

MICHAEL KLINSKI, JUDITH THOMSEN, ÅSHILD LAPPEGARD HAUGE,  
SIDSEL JERKØ OG TOR HELGE DOKKA

# Systematisering av erfaringer med passivhus

Prosjektrapport 90

2012



SINTEF Byggforsk

Michael Klinski, Judith Thomsen, Åshild Lappegard Hauge,  
Sidsel Jerkø og Tor Helge Dokka

# **Systematisering av erfaringer med passivhus**

Prosjektrapport 90 – 2012

Prosjektrapport nr. 90

Michael Klinski, Judith Thomsen, Åshild Lappegard Hauge, Sidsel Jerkø og  
Tor Helge Dokka

## **Systematisering av erfaringer med passivhus**

Emneord:

Utredning, passivhus, boligbygg

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1256-0 (pdf)

Prosjekt nr.: 3B0593

Illustrasjoner omslag:

Enebolig på Skøyen i Oslo, enebolig med utleieenhet NorONE på Sørumsand,  
blokker Løvåshagen i Bergen, rehabilitering av blokker Myhrerenga i Skedsmo  
kommune. Foto: Stein Stoknes, Harald Ringstad, ByBo, SINTEF Byggforsk.

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.  
Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarfram-  
stilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov  
eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere  
til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inn-  
dragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
	English summary – Systematisation of experience with Passive Houses .....	7
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Mål</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Oppdragsforståelse og metode</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Litteraturgjennomgang av erfaringer med passivhus</b> .....	<b>12</b>
5.1	Erfaringer med passivhus i Norge .....	12
5.1.1	Erfaring fra prosjektering og byggeprosess .....	12
5.1.2	Byggskader og helserisiko.....	15
5.1.3	Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk .....	16
5.1.4	Brukervennlighet for vanlige brukere .....	17
5.1.5	Erfaringer fra markedsføring og salg .....	21
5.2	Sammenligningsstudier og erfaringer med passivhus i andre land.....	23
5.2.1	Erfaring fra prosjektering og byggeprosess .....	24
5.2.2	Byggskader og helserisiko.....	25
5.2.3	Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk .....	27
5.2.4	Brukervennlighet for vanlige brukere .....	36
5.2.5	Erfaringer fra markedsføring og salg .....	44
5.2.6	Kostnader.....	46
<b>6</b>	<b>Dybdeanalyser</b> .....	<b>50</b>
6.1	Løvåshagen, blokkbebyggelse i Bergen .....	50
6.2	NorONE, enebolig med utleieenhet på Sørumsand.....	58
6.3	Rudshagen, eneboligfelt på Mortensrud i Oslo.....	62
6.4	Grånås, feltutbygging i Trondheim .....	67
6.5	Skadbergbakken.....	69
6.6	Myhrerenga.....	70
6.7	Passivhus i Grimstad.....	70
<b>7</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>71</b>
7.1	Hva er problemer spesielt knyttet til passivhus, og hva er problemer knyttet til nye boliger og bygninger generelt? .....	71
7.2	Utfordringer i forhold til nordisk bo-kultur .....	72
7.3	Egnethet for volumproduksjon.....	73
<b>8</b>	<b>Konklusjoner og anbefalinger</b> .....	<b>76</b>
<b>9</b>	<b>Veien videre</b> .....	<b>79</b>

9.1	Forlengelsesopsjon.....	79
9.2	Flere tema relevant for forskning.....	79
<b>10</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>82</b>
<b>A</b>	<b>Vedlegg: Kriterier for passivhus.....</b>	<b>87</b>
A.1	Passivhuskonseptet.....	87
A.1.1	Kriterier for passivhus i henhold til Passivhusinstituttet i Tyskland.....	87
A.1.2	Kriterier for passivhus i henhold til Forum för Energieffektiva Byggnader i Sverige.....	88
A.1.3	Kriterier for passivhus i henhold til Norsk Standard NS 3700.....	88
A.1.4	Ulike resultater etter ulike passivhusstandarder.....	89
<b>B</b>	<b>Vedlegg: Oversikt over ferdigstilte og planlagte boligprosjekter i Norge på passivhusnivå, januar 2012.....</b>	<b>90</b>

## 1 Sammendrag

### **Erfaring fra prosjektering og byggeprosess**

Erfaringer med prosjekterings- og byggeprosessen viser at god og jevnlig oppfølging på byggeplassen er nødvendig og må kunne bygge på presist formulerte krav samt detaljerte tegninger og beskrivelser. Prosjekteringen må inkludere korrekte og nøyaktige energiberegninger, gjennomført med presise inndata som tar med alle forutsetninger som klima på byggested, reelle forhold på sol og skygge samt materialer og konstruksjoner som det blir bygd.

Planleggings- og optimaliseringsprosessen kan være mer krevende i Norge enn i Mellom-Europa ettersom mange aktører ikke er vant til nye tekniske løsninger og ikke alle komponenter er tilgjengelig i introduksjonsfasen av passivhus. Erfaringene med norske passivhusprosjekter viser at byggevarerprodusentene kan være viktige samarbeidspartnere for å finne gode tekniske løsninger. Erfaringer med byggeprosessene i Norge viser også hvor viktig det er med insitamer for å finne gode tekniske løsninger, slik at ingen parter taper økonomisk på å komme opp med løsninger som er innovative.

