mellom tur- og returvann samt lavest mulig returtemperatur. Dette kan oppnås ved å seriekople radiatorer og varmebatterier for ventilasjon på samme hovedstreng. Figur 1 viser i prinsipp et eksempel på en slik seriekopling.



**Figur 1. Eksempel på seriekopling av radiatorer og varmebatterier.**

### 3 METODIKK

For å undersøke samvariasjonen mellom radiator/gulvvarme og varme til ventilasjon er eksisterende måledata benyttet. Dette gjelder data fra modellbyggstudien, fra Wachenfeldt /2/ ved Grong skole og fra Mathisen /3/ ved Nordlåna HiNT.

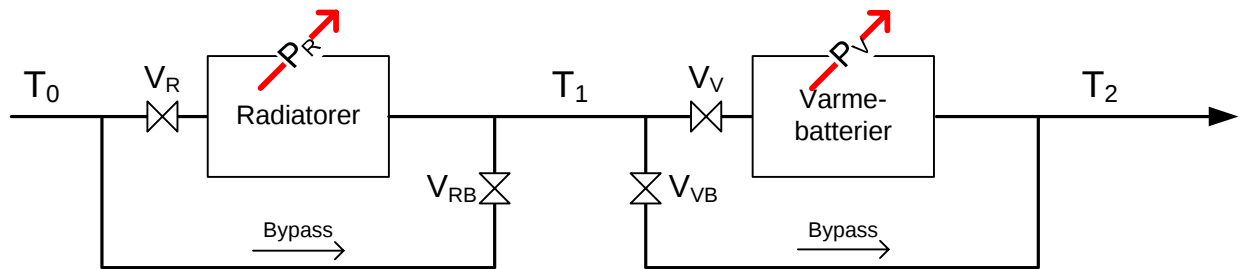
#### 3.1 MÅLEDATAENES KVALITET

Dataene fra modellbyggstudien er til dels samlet inn fra bygninger hvor varme- og elkurser har komplekse sammenkoplinger og fordelinger mellom ulike varmeavgivere og energibrukssteder. Dette har blant annet ført til at målingene kan ha begrenset nøyaktighet med hensyn til tidsvariasjon over døgnet. En gjennomgang av alle 26 bygninger i modellbyggstudien viste at fire bygg har tilforlatelige data med timesverdier på en slik form at de kunne brukes i vår studie.

#### 3.2 SAMMENLIGNINGSMETODER

Figur 1 viser seriekoplete varmeavgivere. Vi kan tenke oss en mengderegulert væskestrøm gjennom disse slik at:

- Temperaturfallet over begge varmeavgiverne ( $\Delta T$ ) settes like ved maksimal effekt.
- Over varmeavgiveren og bypass med størst effektbehov er  $\Delta T$  konstant, dvs at den er uavhengig av effektbehovet.
- Gjennom bypass og varmeavgiver med minst effekt er væskestrømmen stor nok til at varmeavgiver med størst effekt får akkurat stor nok væskestrøm til å dekke behovet.



Figur 2. Seriekoplete varmeavgivere (radiator og ettervarming av ventilasjonsluft) med mengderegulering.  $T_0$ -turtemperatur fra varmeavgiver (varmesentral).  $T_1$ -turtemperatur for ventilasjonsluftvarmebatterier.  $T_2$ -returtemperatur til varmeavgiver.  $P_R$ -varme avgitt fra radiatorer.  $P_V$ -varme avgitt fra ventilasjonsvarmebatterier.  $V$ -reguleringsventiler

Ut fra en varme- og massebalanse kan vi med forutsetningene ovenfor utlede følgende uttrykk for returtemperaturen fra varmeavgiverne:

$$T_2 = T_0 - \Delta T - \frac{P_V}{P_R} \Delta T \quad \text{når } P_R > P_V \quad (1)$$

og

$$T_2 = T_0 - \Delta T - \frac{P_R}{P_V} \Delta T \quad \text{når } P_V > P_R \quad (2)$$

Siden  $T_0$  og  $\Delta T$  i ligningene holdes konstante er det valgt å benytte forholdet mellom avgitt effekt til ventilasjonsluft og til romoppvarming til sammenligning av de ulike bygningene i denne rapporten. Det er valgt å gjøre det slik at ligning nummer (1) benyttes når  $P_R > P_V$  og ligning nummer (2) når  $P_V > P_R$ . Dette gjør at forholdet mellom effektene alltid vil ligge mellom null og en. Ulempen ved å framstille resultatene på denne måten er at det ikke er mulig å se om det er til radiatorer eller til varmebatterier det avgis størst effekt. Dersom man for alle framstillinger hadde valgt å sette for eksempel  $P_R/P_V$  ville verdien variert mellom null og uendelig. Dette ville gjort det vanskelig å gi en god grafisk framstilling av resultatene.

Ved redusert effektbehov blir temperaturfallet til væskestrømmen større enn  $\Delta T$ . Da vil en del væske strømme gjennom bypass slik at samlet temperaturfall over varmeavgiver og bypass blir lik  $\Delta T$ .

Lik  $\Delta T$  for begge varmeavgivere er en forenkling. Der hvor det er jevnt over er forskjell i effektene vil man kunne oppnå lavere returtemperatur ved å dimensjonere med størst  $\Delta T$  for den største effekten. Ved redusert belastning kunne også væskestrømmen gjennom bypass tilpasses slik at den andre varmavgiveren får stor nok væskestrøm til å klare sin varmeeffekt.

Likeledes kan det også være mulig å tilpasse turtemperaturen  $T_0$  til utetemperaturen.

## 4 RESULTATER

### 4.1 BESKRIVELSE AV DE SEKS BYGNINGENE SOM ER SAMMENLIGNET

Følgende bygninger inngår i sammenligningene:

- Skolebygg: Grong Skole
- Høgskolebygg: HiBu, Kongsberg
- Kontorbygg: Nordlåna HiNT, Levanger
- Kontorbygg: Sjølystparken, Oslo
- Kontorbygg: Glommen skogeierforening, Elverum
- Sykehjem: Sørfold Pleie- og sykeheim, Sørfold

Tabell 1 til 3 nedenfor viser data for bygningene hvor målingene er utført.

**Tabell 1. Måleperiodens lengde for bygningene.**

| Bygning                  | Bygningstype       | Måleperiode                   |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Grong skole              | Skole              | Desember og mars måneder      |
| Kongsberg                | Høgskolebygning    | Fra 2000-12-18 til 2001-04-30 |
| Nordlåna                 | Kontor             | Fra 2004-1-20 til 2004-2-23   |
| Sjølystparken            | Kontor             | Fra 2001-01-03 til 2001-05-07 |
| Glommen skogeierforening | Kontor             | Fra 2000-12-01 til 2001-03-01 |
| Sørfold                  | Syke- og pleieheim | Helt år                       |

**Tabell 2. Målt energibruk til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft.**

| Bygning                  | Oppvarming,<br>kWh/m <sup>2</sup> /år | Ventilasjon,<br>kWh/m <sup>2</sup> | Sum |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----|
| Grong skole              | 104                                   | 33                                 | 170 |
| Kongsberg                | 41                                    | 17                                 | 58  |
| Nordlåna                 | 33                                    | 78                                 | 111 |
| Sjølystparken            | 25                                    | 25                                 | 50  |
| Glommen skogeierforening | 48                                    | 20                                 | 68  |
| Sørfold                  | 97                                    | 45                                 | 142 |

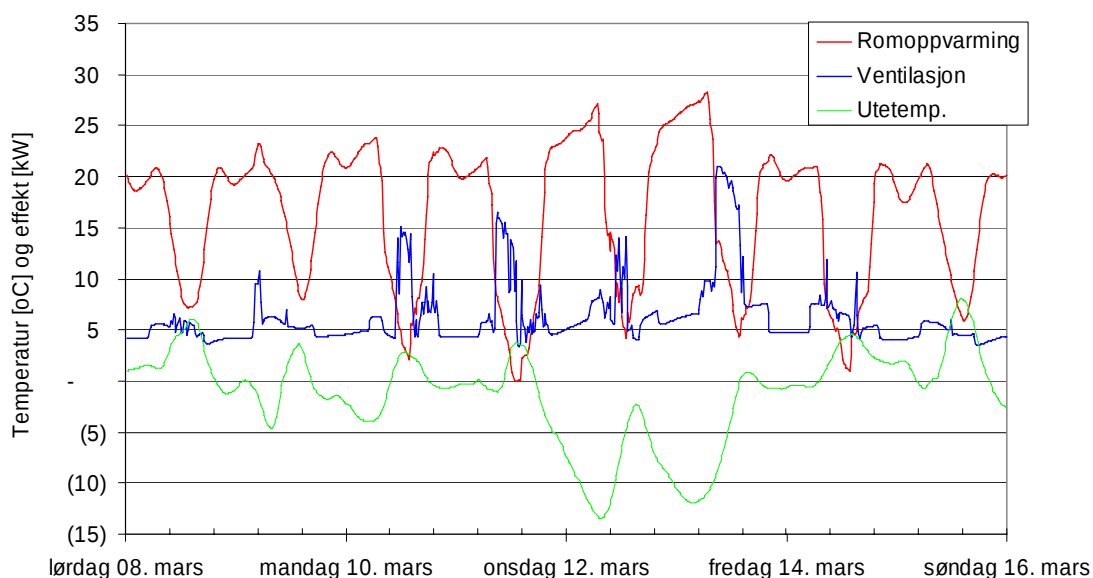
**Tabell 3. Andre bygningsdata.**

| Bygning                  | Byggeår   | Oppvarmet areal,<br>m <sup>2</sup> | Energidist-<br>ribusjon |
|--------------------------|-----------|------------------------------------|-------------------------|
| Grong skole              | 1998      | 1001                               | Vannbåren               |
| Kongsberg                | 1992      | 5000                               | Vannbåren               |
| Nordlåna                 | 2002      | 835                                | Vannbåren               |
| Sjølystparken            | 1996      | 24000                              | Vannbåren               |
| Glommen skogeierforening | 1980/1988 | 2260                               | Direkte el              |
| Sørfold                  | 1980      | 1530                               | Direkte el              |

## 4.2 GENERELT OM MÅLINGENE

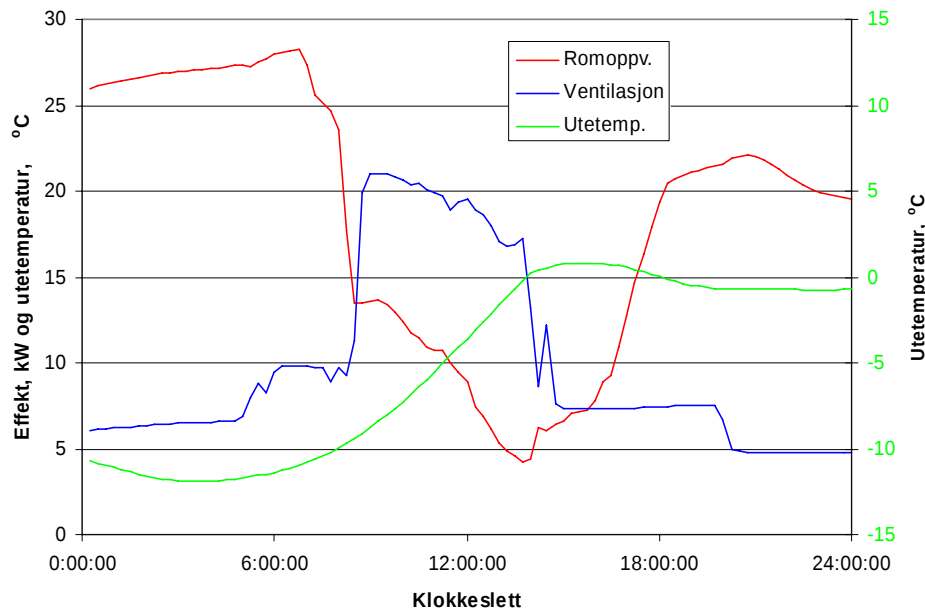
I dette kapitlet er det vist eksempler på måleresultater fra en bygning, delvis for å vise hvordan effektforløpene varierer gjennom døgnet og fra dag til dag, og delvis for vise hvordan målingene er benyttet til å lage kurvene som senere i rapporten er brukt for å sammenligne de ulike bygningene.

Figur 3 viser som et eksempel hvordan effekten til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft varierer i løpet av en uke i mars ved Grong skole. Det er også vist en kurve for utetemperaturen. Vi ser at det er størst pådrag på radiatorene utenom skoletid. På dagtid stiger utemperaturen og man får et varmetilskudd fra lys og personer som gjør at effekten faller. Ventilasjonen er behovsstyrt ut fra CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i hvert av klasserommene. Utenom undervisningstiden ventileres det med en minimumsluftmengde. I skoletiden når luftmengden økes får vi derfor en betydelig økning i varmebehovet til ettervarming av ventilasjonsluft.



