

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2015
30 stp

Energibruk i lavenergi- og passivhus:

- Er det forskjell mellom beregna og målt energibruk i lavenergi- og passivhus og hvilke faktorer gjør størst utslag?

Carina Hellesjø

Forord:

Denne masteroppgaven er utført ved Institutt for naturforvaltning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet våren 2015. Med dette prosjektet avsluttes min mastergrad i fornybar energi og studenttilværelsen på Ås.

Oppgaven har vært spennende, og det blir interessant å følge prosjektet videre.

Jeg ønsker å takke alle som har hjulpet meg på veien, både faglig og støttende. EBLE- Prosjektet ved Anna Svensson for stor hjelp med måledata og spørsmål fra meg, OBOS Prosjekt ved Fredrik Thorbjørnsen for god hjelp og veiledning og Thomas Martinsen på NMBU for god veiledning.

I tillegg kjæresten min for god tålmodighet underveis i prosessen.

Eventuelle feil og mangler er mitt ansvar.

Norges miljø – og biovitenskapelig universitet

Ås, mai 2015

Carina Hellesjø

«Energieffektivisering i bygg er det mest miljøvennlige og kostnadseffektive tiltaket for å redusere energibruken. Innen 2020 har myndighetene som mål at alle nye hus skal bygges på denne måten. Det er morgendagens boliger som skal møte energiutfordringene på lang sikt og da er det viktig at byggene leverer som beregnet» (OBOS 2014).

Sammendrag:

Formålet med denne masteroppgaven er å avdekke forskjeller mellom det beregna og målte energibruket i lavenergi- og passivhus, og å se på hvilke faktorer som gjør størst utslag. Dette er interessant fordi det er gjort få studier på dette emne i Norge, og man har få målinger på energipostnivå.

For å få til dette har Sintef Byggforsk og EBLE – Prosjektet bidratt med måledata. Som utgangspunkt ble energibruken simulert i SIMIEN hvor det blant annet ble kjørt årssimuleringer for hver bolig. Da får man ut netto energibehov og levert energi. Det er videre gjort sammenligninger av tall på flere områder. Forbruket ble temperaturkorrigert med 9 °C som basistemperatur. Da ville levert energi vært enda høyere enn beregna om det hadde vært et normalt år.

Husene har installerte solfangere på taket, noe som er interessant i forhold til om de produserer like mye energi som planlagt. Underveis i beregningene viser det seg at det er differanser mellom husene, og mellom beregna og målt energibruk. Energiposten som gjør størst utslag er tappevannet. Noen av husene bruker en del mer tappevann enn beregna, mens andre bruker mindre. Hus 28 har brukt nesten dobbelt så mye varmtvann som beregna i den målte perioden, mens hus 31 ligger langt under. Målingene viser at de har brukt 61% levert energi på fem av tolv måneder. Det er kun vintermånedene som er analysert og forbruket kan forandre seg utover i året, i og med at solfangeren bidrar mer når det blir lysere og varmere dager. TEK10 og NS 3031 spiller en viktig rolle i utbyggingen av nye bygg og rehabilitering av eksisterende. Standardene er med på å sette nye mål og krav til lavere og renere energibruk i bygg.

Resultatene betyr at det er sammensatte årsaker til avvik i energibruken. Den normale beboeren i Norge tenker mer på komfort enn på hva det koster å bruke litt mer energi til for eksempel oppvarming, og folk har ulike vaner og behov.

Abstract:

The purpose of this Master's assignment is to uncover differences between the calculated and actual energy consumption in low-energy and passive houses, and to examine what factors have the most impact. This is interesting because there have been few studies on this topic in Norway, and there are not many measurements on an energy post level.

To achieve this, Sintef Byggforsk and the EBLE-project have contributed metric data. To start with, the energy consumption was simulated in SIMIEN. Among other things, a year's simulation was run for each house. The output from this were the net energy requirements and delivered energy. Comparisons have then been run on numbers from different areas. Consumption was temperature corrected with 9 degrees as base temperature. This allows one to see that the consumption would be even higher than calculated if it were a normal year.

Solar panels are installed on the roofs of the houses, which is interesting in relation to whether they produce as much energy as planned. During the calculations it turns out there are differences between the houses, and between calculated and measured energy consumption. The energy post who impacted the most is the tap water. Some of the houses use more tap water than calculated, while others use less. House 28 has used almost twice as much hot water than calculated in the measured time period, and House 31 far less - the metrics show they have spent 61% of delivered energy in 5 out of 12 months. Only the winter months have been analysed, and consumption can vary throughout the year, especially since the solar panels contribute more on brighter and warmer days. TEK10 and NS 3031 play an important role in the development of new buildings and the rehabilitation of existing ones. The standards contribute to setting new goals and requirements to lower and cleaner energy consumption in buildings.

The results show that there are compounded reasons for deviations in the energy consumption. The average occupant in Norway is more concerned with comfort than the cost of using a little more energy on, for example, heating, and people in general have different needs and habits.

Innholdsfortegnelse

Forord:	1
Sammendrag:	3
Abstract:	4
Figur og tabell oversikt:	6
Begrepsliste:	7
1. Innledning:	8
2 Bakgrunn:	9
2.1 Formålsdelt energibruk:	10
2.2 Passivhus:	12
3. Metode:	13
3.1 Innledende:	13
3.2 Måledata:	14
3.3 Graddagskorrigering:	15
3.4 Energisimulering:	16
4 Stenbråtlia:	17
4.1 Presentasjon:	17
4.2 Oppvarming- og tappevanntsystem:	18
4.3 Bygningsspesifikke inndata:	19
4.4 Installerte målere:	21
5. Resultater fra simulering og målinger:	23
5.1 Temperaturmålinger og graddagskorrigering:	23
Temperaturkorrigering	26
5.2 Oppvarming:	28
5.3 Tappevann:	31
5.4 Samla energibruk:	32
5.4.1 Forskjellen på beregna og målt forbruk:	33
6. Analyse og drøfting:	38
6.1 Oppvarming:	38
6.2 Tappevann:	39
6.3 Samla energibruk:	40
7. Konklusjon:	42
7.1 Videre arbeid:	42
Kilder:	43
Vedlegg:	44

Figur og tabell oversikt:

Figur 1: Et utsnitt av boligene, med solfangere på taket (Byggfakta 2014).	17
Figur 2: Figuren er et forenkla system med solfanger, varmvexler og varmelager.(Høines 2013).	18
Figur 3 Månedlig netto energibehov fordelt på energiposter for hustype A – mot nord.....	21
Figur 4 viser hvordan systemet i et hus er bygd opp, samt hvor de ulike målerne er plassert.	22
Figur 5: en oversikt over temperatur forskjellene fra normalperioden til målt periode.	23
Figur 6: gjennomsnittlig innetemperatur i stua.	28
Figur 7: gjennomsnittlig innetemperatur på rom kalt Sov 1.	28
Figur 8: Gjennomsnittlig innetemperatur på Sov2.....	29
Figur 9: Gjennomsnittlig innetemperatur på Sov 3.....	29
Figur 10: Målt elektrisitetsbruk til oppvarming, sett mot netto energibehov energisentralen, og blå graf er beregna netto behov til romoppvarming og varmtvann. (Tall fra komfort og SIMIEN)	30
Figur 11: Målt netto gulvvarme, alle husene ligger over det beregna som er den gule grafen. (hus 28 har tatt plassen til hus 26 på noen av figurene fordi tallene fra hus 26 var noe usikre).	31
Figur 12 en oversikt over målt netto energibruk til varmtvann, sett mot det beregna netto behovet.31	
Figur 13 Levert energi fra Hafslund, fordelt på husene og måneder, hus 21 er et gjennomsnitt av 20, 27 og 28, det blir samme resultatet for 22-25	32
Figur 14 Elektrisitets bruket til hus 33 i april, man kan tydelig se at solfangeren bidrar til et mer variert elforbruk.	32
Figur 15: Energibruken går gradvis nedover, mens temperaturen inne stiger fra januar av.....	33
Figur 16 Viser hvor mye strøm som er beregna å bruke og hvor mye som er brukt, også hvor mye hvert hus ligger over eller under det beregna. Den grønne søyla viser det bedre enn grafen. Da prosentdelen ikke starter på null ved x-aksen.	34
Figur 17: Hvilke hus som ligger over og under beregna levert energi.	34
Figur 18: Netto energibruk, fordelt på hus og måneder. Gul graf viser total bruk i samme periode. ...	35
Figur 19: Viser totalt elforbuk på 3 av husene, fordelt på energiposter.....	35
Figur 20 Fordelt postene på prosent for å sammenligne husene.	36
Figur 21 viser forskjellen i energibruk på en solrik dag og en snøfylt og kaldere dag pr time for et døgn.....	36
Figur 22: Estimert levert energi sammenlignet mot beregna levert energi for et helt år.	37
Figur 22 netto energibruk på de ulike postene, og grafen viser totalt forbruk i februar.....	46
Figur 23 netto energibruk på de ulike postene, grafen viser totalt netto forbruk i mars.....	46
Figur 24 GRafen viser totalt netto forbruk i april, søylene netto energibruk på de ulike postene.....	46
Tabell 1 viser fordelingen av energipostene i henhold til NS 3031 som i rapporten nevnt over.	10
Tabell 2: viser forskjellene mellom passivhus, lavenergi og TEK7 (NS 3700). Det er tatt utgangspunkt i en bolig på 250 m ² og en middeltemperatur på 6,3°C.....	12
Tabell 3: Oversikt over husnummer og hvilken hustype hvert av numrene er. Grønn farge betyr at disse er det beregnet et gjennomsnitt på når det gjelder levert energi.....	14
Tabell 4 viser ulike verdier som blir lagt inn i SIMIEN for hustype A – mot nord.	19
Tabell 5 systemvirkningsgrader som blir lagt til grunn i SIMIEN for solfangeren.	20
Tabell 6: er en oversikt over normal måned beregnet med 9 °C og antall graddagstall gjeldende måneder.	24
Tabell 7: Netto energibudsjett fordelt på energiposter.....	24
Tabell 8: Beregna levert energi pr år.....	25

Tabell 9 Husnummer med tilhørende data på netto energibehov, levert energi og beregna bidrag fra solfanger. Alle tall fra SIMIEN og årsbasis. Tallene er i kWh/år.	25
Tabell 10 Beregna tap i energisentralen eller overskudd som bidrar til oppvarming av vannet.	26
Tabell 11 månedlig netto energibehov for hus 32 fordelt på energiposter.	26
Tabell 12: Differansen mellom Hafslund og det temperaturkorrigerede energibruket.	27
Tabell 13: Gjennomsnittstemperatur inne og levert energi Hafslund for hus 28.	33
Tabell 15: En estimering av levert energi for hele året, basert på levert energi for perioden desember-april.	37

Begrepsliste:

Bruksareal: BRA – Bruksareal er bruttoarealet minus arealet som opptas av yttervegger (NS 3940)

Energibruk: Omfatter alle energivarer som blir brukt i bygningen. Det gjelder enten det er til romoppvarming, varmtvann, kjøling, belysning, elektriske apparater eller andre formål.

Energikarakter/ energimerke: En indikasjon på om bygget har et høyt eller lavt energibehov sammenlignet med andre bygg i samme bygningskategori. Angir nivået for energiegenskapene til bygningen i form av en bokstavkarakter (A til G), hvor A er best (Ns 3031), energimerkeforskriften.

Levert energi: Den energien som kunden må kjøpe, i form av el, bio, olje eller andre energibærere.

Netto energibehov: Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.

SFP- faktor: Specific Fan Power beskriver viftens effektforbruk i forhold til levert luftmengde ($\text{kW/m}^3/\text{s}$). Denne skal være så nærme null som mulig.

Teknisk forskrift (TEK): står for forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk.

U-verdi: betyr varmegjennomgangskoeffisient, angir den mengden varme som pr. tidsenhet passerer 1 m^2 av konstruksjonen ved $1 \text{ }^\circ\text{C}$ temperaturforskjell mellom konstruksjonens to sider.

1. Innledning:

Utfordringer i forhold til et økt energibruk er i fokus, og bygningsmassen står for store deler av det. EU- direktivet som kom i 2002 gjorde at Norge fulgte opp med egne krav og standarder for at energibruken i byggsektoren skal reduseres. Skal vi klare å møte klima og miljø utfordringene vi står ovenfor må elektrisitets bruken reduseres og endres. Nye bygningsstandarder, rehabilitering og energisparing skal være med på å senke energibruken i bygg.

Teknisk forskrift (TEK) fra 2007 og 2010 gir nye rammer for energibruk i boliger, samtidig setter energimerkedirektivet og økodesgindirektivet minimumskrav til bruk av energi i elektriske apparater. TEK regulerer kvaliteten på bygget og stiller stadig strengere krav til byggets energibehov. Nå er TEK 15 ute på høring og kan bli gjeldende fra 2016. Da blir kravet til nybygg tilnærmet passivhusnivå. Noe som gjør at nye bygg er mer energieffektive enn tidligere oppførte bygg.

I yrkes/næringsbygg er det gjort flere studier på forskjellen mellom faktisk energibruk og beregna, blant annet Grini (2013) tok et typisk kontorbygg og sammenlignet simulert energibehov mot TEK10, «god» og «dårlig» løsning. St. Olav videregående skole hadde et simulert behov på 85 % over det målte snitt forbruket, så dette har Haugen (2013) forsøkt å finne årsakene til, men det er gjort lite vitenskapelig forskning på dette i boliger. På tilnærmet tema som for eksempel energibruk gjennom livsløpet og rebound effekten er det gjort noen studier. Sintef Byggforsk har gitt ut flere rapporter som omhandler energibruk i bygg. Dokka et al. (2011) legger fram tidligere studier gjort på beregna og målt energibruk i Norge og Europa. Det finnes lite data i Norge når det gjelder sammenligning, men også på formålsdelt energibruk. Derfor er det et «mål å etablere en nasjonal database som sammenstiller beregna og faktisk målt energibruk i bygg, og som gir detaljert informasjon om faktorer som kan forklare eventuelle avvik mellom beregna og målt energibruk (Tor Helge Dokka 2011).

Neururer et al. (2010) foreslår å beregne med en høyere romtemperatur enn standardverdien på 20 °C. Resultatene viser at 23 °C er mer normalt, og derfor bør standarden justeres. Passivhus skal tåle ulike brukervaner, det gjør ikke like store utslag på energibruk som i gamle bygg. Sunikka-Blank og Galvin (2012) har sammenliknet beregna og målt energibruk i totalt 3400 leiligheter og boliger. De sier at passivhuskonseptet skal være robust mot ulike beboervaner og ulik beliggenhet i område eller i bygget. Mens Blight og Coley (2013) kommer fram til at er vanskelig å inkludere beboeratferd i energisimuleringen, men at det er et viktig poeng og bør kanskje inkluderes. Fordi de mener at atferdsendringer er et stort uutnyttet område for energisparing selv i lavenergi – og passivhus.

Problemstilling:

Er det forskjell mellom beregna og målt energibruk i lavenergi – og passivhus og hvilke faktorer gjør størst utslag?

Oppgaven er begrenset til de utvalgte husene, tilsendt og tilgjengelig måledata på energibruk, inne – og utetemperatur. Det er valgt å ha fokus kun på beregna og målt energibruk, og perioden desember 2014 til april 2015.

I kapittel 3 blir metodedelen beskrevet og hvilke verktøy som er benyttet i oppgaven blir presentert, kapittel 4 blir case beskrevet, deretter i kapittel 5 kommer resultatene fra de 15 husene som er med i prosjektet. Så i kapittel 6 blir det en diskusjon om resultatene.