### **Byggskader og helserisiko**

Studier fra andre land viser at konsentrasjonen av muggsopp er lavere i passivhus enn i konvensjonelle bygg. Det er også rapportert om lavere radonnivå i passiv-/ lavenergihus, og lavere konsentrasjon av andre forurensende stoffer. Disse funnene henger tett sammen med bruken av balansert mekanisk ventilasjon. Noen av de gjennomgåtte studiene refererer også til selvrapportert helse hos beboerne. Beboere i passivhus rapporterer om bedre helse enn i konvensjonelle hus, eller at de har fått bedre helse etter å ha flyttet inn i passivhus. Ingen studie rapporterer spesielle byggskader i passivhus.

### **Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk**

Norske og utenlandske studier viser at energibruk i mange lavenergi- og passivhus avviker i forhold til energiberegninger; noen er bedre og noen er verre enn forventet. Det er lite som tyder på at avvikene er større i passivhus enn i andre undersøkte hus. I studier som sammenligner passivhus og andre lavenergihus, har passivhus gjennomgående lavere energibruk.

Energibruken påvirkes i alle boliger også mye av hvordan boligen brukes av beboerne. I flere prosjekter velger beboere en høyere innetemperatur enn den som er lagt inn i energiberegningen. Dette øker forbruket noe. Tilsvarende gjelder om beboere sover med åpent vindu på soverommet, men passivhuskonseptet er robust og fungerer også med slike brukervaner. Energiforbruket er likevel betydelig lavere enn konvensjonelle nye bygg.

### **Brukervennlighet for vanlige brukere**

Norske og utenlandske brukerevalueringer av passivhus viser at inneklimate er godt, og rapportert som bedre enn i konvensjonelle boliger.

Til tross for at beboerne rapporterer om godt inneklimate, er det noen studier som viser at beboerne kan finne innetemperaturen for lav om vinteren, og for høy om sommeren, men tilsvarende gjelder også for konvensjonelle boliger. Brukerevalueringer som sammenligner passivhus med konvensjonelle boliger, viser at konvensjonelle boliger oppleves varmere på sommertid enn passivhus. Problemer med overtemperatur ser ut til i første rekke å være knyttet til store glassflater og manglende solskjerming, og til dels dårlige muligheter for vinduslufting. I passivhus kan en bevisst prosjektering for å redusere varmetap fra tekniske anlegg bidra til å redusere overtemperaturproblemer. Problemer med lave vintertemperaturer kan skyldes igangkjøringsproblemer eller feil på tekniske anlegg, men kan også skyldes at brukere foretrekker høyere innetemperaturer enn det som forutsettes ved prosjekteringen.

God informasjon om bruk og drift av tekniske anlegg i et passivhus er avgjørende for effektiv bruk av bygningen, og derfor et viktig tema for videre forskning. Mange studier viser at brukerne har fått for lite informasjon om styringssystemene eller konsekvensene av ulike innstillinger til å kunne bruke bygningen optimalt. I noen tilfeller kan styringssystemene være utformet på en måte som gjør dem vanskelig å forstå og bruke. Dette gjelder også andre boliger som har balansert ventilasjon eller utstyr som varmpumper og solfangere. Ingen av de analyserte studiene indikerer at det i passivhus er større utfordringer for vedlikehold av bygningskroppen enn i konvensjonelle bygg.

### **Erfaringer fra markedsføring og salg**

Norske og utenlandske studier viser at passivhus ikke selges på bakgrunn av miljøegenskaper, men i hovedsak som andre boliger på bakgrunn av lokalisering, planløsning, estetikk og lignende. Boligens energieffektivitet er oftest kun en bonus for beboerne. Erfaringer viser derfor at det er gunstig å fokusere på salgsargumenter som passivhusenes komfort og gode inneklime. Enkelte studier kan tyde på at energieffektiviteten til en bolig blir et viktigere salgsargument framover fordi kunnskapen om energieffektivisering i bygninger øker blant folk flest. Studiene viser også at det å bo i et passivhus fører til at beboerne blir mer opptatt av miljøvern og energieffektivitet.

### **Kostnader**

Både norske studier og studier fra andre land viser at kostnadene ved å heve ambisjonene fra konvensjonell boligbygging til passivhus kan ligge på ca 5-10 % av byggekostnadene. Dette vil variere etter hvilken standard som er sammenligningsgrunnlag. Studiene viser større merkostnader i forhold til boliger uten mekanisk ventilasjon, men mindre merkostnader sammenlignet med lavenergiboliger som allerede har balansert ventilasjon. Passivhus kan til og med ha lavere kostnader enn lavenergiboliger med noe høyere energibehov fordi disse trenger et mer komplekst oppvarmingssystem. Det er også vist at totalkostnader for passivhusprosjekter kan ligge innenfor vanlige variasjoner av byggekostnader i en region, hvis det planlegges og optimaliseres nøye. Forholdsvis store merkostnader for passivhus og tilhørende komponenter blir mindre etter hvert som passivhus får en større markedsandel og aktørene har lært av bygde prosjekter. Et eksempel fra Norge er at merkostnader for passivhusvinduer allerede har sunket og fortsetter å synke i forhold til konvensjonelle moderne vinduer.