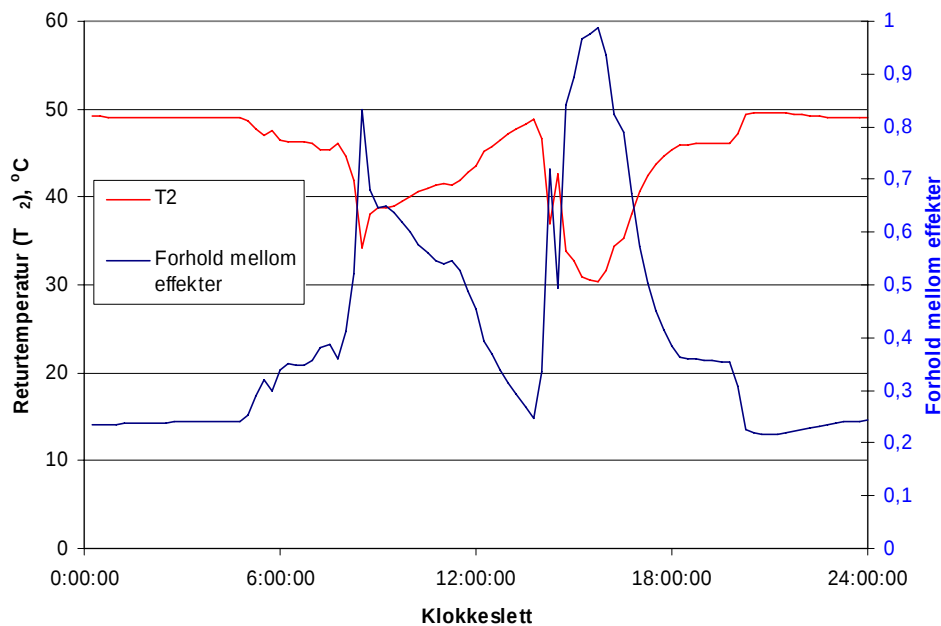
**Figur 3. Målt utetemperatur og tilført effekt til romoppvarming og ettervarmebatterier i en ukesperiode. "Ventilasjon" er effekt til ettervarming av ventilasjonsluft. Grong skole.**

Figur 4 fra Grong skole viser effektforløp og utetemperatur for et døgn. Figur 5 viser for samme døgnet forholdet mellom tilført effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft samt returtemperatur til varmesentral. Begge er beregnet ut fra målt effektforløp ved hjelp av ligningene (1) og (2). Returtemperaturen forutsetter en turtemperatur  $T_0$  på 80 °C og et temperaturfall  $\Delta T$  over hver av varmeavgiverne på 25 °C (80 til 55 °C og 55 til 30 °C).



**Figur 4. Målt effektforløp gjennom et døgn (13. mars). Grong skole.**

I Figur 4 ser vi at effektbehovet til ettervarming av ventilasjonsluft for det meste er vesentlig lavere enn effektbehovet til romoppvarming. Rundt klokken 12 er imidlertid effektbehovet til varming av ventilasjonsluft størst. Forholdet mellom effekter blir imidlertid aldri større enn 1 fordi teller og nevner i bytter plass slik at teller alltid er mindre eller lik nevner. Grunnen til at kurven for effektforholdet ikke når 1 når effektkurvene krysser hverandre er at det ikke er noe målepunkt akkurat i krysningspunktet.



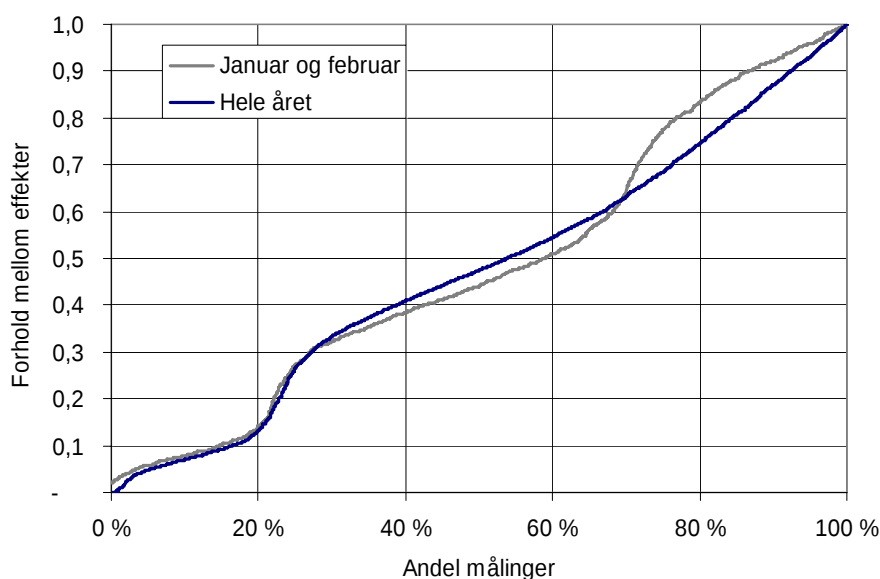
**Figur 5. Effektförhold mellom varmeavgivere og returtemperatur beregnet ut fra målingene vist i Figur 4.**

I vedlegg på side 34 er det vist flere måledata fra Grong skole som illustrerer sammenhengen mellom effekten til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft.

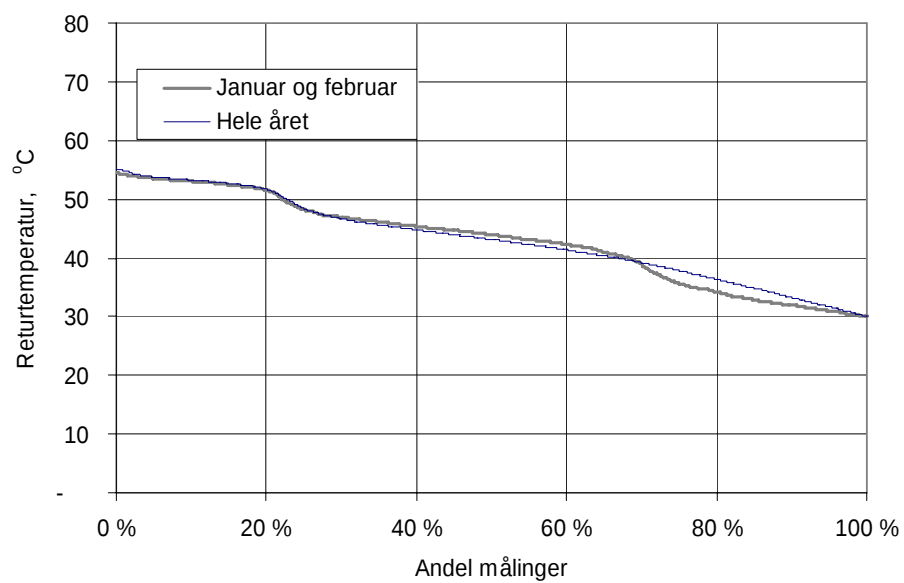
Beskaffenheten til måledataene gjør at det ikke er mulig å benytte et helt år til beregning av forholdet mellom effekter og  $T_2$ . I noen tilfeller har målingene sviktet, i andre perioder har det vært feil i bygningens tekniske installasjoner. De fleste målingene er fra perioden januar til mars.

For å gi en indikasjon av hvor stor betydning dette har for resultatet er det gjort en sammenligning med data fra Sørfold syke- og aldersheim hvor det foreligge data for det helt år, se Figur 6 og Figur 7. Som vi ser er det relativt liten forskjell i forløpet av kurvene. Dette tyder på at forholdet mellom effekt til oppvarming av rom og ventilasjonsluft har et relativt likt forløp fra døgn til døgn gjennom hele året.

Et unntak er bygninger hvor ventilasjonen slås helt av i perioder som i påske og juleferie.



**Figur 6. Sammenligning av forholdet mellom effekter for desember og mars måned. Sørfold syke- og aldersheim.**



**Figur 7. Sammenligning av returtemperatur for desember og mars måned. Sørfold Syke- og aldersheim.**

### 4.3 SAMMENLIGNING AV BYGNINGER

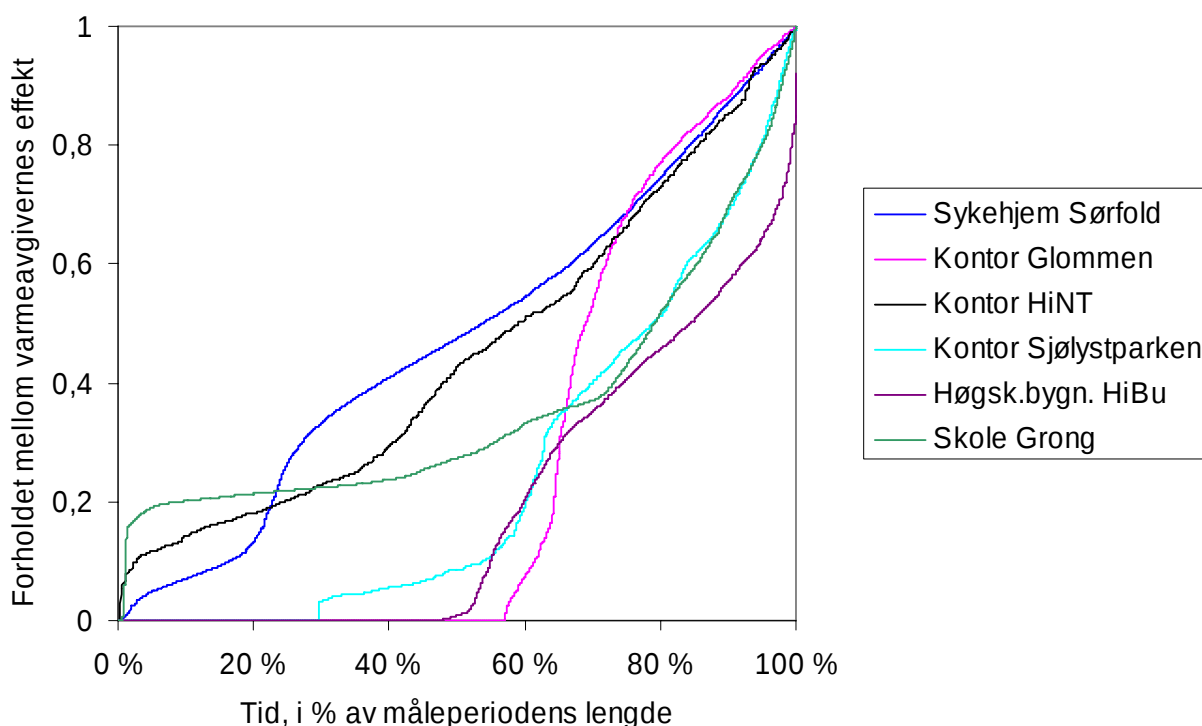
I dette kapittelet er det vist en sammenligning mellom de ulike bygningene som inngår i prosjektet.

Figur 8 og Figur 9 på side 12 viser forholdet mellom målte effekter og estimerte returtemperaturer. Tabell 5 på side 18 beskriver måletidspunkt og måleperiodens lengde for de enkelte bygninger. I Tabell 1 til Tabell 3 på side 7 angis andre data om bygningene. I kapittel 4.4 side 14 er resultater og beskrivelser av de enkelte bygninger behandlet mer detaljert.

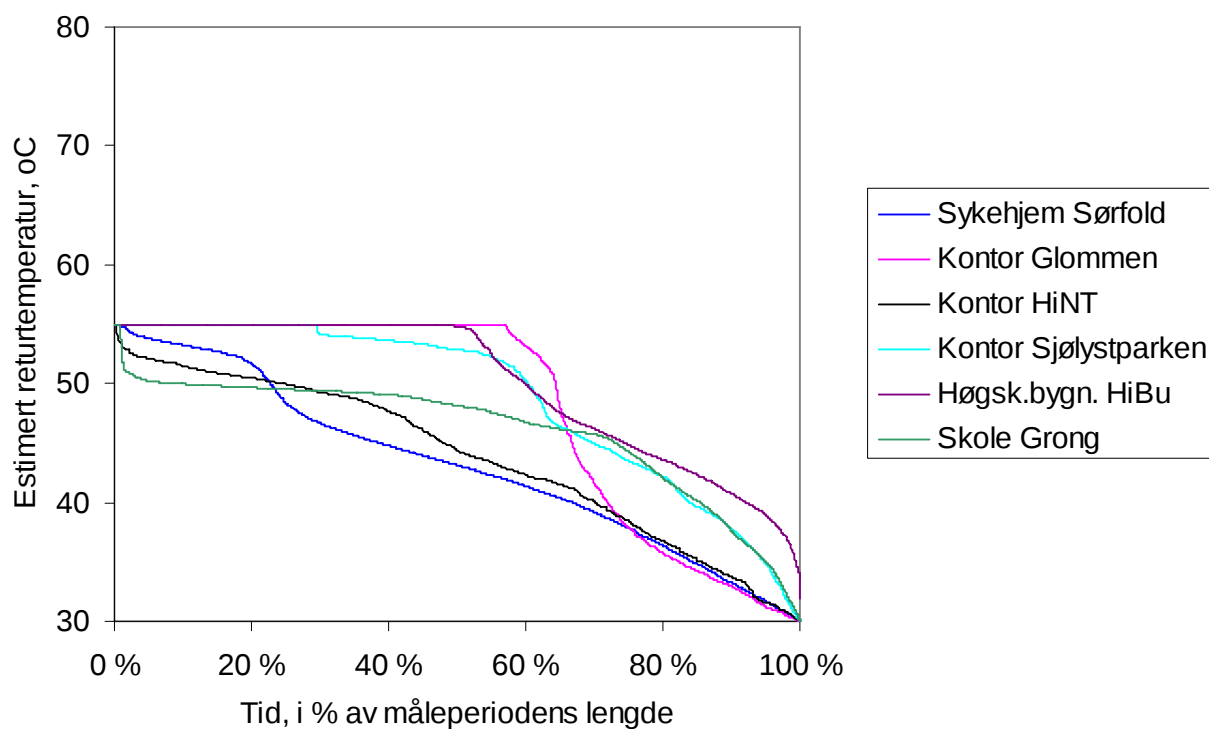
Figur 8 viser at det er relativt stor forskjell mellom bygningene. Med tanke på lavest mulig returtemperatur til varmesentralen burde kurvene ligge nærmest mulig en, eller være konstante (horisontale) det meste av tiden. Grafene viser at de "beste" bygningene er Sørfold og HiNT. Ser vi på sammenhengen mellom de to figurene så er det også disse to bygningene som gir lavest returtemperatur.