2 Bakgrunn:

Byggforskrift:

Energibruk i boliger er på hele 55 % av det totale energibruket i bygg. For å regulere dette er det utarbeidet EU- direktiv og teknisk forskrift, TEK10 som påvirker hvordan vi bygger nye bygg i dag. Byggene skal være mer energieffektive, tettere og forutsigbare. Målet er at energibruk, spesielt til oppvarmingsbehovet skal reduseres. Teknisk forskrift (TEK) står for forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. Forskriften er gitt til gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i plan – og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77 og for gjennomføring av Norges forpliktelser etter EØS- avtalen.

Alle som skal bygge eller foretar søknadspiktig rehabilitering må ta hensyn til TEK. Energibruk i bygninger omhandles i kapittel 14 i TEK10. Bakgrunnen for TEK er blant annet at 40 % av energibruken i EU er i byggsektoren, og man så et behov for å regulere dette. I 2002 ble det vedtatt et direktiv om bygningers energibruk som skal bidra til å redusere energibruken. I Norge ble dette en del av Soria Moria – erklæringen. I TEK 07 var et av kravene at energibehovet skulle reduseres med 25 % i nye og ombygde boliger. Energimerkeordningen ble lovpålagt fra 1. januar 2010. En utfordring er at teknisk forskrift går ut i fra beregna netto energibehov, mens energimerke ordningen har beregna levert energi. NS 3031: 2007 Beregninger av bygningers energiytelse – Metode og data (Standard 2014). Standarden er laget for å danne et felles utgangspunkt for hvordan energiberegninger skal utføres i Norge. EN- ISO 13790:2008 er den europeiske standarden som NS 3031 baserer seg på, men med tilpasninger til norske forskrifter.

2.1 Formålsdelt energibruk:

Dokka et al. (2011) viser en oversikt over studier hvor beregna og målt energibruk er sammenlignet, både i Norge og Europa. «Oppsummert finnes det lite data på sammenhengen mellom målt og beregna energibruk i Norge, særlig når det gjelder dette for formålsdelt energibruk ned på energipostnivå».

Europa har et fokus på oppvarmingsbehovet, men ikke på de andre energipostene. Rapporten viser til 12 ulike studier gjort på yrkesbygninger og boliger/leiligheter. Blant dem er modellbyggeprosjektet hvor målingene gikk over 1 år i ulike nærings – og skolebygg. Dokka foreslår et visst antall prosjekter for å danne en støtte til utviklingen av en norsk standard for etterprøving av energibruk og også ha en kobling mot utviklingen av en nasjonal database.

Energibehovet blir framstilt på energipostnivå og man blir mer bevist på hvilke komponenter som bruker hva. Da blir det enklere å vurdere hvilke poster som blir brukt feil eller estimert feil. I vurderingen av de ulike studiene i rapporten er det opplyst at det er god «overensstemmelse på oppvarmingsbehov», men det ser ikke ut til at tappevann og ventilasjon er målt. Forfatterne ønsker å lage en nasjonaldatabase for alle studier som blir gjort på emne. Rapporten har delt opp energibruken i forskjellige poster, hvor det er gjort en vurdering av avvikene står det «de beregnede verdiene er klart høyere enn de målte verdiene». Dette gjelder varmtvannsposten. Netto energibudsjett er delt opp i energiposter i henhold til NS 3031. Energibehovet er delt i hovedposter og underposter som i tabell 1.

Hovedposter		Underposter
1	Oppvarming	A – Romoppvarming
		B- Ventilasjonsvarme
2	Varmtvann	
3	Vifter og pumper	A - Vifter
		B- Pumper
4	Belysning	
5	Teknisk utstyr	
6	Kjøling	A - Romkjøling
		B- Ventilasjonskjøling
	Utendørs	

Tabell 1 viser fordelingen av energipostene i henhold til NS 3031 som i rapporten nevnt over.

Litteratur:

Langseth et al. (2011) har undersøkt energibruken i 57 lavenergi - og passivhus, i hovedsak energibruk til oppvarming. I 38 av disse er energibruken høyere enn forventet. Det er stor spredning i avvikene, noen er opptil flere hundre prosent av forventa energibruk. De kom fram til at gjennomsnittlig energibruk er 5 kWh/m²/år høyere enn det beregna. Det blir nevnt fem årsaker til

avvik i energibruken: feil i bygningskropp, tekniske anlegg, høyere innetemperatur enn beregna, feil design og feil bruk av bygget.

Neururer et al. (2010) foreslår å beregne med en høyere innetemperatur enn det vi gjør i dag, da dette er mer realistisk. Passivhuskonseptet er robust og skal fungere godt selv om vanene til beboerne er ulike. Dette er fortsatt ganske nytt i Norge, og vi vet lite om formålsdelt energibruk i passivhus, og hvilke energiposter som utgjør differansen fra det beregna forbruket. Store avvik i energibruk til oppvarming, inndata bygger på feilantakelser og ulike brukervaner blant det som er nevnt som årsaker til avvikene.

Grini (2013) presenterer metodikk for etterprøving av energibruk i bygg hvor Energibruk er delt inn i energipost, energibehov kWh/år. Grini påpeker blant annet at hensikten med energioppfølging er å avdekke driftsfeil og effekten av ENØK tiltak. Beregna levert energi for ulike løsninger, hvor man kan se en klar forskjell mellom TEK10 og «god løsning», som tilsvarer passivhusnivå. Spesielt på virkningsgrad: «Fra 0 % til 80 % virkningsgrad reduseres energibruk med ca. 22- 23 kWh/m²år for hver 10 % økning i virkningsgrad. Fra 80 – 100% virkningsgrad flater kurven ut, og man sparer mindre per prosent økning i virkningsgrad.»

På St. Olav videregående skole ble som nevnt energibehovet beregna til å være over 85 % av det som ble målt. Haugen (2013) brukte SIMIEN i sine simuleringer for å finne ut hva årsaken bak dette var. Hvilke faktorer som gjorde størst utslag og hvilke inndata som var benyttet når avviket ble så stort.

Det er gjort to omfattende rapporter av Klinski et al. (2012b) hvor fokuset er på innemiljø, energibruk og kostnader fra passivhus og lavenergiboliger i Norge. Energiberegninger påvirkes i alle bygg av boligens bruker, høyere innetemperatur og for lite opplæring/ info om bruken av bygget er for dårlig. Brukeratferd ved for eksempel ulik komfort temperatur på varmekablene på badet er en viktig årsak til ulikheter.

Klinski et al. (2012b) presenterer en litteratur gjennomgang av erfaringer med passivhus i Norge hvor gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk er tatt med. Det viser seg at energibruken avviker, noen er bedre og noen er dårligere enn forventa. «Resultatene viser også at brukeratferd har stor innflytelse på variasjon i energibruk». (Klinski et al. 2012b). Årsaker kan være lavere utbytte fra solfangeren enn antatt, dårligere tekniske apparater enn beregna. Rapporten viser til passivhus bygget i Norge, og går gjennom de ulike prosjektene som er bygget på daværende tidspunkt. (Enebolig på Sørumsand, eneboliger på Rudshagen i Oslo, Granåsen i Trondheim, skadebergbakken i Stavanger og Myrherenga Borettslag som er rehabilitert til passivhusstandard). Videre tar Klinski et al. (2012b) opp utfordringer med nordisk bo- kultur, noe som kan påvirke energibruken i form av holdninger. Rapport 113 Klinski et al. (2012a) oppfølger rapport 90, med en rapport som ser enda

nærmere på innemiljø, energibruk og kostnader i prosjektene nevnt over, pluss noen til. Klinski lurer på hvor realistisk det er at solfangeren skal dekke hele tappevannsforbruket fra juni til august (dette er i Myhrerenga Brl).

2.2 Passivhus:

Begrepet passivhus ble opprinnelig lansert av Passivhusinstituttet i Tyskland, som også står bak en sertifiseringsordning for byggeprodukter og bygninger. Flere land har utviklet sin egen passivhusstandard og kriterier. I Norge har vi NS 3700:2013 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger, Boligbygninger. Standarden bygger på energibehovsberegninger etter NS 3031.

«Standarden har praktisk nytte ved planlegging, bygging og evaluering av boligbygninger med svært lavt energibehov, og der andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler i vesentlig grad kan benyttes til oppvarming og varmtvann» (Standard 2013).

Hovedprinsippet er at et passivhus skal ha et lavt energibehov sammenliknet med boliger bygget etter teknisk forskrift. Et hus bygget i henhold til TEK10 har et energibehov som er ca. 45 % høyere enn et passivhus. Husene har ekstra varmeisolasjon, god lufttetthet, ekstra gode vinduer og varmegjenvinning som passive tiltak. Det er viktig at energiberegninger blir gjort nøye, med riktig verktøy som tar hensyn til klima og solforhold.

Passivhus og lavenergihus bruker begge betydelig mindre energi til oppvarming enn et bygg etter TEK 10 standard, se tabell 2. Det er tatt utgangspunkt i en bolig på 250 m² og middeltemperatur på 6,3°. I tillegg til dette er det krav til konstruksjoner, komponenter og energiforsyning.

kWh/(m ² *år)		lavenergi	lavenergi	Tek 2007
	Passivhus	klasse 1	klasse 2	
oppvarming	15	30	45	53,3
vv	29,8	29,8	29,8	29,8
vifte/pumpe	5,1	6,5	8	8
belysning	11,4	11,4	11,4	16,9
utstyr	17,5	17,5	17,5	23,4
totalt spesifikt	79	95	112	131
totalt kWh/år	19693	23808	27923	32850

Tabell 2: viser forskjellene mellom passivhus, lavenergi og TEK7 (NS 3700). Det er tatt utgangspunkt i en bolig på 250 m² og en middeltemperatur på 6,3°C.

Beregna energibruk er hva man forventer at et bygg skal bruke av energi under standardiserte forhold. Målt energi er hva bygget faktisk bruker. Et lavenergihus vil få et dårligere energimerke enn et passivhus. For hvert steg man tar til venstre i tabell 2 blir det en forbedring i energibruken. Som vi ser er maksimalt oppvarmingsbehov på 15 kWh/m² et av kravene i Norge.

TEK stiller krav til beregna netto energibehov. Energikravet kan oppfylles på to måter, etter energitiltaksmetoden eller energirammemodellen. Energirammemodellen består av 13 ulike

bygningsskategorier hvor hver kategori har oppgitt en energiramme. Dette er basert på NS 3031 og beregning av netto energibehov i forhold til denne standarden, også med normert klima (dvs Oslo). Fordelen med energirammemodellen er at det kreves en energiberegning av bygget (Dokka et al. 2011). Det er bygningen som energimerkes og ikke brukerne. NS 3031 angir metodikk og regler for beregning av energibruk i bygg, det gir en felles retningslinje for hvordan det bør gjøres for at resultatet skal bli best mulig.

3. Metode:

3.1 Innledende:

For å starte på oppgaven ble det gjort et litteraturstudie hvor forståelsen for tema ble jobbet med. Dette for å kartlegge hva som er gjort tidligere og hva andre har kommet fram til i lignende undersøkelser.

Informasjon som er lagt til grunn er det beregna energibehovet fra SIMIEN filene som er utført av Fredrik Thorbjørnsen ved OBOS Prosjekt. Filene ble laget i 2012 før byggingen startet. Får få flere detaljer rundt energibehov ble det kjørt en årssimulering for hvert av husene. Disse gir tall på netto energibehov og beregna levert energi.

Deretter fikk jeg data tilsendt fra EBLE- Prosjektet og hentet ut andre data på en nettside kalt Comfort log. Det er med utgangspunkt i disse tallene at det målte energibruket blir presentert. Tallene har så blitt kategorisert etter hva de måler og hvilken energipost de tilhører. Energibruken er korrigert mot temperaturforskjeller, og det er sett på hva innetemperaturen er blitt målt til. Perioden som er benyttet for sammenligning er fra desember 2014 til og med april 2015.

To viktige begreper:

Netto energibehov: Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden. Netto energibehov er energibehovet som skal dekkes av de tekniske installasjonene som inkluderer romoppvarming, romkjøling, varmebatterier, kjølebatterier, belysning, teknisk utstyr, vannoppvarming, vifter og pumper.

Levert energi: summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrense for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes»

Størrelsen på behovet baseres på netto energibehov regnet om med hensyn til systemvirkningsgrader. Følgende formel beskriver forholdet:

$$\text{Leverert energi} = \frac{\text{Netto energibehov}}{\text{Systemvirkningsgrad}}$$

3.2 Måledata:

I 15 av boligene er det montert utstyr som registrerer faktisk energibruk per time over året. Målerne måler netto energibehov på varmtvann og gulvvarme, samt elektrisk forbruk på energisentralen, varmtvann og ventilasjon. Deretter kan dette sammenlignes med de beregna verdiene fra SIMIEN. Excel er benyttet som verktøy i dette arbeidet.

Boligene er med i et prosjekt kalt EBLE. Dermed er de utstyrt med instrumenter som måler:

Formålsdelt energibruk – hvor man blant annet måler romoppvarming, varmtvann, lys og teknisk utstyr. Innnetemperaturen blir målt i flere rom, CO₂ og relativ fuktighet i enkelte rom og fukt i konstruksjonen.

Noen av boligene er valgt ut som «forbildehus», det vil si at målingene er mer omfattende enn i de andre husene. Måleutstyret ble montert opp under bygging, og skal tas ut etter to år med målinger. Dataauthenting er planlagt å skje automatisk, det skal ikke være nødvendig å ta seg inn i bygningen. Alle data blir lagret på en server som kommuniserer via mobilnettet.

Hus nr	Type
19	B
20	B
21	B
22	B
23	B
24	B
25	B
26	C
27	B
28	B
29	A
30	A
31	A
32	C
33	C

Husene er tre forskjellige typer, og ligger i rekker på 2, 3 eller 4 hus. Det kan være opptil 500 kWh i beregna differanse på nord og syd plassering av husene. På grunn av anonymitet er det ikke oppgitt hvilket hus som ligger på hvilken adresse, og dermed ikke hvilken retning de ligger i.

Hustype A er 106 m²- Hustype B er 132 m² - Hustype C er 107 m². Hus 20 – 25, 27 og 28 antas å være like.

Tabell 3: Oversikt over husnummer og hvilken hustype hvert av numrene er. Grønn farge betyr at disse er det beregnet et gjennomsnitt på når det gjelder levert energi.

3.3 Graddagskorrigering:

Graddagstall er et mål for hvor kaldt det har vært og dermed hvor mye energi det brukes til romoppvarming. Det er et uttrykk for forskjellen mellom døgnmiddeltemperaturen og den faktiske utvendige temperaturen i et døgn (når den er lavere enn 17 °C). Energibruken varierer med klimatiske forhold, derfor er det viktig å korrigere for dette. Graddagsmetoden er en vanlig metode å benytte. Både utetemperatur, vind og sol påvirker behovet for oppvarming.

Metoden baserer seg på en antagelse om at utetemperatur lavere enn et gitt nivå gir et behov for oppvarming for å oppnå ønsket innetemperatur, for eksempel 20 °C. I Norge benytter vi 17 °C som basistemperatur i «vanlige» hus. Grini (2013) legger fram at basistemperaturen kan justeres i forhold til teknisk forskrift, i passivhus kommer det fram at basistemperaturen kan settes til 9 °C. Det vil si at et oppvarmingsbehov starter når utetemperaturen først synker under 9 °C. Derfor er dette benyttet i videre beregningene. Graddagstallet for et år er summen av graddagstallene for alle årets døgn.