### **Egnethet for volumproduksjon**

Markedsutviklingen i deler av Tyskland og spesielt i Østerrike viser at passivhus i dag bygges i stort antall. Passivhus har vist seg å fungere i praksis og er en ”pakke” som prosjekterende og byggeindustrien kan brukes som helhet, men den må tilpasses sted og klima. Konseptet som sådan er ”materialnøytralt” og kan bygges i bærende tre, mur, betong eller en kombinasjon av disse; materialer kan være konvensjonelle eller mer økologiske. I Tyskland og Østerrike var det i utgangspunktet et stort gap mellom passivhus og hus på forskriftsnivå. For Norges del med strengere energiforskrifter er ”spranget” mellom nye hus etter TEK 10 og passivhus mye mindre, slik at konseptet lettere bør kunne tas i bruk av vanlige aktører i bransjen.

Å utvikle gode stedstilpassede passivhusløsninger kunne være til stor hjelp for mindre, regionale aktører på byggemarkedet. På sikt kunne dette føre til en solid forankret vekst av passivhusbygging. Et viktig hjelpemiddel kunne være at Byggforskserien viser flere alternative løsninger som er tilpasset ulik klima. Passivhus medfører etter vår vurdering ingen prinsipielle vanskeligheter utover energieffektive hus etter TEK 10, så lenge det ikke velges oppvarming via ventilasjonsluft. Passivhus er lavenergiboliger etter et optimalisert og stedstilpasset konsept, som i tillegg medfører større kvalitetssikring ved prosjektering og bygging. Som et slikt helhetlig og forståelig konsept burde passivhus være godt egnet for volumproduksjon.

## English summary – Systematisation of experience with Passive Houses

### Experience from design and construction process

Experience from the design and construction process shows that good and regular follow-up on site is necessary and must be based on precisely formulated requirements and detailed drawings and descriptions. The design must include correct and accurate energy calculations, carried out with precise input data. These enclose all essential preconditions like climate at the construction site, real conditions of sun and shade as well as materials and structures as built.

The design and optimization process can be more challenging in Norway than in Central Europe since many players are not accustomed to the new technical solutions and not all components are available in the introduction phase of the Passive House concept. Experience from Norwegian Passive House projects shows that building material producers can be important partners in order to find good solutions. Experience with building processes in Norway also shows the importance of incentives to find technical solutions so that no party loses money after coming up with innovative solutions.

### Building damages and health risk

Studies from other countries show that mould fungus concentration in Passive Houses is lower than in conventional buildings. It is also reported lower radon levels in Passive Houses and low-energy houses, and lower concentrations of other pollutants. These findings are closely related to the use of balanced mechanical ventilation. Some of the reviewed studies also refer to self-reported health of residents. Passive house occupants report better health than residents of conventional buildings, or that they get better health after moving into the Passive House. No study reported specific building damages in Passive Houses.

### Average energy consumption and fluctuations

Norwegian and foreign studies show that energy consumption in many low-energy and Passive Houses differ from energy calculations; some are better and some are worse than expected. There is little to suggest that the deviations are larger in Passive Houses than in other analysed buildings. In studies comparing Passive Houses and other low energy houses, Passive Houses have consistently lower energy consumption.

In all homes energy use is strongly affected by the residents' user behaviour. In several projects, residents choose a higher indoor temperature than provided in the energy calculation. This increases energy consumption slightly. The same applies if the occupants are sleeping with open window in the bedroom, but the Passive House concept is robust and works well with such use habits. The energy consumption is still significantly lower than in conventional new buildings.

### Ease of use for common users

Norwegian and foreign user evaluations of Passive Houses show that indoor air quality is good, and reported as better than in conventional homes.

Despite residents reporting good indoor climate, there are some studies that show that the residents can feel the temperature too low in winter and too high in summer, but the same is also true for conventional homes. User evaluations comparing Passive Houses with conventional housing, shows that conventional homes are experienced warmer in summer than Passive Houses. Problems with overheating seem primarily to be



associated with large glass surfaces and lack of shading, and sometimes poor opportunities for window ventilation. In case of Passive houses, a conscious design to reduce heat loss from technical systems can help to reduce overheating problems. Problems with low winter temperatures may be due to commissioning problems or failure of technical facilities, but also because users prefer higher indoor temperatures than those expected in the calculations.

Good information about use and operation of technical systems in a Passive House is essential for effective use of the building, and therefore an important topic for further research. Many studies show that users have been given too little information about the control systems or the consequences of different settings to be able to use the building perfectly. In some cases, control systems may be designed in a way that makes them difficult to understand and use. This also applies to other homes that have balanced ventilation or equipment such as heat pumps and solar collectors. None of the analyzed studies indicate that in Passive Houses are greater challenges for the maintenance of the building structure and envelope than in conventional buildings.

### **Lessons from marketing and sales**

Norwegian and foreign studies show that Passive Houses are not sold on the basis of environmental characteristics, but mainly as other homes on the basis of location, layout, aesthetics and the like. The property's energy efficiency is often only a bonus for residents. Experience shows therefore that it is beneficial to focus on selling points like comfort and good indoor air quality in Passive Houses. Some studies suggest that energy efficiency of a home will be a more important selling point in the future since the knowledge about energy efficiency in buildings is increasing among the general public. The studies also show that living in a Passive House means that residents will become more concerned about environmental protection and energy efficiency.