Forutsetningen for beregning av returtemperaturen er at varmeavgiverne er seriekoplet og mengderegulert, at turtemperaturen er 80 °C og at det er et temperaturfall  $\Delta T = 25$  °C over varmeavgiveren med størst effektbehov. Som det går fram av kurvene er det stor forskjell på de seks bygningene. I bygningene hvor returtemperaturen en stor del av tiden er 55 °C er ventilasjonen slått helt av utenom brukstiden. I disse byggene kan det oppnås lavere returtemperatur ved å øke  $\Delta T$  for romoppvarmingen og å redusere den for ventilasjonen.

I kapittel 4.4 side 14 er resultater for de enkelte bygninger diskutert nærmere.



**Figur 8. Sammenligning av alle seks bygninger. Forholdet mellom den minste og den største av effektene til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft.**



**Figur 9. Estimert returtemperatur for alle seks bygninger.**

#### 4.4 RESULTATER FOR DE ENKELTE BYGNINGER

Følgende bygninger er omtalt i dette kapitlet.

- Skolebygg Grong
- Høgskolebygg HiBu, Kongsberg
- Kontorbygg Nordlåna HiNT, Levanger
- Kontorbygg Sjølystparken, Oslo
- Kontorbygg Glommen skogeierforening, Elverum
- Sykehjem Sørfold Pleie- og sykeheim, Sørfold

For hver bygning er formålsdelt energibruk angitt. Det er også vist effektbruk til romoppvarming og ventilasjon time for time for torsdag, fredag og lørdag, samt forholdet mellom energibruk og estimert returtemperatur for samme periode. Disse kurvene gir et inntrykk av hvordan forholdet er mellom energibruk til romoppvarming og ventilasjon og hvordan ventilasjon og romoppvarming styres og reguleres.

Det er også vist varighetskurver for forholdet mellom effekter og estimert returtemperatur for lengre måleperioder.

##### **Skolebygg Grong**

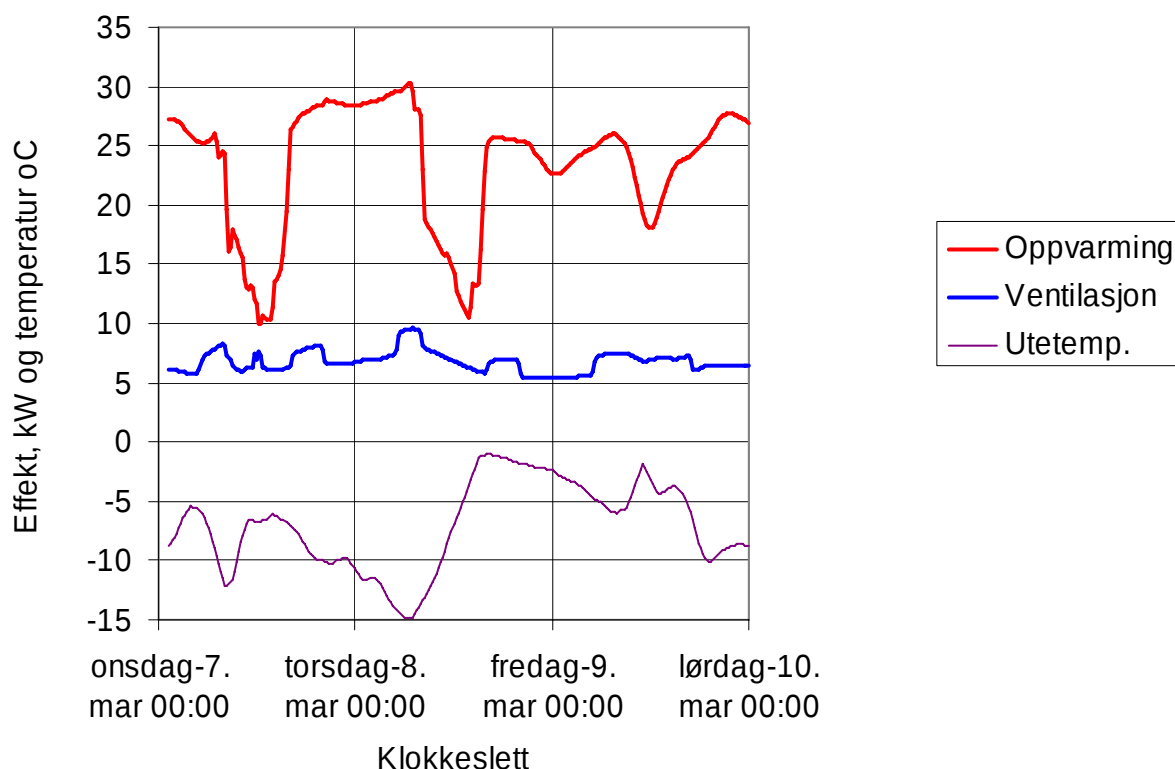
Data er hentet fra Wachenfeldt /2/. Dette er en skolebygning i Grong kommune i Nord Trøndelag som sto ferdig 1998. Bygning ble sammenbygd med en eksisterende skolebygning. Arealet er på 1001 m<sup>2</sup> BTA. Den har hybrid ventilasjon med behovsstyring. Ventilasjonsluften tilføres bygningen gjennom en nedgravd betongkulvert og passerer gjennom vifte, luftfilter, et forvarmebatteri som via væskekopling tilføres varme fra avtrekksluften og et ettervarmebatteri. Deretter føres den inn i en kulvert som er plassert under bygningen. Fra denne strømmer luften inn i klasserommene. Luftmengden til hvert klasserom er bestemt av et modulerende spjeld som er plassert i avtrekket fra rommet. Fra avtrekket strømmer luften gjennom en kanal, et avtrekkstårn som inneholder en varmeveksler for varmegjenvinning og en avtrekksvifte før den strømmer ut. Spjeldet som bestemmer ventilasjonsluftmengden er regulert i forhold til CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i klasserommet. Varme til romoppvarming og ventilasjon leveres via et vannbåret varmedistribusjonssystem. Bygningen har væskekoplet varmegjenvinner.

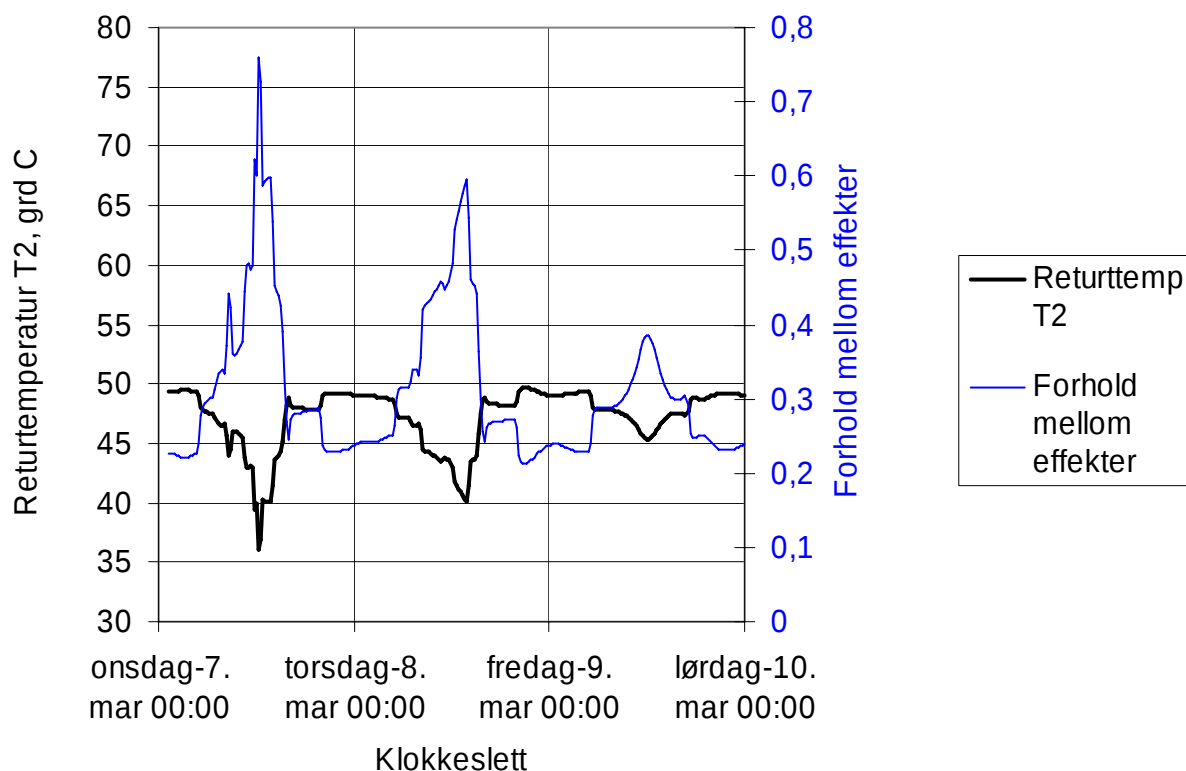
Tabell 4 viser målt spesifikk energibruk. Energibruken til oppvarming er relativt stor fordi bygningen viser seg å ha mange kuldebroer, Wachenfeldt /2/. Den har også mange kompliserte sammenføyninger som kan ha ført til dårlige tetninger og høy infiltrasjon.

**Tabell 4. Spesifikk energibruk per år. Grong skole.**

| Budsjettpost   | ENERGI            |
|----------------|-------------------|
|                | Målt<br>[kWh/kvm] |
| 1. Oppvarming  | 134               |
| 2. Ventilasjon | 33                |

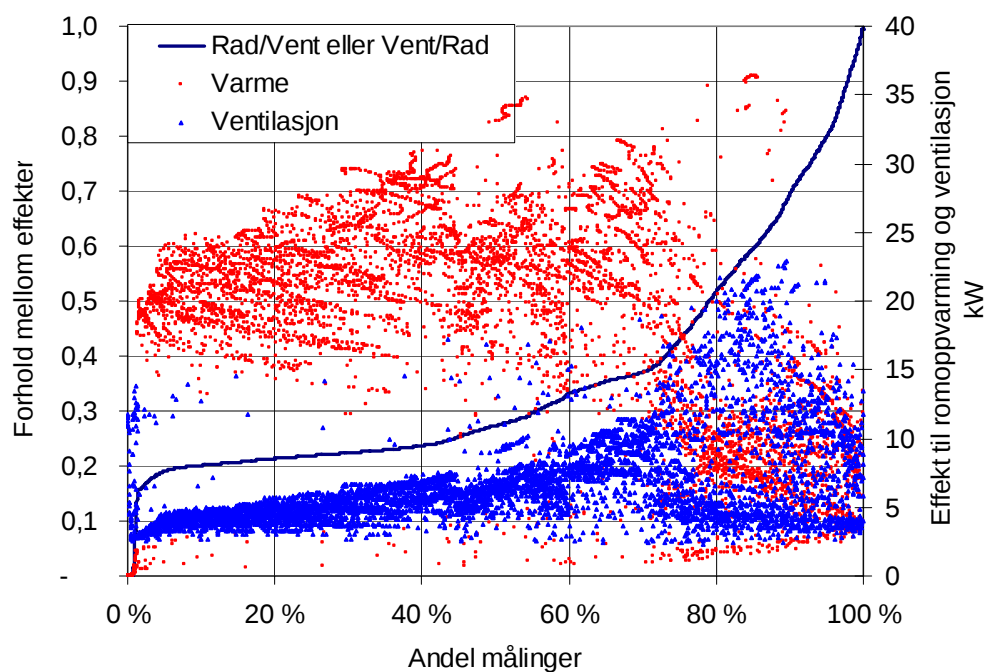
Figur 10 viser effektforløpet til romoppvarming og ventilasjon for en tredagersperiode i mars. På samme måte som tabellen viser den at energibruken til romoppvarming er vesentlig høyere enn til ventilasjon. Figuren viser også at energibruk til ventilasjon varierer lite med tiden. I Figur 11 er forholdet mellom effektene vist sammen med estimert returtemperatur. For denne bygningen kunne det ha blitt oppnådd lavere beregnet returtemperatur ved å legge større temperaturfall over radiatorer enn over ventilasjonsvarmebatteriene.


**Figur 10. Grong skole. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.**

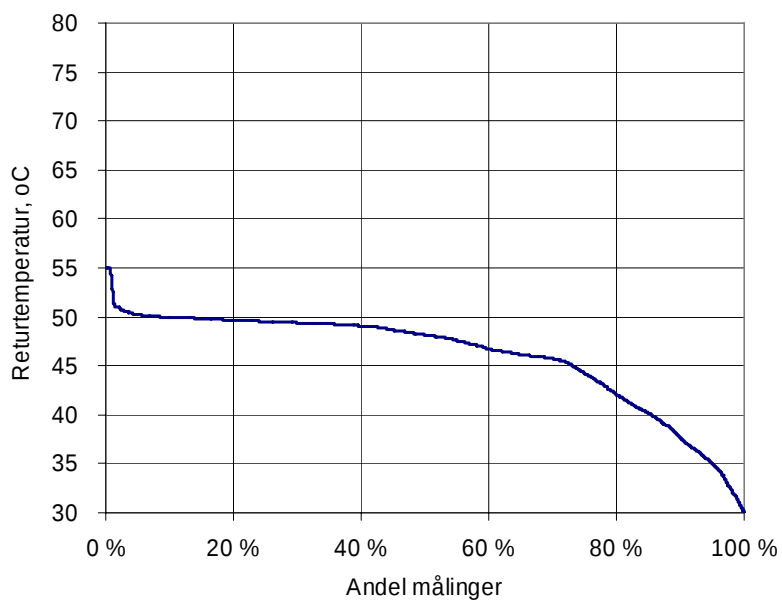


**Figur 11. Grong skole. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**

Figur 12 og Figur 13 viser kurver beregnet fra målingene for to månedsperioder, desember og mars. Den første figuren viser forholdet mellom effekter til romoppvarming og ventilasjon (kurve) samt målte effekter til romoppvarming og ventilasjon. Vi ser også at når forholdet mellom effektene nærmer seg 1, så er det relativt lave effekter til romoppvarming. Figur 12 og Figur 13 viser at når returtemperaturen er lavest så er også effektbehovet relativt lavt.