1) *GDT (for et døgn) = Basistemperatur – døgnmiddeltemperaturen.*

For eksempel: 9 °C – (- 5 °C) = 14 GDT

Formel for temperaturkorrigering av energibruk:

2) *Energibruk temp. korr =*

$$\text{Energibruk målt} * \left(\left(\text{Andel temp. avhengig} * \frac{\text{GDT normalmnd}}{\text{GDT målt mnd}} \right) + \text{Andel temp. uavhengig} \right)$$

Hvor:	
Energibruktemp.korr	Temperatur korrigert energibruk
Energibrukmålt	Målt energibruk det aktuelle året
Andel temp. avhengig	Andel av energibruken som er temperaturavhengig
Andel temp. uavhengig	andel av energibruken som ikke er temperaturavhengig
GDT normalmnd	Antall graddagstall i et normalmåned
GDT målt år	antall graddagstall for de aktuelle månedene

Det finnes flere ulike formler for dette, blant annet (Grini 2013):

$$3) \text{Varmeforbruknormalt år} = \frac{\text{Varmeforbuk år } x}{\text{Graddager år } x} * \text{Graddager normalt år} = \\ \text{Varmeforbruk graddagskorrigert år } x.$$

Det blir veldig liten differanse uansett hvilken formel man bruker. Forskjellen er at i Grinis formel er det kun varmeforbruket som er med i utregningen, i den andre er hele forbruket inkludert. Derfor er det formel nummer 2 som blir brukt videre i utregningene.

Dette er en enkel metode som kan brukes på alle bygg, uavhengig av hvordan energibruken måles. Metoden kan være unøyaktig ved energieffektive bygg med lavt varmebehov, og hvis andelen av energibruken som er temperaturavhengig ikke er kjent (Grini 2013). Gjennomsnittstemperaturene som er brukt i utregningene er hentet fra yr.no, målestasjon Oslo, Blindern.

3.4 Energisimulering:

SIMIEN er et norskutviklet energiberegningsprogram som også er validert etter NS3031:2007. Programmet er godkjent av NS – EN 15625:2007, som alle programmer som benytter reglene gitt i NS 3031: 2007 må være. Det må tilfredsstille nøyaktighetskrav C. SIMIEN utfører energiberegninger i henhold til dynamiske beregningsmetoder gitt i NS 3031. Det vil si at programmet tar hensyn til temperatur og varmestrøm gjennom konstruksjonen, energibehov, validering av inneklimate og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. Det er også mulig å evaluere bygningen mot energikravene i TEK10 og passivhus (Dokka 1993). Navnet SIMIEN kommer av SIMulering av Inneklimate og energibruk i bygninger. Det er også hovedformålet med programmet.

Inndata i SIMIEN er bygningsspesifikke, installasjonsspesifikke og brukerspesifikke. Dataene som legges inn kan være standardverdier, veiledende eller dokumenterte verdier. Klimatiske faktorer som sol, vind, temperatur, luftfuktighet og CO₂-nivå blir tatt hensyn til når simulering av energistrømmer i bygninger utføres. I tillegg blir internlaste (belysning, teknisk utstyr, vannoppvarming og personer), og varmelagring og varmeavgivelse inkludert i bygningskroppen. Programmet bruker standardverdier på inndata fra NS3031:2007.

4 Stenbråtlia:

4.1 Presentasjon:

Valgt case er nye boliger på Stenbråtlia i Oslo. Borettslaget består av 34 boliger i størrelse fra 106 til 132 m² bruksareal (BRA). Alle boligene har tre soverom, balkong og takterrasse. Boligene er prosjektert for å ha optimale lys-, luft- og utsiktsforhold. Prosjektet ble ferdigstilt høsten 2014, og boligene var innflytningsklare i november.



Figur 1: Et utsnitt av boligene, med solfangere på taket (Byggfakta 2014).

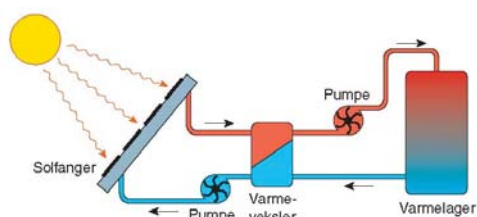
Boligene er bygget etter minstekravet i Norsk Standard NS 3700:2010 «Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger» (Standard 2013). I Stenbråtlia er passivhusprinsippet løst med kubiske hus, som er kompakte og arealeffektive. Arealet av tak og yttervegger er så lite som mulig. Veggene er isolert med 35 cm, taket med 40 cm og 40 cm i gulvet. Vinduer og dører har en u-verdi (angir den mengden varme som pr. tidsenhet passerer 1 m² av konstruksjonen ved 1 °C temperaturforskjell mellom konstruksjonens to sider) på 0,8 W/(m²K). Lekkasjetallet i boligene er på 0,6 (forskriftskrav er 2,5), det vil si at det er god vindtetting i byggene. Balansert ventilasjon med minst 80 % varmegjenvinning. I tillegg er det solfangere på taket til hver bolig som er beregna til å dekke ca. 60 % av husets energibehov til romoppvarming og tappevann. Alle rekkehusene på Stenbråtlia er simulert i SIMIEN med energimerke og mot passivhusstandard.

Beregna energibehov i boligene:

- Netto oppvarmingsbehov (kalkulert): 15 kWh/m²år
- Netto energibehov (kalkulert): 79,0 kWh/m²år
- Levert energi: 57,7 kWh/m²år
- Varmetapstall (kalkulert): 0,46 W/m²

4.2 Oppvarming- og tappevannssystem:

Alle rekkehusene i Stenbråtlia har solfangere på taket. Det er polymersolfangere som «kombinerer god funksjonalitet og estetikk med økonomisk konkurransedyktighet». Disse gir både romvarme og varme til tappevannet. Solfangeren kan levers i fleksible lengder opptil seks meter, men med fast modulbredde på 60 cm. Systemet består av en absorbator (solfangerens aktive kjerne), denne tåler opp mot 160 grader, med en isolerende og UV beskyttende dekkplate.



Figur 2: Figuren er et forenkla system med solfanger, varmveksler og varmelager. (Høines 2013).

Systemet fungerer ved at sola varmer opp vann, som registreres av en temperaturføler. Når dette er i gang, starter sirkulasjonspumpa som sender vannet i rør opp og igjennom solfangeren. En effektiv og miljøvennlig måte å varme opp vannet på. Deretter går vannet ned til energisentralen hvor det enten går til tappevann eller som gulvvarme. Virkningsgraden på anlegget er satt til 9,03 etter NS 3031.

Varmesentralen i rekkehusene heter HS 800. Dette er et 800 liters varmelager for innsamling og lagring av varme i et solvarmeanlegg. Varmen blir hentet fra solfangerne og et integrert elektrisk varmeelement på 3 kW eller 6 kW (solar 2014). Varmen blir fordelt til byggets oppvarmingssystem som er et vannbårent gulvvarmeanlegg. Varmesentralen forvarmer også tappevann ved hjelp av en innertank på 100 liter. Hele systemet blir styrt av en regulator, som i tillegg måler all energien som blir hentet fra solfangeren. Den styrer også solfangerne, og har full regulering av byggets vannbårne varmesystem. Temperaturen i rommet reguleres med en termoventil montert på fordeleren, disse åpner og lukker ut fra varmebehovet til enhver tid og ut fra temperaturen på vannet i varmesentralen. Regulatoren har 5 elektriske utganger som kan innstilles uavhengig av hverandre.

Når solpumpa ikke er i drift tømmer solfangeren seg for vann, dermed blir ikke varmesentralen satt under trykk.

Ventilasjonsanlegget:

Balansert ventilasjonsanlegg fra FLEXIT luftbehandlingsaggregat, UNI 2, 3 eller 4. «Energieffektiv ventilasjon for et sunt innemiljø» (flexit 2014). Anlegget skal være energieffektivt og ha et lavt lydnivå med enkel betjening. UNI er optimalisert for å levere ren og frisk luft med høy varmegjenvinning og lavt energibruk. Anlegget har en virkningsgrad på godt over 80 %, og rotormotoren bruker kun 3 watt. I tillegg er SFP- verdien (Specific Fan Power beskriver viftens effektforbruk i forhold til levert luftmengde) under kravet på 1,5. Det er viktig at ventilasjonsanlegget

er riktig innstilt slik at det kommer rett luftmengde til rett tid. I anlegget er det mange styringsmuligheter slik at det kan automatiseres, på denne måten sikres innemiljøet med et lavt energiforbruk. Avtrekk på bad/toalett, vaskerom og kjøkken, tilluft på soverom og stue.

4.3 Bygningsspesifikke inndata:

Alle beregninger er gjort ut i fra de opprinnelige SIMIEN filene som ble laget før byggene ble bygget (filene ble oppretta i 2012). I alle husene er det beregna at solfangerne skal dekke 61 % av energibehovet til både romoppvarming og oppvarming av tappevannet. Resten av behovet dekkes av elektrisk energi. El. Spesifikt energibehov regnes som energibruk til belysning, utstyr, vifter og pumper.

Videre er Oslo lagt inn som klimasted, med breddegrad, lengdegrad, midlere temperatur. Sommer 21,5 °C, vinter er – 20 °C og en årsmiddeltemperatur på 6,3 °C og flere andre faktorer som sol og vindforhold. Dette er viktige forutsetninger, fordi det blant annet er kaldere i for eksempel Finnmark, enn i Oslo, og mildere i Kristiansand.

Neste steg er å velge bygningskategori, i case er den satt til småhus, og underkategori kjedet enebolig. Dette er definert i TEK 07/10, og bygningen må tilfredsstille byggeforskriftene. Deretter får man opp disse inndataene:

Effekt belysning	1,95	W/m ²
Effekt utstyr	3	W/m ²
Ventilasjon	1,2/ 1,2	m ³ /m ² h
Effekt tappevann	3,4	W/m ²
Varmeavg. Persoenr	1,5	W/m ²
Romtemperatur	21/ 19	°C
Driftstid interlaster	16	7/52 t
Arbeidstid personer	24	7/52 t
Arbeidstid ventilasjon	24	7/52 t

Tabell 4 viser ulike verdier som blir lagt inn i SIMIEN for hustype A – mot nord.

Systemvirkningsgraden angir forholdet mellom energi som tilføres energikilden (levert energi) og varme som tilføres rommet (sonen). For elektrisitet er virkningsgraden satt til 0,9.

Systemvirkningsgraden deles opp i tre faktorer (SIMIEN):

- 1) Produksjonsvirkningsgrad
- 2) Distribusjonsvirkningsgrad
- 3) Romvirkningsgrad

Beregna virkningsgrad for solfanger systemet blir:

Systemvirkningsgrad romoppvarming	9,03
Systemvirkningsgrad varmtvann	9,03
Romvirkningsgrad	9,03

Tabell 5 systemvirkningsgrader som blir lagt til grunn i SIMIEN for solfangeren.

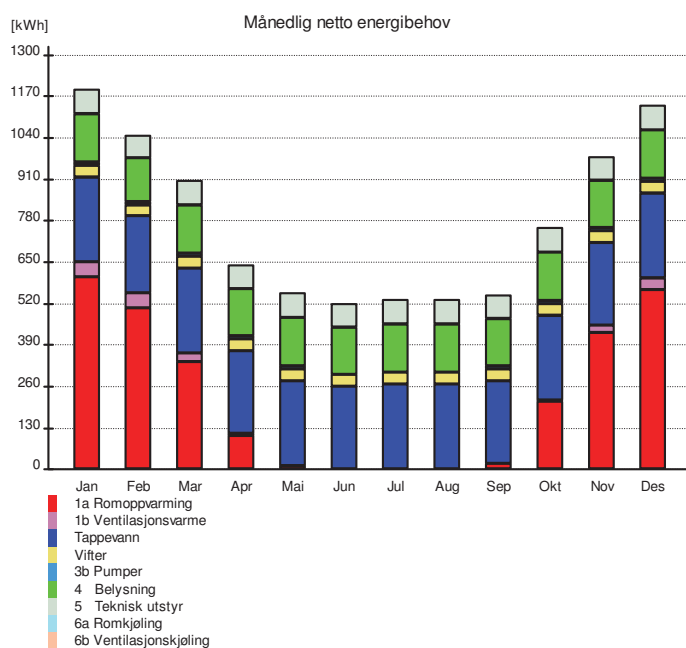
Deretter legger man inn oppvarmet gulvareal og luftvolum. Luftvolumet finner man stort sett ved å gange gulvarealet med høyden fra gulv til tak, som normalt er på 2,4 m. Luftskifte ved 50Pa er satt til lekkasjetall (N59) $[1/h]$ 0,45. Et lekkasjetall angir antall luftskifter med en trykkforskjell på 50Pa over klimaskjermen. Fasaden har en moderat skjerming med bygninger og trær rundt og mer enn en vindutsatt fasade. Boligene er middelsmøblert og en varmekapasitet på $4 \text{ Wh/m}^2\text{K}$. Normalisert kuldebroverdi er beregnet til $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ (summen av varmetapet fra alle kuldebroene i en bygning dividert med oppvarmet del av bruksareal). Så er vegger, vinduer, tak og gulv lagt inn med u-verdier og areal.

Ventilasjonsanlegget er balansert, med tilluft på $1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, konstant tilluftstemperatur er 19°C og en SFP- faktor på $1,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$. Internlaster er en egen kategori i SIMIEN hvor belysning, teknisk utstyr, tappevann og varmetilskudd fra personer blir tatt med. Belysning gir varmetilskudd på 257 W, teknisk utstyr 238 W og varmetilskudd fra personer er 198 W i året.

Årlig energiforbruk til oppvarming av tappevann er beregna til $29,8 \text{ kWh/m}^2$ (dvs at en bolig på 107m^2 har et forbruk på $29,8 * 107 = 3189 \text{ kWh/år}$). Forbruk til varmtvann er uavhengig av hvor mange som bor der. Gjennomsnittlig varmetilskudd over året er $4,0 \text{ W/m}^2$. Temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner er 0,85 (85%) noe som gir god effektivitet i anlegget.

Varmeanlegget har en maksimal effekt med gitt gulvareal 3960 W, turtemperatur på anlegget er 38°C og returtemperatur er 32°C , med en spesifikk pumpeeffekt (SPP) $0,5 \text{ [kW/l/s]}$. Settpunkt temperatur i driftstiden er 21°C og utenfor driftstiden 19°C . Husene er evaluert opp mot passivhuskriteriene, men det er kun et av husene som er kategorisert som passivhus, de andre er lavenergiboliger.

Etter at alle dataene er lagt inn får man et energimerke med bokstavkarakter A og gul farge. Beregna levert energi er 58 kWh/m^2 , og summen av elektrisitet av netto oppvarmingsbehov er på 48 %.