### **Costs**

Both Norwegian studies and studies from other countries show that the cost of raising the ambition level from conventional housing to Passive House can be around 5-10 % of the construction costs. This will vary according to the standard which is used as basis for comparison. The studies show higher additional costs in relation to housing without mechanical ventilation, but smaller additional costs compared with low-energy homes that already have balanced ventilation. Passive Houses may even have lower costs than low-energy homes with somewhat higher energy demand because the latter need a more complex heating system. It is also shown that the total cost for Passive House projects can be within the normal variation of the construction costs in a region, if carefully planned and optimized. Relatively high additional costs for Passive Houses and related components will be less as Passive Houses gain a greater market share and market players have learned from built projects. An example from Norway is that additional costs for Passive House windows have already fallen and continue to decline relative to conventional modern windows.

### **Suitability for volume production**

Market development in parts of Germany and especially in Austria shows that Passive Houses today are built in large numbers. Passive Houses have been proven to work in practice and are a "package" that designers and the building industry can use as a whole, but it must be adapted to location and climate. The concept as such is "material neutral" and can be built in load-bearing wood, masonry, concrete or a combination thereof; materials may be conventional or more organic. In Germany and Austria, it was basically a big gap between Passive House level and buildings according to the regulation level. For Norway, with stricter energy regulations, the "leap" between new homes built according to TEK 10 and Passive Houses is much smaller. Therefore, it should be easier for regular players in the building industry to be able to use the concept.

Developing good Passive House solutions, adapted to different locations, could be of great help to smaller, regional players on the construction market. In the long run this could lead to a deeply rooted growth of Passive House building. An important measure could be that Byggforskserien (Building Research design guides) shows several alternative solutions that are adapted to different climates. In our opinion, Passive Houses are not fundamentally more challenging than energy efficient buildings according to TEK 10 regulations, unless if they are heated by ventilation air. Passive Houses are low-energy housing according to an optimized and location-adapted concept, which requires and also results in greater quality assurance in design and construction. As such a holistic and understandable concept Passive Houses should be well suited for volume production.

## 2 Bakgrunn

Husbanken region Midt-Norge har utlyst et utredningsoppdrag om ”Systematisering av erfaringer med passivhus” og gitt oppdraget til SINTEF Byggforsk. Bakgrunnen for dette er et ønske fra Kommunal- og Regionaldepartementet om å sette i gang ”arbeid med et utgreiingsprosjekt som systematiserer erfaringene med passivhusbostader”. Oppdragsgiver har ifølge utlysningen opsjon på å forlenge kontrakten mht. en eventuell videreføring av oppdraget.

## 3 Mål

Prosjektets mål er å skaffe en systematisk oversikt over erfaringer med passivhusboliger i Norge. Erfaringer med passivhus i andre land kan tas med der dette er relevant. I oppdragsgivers kravspesifikasjon nevnes følgende aktuelle tema:

1. Erfaring fra prosjektering og byggeprosess
  - eksempelvis kompetansebehov, og kvalitetssikring av prosess, utførelse og komponenter
2. Byggskader og helserisiko
  - eksempelvis knyttet til fuktrisiko og inneklima i bygg med høysolerte konstruksjoner, lite luftelekkasjer og balansert ventilasjon
3. Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk
4. Brukervennlighet for vanlige brukere innenfor tema som
  - a. Inneklima, vinter og sommerkomfort
  - b. Brukergrensesnitt på styringssystemer
  - c. utfordringer i forhold til nordisk bo-kultur
  - d. Vedlikehold
5. Erfaringer fra markedsføring og salg
6. Kostnader
7. Egnethet for volumproduksjon

## 4 Oppdragsforståelse og metode

Alle tema som oppdragsgiver foreslår er relevante å belyse. Antallet ferdigstilte norske passivhusprosjekter er imidlertid fortsatt begrenset, spesielt når det gjelder større prosjekter med rekkehus eller boligblokker (hvor det er flere under bygging eller planlegging). Dette begrenser erfaringer fra markedsføring, underlaget for kostnadsvurderinger og også muligheter for case-studier i drift. Dessuten vil reell energibruk ofte gå ned etter første år i drift, og byggskader kan være uoppdaget eller utvikle seg en stund etter ferdigstillelse. Om en løsning er vedlikeholdsvennlig, kan også være vanskelig å vurdere kort tid etter innflytting. Dette kan delvis avhjelpes ved å se på erfaringer fra utenlandske passivhusprosjekter.

Det anses derfor som ønskelig å følge opp punkt 2, 3 og 4d i et lengre perspektiv. I tillegg kunne punkt 5 og 6 oppdateres på et større underlag, hvis opsjonen på ett års forlengelse av oppdraget blir gjennomført. Passivhus i Norge er fortsatt i en introduksjonsfase. I et lengre perspektiv ville det være interessant å se hvorvidt aktører i nyere prosjekter har lært av erfaringer i egne eller andres tidligere prosjekter, og om brukervaner endrer seg over tid.

I tråd med ønsket fra KR D er utredningen begrenset til boligbygg, med unntak for erfaring fra prosjektering og byggeprosesser i barnehager og skoler som kan være like relevant for boliger. Prosjektet er blitt delt opp i følgende arbeidspakker og deloppgaver:

**Arbeidspakke 1: Systematisering av tilgjengelig underlag**

1. Gjennomgang av eksisterende utredninger og annen relevant litteratur om passivhusprosjekter i Norge.
2. Innhenting av informasjon fra norske prosjekter, hvor denne ikke eksisterer i tilstrekkelig grad.
3. Systematisering av funnene og identifisering av behov for relevant dybdeanalyse.