**Figur 12. Grong skole. Måleperiode: Desember og mars måneder. Målt effektbruk til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft er vist som punkter. Punktene korresponderer med kurven for forholdet mellom effekter.**



**Figur 13. Grong skole, returtemperatur. Måleperiode: Desember og mars måneder.**

## Høgskolebygg HiBu, Kongsberg

Data er hentet fra Modellbyggprosjektet /1/.

Bygningen tilhører Høgskolen i Buskerud, HiBu og ligger på Kongsberg. Den ble oppført i 1992. Oppvarmet areal er 15 217 m<sup>2</sup>. Byggets brukstid er ca 15 timer pr døgn man-fre. Byggets brukstid lør-søn samlet sett er ca 12 timer. Personbelastning er ca 800 studenter, totalt ca 1000 personer man-fre inkl. ansatte. Målingene er utført i to av fløyene som dekker ca 5000 m<sup>2</sup> av totalt 15 217 m<sup>2</sup>.

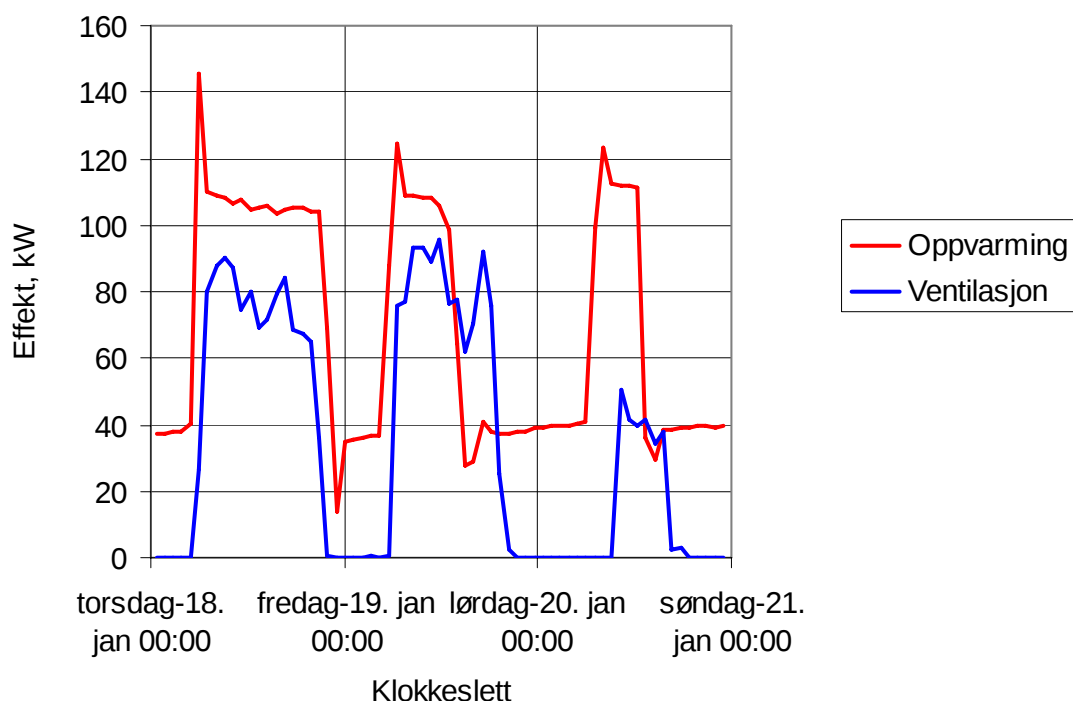
Bygningen har vannbårent oppvarmingssystem med radiatorer og ventilasjonsvarmebatteri. Elkjel, oljekjel og kjøleaggregat er installert i tekniske rom. Fasadene består i hovedsak av teglstein, betongkonstruksjon, samt en fløy med glassgård.

Bygget fungerer som en Høgskolebygning med lang driftstid, dvs. kveldsundervisning i tillegg.

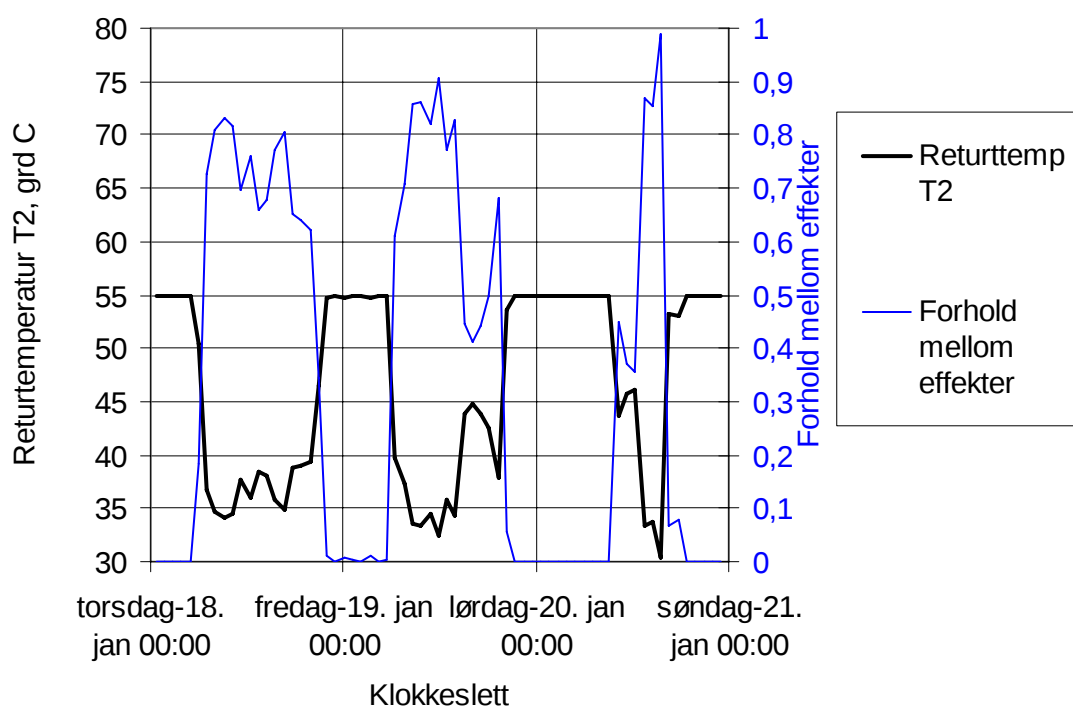
Tabell 5 viser modellbyggprosjektets måling av energi og effektbehov. Både denne tabellen og Figur 14 viser at energibruken til romoppvarming er høyere enn til ettervarming av ventilasjonsluft. Figur 14 viser også at ventilasjonen stoppes helt om natten. I helgene er det en viss drift av ventilasjonen. Figur 15 viser at returtemperaturen varierer relativt mye, men at den det meste av tiden er 55 °C (se også Figur 17)

**Tabell 5. Målinger gjort i Modellbyggprosjektet for Høgskolebygg Kongsberg.**

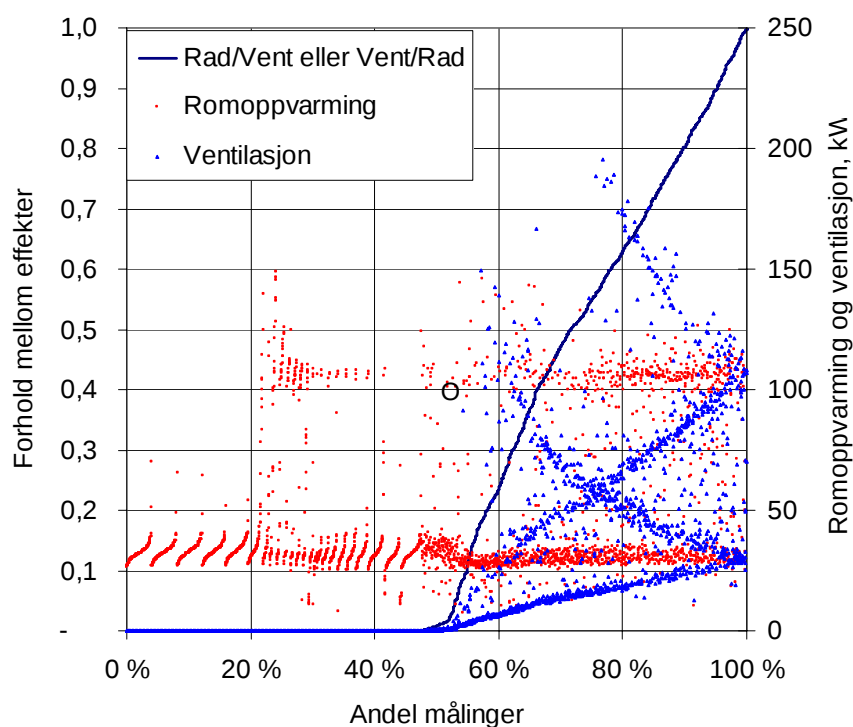
| Budsjettpost      | ENERGI            |                                 | EFFEKT          |                               |
|-------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|                   | Målt<br>[kWh/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[kWh/kvm] | Målt<br>[W/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[W/kvm] |
| 1. Oppvarming     | 41,4              | 42,9                            | 30,0            | 31,1                          |
| 2. Ventilasjon    | 17,0              | 17,6                            | 41,2            | 42,7                          |
| 3. Varmtvann      | 9,8               | 9,8                             | 2,6             |                               |
| 4. Vifter/ pumper | 31,4              | 31,4                            | 12,0            |                               |
| 5. Belysning      | 33,0              | 33,0                            | 15,0            |                               |
| 6. Diverse        | 18,8              | 18,8                            | 13,9            |                               |
| 7. Kjøling        | 21,0              | 21,0                            | 15,8            |                               |
| Totalt post 1-7   | 172,4             | 174,5                           |                 |                               |



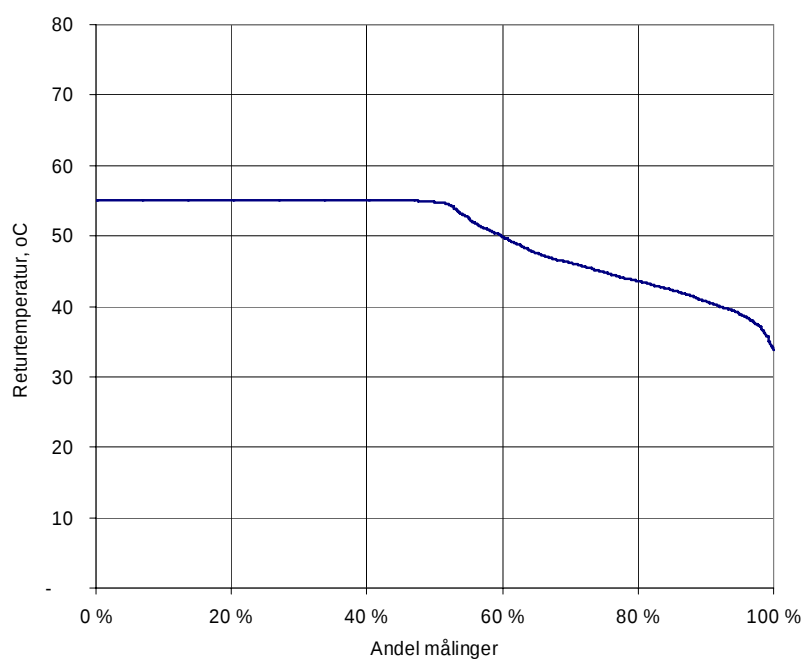
**Figur 14. Høgskolebygg Kongsberg. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.**



**Figur 15. Høgskolebygg Kongsberg. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**



**Figur 16. Høgskolebygg Kongsberg. Måleperiode: Fra 2000-12-18 - 2001-04-30. Målt effektbruk til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft er vist som punkter. Punktene korresponderer med kurven for forholdet mellom effekter.**



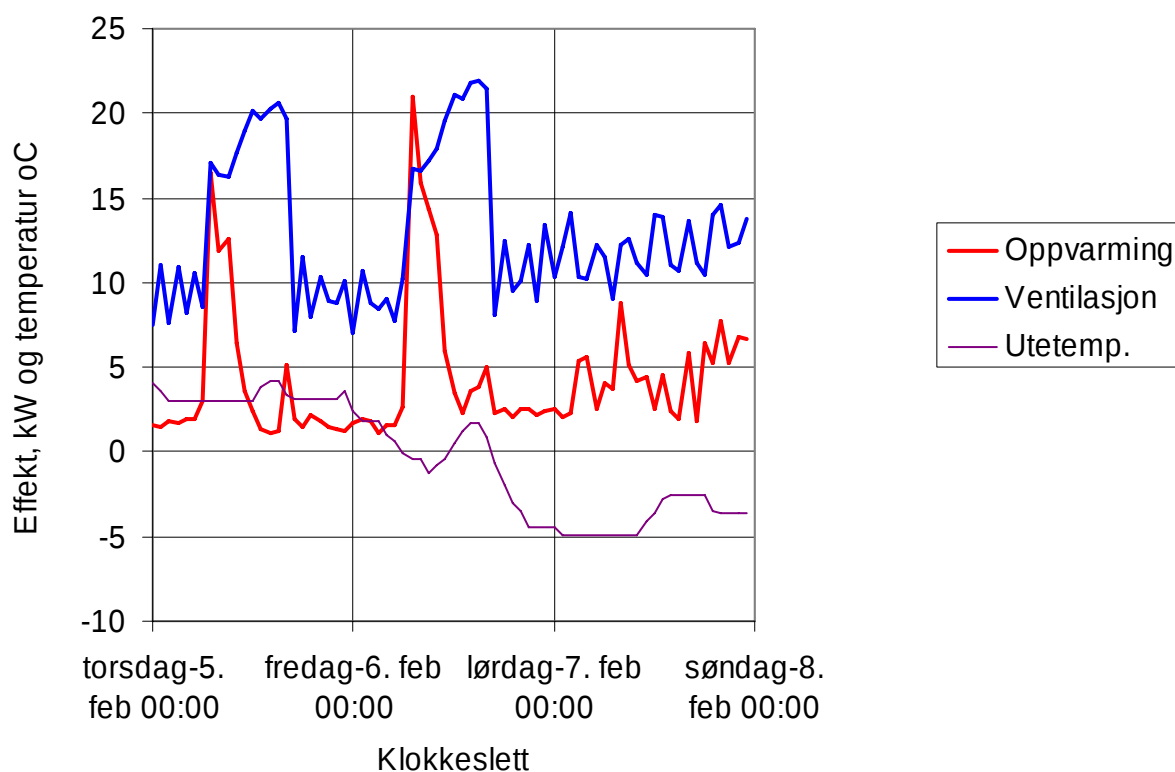
**Figur 17. Høgskolebygg Kongsberg. Måleperiode: Fra 2000-12-18 - 2001-04-30.**