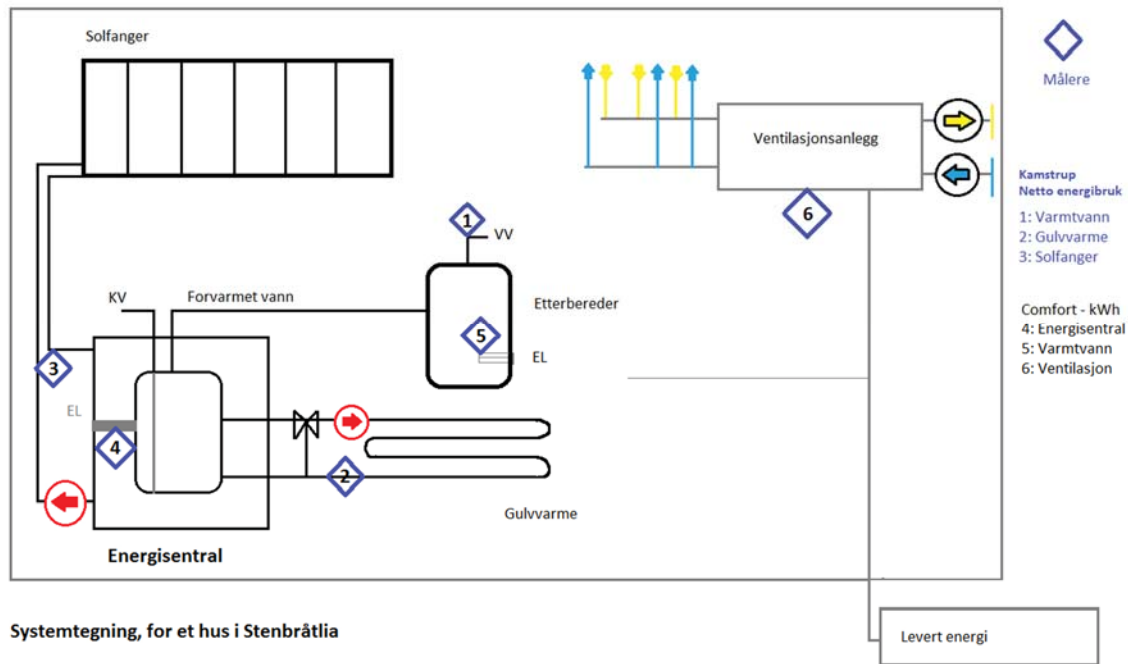


Figur 3 Månedlig netto energibehov fordelt på energiposter for hustype A – mot nord

I en årssimulering får man figur 3, den viser månedlig netto energibehov fordelt på månedene og energiposter. Figuren er konvertert til Excel for å få tallene bak, og brukt videre i beregningene.

4.4 Installerte målere:

Måler nummerert 1 – 3 kommer fra et system kalt Kamstrup. Disse måler netto energibehov til varmtvann, gulvvarme og solfanger. Måler 1 og 2 er installert i alle husene, men nummer 3 kun i hus 21 og 26. Tallene er i utgangspunktet i oppløsning på timesverdier per dag og i MWh. (Se vedlegg 1 for opprinnelige tall.)



Figur 4 viser hvordan systemet i et hus er bygd opp, samt hvor de ulike målerne er plassert.

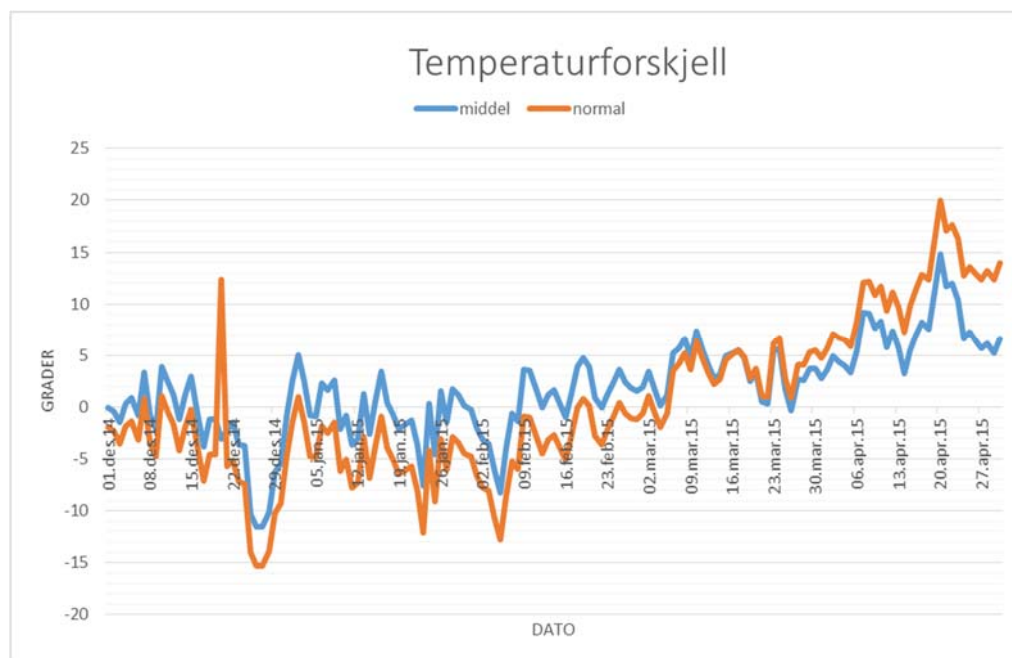
Målerne som er nummeret 4 – 6 er fra Comfort log. Nummer 4 måler elektrisitetsforbruket til energisentralen, nummer 5 måler elektrisitetsforbruket for å varme varmtvannet til riktig temperatur, solfangeren vil ta store deler av energibruken, men på grunn av bakterier må temperaturen være over 60 °C og da må el-kolben hjelpe til. På ventilasjonsanlegget er måler 6 plassert. Disse tallene kunne lastes ned i ønskelig oppløsning (time, dag, uke) og målnummer kategorisert etter husene (se vedlegg 2 for et eksempel). Tallene er i utgangspunktet oppgitt i 100 pulser/kWh. I tillegg er det brukt tall fra Hafslund på totalt levert energi på 10 av 15 hus.

5. Resultater fra simulering og målinger:

I dette kapittelet vil beregninger og resultater bli presentert. Under avsnitt 3.2 er det en oversikt over hus nummer, type og størrelse, den er retningsførende for en del av resultatene. Solfangeren skal dekke 61 % av energibehovet til oppvarming og tappevann. Og har som nevnt en systemvirkningsgrad på 9,03 fra NS 3031, tillegg B. Det er benyttet ulike utregninger for å konstatere forbruket fra desember til april. Hus 21 og 26 er såkalte forbilde hus. De har installerte målere fra Kamstrup på solfangeren, altså netto energibehov til solfanger (måler nr 3 på figur 4). Og fra Comfort har hus 21 ekstra målere på oppvaskmaskin, varmtvann, vaskemaskin og tørketrommel. Hus 26 har på platetopp, stekeovn, oppvaskmaskin, vaskemaskin. Dessverre har ikke disse ekstra målerne fra Comfort fungert optimalt, men vedlagt (se vedlegg 3) ligger det noen manuelle målinger som er blitt gjort. Målingene er gjort 16. mars, men jeg vet ikke over hvilket tidsrom det er, antar at det er fra november til mars da dette kan stemme overens med levert energi fra Hafslund på de andre husene. De har ikke blitt prioritert videre.

5.1 Temperaturmålinger og graddagskorrigering:

Graddagskorrigering:



Figur 5: en oversikt over temperatur forskjellene fra normalperioden til målt periode.

Variasjonen i temperaturen for målt periode. Den blå grafen viser årets temperaturer, mens den oransje viser temperaturen for normalperioden. Generelt ligger den blå litt over, spesielt i februar og mars.

I tabell 8 er graddagstallene beregna. Utgangspunktet er normaltall fra yr.no, fra målestasjonen Oslo, Blindern. Graddagstallene er beregna med 9 °C som basistemperatur, fordi man antar at oppvarmingsbehovet i passivhus starter når temperaturen synker under 9 °C ute.

Aktuelle mnd	Normal mnd	Basis 9
Januar	412,4	289,1
Februar	365,2	242,5
Mars	303	181,3
April	135,2	71
Desember	375,2	346,2

Tabell 6: er en oversikt over normal måned beregnet med 9 °C og antall graddagstall gjeldende måneder.

Normaltemperaturen er trukket fra basistemperatur på 9 °C Deretter er årets temperatur gjort om til graddagstall slik at dette kan sammenlignes, og energibruk kan estimeres ut i fra temperaturene i år. Vi kan se at det er færre graddagstall i år enn i normalperioden, spesielt i januar og februar. Tallene blir brukt videre i temperaturkorrigeringen.

Simulering i SIMIEN:

Tabell 7 og 8 er resultater fra årssimulering. Tabell 9 er en oversikt over beregna netto energibehov, fordelt på de ulike energipostene. Tallene er per år og for hustype A – mot nord.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	2794 kWh	26,4 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	204 kWh	1,9 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	3156 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	468 kWh	4,4 kWh/m ²	
3b Pumper	115 kWh	1,1 kWh/m ²	
4 Belysning	1810 kWh	17,1 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	929 kWh	8,8 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonsskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	9476 kWh	89,4 kWh/m ²	

Tabell 7: Netto energibudsjett fordelt på energiposter.

Bygg A mot nord. 89,4 kWh/m²/år. Det er beregna etter høyere behov for energi til varmtvann enn til oppvarming, noe som tyder på at husene skal ha et lavt oppvarmingsbehov.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	6127 kWh	57,8 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. solenergi	402 kWh	3,8 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-6	6529 kWh	61,6 kWh/m ²

Tabell 8: Beregna levert energi pr år.

Levert energi er beregna til å være på 6500 kWh/år. Vi ser at solenergi er beregna å bruke 402 kWh/år levert energi.

Netto energibehov for et år, da er solproduksjonen inkludert, og antatt til å dekke 61 % av varmtvannsforbruket og oppvarmingsbehovet. Levert energi er beregna forbruk på det elektriske behovet, alt som bruker strøm. Forventa bidrag fra solfangerne ligger på 3000 kWh i året. De grønne feltene i tabellen under betyr i hovedsak at hus 21- 25 er et gjennomsnitt av hus 20, 27 og 28.

husnr	Netto energibehov	Levert energi	Solfanger
19	10716	7753	2963
20	11544	8092	3452
21- 25	11544	8092	3452
26	9510	6560	2950
27	11544	8092	3452
28	11544	8092	3452
29	9474	6529	2945
30	8612	6237	2375
31	9163	6539	2624
32	8902	6395	2507
33	9663	6740	2923

Tabell 9 Husnummer med tilhørende data på netto energibehov, levert energi og beregna bidrag fra solfanger. Alle tall fra SIMIEN og årsbasis. Tallene er i kWh/år.

SIMIEN beregner månedlig netto energibehov, det vil si at både levert energi og energi fra solfangeren er inkludert. Mens levert energi er kun elektrisitet fra Hafslund. Dermed blir tallene som er temperaturkorrigerte litt feil, men siden det er vintermånedene som er beregna skal det være tilnærmet likt fordi solfangeren ikke produserer så mye i januar og februar. Så hvis det målte forbruket ligger over netto behovet betyr det uansett at huset har brukt mer energi enn planlagt. De

månedene det ligger under bør produksjonen fra solfangeren beregnes, slik at man finner en mer korrekt differanse.

Ut i fra målerne som er plassert i huset og hva de måler kan bidraget fra solfangeren beregnes slik:

$St = \text{netto energibehov varmtvann} - \text{elforbruk varmtvann} + \text{netto energibehov gulvvarme} - \text{elforbruk energisentralen}$.

$St = nvv - lvv + ngv - les$

	hus 24	desember	januar	februar	mars	april
nvv	varmtvann	369	373	371	462	390
lvv	varmtvann	159	181	175	219	152
ngv	gulvvarme	1244	1135	951	819	533
les	energisentra	1367	1433	1178	865	381
	St	87	-106	-31	197	390

Tabell 10 Beregna tap i energisentralen eller overskudd som bidrar til oppvarming av vannet.

Et negativt tall betyr at solfangeren ikke har produsert nok til å dekke tapet som er i energisentralen. Det er tydelig at solfangeren bidrar mer i mars og april hvor det blir lysere og mer sol, dermed bruker den betraktelig mer energi også. I februar brukte den ca 77 kWh netto, i mars 300 kWh og i april 440 kWh. Dette er litt usikre tall, fordi netto energibehov er kun målt på to av husene og det er litt differanse på de.

Temperaturkorrigering:

I beregningen er SIMIEN brukt som utgangspunkt for å beregne prosentandelen av det temperatur avhengige forbruket. Romoppvarming og ventilasjonsvarme går under temperatur avhengig forbruk. Tappevann, vifter, pumper, belysning og teknisk utstyr går under temperatur uavhengig forbruk. Deretter er formelen fra avsnitt 3.3 benyttet og graddagstallene i tabell 8.

Månedlig net	1a Romoppv	1b Ventilasjon	Tappevann	Vifter	3b Pumper	4 Belysning	5 Teknisk ut	totalt
Jan	499	52	268	40	11	103	158	1131
Feb	386	52	242	36	10	93	142	961
Mar	172	31	268	40	11	103	158	783
Apr	1	1	259	38	11	99	153	562
Des	461	45	268	40	11	103	158	1086

Tabell 11 månedlig netto energibehov for hus 32 fordelt på energiposter.(se vedlegg 7)

Tabell 12 består av tall fra årssimulering fra SIMIEN og viser månedlig netto energibehov per energipost. Denne tabellen viser hvordan utregninga for å temperatur korrigere energibruken har foregått. Eksempelet er hustype C – hus 32, deretter ble andel temperaturavhengig og uavhengig beregnet i prosentandel. Denne prosentandel ble så brukt i formelen. Med tall fra Hafslund på levert energi kan man sette alt inn i formelen, å få et temperaturkorrigert forbruk. I tabell 14 er differansen fra temperaturkorrigering og levert energi fra Hafslund beregna.

$$\text{Eksempel: Januar} = 1301 * \left(\left(0,49 * \frac{412}{289} \right) + 0,51 \right) = 1571 \text{ kWh}$$

Så forbruket ville vært 1571- 1301 = 270 kWh høyere i januar hvis temperaturen hadde vært som i normalperioden. Generelt resultat på alle husene fra 19 – 33 er at energibruken hadde vært høyere ved et normalår enn de månedene som er beregnet her. I desember 2014 og april 2015 er det tilnærmet likt forbruk som i normalperioden.

Hus nr	jan	feb	mars	april	des
19	350	323	165	0	68
20	424	400	311	43	87
21-25	463	405	315	43	93
26	399	350	222	16	88
27	488	341	284	39	97
28	476	473	351	47	68
29	251	339	265	22	50
30	283	286	195	3	52
31	199	194	142	13	42
32	270	242	135	1	58
33	436	435	299	24	92

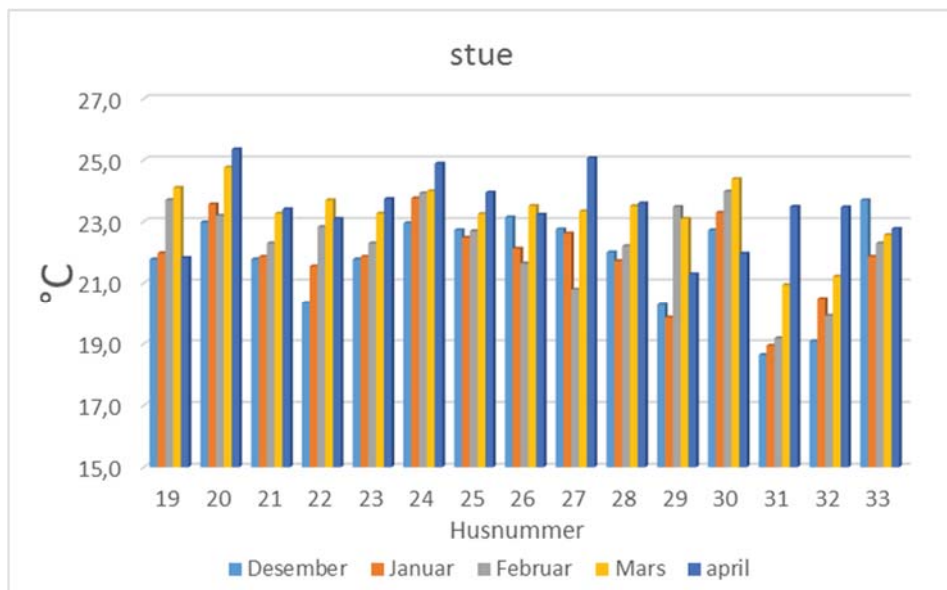
Tabell 12: Differansen mellom Hafslund og det temperaturkorrigerede energibruket.