**Arbeidspakke 2: Dybdeanalyse av utvalgte prosjekter**

4. Analyse av tegninger, beskrivelser, beregninger/simuleringer og målinger.
5. Intervju av sentrale aktører i prosjektene.
6. Beboerundersøkelser med spørreskjema og/eller kvalitative intervjuer.

**Arbeidspakke 3: Erfaringer i andre land**

7. Gjennomgang av relevant litteratur og sammenstilling av erfaringer som kan være relevant.

## 5 Litteraturgjennomgang av erfaringer med passivhus

Vi vil i denne delen av rapporten gå igjennom studier av erfaringer med passivhus. Oppdragsgiver har ønsket å fokusere på passivhusboliger i Norge, men som nevnt i innledningen er passivhusbyggingen i Norge relativt fersk, så de evalueringer som er utført er gjerne utført i innkjøringsfasen til et bygg, og ikke gjort over lengre tid. Disse aspektene må tas med i beregningen når det konkluderes. Siden det finns relativt få evalueringer av boligbygg i Norge, tar vi også med erfaringer fra evalueringer av skoler og barnehager i Norge, hvor det er relevant. Det er heller ikke alle tema som oppdragsgiver ønsker informasjon om som er like godt belyst i den eksisterende (forsknings)litteraturen. De fleste studiene handler naturlig nok om inn klima og energibruk. Spesielt langtidsstudier eksisterer kun fra andre land. Tema som ikke er mulig å få belyst gjennom norske eksempler, vil vi se på gjennom internasjonale sammenligningsstudier og studier av prosjekter i andre land.

Begrepet passivhus og tilhørende kriterier ble opprinnelig lansert av Passivhusinstituttet i Tyskland, som også står bak en sertifiseringsordning for byggeprodukter og bygninger. I noen land ble det imidlertid utviklet egne passivhusstandarder og -kriterier. En bolig som kalles passivhus, oppfyller derfor ikke nødvendigvis Passivhusinstituttets kriterier eller standarder i andre land. I Norge, Sverige og Finland eksisterer det ulike passivhusstandarder, men i alle disse land er det også bygget boliger i henhold til Passivhusinstituttets kriterier. En nærmere omtale av kriterier for passivhus er gitt i vedlegg A.

### 5.1 Erfaringer med passivhus i Norge

Det er to passivhus og ett oppgraderingsprosjekt med passivhuskomponenter som hittil er omfattende evaluert av forskere i Norge: Marienlyst skole, Løvåshagen og Myhrerenga borettslag. I tillegg er Storøya barnehage med i en studie som evaluerer prosjekterings- og gjennomføringsprosesser. SINTEF Byggforsk og medforfattere av foreliggende rapport har vært involvert i alle nevnte prosjekter som spesialrådgivere. Av disse er det kun Løvåshagen som er nybygde boliger. Men de andre prosjektene kan også si mye om kompetansebehov og utførelse av oppgradering eller nybygg med passivhuskvaliteter. Dette vil vi se i sammenheng med kostnader.

Som bakteppe for å vurdere erfaringer med passivhus hadde det vært ønskelig å sammenligne disse med erfaringer med ”vanlige bygg”, både eldre eksisterende og nye etter siste teknisk forskrift eller på lavenerginiivå, både med naturlig ventilasjon, mekanisk avtrekk og balansert ventilasjon. Det eksisterer imidlertid få studier spesielt om helserisiko, brukervennlighet og inn klima i vanlige boliger. Noen av disse blir referert i Byggforsk Prosjektrapport 341 (Peter Schild 2003). Resultater blir omtalt nedenfor i avsnitt 5.1.4 og 7.2.

#### 5.1.1 Erfaring fra prosjektering og byggeprosess

##### - kostnader, kompetansebehov, kvalitetssikring av prosess, utførelse og komponenter

Erfaringer fra *Marienlyst skole* i Drammen viser hvor enkelt det egentlig er å realisere et mer ambisiøst prosjekt, etter at ambisjonene om å bygge mest mulig energieffektivt ble betydelig løftet i prosessen. I begynnelsen var hensikten å bygge en lavenergiskole. Senere ble det besluttet å løfte ambisjonene og re-prosjektene bygningen til et passivhus. De største endringene var ekstra isolasjon, bedre løsninger for kuldebroer, bedre u-verdier på vinduer og glassområder, og bedre lufttetthet. Ifølge arkitektene var ambisjonshevingene til passivhusstandard relativt uproblematisk. Merkostnadene ved å heve ambisjonene fra lavenergi- til passivhus, ble anslått til rundt 10 millioner kr, 4,5 % av totalbudsjettet på 223 millioner

kroner inkl. mva (Dokka et al., 2010). Bygget er på 6500 kvadratmeter. Kostnadene blir da 34 307,- kr pr kvadratmeter, merkostnadene for å heve ambisjonene til passivhusnivå er ca 1545,- kr pr kvadratmeter.