## Kontorbygg Nordlåna HiNT, Levanger

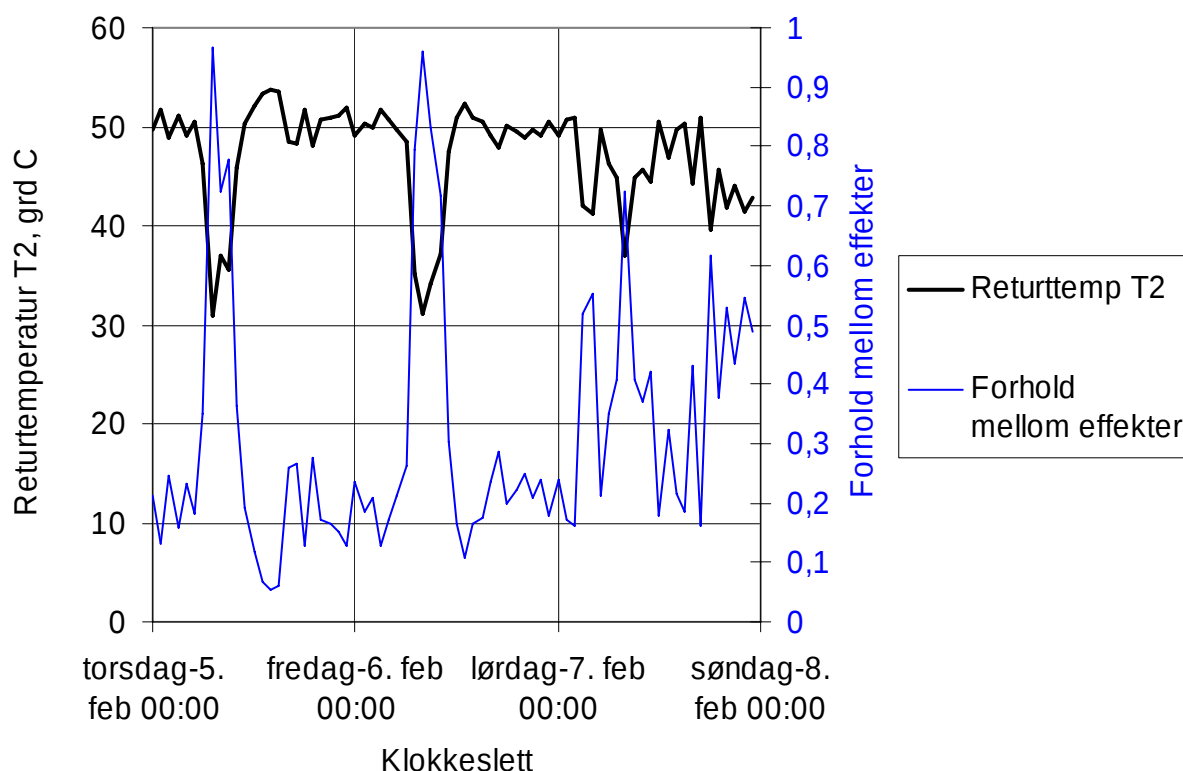
Måledatainnsamling er utført av SINTEF Energiforskning AS for Statsbygg. (Mathisen 2004) Nordlåna er et høyskolebygg som tilhører Høgskolen i Nord-Trøndelag, HiNT og ble tatt i bruk i 2002. Målingene er utført på en av fløyene som er en ren kontorfløy. Ventilasjonen er hybrid med tilførsel gjennom nedgravd betongkulvert. Tilluftsmengden til hver modul reguleres etter ur, tilstedeværelse og romtemperatur. Bygningen har to etasjer. Kontorfløyen har 30 faste arbeidsplasser og et bruttoareal på 835 m<sup>2</sup>.

Årlig totalt spesifikt energibruk er målt til 161 kWh/m<sup>2</sup>, hvorav 111 kWh er vannbåren varme til radiatorer og oppvarming av ventilasjonsluft.

Figur 18 viser at ventilasjonsluftmengden er relativt høy døgnet rundt. Dette skyldes at ventilasjon av foajé ikke reduseres om natten og at et dataserverrom blir ventilert døgnet rundt.



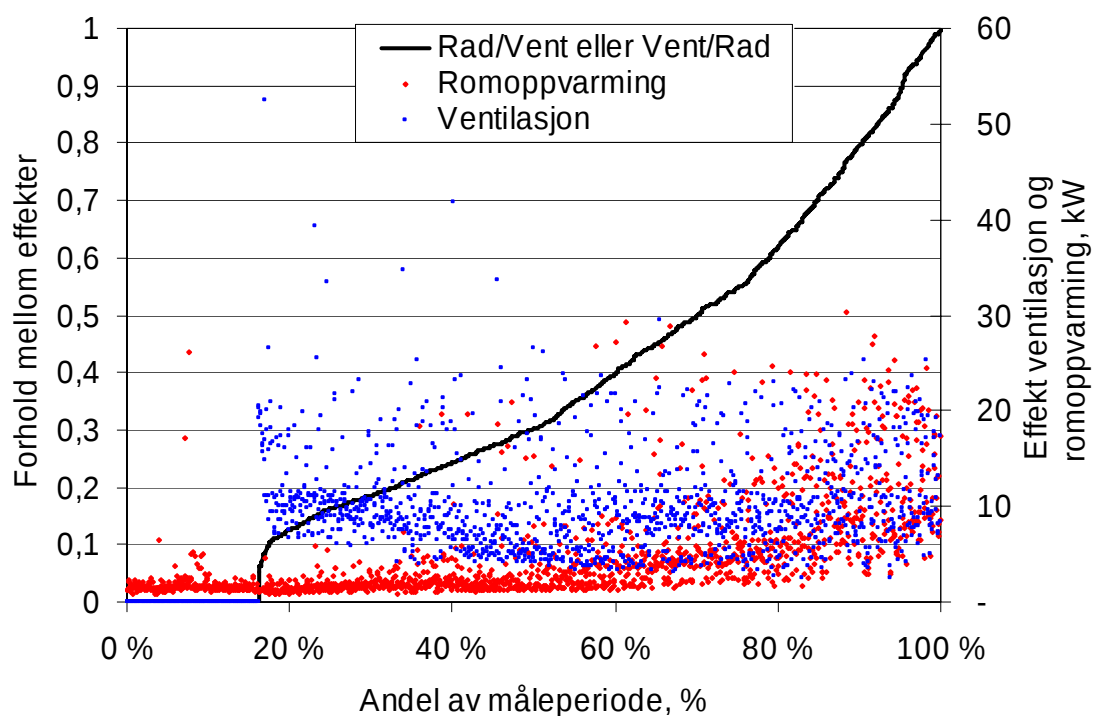
**Figur 18.** Nordlåna HiNT. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.



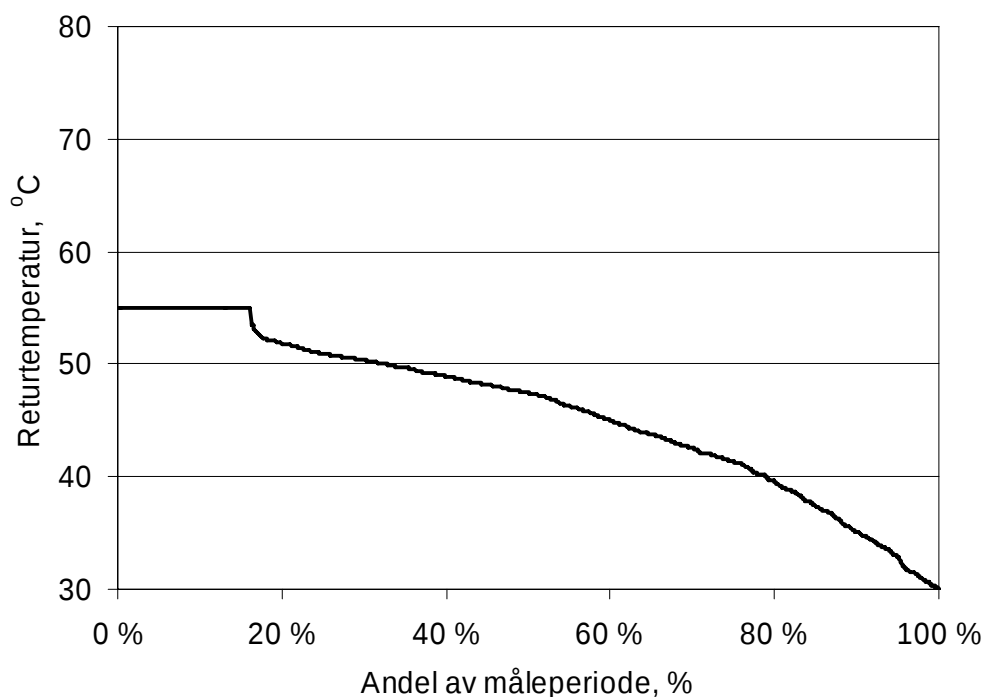
**Figur 19. Nordlåna HiNT. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**

Figur 20 viser at store deler av måleperioden så er effekt til romoppvarming vesentlig lavere enn til ettervarming av ventilasjonsluft. Sammen med Figur 21 ser vi at det i nesten 20% av måleperioden ikke er pådrag til oppvarming av ventilasjonsluft, men et lavt behov for romoppvarming.

Dersom det i estimeringen hadde blitt benyttet et høyere temperaturfall for ventilasjonsluftpoppvarmingen enn for radiatorene så ville returtemperaturen blitt lavere enn det som er vist her.



**Figur 20. Nordlana HiNT. To måleperioder: Fra 2003-09-23 til 2003-10-24 og fra 2004-1-20 - 2004-2-23. Dataene er sortert etter forholdet mellom effektene.**



**Figur 21. Nordlana HiNT. Måleperiode: Fra 2003-09-23 til 2003-10-24 og fra 2004-1-20 - 2004-2-23.**

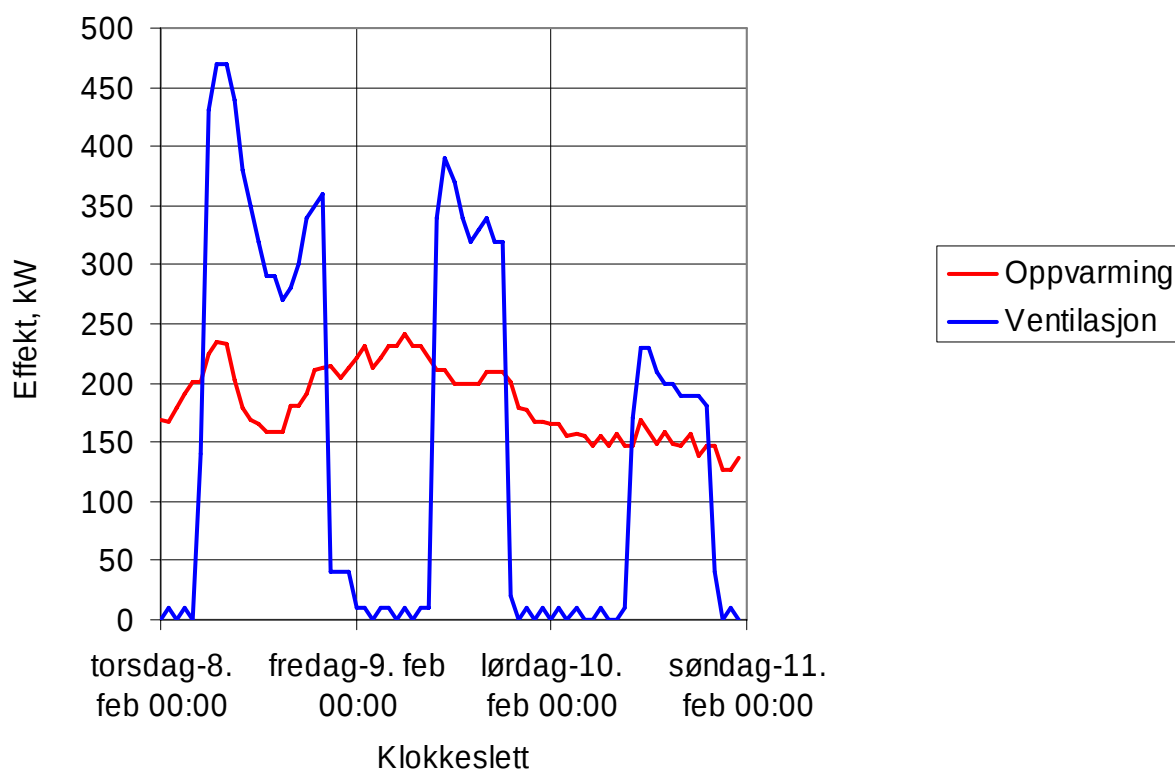
### Kontorbygg Sjølystparken, Oslo

Data er hentet fra Modellbyggprosjektet /1/. Bygningen ligger i Drammensveien i Oslo. Den har et oppvarmet areal på 24 000 m<sup>2</sup>. Byggeåret er 1996.