Tallene fra temperaturkorrigering er ikke brukt videre i resultatene.

5.2 Oppvarming:

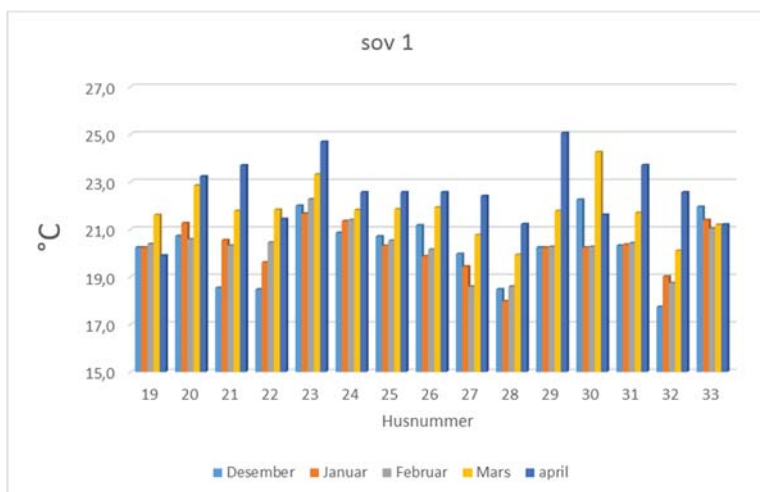
Innetemperatur:

Innetemperaturen blir målt hver time hele døgnet i flere rom i husene. Temperaturen kan ha stor betydning for energibruken i boligen. Her kan man se et gjennomsnitt av målingene fordelt på beregna måneder. Innetemperaturen styres av beboerne selv. Folk har ulike komforttemperaturer noe man kan se av figurene under. Figur 6 - 9 viser innetemperaturen i ulike rom, noen av de er et beregna gjennomsnitt ut ifra resten av målingene, på grunn av få avlesninger i enkelte rom.



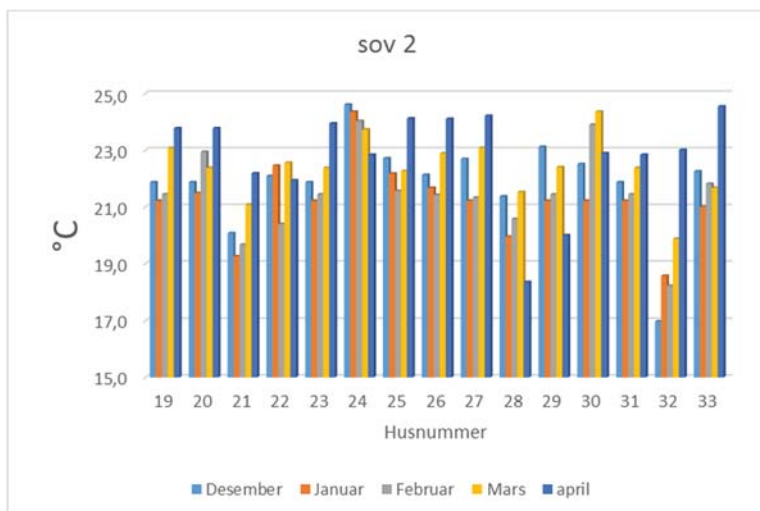
Figur 6: gjennomsnittlig innetemperatur i stua.

Målt innetemperatur i husene, noen av målerne har levert få målinger og på disse er et gjennomsnitt beregna. Hus 31 skiller seg mest ut når det gjelder lav temperatur i stua i perioden desember til februar. Mens hus 24 ligger blant de høyeste hele perioden. Hus 20 og 30 har også generelt høye temperaturer i hele perioden.



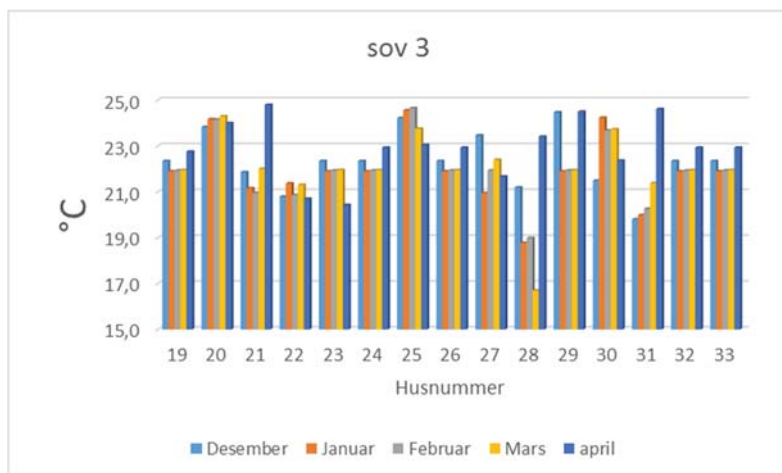
Figur 7: gjennomsnittlig innetemperatur på rom kalt Sov 1.

Et snitt på rundt 20 grader ser ut til å være normalt på soverommet. Hus 29 har en høy gjennomsnittstemperatur i april, opp mot hele 25 °C.



Figur 8: Gjennomsnittlig innetemperatur på Sov2

På sov 2 er det flere av husene som ligger godt over 22 grader i gjennomsnitt, noe som virker litt høyt. Man ser tydelig at temperaturen stiger i april for flere av husene. Det blir varmere ute, og huset trenger mindre oppvarming.

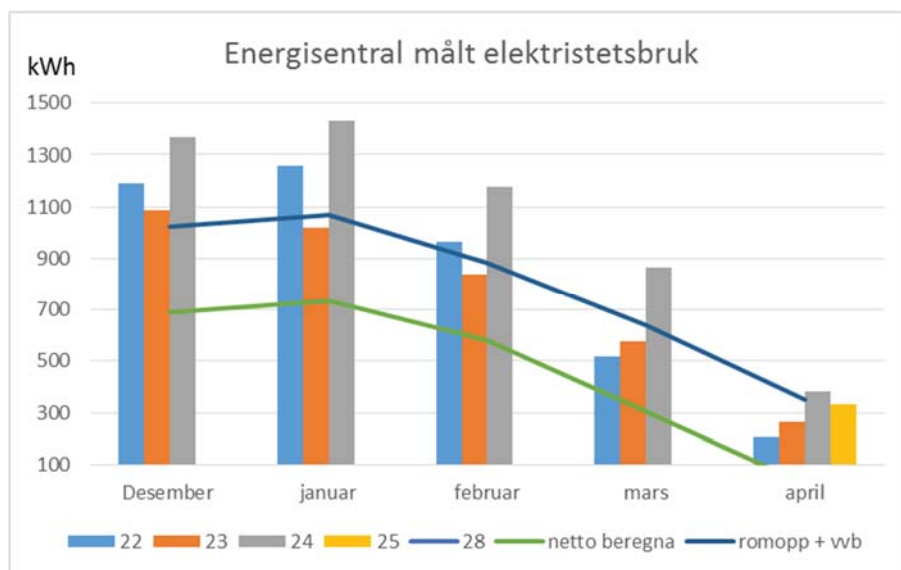


Figur 9: Gjennomsnittlig innetemperatur på Sov3

Sov 3 skiller hus 28 seg veldig ut, med en gjennomsnittstemperatur ned i 16 grader. Det er godt mulig at rommet blir brukt til noe annet enn soverommet. For eksempel kontor, lagringsplass eller ikke i det hele tatt. Ellers er det ganske høye temperaturer i dette rommet også. Noen månedsverdier er helt oppe i 24 grader.

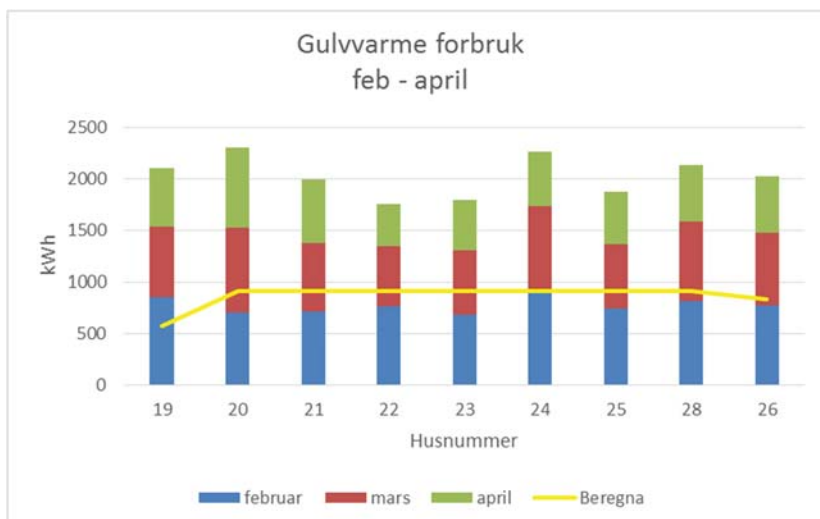
To av husene har i tillegg målinger på badet, dette ga en gjennomsnittstemperatur på 24 grader.

Oppvarming:



Figur 10: Målt elektrisitetsbruk til oppvarming, sett mot netto energibehov energisentralen, og blå graf er beregna netto behov til romoppvarming og varmtvann. (Tall fra comfert og SIMIEN)

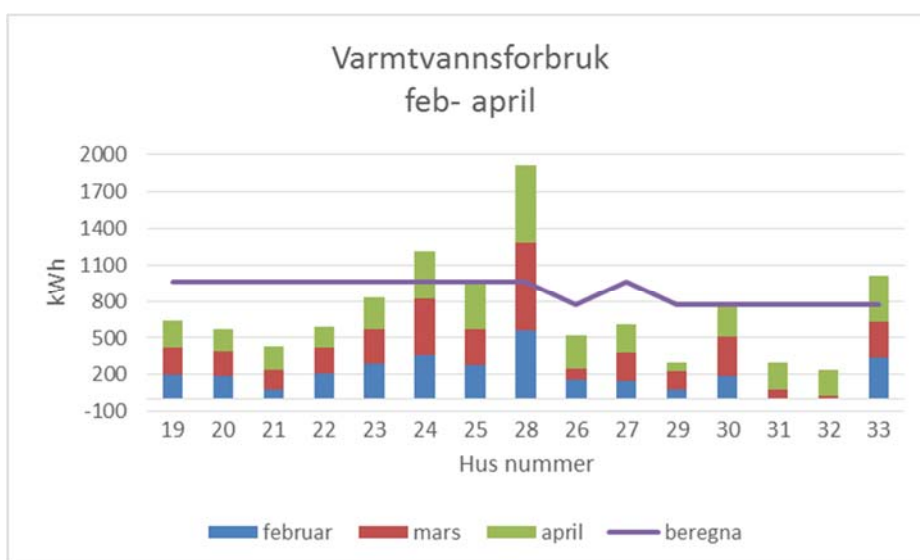
Figur 10 viser en oversikt over den målte elektrisitetsbruken i energisentralen til noen av husene. I tillegg viser grafene det beregna netto behovet, den grønne grafen kun for romoppvarming og den blå grafen viser for både romoppvarming og tappevann. Hus 24 ligger tydelig over i alle månedene, og siden dette er levert energi mot netto energibehov, kommer produksjon fra solfangeren i tillegg til det som er målt elektrisitetsbruk, da blir differansen enda større. Energisentralen vil stå for deler av oppvarmingen av vannet som går videre til varmtvannstanken, derfor er dette sammenlignet på de to måtene. Målt energi ligger nærmest den blå grafen for alle månedene og husene. Siden systemet er koblet sammen, og kan være vanskelig å skille hva som går til romoppvarming og hva som går til tappevann. Energisentralen varmer delvis opp tappevannet før det går videre. Hus 25 er det kun målinger for i april, den gule søylen. Og det ligger litt over nummer 22 og 23, men under hus 24.



Figur 11: Målt netto gulvvarme, alle husene ligger over det beregna som er den gule grafen. (hus 28 har tatt plassen til hus 26 på noen av figurene fordi tallene fra hus 26 var noe usikre).

Målt netto energibruk til gulvvarme, fordelt på hus og måneder. Alle husene ligger over det som er beregna energibehov (gul linje). Beregna behov vil si energipost 1a romoppvarming i tabell 13. Det beregna netto energibehovet kan være høyere om deler av tappevannet skal inngå her.

5.3 Tappevann:



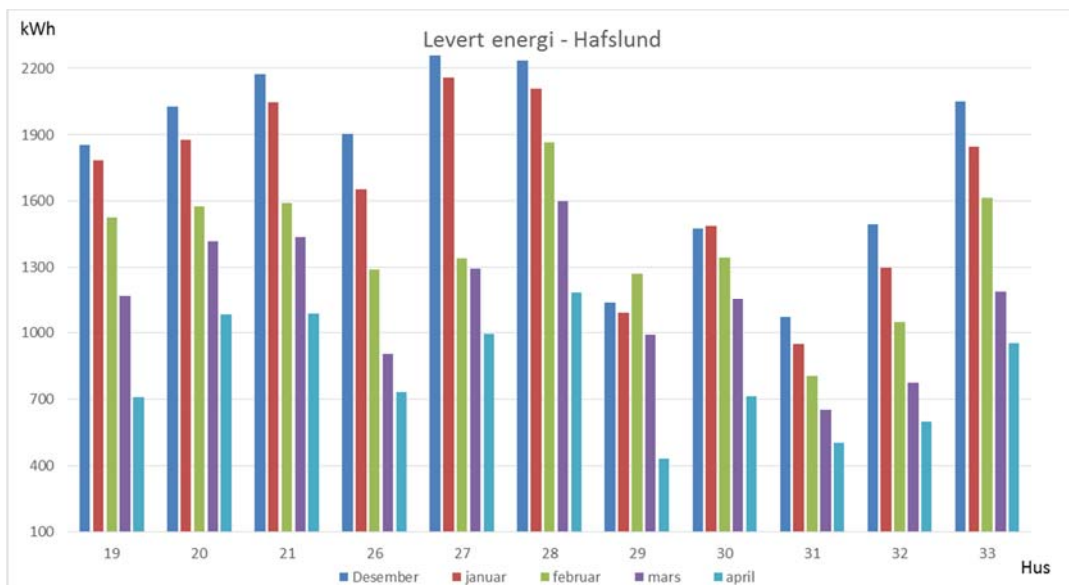
Figur 12 en oversikt over målt netto energibruk til varmtvann, sett mot det beregna netto behovet.

Figur 12 viser at hus 28 bruker omtrent dobbelt så mye varmtvann som beregna på de tre månedene som er målt. Hus 24 og 33 ligger også over det beregna. Hus 25 og 30 ligger akkurat på det beregna, mens hus 32 ligger langt under. Hus 31 og 32 har null forbruk i februar. Her kan resultatene endre seg over tid.