Torer F. Berg mfl. (2010) har i en foreløpig ikke offentliggjort studie innenfor ZEB-prosjektet evaluert spesielt prosjekterings- og gjennomføringsprosessen i tre norske prosjekter med høye energiambisjoner. De to prosjekter som ble bygd etter passivhuskonseptet, var Storøya barnehage og Løvåshagen. *Storøya barnehage* er en del av Storøya Grendesenter på Fornebu i Bærum kommune, i et område med spesielle krav til høy miljøprofil og lavt energiforbruk. Kommune krevde at det ble etablert en samspillmodell hvor arkitekt, rådgivere og entreprenør samarbeider fra første dag. To av opprinnelig fem ”allianser” konkurrerte til slutt om oppdraget, og først i denne fasen ble ideen om passivhusambisjoner luftet. I etterkant av konkurransen ble en rekke avklaringer omkring prosjektet gjennomført uten å endre hovedkonseptet for grendesenteret. De høye kravene til fuktsikker byggeprosess for passivhus var den avgjørende årsaken til at det ble besluttet å bygge barnehagen under telt. Forslaget var fremsatt av bygningsfysikeren og miljørådgiveren i en tidlig fase av og pris var innhentet av alliansen, men beslutningen ble tatt i et samspillmøte etter et nytt initiativ som denne gang kom fra kommunen.

Tilliten ble etter hvert sterk mellom aktørene i gruppa. Både arkitekten og rådgiveren på bygningsfysikk opplevde at de som prosjekterende part i alliansen la grunnlaget for kvalitetsnivået for barnehagen. Det ble ikke benyttet preaksepterte løsninger, kun spesialdesignede detaljer. Det førte til at de prosjekterende utarbeidet løsningsforslag og detaljtegninger i et mye større omfang enn de var vant til. Fra entreprenøren ble det uttrykt at det var et behov for flere tegninger for å sikre økt kunnskap og forståelse hos fagarbeiderne som utførte byggingen. Ifølge kommunen kostet ikke prosjektet dem mer enn målsummen på 341 mill kr. Merinvesteringene til energieffektive løsninger er beregnet til 14,3 mill kr. For alliansen endte det imidlertid med et negativt resultat på ca 5 %, som dog ikke har direkte sammenheng med passivhusambisjonen. Holdningen til passivhus blant flere av aktørene i samspillprosessen er endret, heter det i studien: ”Heretter vil de ikke bare bygge i passivhusstandard bare for å spare energi, men for å få et bygg av bedre kvalitet.”

I prosjektet *Løvåshagen* i Bergen ble det i 2008 ferdigstilt 52 lavenergi- og 28 passivhusleiligheter. Verken lavenergi- eller passivhusambisjoner var opprinnelig innarbeidet i konseptet. Ambisjonene ble til etter krav og i dialog med Husbanken som ga støtte til prosjektet. Utbyggeren ByBo praktiserer ”Bergensmodellen” som de karakteriserer som en ”Fulldelt byggherrestyrt entrepris”. I praksis innebærer det at byggherren knytter alle kontrakter og avtaler direkte til seg, og styrer og følger opp prosjektet/prosessen selv eller gjennom engasjerte prosjektledere/prosjekteringsledere/byggeledere. Med erfaringene en sitter igjen med ville en valgt en VVS-rådgiver som var mer oppdatert på/motivert for energieffektivisering. Videre skulle en involvert entreprenøren tidligere og fått han aktivt med i detaljeringen og følgelig mer engasjert i utførelsen. En stolte også for mye på grunnarbeidsentreprenørens kompetanse (sertifikat) på området radonsikring: Det ble oppdaget manglende lufttetting rundt en ”gruppe” av oppstikk som kostet en million å rette opp.

Byggmesterfirmaet, som daglig leder i ByBo er deleier i, fikk tømrer/kompletteringsjobben i priskonkurranse (ikke anbuds konkurranse), og deltok aktivt i utvikling av konseptet, særlig løsning med dobbel yttervegg og sikringen mot nedbør/vind. Arkitektene hadde ingen erfaring med lavenergi- eller passivhus, men hadde lenge hatt ønsker om mer ambisiøse prosjekter og grep muligheten som de fikk med Løvåshagen. Resultatet fra forprosjektet var et godt utgangspunkt for et energieffektivt bygg, slik at det i hovedsak var detaljløsningene som måtte utvikles, og løsninger for økning av vegtykkelsen.

Arkitektene ønsket mulighet for å prefabrikkere mer, men utbyggeren bestemte seg for bygging ”under telt”, dvs. med plastfolie/presenninger rundt råbygget etter at bærekonstruksjonen av betong og taket var på plass. Valget ble gjort på grunn av erfaringer med en lang streiregnperiode i Bergensregionen med mange fuktskader. Man løste utfordringen med bygging av doble vegger og stillas som ble tettet utvendig med

plast/presenning. Man kom fram til en løsning som forankret den ytre delen av veggen til stillaset slik at en ikke fikk ”ulovlig” avstand/åpning mellom stillas og dekker/råbygg. Denne løsningen er et godt eksempel på effekten av samarbeid mellom ulike kreative aktører i prosjektet – i prosjekteringsfasen og/eller planleggingen av produksjonen. Veggløsningen ble bestemt tidlig ut fra røffe anslag for ikke å forsinke prosjekterings- og byggeprosessen, selv om energiberegningen ikke var komplett. Senere ble det beregnet en tykkelse på takisolasjonen som tok hensyn til den tidligere valgte tykkelsen på veggisolasjonen, slik at man totalt sett fortsatt fikk det ønskede resultat.