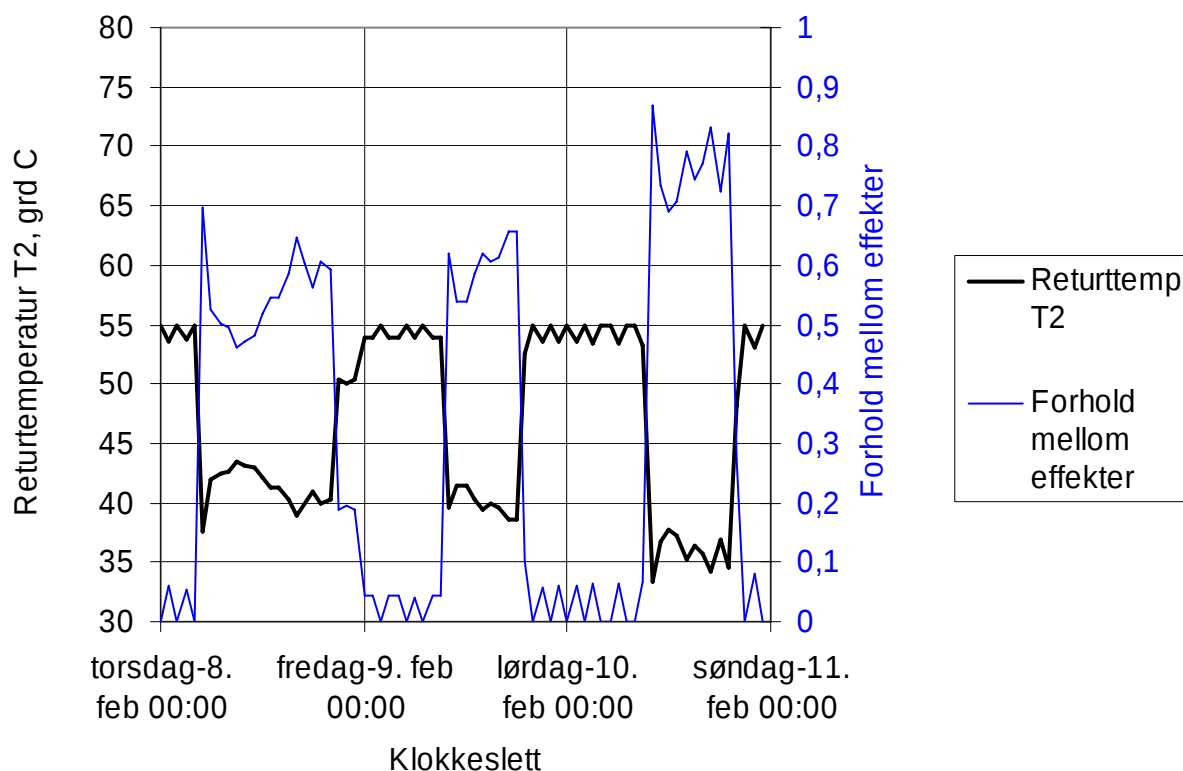
Tabell 6 viser modellbyggprosjektets måling av energi og effektbehov. Årlig energibruk til oppvarming og ventilasjon er like, men Figur 22 viser at effektbruk til ventilasjon varierer mye over døgnet mens effekten til romoppvarming varierer mye mindre.

**Tabell 6. Målinger gjort i modellbyggprosjektet for Sjølystparken.**

| Budsjettpost     | ENERGI            |                                 | EFFEKT          |                               |
|------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|                  | Målt<br>[kWh/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[kWh/kvm] | Målt<br>[W/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[W/kvm] |
| 1.Oppvarming     | 24,8              | 30,0                            |                 |                               |
| 2.ventilasjon    | 24,5              | 30,0                            | 33,6            | 35,2                          |
| 3.Varmtvann      | 1,0               | 1,0                             |                 |                               |
| 4.Vifter/ pumper | 64,1              | 64,1                            | 7,6             | 7,6                           |
| 5.Belysning. NB! | <b>25,8</b>       | <b>25,8</b>                     |                 |                               |
| 6.Diverse        | 37,1              | 37,1                            |                 |                               |
| 7.Kjøling        | 21,0              | 21,0                            |                 |                               |
| Totalt post 1-7  | 198,4             | 209,0                           | 41,2            | 42,8                          |

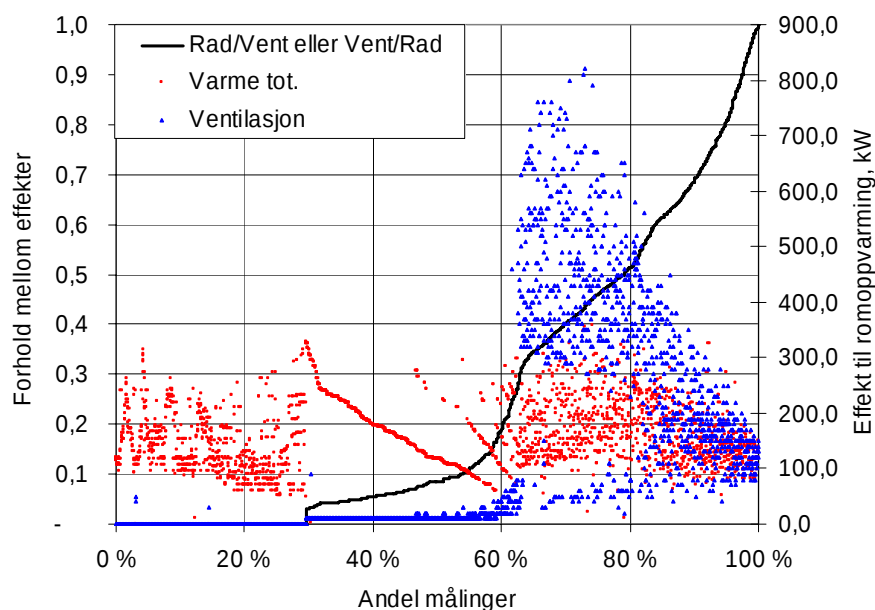


**Figur 22. Sjølystparken. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.**

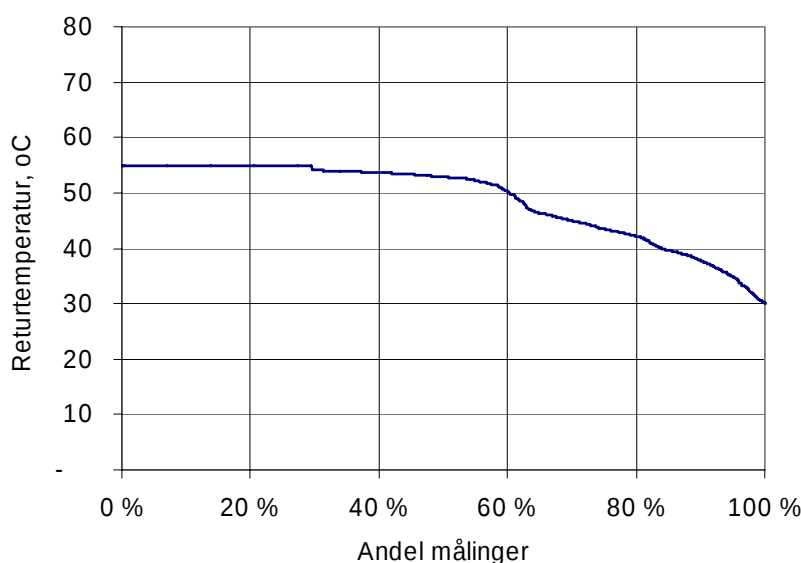


**Figur 23. Sjølystparken. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**

Figur 24 og Figur 25 viser at effekten til ventilasjon er null i over 30 % av måleperioden. Vi ser også at returtemperaturen er relativt høy for denne bygningen fordi det er stor forskjell i effekt til oppvarming eller ventilasjon i en stor del av måleperioden. Selv om energibehov til oppvarming og ventilasjon er like summert over året, så er det for store deler av året store forskjeller i effektene til oppvarming og ventilasjon.



**Figur 24. Sjølystparken kontorbygg. Måleperiode: Fra 2001-01-03 - 2001-05-07.**



**Figur 25. Sjølystparken kontorbygg. Måleperiode: Fra 2001-01-03 - 2001-05-07.**

### Kontorbygg Glommen skogeierforening, Elverum

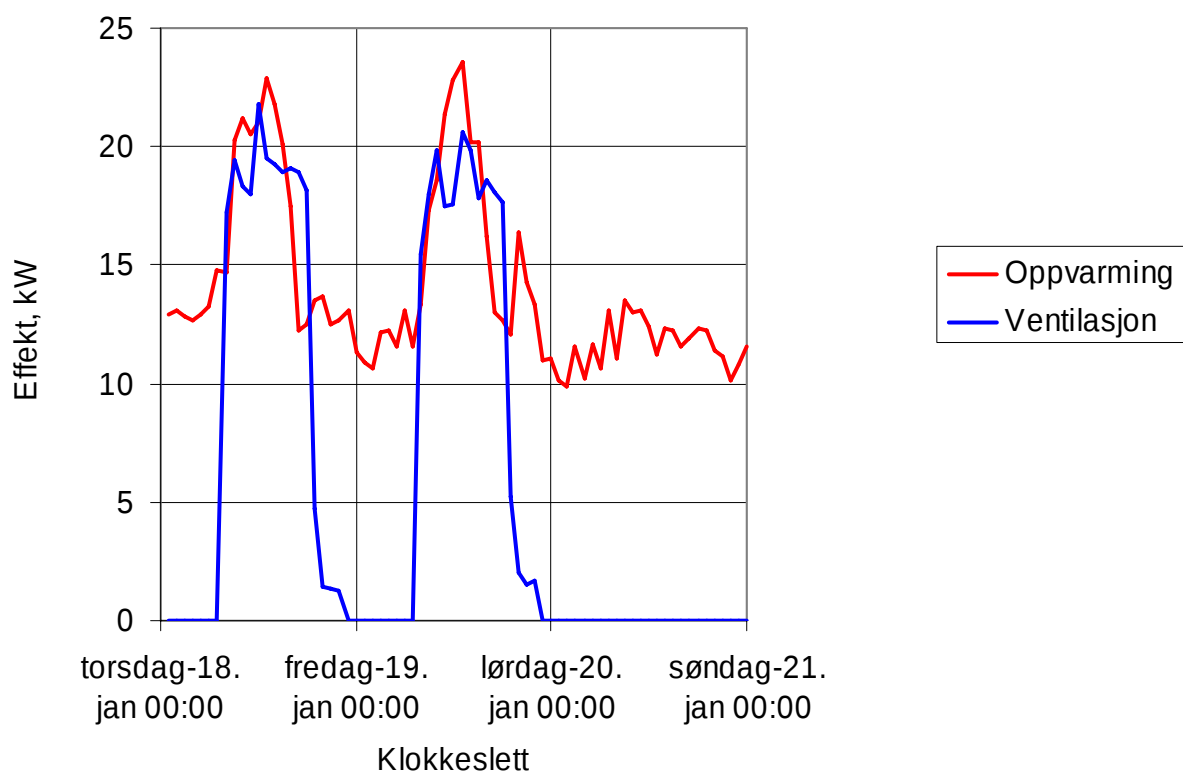
Data er hentet fra Modellbyggprosjektet /1/. Bygningen har to byggetrinn, et fra 1980 og et fra 1988. Byggene har el.oppvarming basert på panelovner med reguleringsutstyr for dag og natt-senking. Byggene har minimalt med kjøleutstyr og ventilasjonsluftmengdene er vesentlig under det som er kravene i dag. Oppvarmet areal er 2260 m<sup>2</sup>.

Tabell 7 viser modellbyggprosjektets måling av energibehov. Den viser at energibehovet til oppvarming er vesentlig større enn til ventilasjon

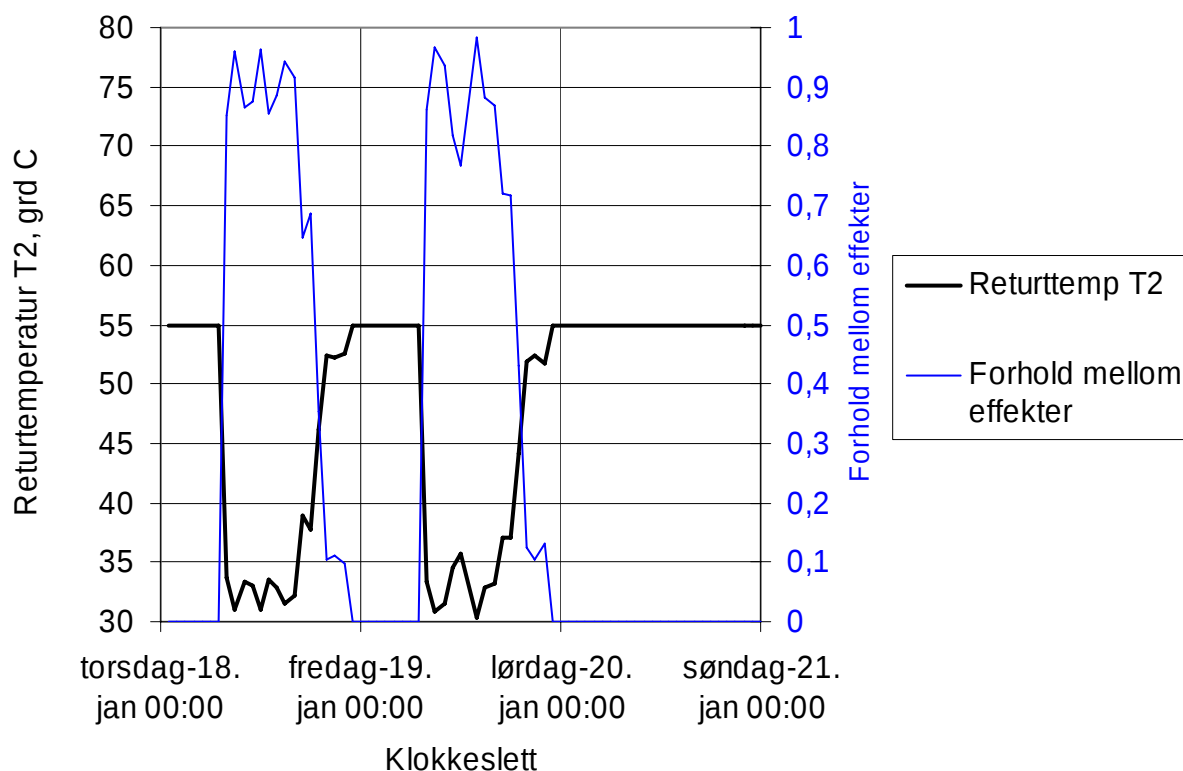
**Tabell 7. Målinger gjort i modellbyggprosjektet for Glommen skogeierforenings kontorbygning.**

| Budsjettpost     | ENERGI            |                                 |
|------------------|-------------------|---------------------------------|
|                  | Målt<br>[kWh/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[kWh/kvm] |
| 1.Oppvarming     | 48                | 55,2                            |
| 2.Ventilasjon    | 20                | 23                              |
| 3.Varmtvann      | 6                 | 6                               |
| 4.Vifter/ pumper | 25                | 25                              |
| 5.Belysning      | 17                | 17                              |
| 6.Diverse        | 2                 | 2                               |
| 7.Kjøling        | 6                 | 6                               |
| Totalt post 1-7  | 124               | 134,2                           |

Figur 26 og Figur 27 viser at effekten til ventilasjon er null i lange perioder. Dette fører til en relativt høy returtemperatur for denne bygningen.