5.4 Samla energibruk:

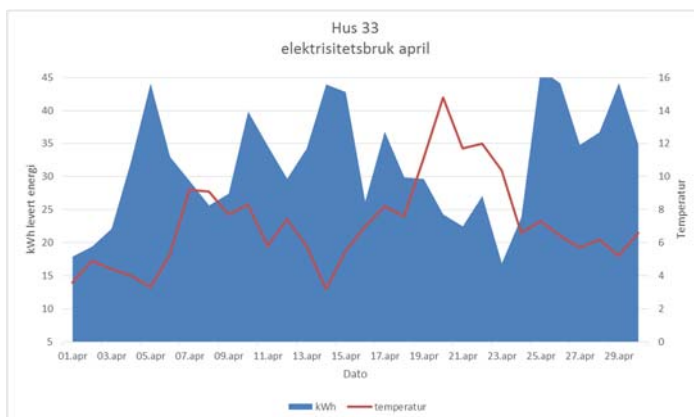
Tallene fra Hafslund er fordelt på hvert hus og forbruk oppgitt i kWh/dag, så er de summert i Excel for å få totalt forbruk på en måned. Figur 13 viser totalt elektrisitetsbruk for husene, hus 22- 25 er samme som hus 21 hvor det er regnet ut et gjennomsnitt av hus 20, 27 og 28 på grunn av manglende tall fra Hafslund.

Hus 31 har et lavt forbruk alle måneder, mens hus 28 har et høyt forbruk. April har vært en solrik og varm måned, noe vi kan se på energibruken, den har gått ned i alle husene.



Figur 13 Levert energi fra Hafslund, fordelt på husene og måneder, hus 21 er et gjennomsnitt av 20, 27 og 28, det blir samme resultatet for 22-25. (vedlegg 6).

Unntatt i hus 29 og 30, så bruker husene mest i desember og gradvis mindre fra måned til måned. I figur 14 under, er forbruket vist per dag i april for hus 33, dette kunne man gjort for alle husene og sett om det ble likt.



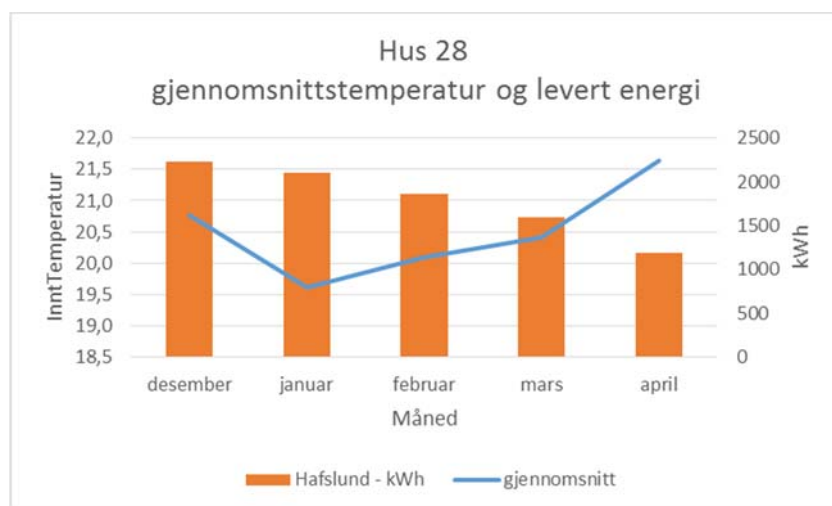
Figur 14 Elektrisitets bruket til hus 33 i april, man kan tydelig se at solfangeren bidrar til et mer variert elforbruk.

Hus 33 framstilt i levert energi for hele april. På dager med lavt forbruk kan det være solfangeren som dekker store dele av energibehovet.

	gjennomsnitt	Hafslund - kWh
desember	20,8	2235
januar	19,6	2107
februar	20,1	1864
mars	20,4	1599
april	21,6	1187

Tabell 13: Gjennomsnittstemperatur inne og levert energi Hafslund for hus 28.

Tabellen viser at huset har relativt normale innetemperaturer i snitt. Og at energibruken går gradvis nedover fra desember til april. Det er i all hovedsak temperaturen på sov 1 og sov 3 som drar dette snittet ned. Stua ligger på 22 -23 °C i snitt. Tabell 15 og figur 15 hører sammen.



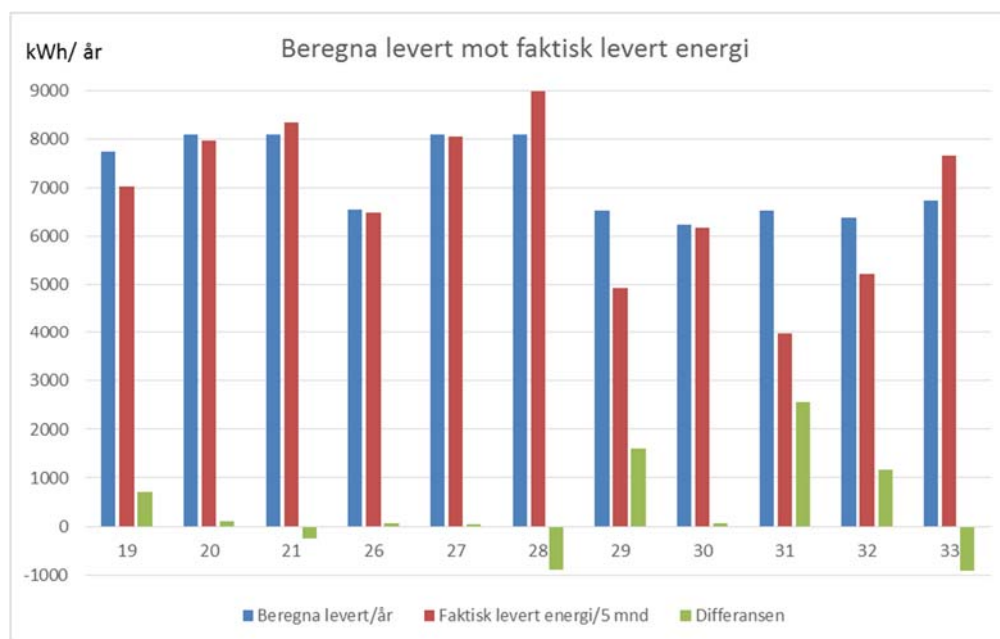
Figur 15: Energibruken går gradvis nedover, mens temperaturen inne stiger fra januar av.

Innetemperaturen stiger mye fra mars til april, samtidig som energibruken går en del ned. Det henger sammen med et varmere vær og mindre behov for oppvarming.

5.4.1 Forskjellen på beregna og målt forbruk:

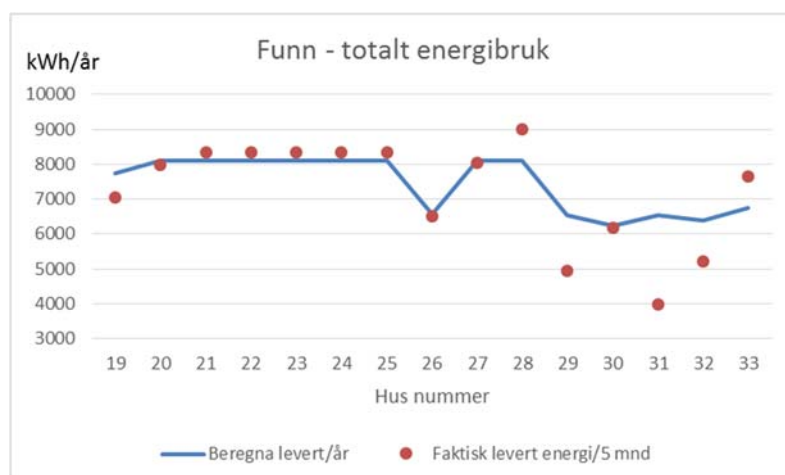
Her er beregna levert energi fra SIMIEN vurdert mot Hafslund. SIMIEN har energibruk fordelt på energipostnivå for hver enkelt måned. Dette er netto energibehov og ikke levert energi. Levert energi er kun beregna for et helt år. Dermed er tallene fra SIMIEN basert på et helt år, mens fra

Hafslund er det kun fra desember 2014 – til april 2015.



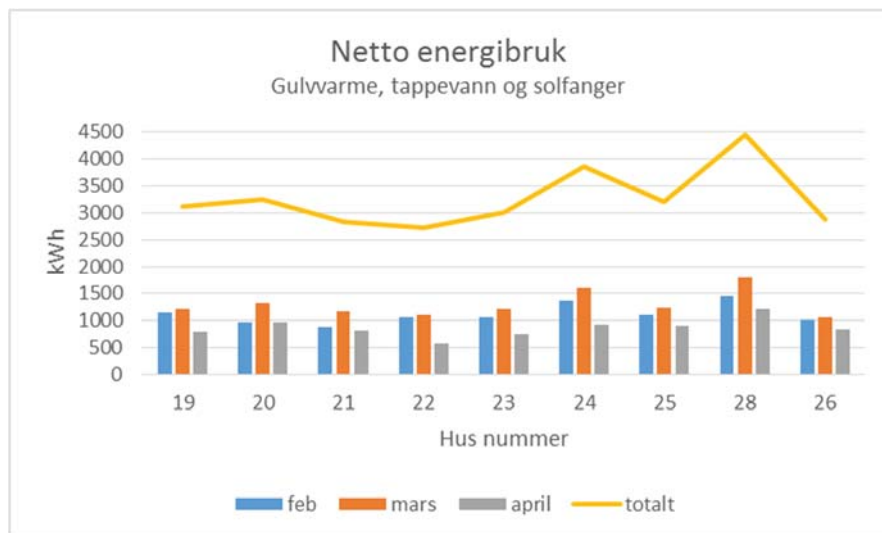
Figur 16 Viser hvor mye strøm som er beregna å bruke og hvor mye som er brukt, også hvor mye hvert hus ligger over eller under det beregna. Den grønne søyla viser det bedre enn grafen. Da prosentdelen ikke starter på null ved x-aksen.

Hus 21 – 25 har brukt 103 % av det som er beregna å bruke på et helt år i levert energi. Den grønne kalt «resterende» betyr at man enten ligger over eller under beregna forbruk. Et positivt tall her vil si at du har «mer å gå på». Hus 28 går -11 % og hus 33 går -14 % (altså 114% over det som er beregna). Mens hus 31 har igjen 39 %. Den lille linja viser resterende forbruk i prosentandel. Beregningen sier noe om hvor mye elektrisitet huset har igjen å bruke de sju månedene som ikke er med i beregningen. Hvis man tar et gjennomsnitt for hus 19- 21 og 26- 33 på beregna og levert energi fra Hafslund, blir resultatet: $7102 - 6654 = 449$ kWh. Det betyr at husene har brukt 93 % av elektrisiteten de er beregna til å bruke på helt år på kun fem måneder.



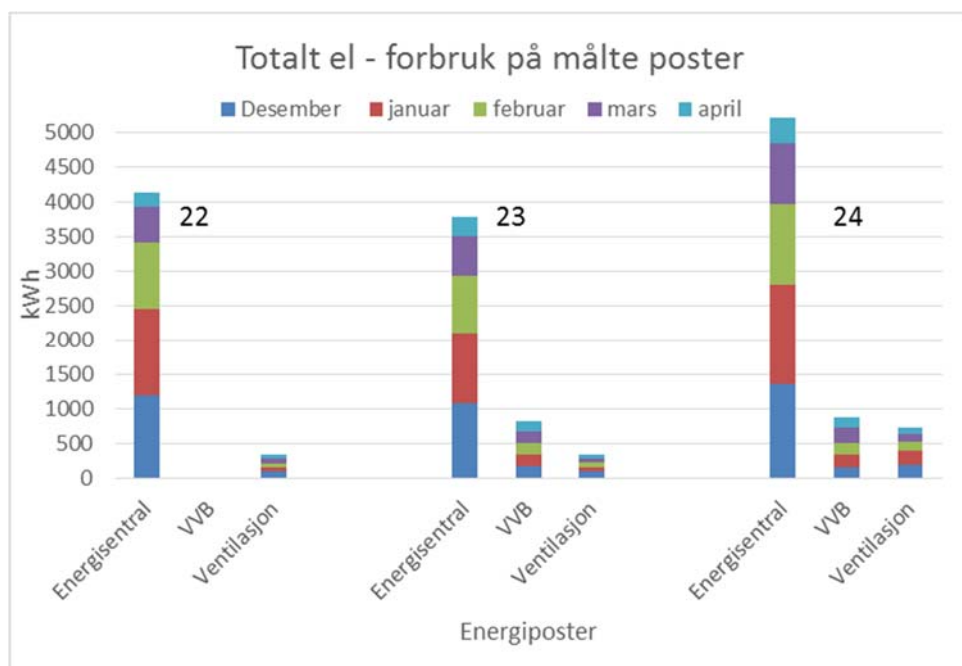
Figur 17: Hvilke hus som ligger over og under beregna levert energi.

Fire av husene i figur 17 ligger under det beregna, fire ligger akkurat på det beregna og to av husene ligger over. Hus 21- 25 er fortsatt et gjennomsnitt, så disse er usikre, antar at de ligger litt over beregna energibruk.



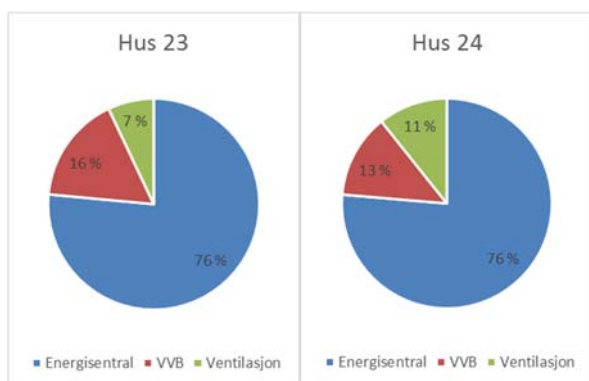
Figur 18: Netto energibruk, fordelt på hus og måneder. Gul graf viser total bruk i samme periode.

Figuren viser totalt netto energibehov målt på varmtvann, gulvvarme og til solfanger. Til solfangeren er det kun måling på to av husene, dermed er det et gjennomsnittstall for resterende. Den totale grafen er summen av de tre energipostene. Hus 24 og hus 28 skiller seg klart ut på det totale energibruket. Se vedlegg 4 for forbruket skilt ut på postene.



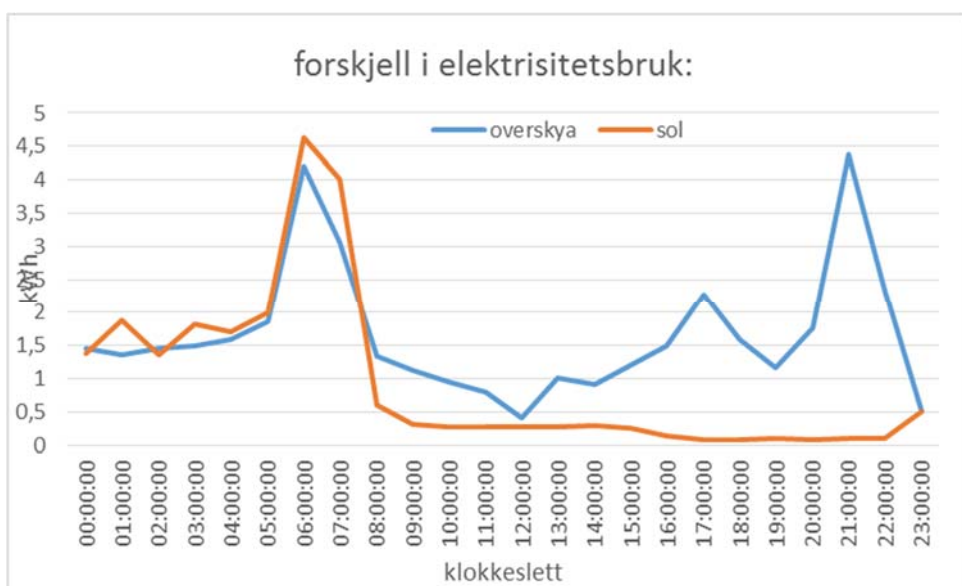
Figur 19: Viser totalt elforbruk på 3 av husene, fordelt på energiposter.