Arkitektene ser tverrfaglig samarbeid, møter over bordet med møteplikt og klare oppgaver som avgjørende for å få til et godt prosjekt. Byggeprosessen ble ikke formelt evaluert, men arkitektene ser ikke spesielle svakheter. For seg selv ser de en større prosjekteringsgruppe (enn kun to personer) som ønskelig. Et klart ”grep” i dette prosjektet var ikke å eksperimentere med gjennomføringsformen. Derfor trådte byggherren selv inn med en erstatte da prosjektlederen måtte tre ut pga sykdom. Utbyggeren ByBo er ikke i tvil: Bergensmodellen med en sterkt engasjert og kvalifisert byggherre/byggherrerepresentant gir de jevneste og beste resultatene over tid.

Utbyggeren var klar over at kostnadene ville øke noe, men mener at effektiviteten i gjennomføring av byggeprosjekter generelt er såpass lav, at de fleste prosjekter tåler økte kostnader, innenfor en normal salgspris, bare en planlegger og styrer mot målene i prosjektet. Dette må sikres i en tidlig fase – noe en gjorde i Løvåshagen og som la grunnlaget for den vellykkede prosjektgjennomføringen. Byggekostnadene lå klart innenfor de budsjetterte, slik at både dekningsgraden og fortjenesten ble god. Boligene ble lagt ut for salg under finanskrisen, og at de hadde passivhus-/lavenergistandard betydde lite for salget. 61 av de 80 leilighetene ble solgt, de resterende leid ut.

Med den forskjellen som har utviklet seg mellom priser på nybygg i forhold til material- og arbeidskostnader, mener ByBo at næringen ikke har vært flinke nok til å effektivisere/rasjonalisere. De mener de selv har løst dette bedre enn gjennomsnitt og derfor har marginer, som også for Løvåshagen er bedre enn i andre ”mer tradisjonelle” prosjekter gjennomført samtidig i Bergensområdet. ByBo har med disse erfaringene for eksempel ingen betenkeligheter med å delta i ZEB-prosjekt og har allerede annonsert et byggeprosjekt som produserer mer energi en det forbruker – ”Bedriften beveger seg i lende der han møter mindre konkurranse og utnytter bedriftens nye erfaringer og innarbeidede fortrinn.” (Torer F. Berg mfl. 2010)

*Myhrerenga borettslag* i Skedsmo kommune er Norges første rehabilitering med passivhuskomponenter. Oppgraderingsprosjektet med 168 leiligheter i sju like lavblokker fra 1960-tallet ble ferdigstilt i 2011. I utgangspunktet var det planlagt en konvensjonell fasaderehabilitering med noe etterisolering, utskifting av vinduer og nye, større balkonger. Høyere ambisjoner ble foreslått av Husbanken og SINTEF Byggforsk, som i dialog med boligbyggelaget USBL lette etter potensielle pilotprosjekter i EKSBO, et forskningsprosjekt om energieffektiv rehabilitering av eksisterende boliger. Våren 2008 ble det gjennomført et verksted med beboerrepresentanter, USBL, Byggforsk, Husbanken og industripartnere i EKSBO, som diskuterte elementer i konseptet samt detaljløsninger. Etter to ytterligere informasjonsmøter for beboerne ble det ambisiøse rehabiliteringsprosjektet endelig vedtatt på ekstraordinær generalforsamling i 2009.

Detaljtegninger ble utviklet av arkitektene (som allerede var blitt engasjert i den planlagte fasaderehabiliteringen), i tett dialog med SINTEF Byggforsk, som også var spesialrådgiver for energiforsyning, oppvarming og ventilasjon. På felles prosjekteringsmøter og verksteder ble det f.eks. diskutert løsninger for fasade og tak som ikke er vanlig i Norge. For å være på den sikre side når det gjelder takløsningen med innblåst isolasjon uten lufting, ble det bestemt at fukten skulle måles på noen typiske steder. En testvegg ble bygd for å prøve ut montasje og lufttetting rundt vinduer. Etter en anbudsrunde for

totalentreprisen viste det seg at selv det billigste tilbudet lå over budsjettet. I forhandlinger ble det likevel funnet forenklete løsninger som resulterte i en tilstrekkelig kostnadsreduksjon på ca. 8 millioner kroner.

Noen komponenter som inngangs-, balkong- og kjellerdører i passivhuskvalitet var ikke tilgjengelig i Norge til akseptable priser i 2009/2010. Balkongdører har derfor høyere U-verdi enn opprinnelig prosjektert. For hele trapperommet ble det valgt en forenklet standard: Mindre isolasjon på fasaden, høyere U-verdier for vinduer og inngangsdører, gamle kjellerdører ble ikke skiftet (men lufttettingstiltak ble beholdt). Som kompensasjon ble alle kjellervegger isolert helt ned til fundamentet. Dette var svært billig ettersom gravearbeider for ny drenering uansett var nødvendig. En annen viktig kostnadsreduksjon skyldes en forenkling og sentralisering av energiforsyningssystemet. Rett før byggestart ble det også bestemt å sentralisere ventilasjonssystemet. Det ble mange diskusjoner for å få til en effektiv løsning for frostsikring og en tilfredsstillende dokumentasjon av gjenvinningsgrad og SFP-faktor. Etter forslag fra entreprenøren og forsøk på byggeplassen ble også lufttettingen rundt vinduene forenklet ved å teipe overgangene. Trykktester viste svært gode resultater som dokumenterer tilstrekkelig lufttetthet av de rehabiliterte blokkene.