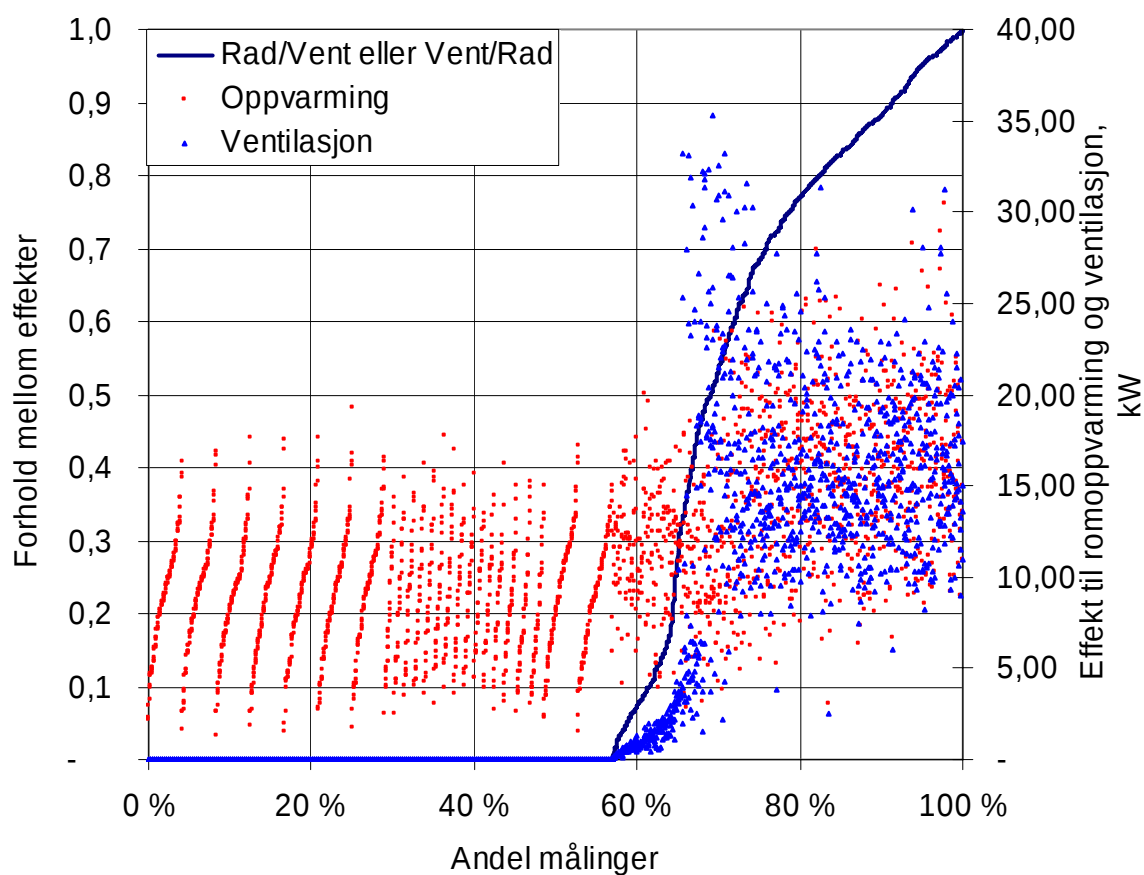


**Figur 26. Glommen skogeierforenings kontorbygning. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.**

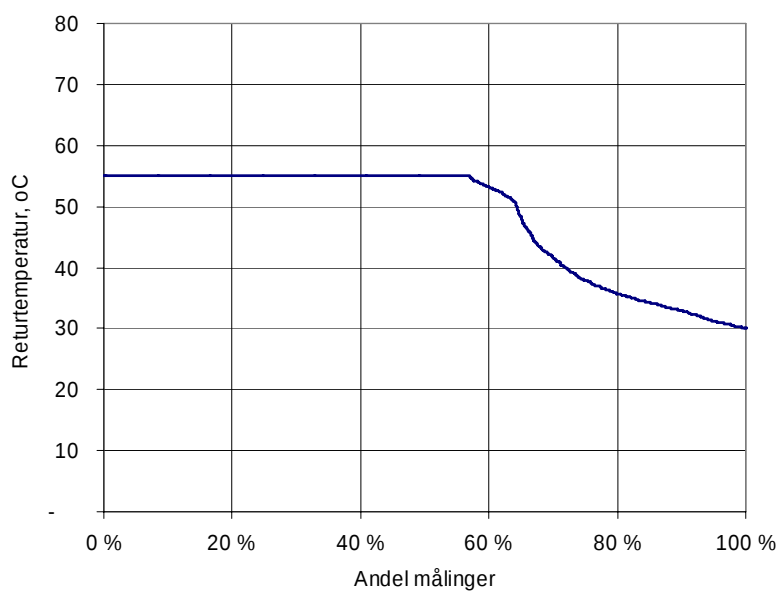


**Figur 27. Glommen skogeierforenings kontorbygning. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**

Figur 28 og Figur 29 viser at effektbehovet til ventilasjon over halvparten av måleperioden er null, dermed blir returtemperaturen for denne bygningen jevnt over relativt høy.



**Figur 28. Glommen skogeierforenings kontorbygning. Måleperiode: Fra 2000-12-01 til 2001-03-01.**



**Figur 29. Glommen skogeierforenings kontorbygning. Måleperiode: Fra 2000-12-01 til 2001-03-01.**

### Pleieinstitusjonsbygg Sørfold Pleie- og sykehjem, Sørfold

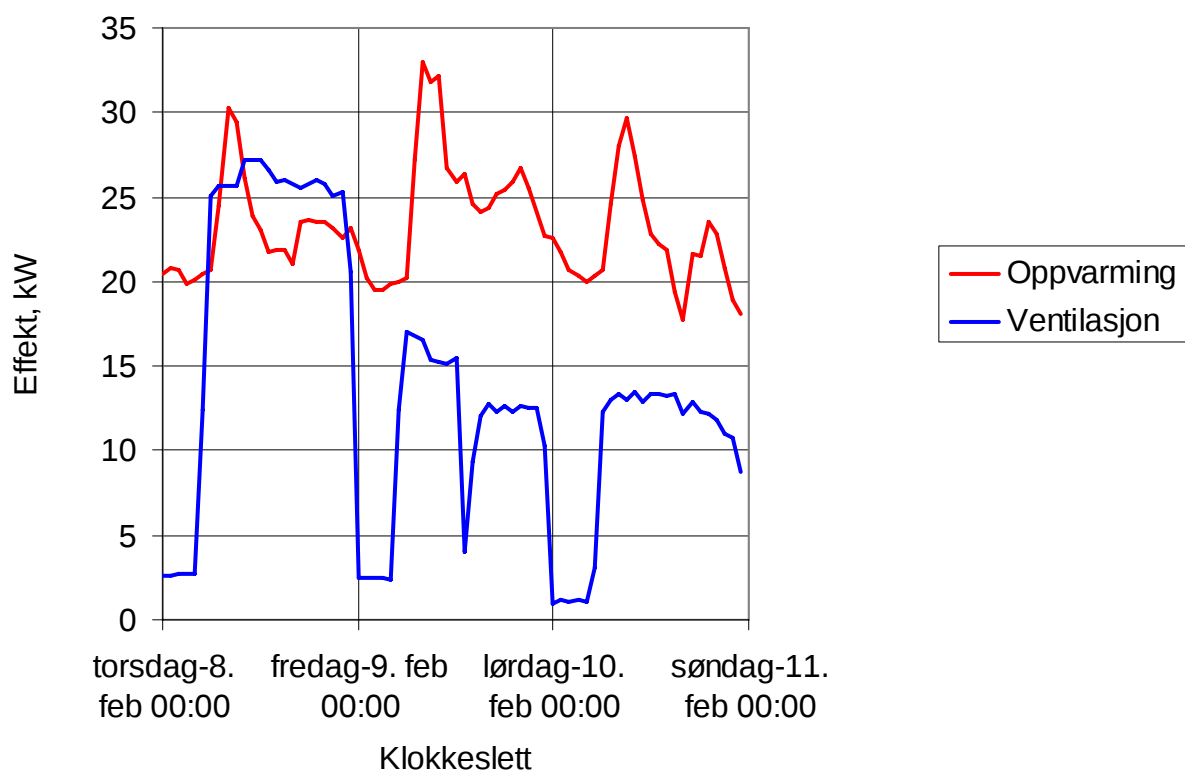
Data er hentet fra Modellbyggprosjektet /1/. Sørfold pleie- og sykehjem eies og drives av Sørfold kommune. Bygningen består av to byggetrinn. Det andre byggetrinnet betegnes som ”ny del” (1530 m<sup>2</sup> fordelt på 2 plan) og ble tatt i bruk i 1980.

Nydelen har ventilasjonsanlegg med roterende gjenvinner. Oppvarmet areal er 1572 m<sup>2</sup>.

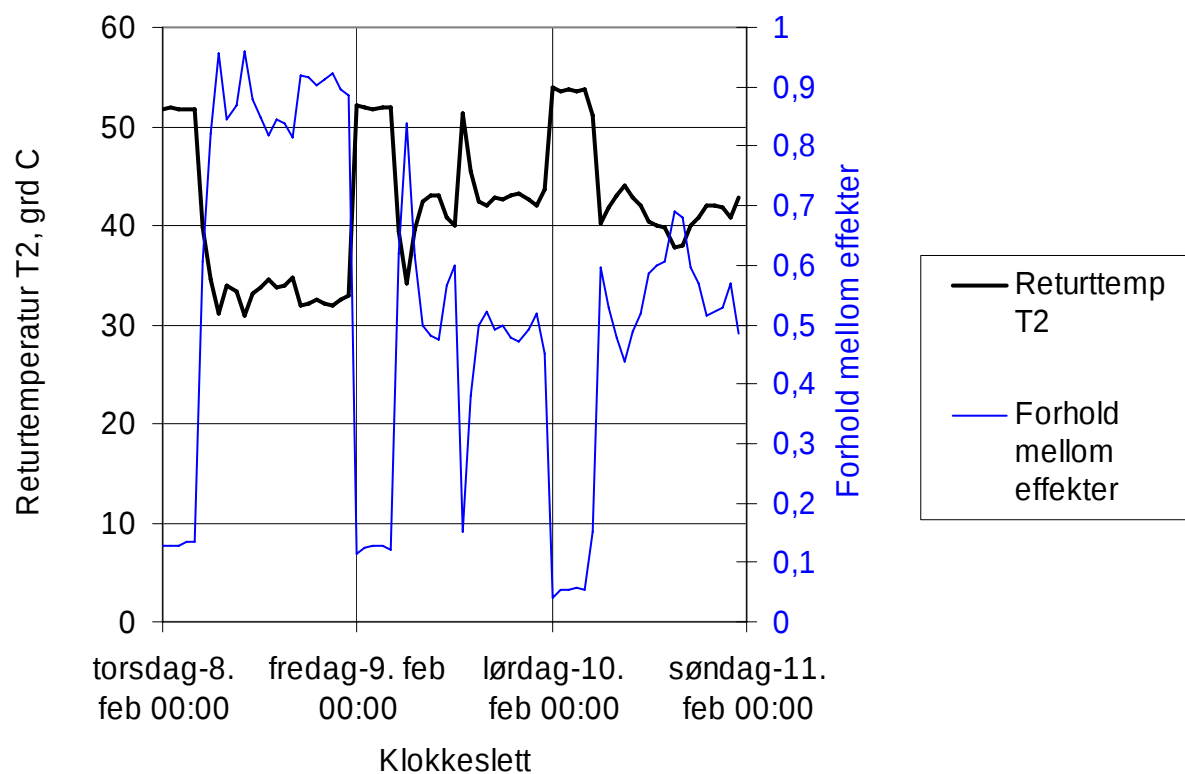
Tabell 8 viser Modellbyggprosjektets måling av energi og effektbehov. Energibehovet til ventilasjon er under halvparten av behovet til romoppvarming. Av Figur 30 ser vi at ventilasjonen kjøres med redusert kapasitet en periode etter midnatt hver dag. Figur 31 viser at returtemperaturen er relativt lav, dette er en følge av at ventilasjonen er i drift store deler av tredagersperioden.