Hus 24 har brukt en del mer på energisentralen enn de to andre husene. VVB måleren fungerer ikke på hus 22, derfor er den på null. Ventilasjonsanlegget bruker lite elektrisitet som vi kan se av figuren. Forbruket har gått ned i april.



Figur 20 Fordelt postene på prosent for å sammenligne husene.

Begge husene bruker like mye elektrisitet til energisentralen, men ulikt på varmtvann og ventilasjon.



Figur 21 viser forskjellen i energibruk på en solrik dag og en snøfylt og kaldere dag pr time for et døgn.

Figur 20 hvor blå linje er den 26.3 (da det snødde enormt) og oransje er 24.3 hvor det var en del sol. Sola gjør at elektrisitetsforbruket flater ut klokka 8.30 og blir flat helt til klokka 22.00. Man ser tydelig at man slipper to store topplaster i systemet, sola har trolig varmet opp vannet nok til at det holder ut over kvelden.

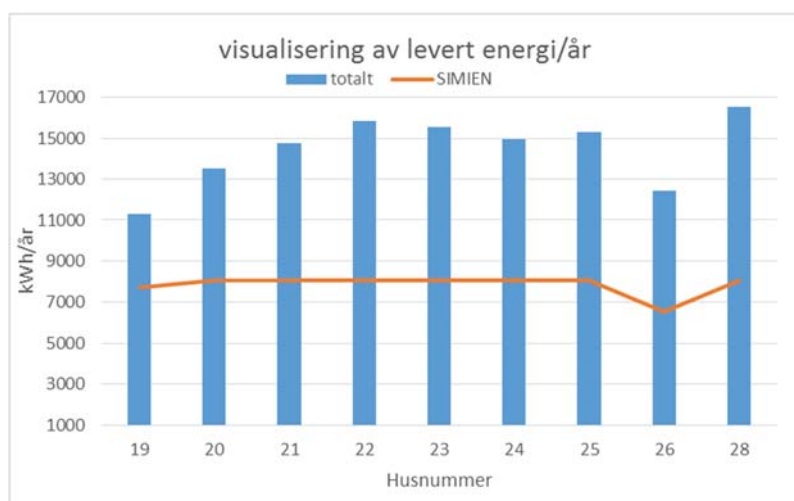
Måleusikkerheten måling kan gi flere utfall og usikkerheten knyttet til riktig verdi kan knyttes til mulige feil.

Til slutt ble det gjort et forsøk på å estimere energibruken for de siste sju månedene det ikke er målinger på. Utgangspunkt levert energi fra Hafslund. For å finne ca levert energi for mai ble målt energi til oppvarming for april trekt i fra, og lagt på 50 kWh. Juni til august = levert energi april – oppvarming målt april. September tilnærmet likt som mai, oktober lik mars og november lik oktober pluss 100 kWh.

	Januar	februar	mars	april	mai	juni	juli	august	september	oktober	november	desember
19	1785	1525	1173	710	393	343	343	343	393	1173	1273	1853
20	1876	1575	1420	1085	551	501	501	501	551	1420	1520	2028
21	2047	1594	1438	1089	721	671	671	671	721	1438	1538	2174
22	2047	1594	1438	1089	932	882	882	882	932	1438	1538	2174
23	2047	1594	1438	1089	874	824	824	824	874	1438	1538	2174
24	2047	1594	1438	1089	758	708	708	708	758	1438	1538	2174
25	2047	1594	1438	1089	832	782	782	782	832	1438	1538	2174
26	1653	1293	907	733	832	782	782	782	832	907	1007	1905
28	2107	1864	1599	1187	883	833	833	833	883	1599	1699	2235

Tabell 14: En estimering av levert energi for hele året, basert på levert energi for perioden desember- april.

Deretter er tabellen omformulert til figuren under:



Figur 22: Estimert levert energi sammenlignet mot beregna levert energi for et helt år.

Alle husene ligger tydelig over. Grunnen til at det ikke ble estimert for de resterende husene har med tall fra oppvarming å gjøre. De som er beregna i figuren ble visualisert mot oppvarmingsbehovet.

6. Analyse og drøfting:

Innledning:

Stenbråtlia ble valgt som case fordi husene er nye og holder en høy standard, OBOS står bak prosjektet og som nevnt er data hentet fra EBLE prosjektet. Alle tall og beregninger kan være usikre. Det kan ha blitt gjort feil i utregningene underveis, eller at målerne har starta på ulike tidspunkt som vil gi differanse i totalt bruk. Det som blir tatt opp videre er antakelser ut i fra resultatene i oppgaven. Usikre ting som kan være avgjørende er når beboerne flyttet inn, hvor mange som bor i hvert hus og hvilken retning huset ligger i.

Hvilken versjon av SIMIEN som er benyttet kan ha betydning. SIMIEN er i utvikling og forandring. Det har blitt lagt inn andre verdier og flere valgmuligheter i programmet. Hvem som har simulert husene i SIMIEN kan også ha betydning. Man ser ting annerledes. Dette kan ha betydning for samlet energibehov. Det er gjort flere erfaringer med SIMIEN i rapportene og Dokka et al. (2011) sier at det er et brukervennlig og enkelt verktøy, men programmet har noen begrensninger. Vanskelig å modellere komplekse systemløsninger. Programmet har god presentasjon og dokumentasjon av data. Det hadde vært ønskelig at programmet kunne håndtere BIM (Bygningsinformasjonsmodellering).

6.1 Oppvarming:

I beregningen av det temperaturkorrigerende forbruket ble formel fra kapittel 3.3 brukt, og det er tydelig at spesielt januar og februar måned har vært mildere enn normalt. For energibruken ville gått opp i disse månedene og da hadde forskjellen mellom beregna og målt energibruk vært enda større. Beregningen av graddagskorrigerende er stasjonær, soltilskuddet antas å være likt fra år til år. Varmetilsuddet og varmetap antas også likt fra år til år. Grini (2013) viser ulike måter å værkorrigere målt energibruk, og hovedanbefalingen er å temperaturkorrigere på månedsbasis.

Hus 31 har lav innetemperatur i stua i perioden desember – februar, noe som kan tyde på at de ikke flyttet inn før dette. Dermed bør man ta hensyn til det i beregningene. Nå ser det ut som huset kommer veldig godt ut i forhold til de andre.

Høye temperaturer på soverommet kan bety at rommene blir brukt til andre ting og at det bør tas med i beregningen. Blir rommet brukt som hjemmekontor er det et behov for høyere romtemperatur hele dagen, enn det er med et soverom.

Det som kanskje bør vurderes er hvor mye av energien til tappevannet som skal inkluderes i energisentralen. For deler av det blir oppvarmet der, før det går videre til varmtvannstanken. Hvis ikke noe av tappevannet er med, er det store forskjeller mellom beregna og målt energibruk i energisentralen. Temperaturen både ute og inne har betydning for hvor mye energi som trengs til oppvarming, men det ser ikke ut til å påvirke i like stor grad i passivhus. I april med få graddagstall er forbruket til oppvarming langt mindre enn i januar og februar. Dette er fordi passivhus har lave lekkasjetall og bedre u-verdier på alle komponentene som vegger og tak, og da forsvinner ikke varmen like lett ut. Av figur 10 ser man at forbruket varierer fra hus til hus. I april er det beregna tilnærmet null energi til oppvarming, men alle husene som har målinger på oppvarming bruker elektrisitet til dette.

Det samme ser vi av figur 11, hvor netto behov til gulvvarme er sammenlignet med netto målt energi til gulvvarme. Alle husene ligger over det som er beregna. Høyere innetemperaturer enn beregna som Neururer et al. (2010) også konkluderer med. Varmetapet fra solfangersystemet er et positivt bidrag til oppvarmingen i vintermånedene, men det er tapet er ikke ønskelig i sommermånedene.

6.2 Tappevann:

Her er det litt lite grunnlag for å konkludere med noe, i og med at det kun er 3 måneder som har målinger og det er ikke for alle hus.

Mennesker har ulike behov når det gjelder for eksempel å dusje, hvor lenge man dusjer og hvor ofte. Hvis man hadde gjort beboerne mer bevist på at de har solfangere på taket som varmer opp vannet mens de er på jobb, og det sånn sett lønner seg økonomisk og miljømessig å dusje på ettermiddagen, fordi man da sparer strøm, hadde kanskje noen endret sine vaner. Andre faktorer kan være at noen er mye hjemme, mens andre er lite hjemme.

Fra figur 12 har ikke hus 31 og 32 noe varmtvannsforbruk i februar. Det kan skyldes at disse husene ikke ble bebodd før i mars.

Beboersammensetning kan ha mye å si. Hvis familien består av tenåringsbarn kan kanskje deler av varmtvannsforbruket forklares via det. De dusjer ofte lenger enn andre, og tenker ikke over «konsekvensen» av det.

6.3 Samla energibruk:

«Energibruket i flere bygninger er målt i innkjøringsperioden, kort tid etter ferdigstillelse. I slike tilfeller kan det forventes lavere forbruk i senere år» (Klinski et al. 2012b). Dette er også tilfellet i Stenbråtlia. Derfor kan deler av energibruken være annerledes neste år. Uansett, så ser det ut til at alle husene kommer til å bruke mer enn beregna over et helt år. Eneste hus som kanskje ligger under er hus 31, men disse har nok ikke flyttet inn før februar/mars.

Klinski et al. (2012b) diskuterer som nevnt nordisk bokultur, vi har høy velstand og lave el- priser i Norge. Derfor koster det oss lite å ha noen grader ekstra i stua eller på badet. Og vi tenker mer på oss selv enn på at vi bruker mer energi enn nødvendig og at den dyrebare elektrisiteten kunne gått til noe annet. Nordmenn er kanskje litt late når det gjelder å slå av ting som bruker strøm eller dra ut kontakten når ting ikke blir brukt lenger. Man tror kanskje man ikke sparer så mye på å gjøre det, men på lang sikt er det lønnsomt. Det er en enkel sak å slå av lyset når man forlater ett rom eller reiser på jobben. Et annet poeng kan være at vi liker å gjøre ting selv. Hvis en middels god snekker bygger sitt eget hus blir det ikke like god kvalitet som det hadde blitt med profesjonelle husbyggere. Og boligen vil bære preg av dette når det gjelder energibruk. I rapporten til Klinski et al. er det gitt et eksempel: «Bilen blir jevnlig sendt til kontroll, men boligen, som er et mye dyrere investeringsobjekt og har større betydning for helse og livskvalitet, blir ikke kontrollert jevnlig av profesjonelle.»

Så, hvor mye har egentlig beboerne å si når det gjelder forbruk? Man snakker om at passivhus skal være robuste ovenfor beboervaner. Det ser ikke ut til å stemme helt. De er sikkert mer robuste enn TEK10 boliger. Brukerne av bygget har mye å si. Det er de som påvirker energibruken.

Kan hende fordelingen fra måned til måned i SIMIEN skulle vært annerledes? SIMIEN har ulike forutsetninger som kanskje ikke stemmer helt med virkeligheten. Energibruken er beregna og målt for kun noen måneder, og noen av husene har brukt langt mer enn det er beregna. Årsaker kan være at det blir lagt feil temperaturer til grunn, beregning av tappevann per m² eller for lite bidrag fra solfangeren kan være årsaker til forskjellene.

Man bør kanskje vurdere å koble programmet sammen med et tegneprogram. På den måten kan man se hvordan bygningen eller boligen ser ut. Da er det enkelt å oppdage feil, for eksempel et for stort vindu eller at det mangler en dør. Det er enkelt å endre på virkningsgraden til energisystemet i boligene. Endrer man for eksempel ventilasjonsanlegget til 70 % istedenfor 85 % får man et energi forbruk på 67 kWh/m² mot 60 kWh/ m² som var opprinnelig. På et hus som er 132 m² utgjør det ca. 900 kWh i året. Mens 95 % gir grønt merke og 58 kWh/ m². Å øke virkningsgraden på solfangersystemet har liten påvirkning, mens å senke den har mer å si. Fra 9 til 5 utgjør det 4 kWh/ m² pr år.

Skriv litt om figur 17.

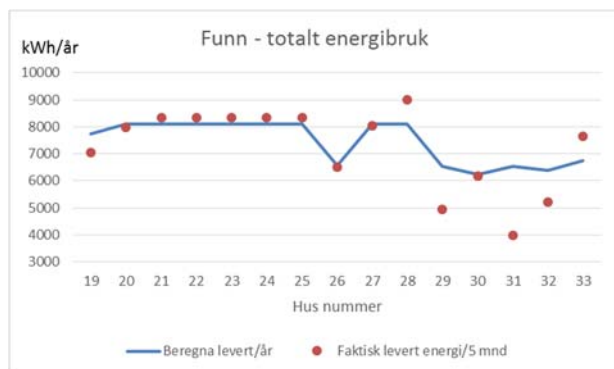
«Løsning»:

Beboerne / folk generelt skulle hatt en bedre oversikt over hva de faktisk bruker strøm på- burde vært enkelt å fått et lignende system som på mobilregninga. Et forslag kan være å plassere et display strategisk i boligen, slik at man kan se utviklinga daglig i en graf eller noe lignende. Da tror jeg folk ville blitt mer beviste, og det hadde vært morsommere å spare strøm når man ser hva det for eksempel koster å dusje i et kvarter eller effekten av å slå av lyset i rom man ikke er i. Det er viktig å opplyse folk om deres energiforbruk, kanskje tenke på andre måter å motivere på enn det økonomiske poenget. Det må gjøres mer interessant og kanskje utfordrende på en måte (en slags belønning om man holder seg innenfor et satt forbruk). Samtidig må beboerne få rett informasjon om bruken av det tekniske utstyret som finnes i leiligheten. Uansett, hvis man ser på det i et større perspektiv, er det vanskelig å konkludere med noe håndfast. Men man ser tydelig at forbruket varierer med brukeren av bygget, og at innetemperaturen i simuleringen/ beregningen bør justeres som Neururer et al. (2010) også konkluderte med.

Så lenge mye i oppgaven er usikkert, og en del av tallene er litt mangelfulle blir det interessant å følge prosjektet videre. Kommer de fram til noe av det samme som meg? Oppgaven har gjort meg engasjert i tema, og jeg kommer til å følge med på prosjektet og å lese resultatene når de kommer ut. Feilkilder i oppgaven kan komme fra måledata, beregna feil ut i fra måledata, at husnummer og tall er plassert feil. Når husene ble bebodd, hvor mange som bor der.

7. Konklusjon:

Ja, det er forskjell mellom beregna og målt energibruk i husene. Hovedresultatene viser at det er forskjeller mellom beregna og målt energibruk foreløpig og at forskjellene er sammensatte. Det finnes ikke en enkelt forklaring på hvorfor er det forskjell.



Ut ifra denne figuren (se figur 17 for forklaring) kommer alle husene til å bruke mer enn beregna over et helt år. Alle husene ligger veldig nærme beregna levert energi for et helt år.

De faktorene som påvirker mest er beboeratferd, ulik innetemperatur og stor forskjell i bruk av varmtvann. Fordi det er usikkert når folk flyttet inn kan dette ha stor betydning for enkelte av resultatene, da kanskje huset står tomt i en til to måneder og energibruken ikke er normal. Av figur 9 under avsnitt 4.3.1 ser man tydelig at det målte energibruket allerede etter fem måneder ligger høyere enn det beregna for et helt år. Men nye bygg trenger ofte ett års tid for innkjøring, så noe av årsaken kan ligge der. Andre årsaker er et høyt varmtvannsforbruk. Varmtvann er en standard verdi og tar ikke hensyn til antall personer, men til antall m².