**Tabell 8. Målinger gjort i Modellbyggprosjektet for Sørfold Pleie- og sykeheim.**

| Budsjettpost     | ENERGI            |                                 | EFFEKT          |
|------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|
|                  | Målt<br>[kWh/kvm] | Temp.<br>korrigert<br>[kWh/kvm] | Målt<br>[W/kvm] |
| 1.Oppvarming     | 96,5              | 103,0                           | 31,2            |
| 2.Ventilasjon    | 45,3              | 47,2                            | 7,0             |
| 3.Varmtvann      | 26,7              | 26,7                            | 8,1             |
| 4.Vifter/ pumper | 23,4              | 23,4                            | 3,8             |
| 5.Belysning      | 80,7              | 80,7                            | 22,0            |
| 6.Diverse        |                   |                                 |                 |
| 7.Kjøling        |                   |                                 |                 |
| Totalt post 1-7  | 272,6             | 281,0                           |                 |

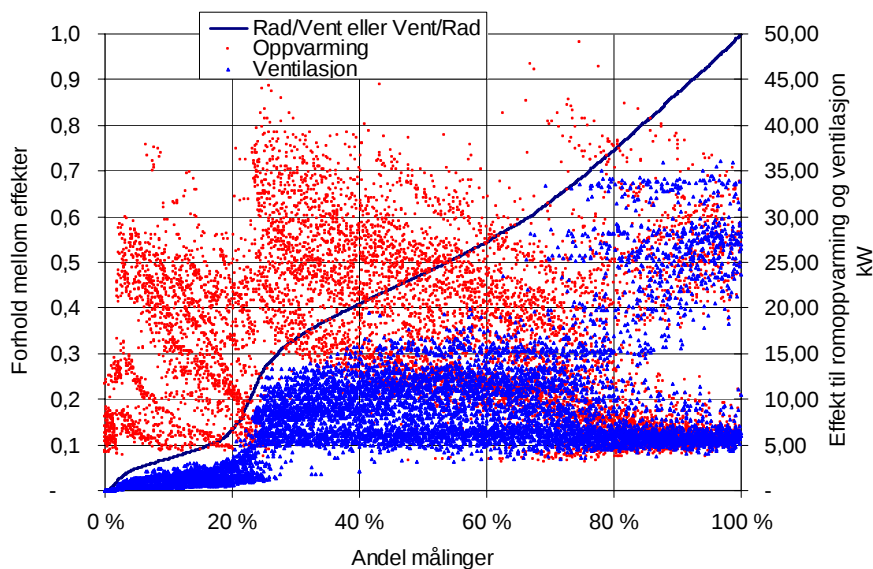


**Figur 30. Sørfold Pleie- og sykeheim. Typisk forløp av effektbruk i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke.**

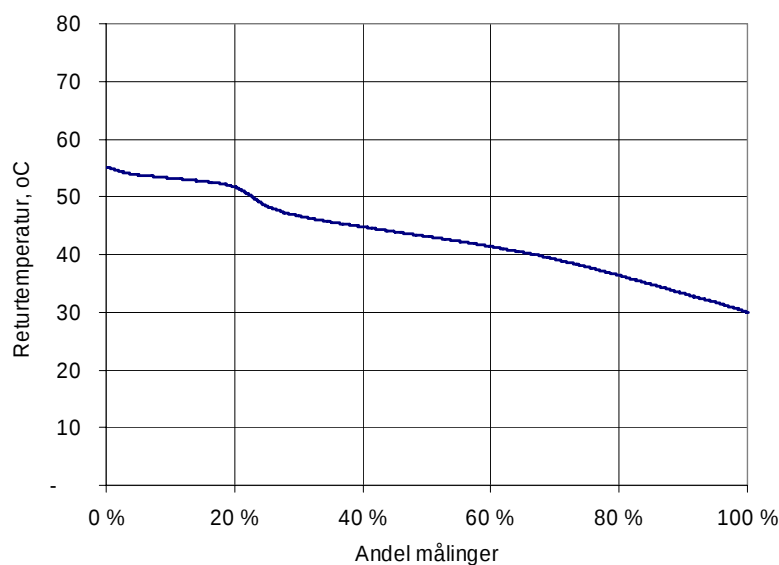


**Figur 31. Sørfold Pleie- og sykeheim. Typisk forløp av estimert returtemperatur T2 og forholdet mellom effekt til romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i løpet av en tredagers periode i slutten av en vinteruke. Ved beregning av effektforholdet er den laveste verdien av de to effektene satt i teller.**

Figur 32 viser at for det meste av tiden er effektbehovet til romoppvarming vesentlig større enn til ventilasjon. Dersom man hadde benyttet et høyere temperaturfall over radiatorene enn for ventilasjonsluftoppvarmingen ville returtemperaturen blitt lavere gjennom året, se også Figur 33.



**Figur 32. Sørfold Pleie- og sykeheim. Måleperiode: Helt år.**



**Figur 33. Sørfold Pleie- og sykeheim. Måleperiode: Helt år.**

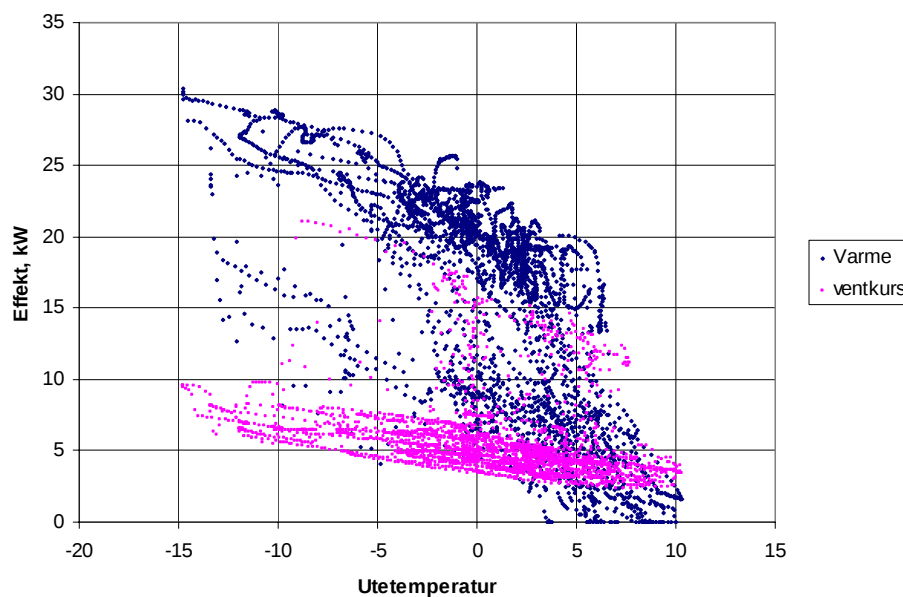
## **5 REFERANSER**

1. Modellbyggprosjektet - Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger i Norge, ENOVAS byggoperatør, april 2002.
2. Wachenfeldt, B.J. Natural Ventilation in Buildings, Detailed Prediction of Energy Performance, Dr. ingeniøravhandling 2003:72, Institutt for energi- og prosesseteknikk, EPT-rapport 2003:06
3. Mathisen, H.M. Evaluering av hybrid ventilasjon – Casestudie Nordlåna Røstad – Hoved-rapport, ISBN 82-594-2721-4, SINTEF Energiforskning rapport nr TR A6024, oktober 2004

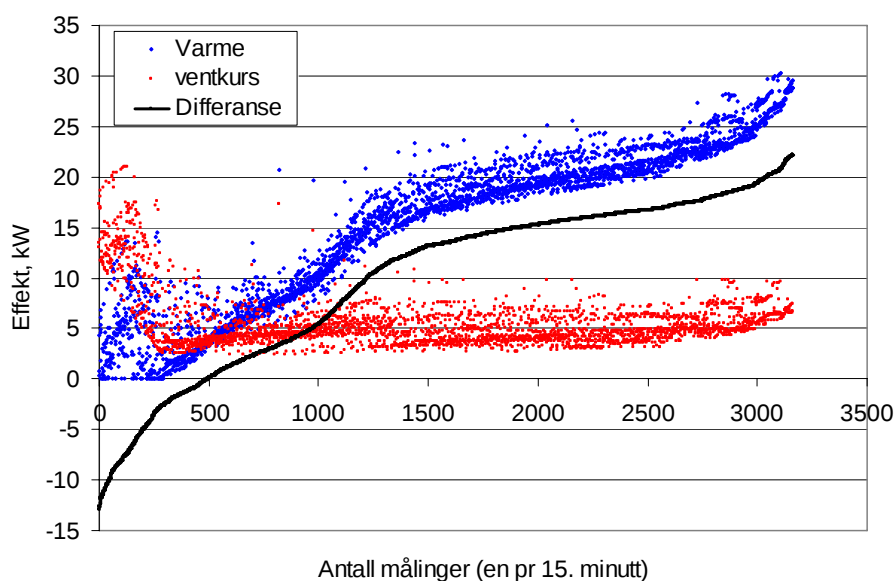
## VEDLEGG, FLERE MÅLEDATA FRA GRONG SKOLE

I dette vedlegget er det vist flere måledata fra Grong skole som viser avhengighet av utetemperatur og forskjellene mellom effekt til romoppvarming og ventilasjon.

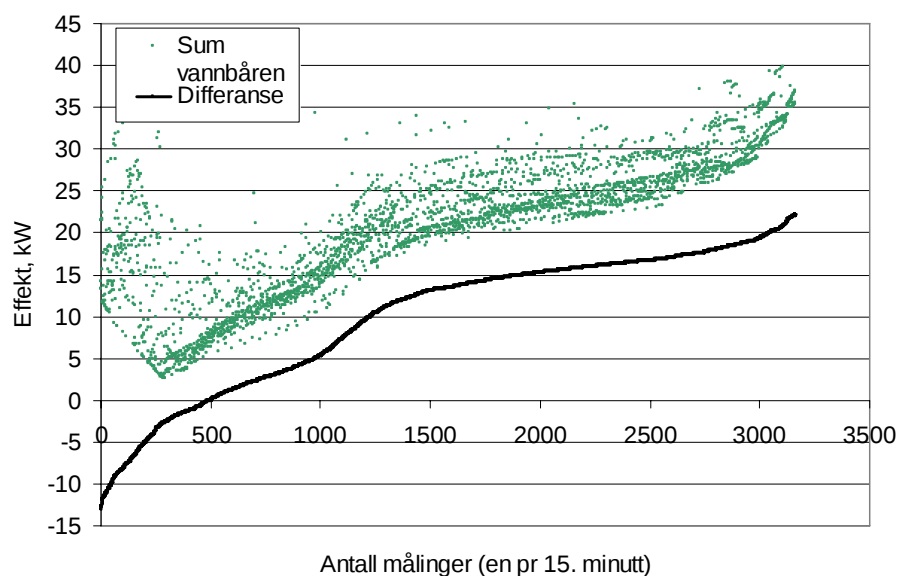
Figur 34 viser at romoppvarmingen har vesentlig sterkere avhengighet til utetemperaturen enn effektbehovet til ventilasjon. Dataene er hentet fra perioden 28. februar til 31. mars.



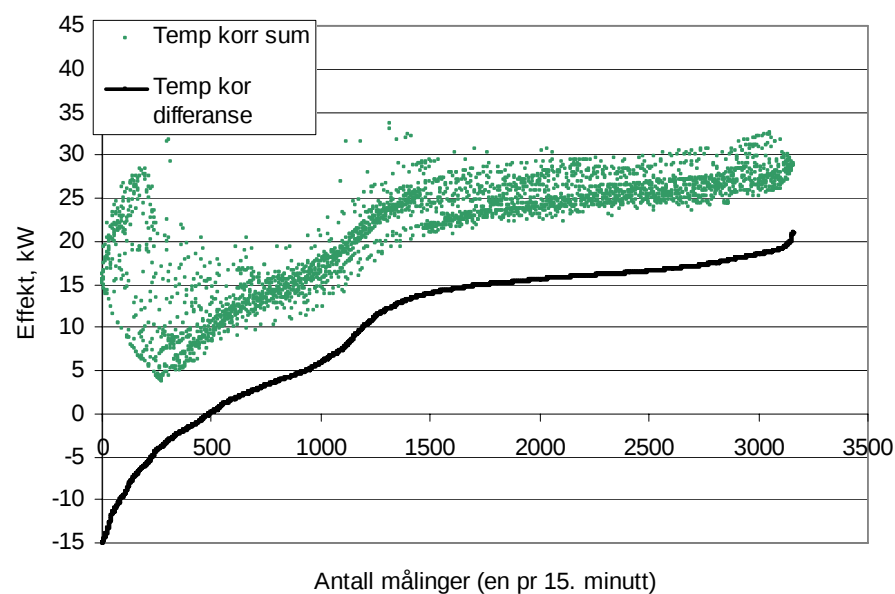
**Figur 34. Grong skole. Effekt til romoppvarming og ventilasjon som funksjon av utetemperaturen**



**Figur 35. Grong skole. Effekt til romoppvarming og ventilasjon samt differanse mellom effekt til romoppvarming og ventilasjon.**



**Figur 36. Grong skole. Sum av effekt til romoppvarming og ventilasjon samt differanse mellom effekt til romoppvarming og ventilasjon.**



**Figur 37. Grong skole. Utetemperaturkorrigert sum av effekt til romoppvarming og ventilasjon samt differanse mellom effekt til romoppvarming og ventilasjon.**

**SINTEF Energiforskning AS**  
Adresse: 7465 Trondheim  
Telefon: 73 59 72 00

**SINTEF Energy Research**  
Address: NO 7465 Trondheim  
Phone: + 47 73 59 72 00