Husene er med på å sette en ny standard for bygging av energieffektive hus. Og boligene kommer til å bruke en del mindre energi enn hus bygget etter TEK10 standard. I tillegg blir grønn energi benyttet til oppvarming av tappevann og romoppvarming i form av solfangere på taket.

7.1 Videre arbeid:

- Få skilt ut differansen mellom Hafslund og komfort målerne, da vil man få et tall på de resterende energipostene (teknisk utstyr, belysning) og man får et større bilde på hvor mye av energien som går til hva.
- Brukerundersøkelse og intervju, finne ut hvilke holdninger de har til energibruk, hvor mange som bor der og hva rommene blir brukt til.
- gjøre målinger for minst et helt år.

Kilder:

- Blight, T. S. & Coley, D. A. (2013). Sensitivity analysis of the effect of occupant behaviour on the energy consumption of passive house dwellings. *Energy and Buildings*, 66 (0): 183-192.
- Byggfakta. (2014). <http://www.byggfakta.no/moteplassen-for-solenergi-85151/nyhet.html>.
- Dokka, T. H., Svensson, A., Wigenstad, T., Andresen, I., Simonsen, I. & Berg, T. F. (2011). *Energibruk i bygninger: nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk*, b. 76:2011. Oslo: SINTEF byggforsk. 116 s. s.
- Dokka, T. H. D. o. K. (1993). Programbyggerne - <http://programbyggerne.no/>
- flexit. (2014). fdv dokumentasjon ventilasjonsnalegg.
- Grini, T. H. D. o. C. (2013). Etterprøving av bygningers energibruk. 67.
- Haugen, I. H. (2013). *Forskjellen mellom beregnet og målt energiforbruk ved St. Olav videregående skole*. Ås: [I.H. Haugen]. XVI, 100 s. s.
- Høines, N.-Ø. (2013). <http://ndla.no/nb/node/3470>.
- Klinski, M., Dokka, T. H., Holøs, S., Berge, M., Kristjansdottir, T., Mellegård, S., Maltha, M. & Berg, T. F. (2012a). *Systematisering av erfaringer med passivhus - oppfølging: nærmere analyse med fokus på innemiljø, energibruk og kostnader*.
- Klinski, M., Dokka, T. H., Jerkø, S., Hauge, Å. L. & Thomsen, J. (2012b). *Systematisering av erfaringer med passivhus*.
- Langseth, B., Everett, E. & Havskjold, M. (2011). Energibruk i lavenergi—Og passivbygg. *En sammenligning av forventet og målt energibruk, Energi Norge*.
- Neururer, C., Treberspurg, M. & Smutny, R. (2010). *RESOURCE EFFICIENCY OF PASSIVE AND LOW ENERGY HOUSES - A COMPARISON OF CALCULATED SPACE HEATING DEMAND AND MEASURED SPACE HEATING CONSUMPTION*. Cesb 10: Central Europe Towards Sustainable Building - from Theory to Practice. Prague 6: Czech Technical Univ Prague. 319-322 s.
- OBOS. (2014). Prospekt - <http://visning.gjerholm.no/i/124043-stenbr%C3%A5tlia/12>.
- solar, A. (2014). Fulldokumentasjon- <http://www.arentis.no/content/search>.
- Standard, N. (2013). *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger: boligbygninger*. Lysaker: Standard Norge. 13 s. : tab s.
- Standard, N. (2014). *Beregning av bygningers energiytelse: metode og data*. Lysaker: Standard Norge. 97 s. : fig. s.
- Sunikka-Blank, M. & Galvin, R. (2012). Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research and Information*, 40 (3): 260-273.
- Tor Helge Dokka, A. S., Tore Wigenstad, Inger Andresen, Ingeborg Simonsen og Torer F. Berg. (2011). *Energibruk i bygninger*.

Vedlegg:

Vedlegg 1:

Tall fra Kamstrup på hus 19 og varmtvannsforbruket. Ta differansen mellom start og stopp, og deretter gange det med 1000 for å få det i kWh.

Målenummer	Dato	Heat energy - MWh	Logge Energy - Month - MWh
61005107	01.03.2015 23:59	0,668	0,661
61005107	01.03.2015 22:59	0,668	0,661
61005107	01.03.2015 21:59	0,668	0,661
61005107	01.03.2015 21:00	0,667	0,661
61005107	01.03.2015 19:59	0,667	0,661
61005107	01.03.2015 18:59	0,666	0,661
61005107	01.03.2015 17:59	0,666	0,661
61005107	01.03.2015 16:59	0,665	0,661
61005107	01.03.2015 15:59	0,664	0,661
61005107	01.03.2015 12:59	0,664	0,661
61005107	01.03.2015 11:59	0,662	0,661
61005107	01.03.2015 10:59	0,662	0,661
61005107	01.03.2015 09:59	0,662	0,661
61005107	01.03.2015 08:59	0,661	0,661
61005107	01.03.2015 07:59	0,661	0,661
61005107	01.03.2015 06:59	0,661	0,661
61005107	01.03.2015 05:59	0,661	0,661

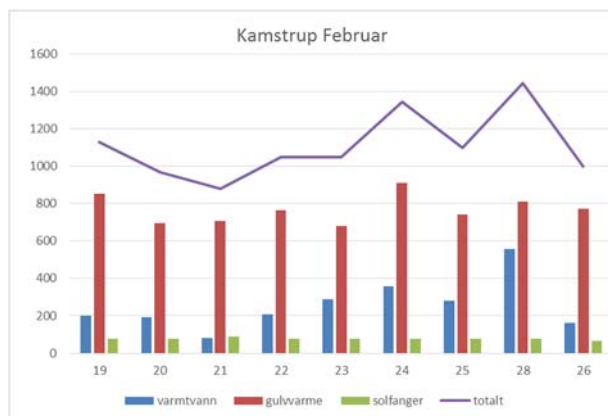
Vedlegg 2: Hus 24 – tall fra confort. Ta differansen mellom start og stopp, dele på 100 for å få det i kWh.

	sensor name	24_Energisentral [25]	24_VVB [26]	24_Ventilasjon [27]
		Pulses	Pulses	Pulses
date	time	pulses	pulses	pulses
01.03.	00:00:00	647025,111	72897	0
01.03.	03:00:00	647467,222	72897	0
01.03.	06:00:00	647919,478	72900,978	0
01.03.	09:00:00	648600,844	73222,378	0
01.03.	12:00:00	649106,733	73361,911	0
01.03.	15:00:00	649588,111	73457,422	0
01.03.	18:00:00	650097,622	73616,889	71729
01.03.	21:00:00	650562,689	73659	0
02.03.	00:00:00	650985,977	73659	0
02.03.	03:00:00	651385,356	73659	0
02.03.	06:00:00	651797,556	73695,489	0
02.03.	09:00:00	652281,2	73880,067	0
02.03.	12:00:00	652472,467	74087,356	0
02.03.	15:00:00	652802,956	74217,089	0
02.03.	18:00:00	653279,848	74343,739	0
02.03.	21:00:00	653775,822	74406,933	0
03.03.	00:00:00	654218,133	74419	0

Vedlegg 3: Manuelle målinger på noen av husene:

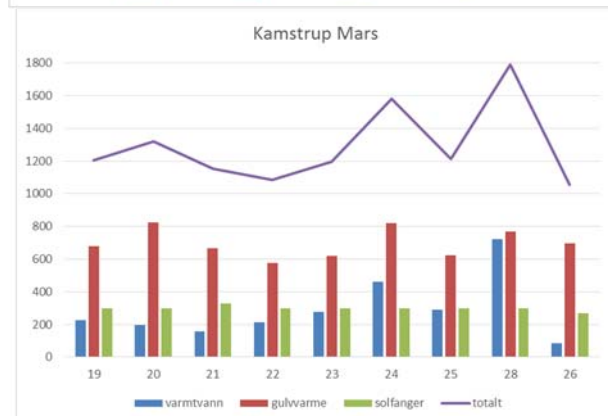
		16.mar
Hus	Plassering	Målt
19	VVB	599
19	Ventilasjon	918
19	Energisentral	4934
19	Total	7580
21	Oppvaskmaski	85
21	VVB	605
21	Ventilasjon	434
21	Energisentral	4890
21	Vaskemaskin	15
21	Tørketrommel	36
21	Total	7046
22	VVB	621
22	Ventilasjon	321
22	Energisentral	5383
22	Total	7755
23	VVB	816
23	Ventilasjon	350
23	Energisentral	5022
23	Total	8154
24	VVB	829
24	Ventilasjon	773
24	Energisentral	6854
24	Total	9813
25	VVB	882
25	Ventilasjon	579
25	Energisentral	4404
25	Total	7520
26	Platetopp	50
26	Stekeovn	1
26	Oppvaskmaski	10
26	VVB	553
26	Ventilasjon	3
26	Energisentral	4505
26	Vaskemaskin	0
26	Tørketrommel	11
26	Total	
28	VVB	1677
28	Ventilasjon	253
28	Energisentral	5509
28	Total	8640
30	VVB	0
30	Ventilasjon	0
30	Energisentral	0
30	Total	7075

Vedlegg 4:



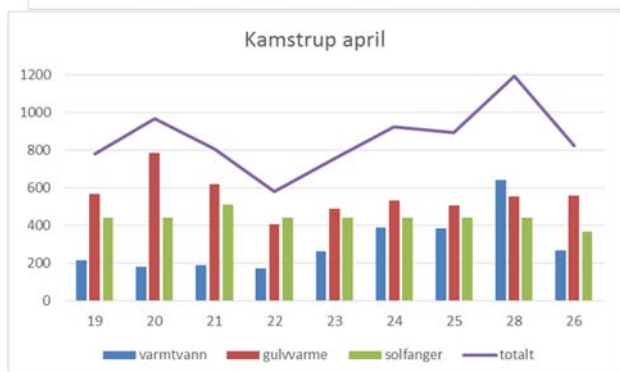
Figur 23 netto energibruk på de ulike postene, og grafen viser totalt forbruk i februar.

Hus 28 skiller seg ut med varmtvannsforbruk, og hus 24 med litt høyere varmtvannsforbruk og energi til gulvvarme.



Figur 24 netto energibruk på de ulike postene, grafen viser totalt netto forbruk i mars.

Her har energi til gulvvarme gått noe ned, mens varmtvannsforbruket er tilnærmet likt som i februar.



Figur 25 Grafen viser totalt netto forbruk i april, søylene netto energibruk på de ulike postene.

I april øker forbruket til solfangeren ganske mye. Og man kan se at hus 20 skiller seg ut med et høyt forbruk til gulvvarme i forhold til de andre husene. Hus 28 har høyest totalt forbruk alle tre månedene.

Man kan se at energibruk til solfangeren øker fra 70 -80 kWh i februar til rundt 300 kWh i mars. Det betyr at sola skinner mer og solfangerne produserer energi. Hus 21 bruker lite varmtvann i februar, kun 9 % av forbruket som er målt av kamstrup går til varmtvann. Hus 28 bruker 39 % av forbruket på tappevann (dette er inkl sol) og 40 % i mars. Det vil si at de bruker tilnærmet like mye varmtvann som de bruker energi til oppvarming.

Vedlegg 5:

Dato	Temperatur C				normal 17	normal 9	Graddags- korrigering, 17 grader	Graddags- korrigering , 9 grader
	Maks	Min	Middel	Normal				
01.des.14	1,2	-0,8	-0,1	-1,8	18,8	10,8	17,1	9,1
02.des.14	0,7	-1,4	-0,4	-1,9	18,9	10,9	17,4	9,4
03.des.14	0,6	-2,7	-1,5	-2	19	11	18,5	10,5
04.des.14	1,8	-2,9	0,3	-2,1	19,1	11,1	16,7	8,7
05.des.14	2,2	0,1	0,9	-2,3	19,3	11,3	16,1	8,1
06.des.14	0,8	-2,6	-0,8	-2,4	19,4	11,4	17,8	9,8
07.des.14	6,3	-2	3,3	-2,5	19,5	11,5	13,7	5,7
08.des.14	3,7	-2	-0,8	-2,6	19,6	11,6	17,8	9,8
09.des.14	-0,8	-5,5	-2,1	-2,7	19,7	11,7	19,1	11,1
10.des.14	5,8	-1,5	3,9	-2,8	19,8	11,8	13,1	5,1
11.des.14	3,9	1,2	2,5	-2,9	19,9	11,9	14,5	6,5
12.des.14	3,1	0	1,2	-2,9	19,9	11,9	15,8	7,8
13.des.14	1,4	-2,1	-1,2	-3	20	12	18,2	10,2
14.des.14	6,1	-4,5	1,2	-3,1	20,1	12,1	15,8	7,8
15.des.14	7	1,4	3	-3,2	20,2	12,2	14	6

«Normal» fra yr.no er trekt fra 17 °C og 9 °C, deretter er «middel» gjort det samme med. Dette er kun et utdrag fra de 15 første fagene,

Basis 17	jan	feb	mars	april	des	Basis 9	jan	feb	mars	april	des
19	189	168	42	0	40	19	350	323	165	0	68
20	228	208	80	5	51	20	424	400	311	16	87
21-25	249	210	81	5	54	21-25	463	405	315	17	93
26	215	182	57	5	51	26	399	350	222	16	88
27	263	177	73	5	56	27	488	341	284	16	97
28	256	246	90	6	56	28	476	473	351	19	96
29	135	176	68	7	29	29	251	339	265	22	50
30	152	149	50	1	30	30	283	286	195	3	52
31	107	101	37	4	24	31	199	194	142	13	42
32	146	126	35	0	34	32	270	242	135	1	58
33	235	226	77	7	54	33	436	435	299	24	92

Vedlegg 6:

Hus 19, tall fra Hafslund, for 1 dag.

Dato	kWh
26.2.2015 23:00	1,780
26.2.2015 22:00	1,410
26.2.2015 21:00	1,320
26.2.2015 20:00	1,180
26.2.2015 19:00	1,370
26.2.2015 18:00	1,460
26.2.2015 17:00	1,390
26.2.2015 16:00	1,400
26.2.2015 15:00	1,390
26.2.2015 14:00	1,340
26.2.2015 13:00	1,390
26.2.2015 12:00	1,410
26.2.2015 11:00	1,550
26.2.2015 10:00	1,800
26.2.2015 9:00	1,520
26.2.2015 8:00	1,920
26.2.2015 7:00	5,340
26.2.2015 6:00	3,590
26.2.2015 5:00	1,530
26.2.2015 4:00	1,390
26.2.2015 3:00	1,450
26.2.2015 2:00	1,540
26.2.2015 1:00	1,550
26.2.2015 0:00	1,620

Vedlegg 7:

Månedlig netto energibehov	1a Romoppv	1b Ventilasjon	Tappevann	Vifter	3b Pumper	4 Belysning	5 Teknisk utrustning	totalt
Jan	602	48	268	40	13	154	79	1204
Feb	507	48	242	36	12	139	71	1055
Mar	337	30	268	40	13	154	79	921
Apr	107	9	259	38	13	149	76	651
Des	563	38	268	40	13	154	79	1155

temp.avh	andel	temp.uavh	Hafslund	Basis 9°	formel -hafslund
650	54 %	46 %	1090	1341	251
555	53 %	47 %	1273	1612	339
367	40 %	60 %	992	1257	265
116	18 %	82 %	138	160	22
601	52 %	48 %	1138	1188	50

Utdrag fra SIMIEN og utregning av temp. avh og uavh energibehov. Temp avh er romopp + ventilasjon.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no