Totale entreprisekostnader for passivhusrehabiliteringen var i underkant av 70 millioner kroner. I dette beløpet inngår også ny drenering for alle blokkene (2,1 millioner kroner) og utvidelse av balkongene (8,4 millioner kroner). I tillegg kommer kostnader for prosjektering og byggeledelse på 4,5 millioner kroner. Merkostnader per kvadratmeter er ca. 1 900 kroner, sammenlignet med den opprinnelig planlagte fasaderehabiliteringen (også den med nye balkonger). Hvis en trekker fra støtte fra Enova, blir merkostnadene ca. 1 310 kr/m<sup>2</sup>.

Månedlige kostnader for hhv. en toroms og en treroms leilighet er imidlertid 300-400 kroner lavere per måned ved rehabilitering med passivhuskomponenter enn det hadde vært ved tradisjonell fasaderehabilitering. Dette skyldes ikke bare sparte energikostnader, men også at passivhusrehabiliteringen kvalifiserer for gunstig lån gjennom Husbanken og for økonomisk tilskudd, såkalt forbildeprosjekt-støtte, fra Enova på 6,4 millioner kroner. Uten Enovastøtte ville passivhusrehabiliteringen fortsatt være lønnsom (ca. 200 kroner lavere månedlige kostnader). Hvis en i tillegg regner med vanlig banklån (dvs. lavere husbankrente faller bort), ville kostnadene etter ambisiøs oppgraderingen ligge på samme størrelsesorden som etter vanlig fasaderehabilitering.

Prosjekterings- og byggeprosessen på Myhrerenga viser at god og jevnlig oppfølging på byggeplassen er veldig nyttig, spesielt om denne kan bygge på presist formulerte krav samt detaljerte tegninger og beskrivelser. En foreløpig konklusjon kan være at kostnadseffektiv rehabilitering med passivhuskomponenter også er mulig i norsk gjennomsnittsklima, men at både beslutningsprosesser (pga. eierstrukturen) og planleggings-/optimaliseringsprosessen (aktører er ofte ikke vant til nye tekniske løsninger; ikke alle komponenter er tilgjengelig i Norge) kan være mer komplisert enn i sentraleuropeiske land. (Klinski mfl. 2011)

### 5.1.2 Byggskader og helse- og sikkerhetsrisiko

**– eksempelvis knyttet til fuktrisiko og inneklima i bygg med høyisolerte konstruksjoner, lite luftlekkasjer og balansert ventilasjon**

Det er ikke utført studier i norske passivhusbygg som fokuserer på risiko for byggskader, fukt og hvordan dette påvirker inneklima. Se kapitlet om studier i andre land om dette, eller norske eller utenlandske studier om inneklima i denne typen bygg generelt.



### 5.1.3 Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk

Erfaringer viser stor spredning av målt forbruk innenfor større prosjekter med liknende utforming, noe som gjelder både passivhus, lavenergiboliger og eksisterende bygg fra ulike byggeperioder<sup>1</sup>. Dette gjenspeiler så vel forskjellig orientering/skygge/soltilskudd, hvor leiligheten er plassert i bygningen (mange yttervegger, mot kaldt loft osv.), antall beboere i enheten så vel som teknisk utstyr og ulike brukervaner. Det er derfor ikke overraskende når strømforbruk eller energiforbruk til oppvarming varierer sterkt innenfor enkelte prosjekter. I absolutte tall (kilowattimer) burde variasjonene imidlertid ligge på et lavere nivå enn i ”vanlige” nybygg og på et mye lavere nivå enn i eldre eksisterende hus, i hvert fall når det gjelder energi til romoppvarming. For å kunne sammenligne beregnede og målte verdier, er det derfor nødvendig at prosjektet består av et tilstrekkelig antall boenheter. Dette blir nærmere omtalt i avsnitt 5.2.3.

Nesland (2010) har i sin masteroppgave undersøkt energibruk i passiv- og lavenergihusene på *Løvåshagen* i Bergen. Tall for det totale strømforbruket over første året viser at det er stor variasjon i forbruket. Nesland har også tatt målinger av energiforbruket til ulike formål i noen leiligheter. Måleperioden fra mars – mai 2009 på 6 uker var relativt kort og gir derfor ikke informasjon på årsbasis. Gjennom måleperioden har det vært problemer med måleutstyret til romoppvarming i noen leiligheter som gir usikkerhet rundt resultatene. Resultatene Nesland kom fram til viser variasjon i total energibruk mellom leilighetene, uavhengig om passivhus eller lavenergi. Formålsdelt energibruk ble kun målt for lavenergileilighetene. Her er det store forskjeller spesielt i oppvarming av varmt tappevann. Energibruken til ventilasjon viste seg å være svært avhengig av typen ventilasjonsaggregat og Nesland (2010) konkluderer at det er mye energi å spare på å benytte aggregater med energieffektiv viftedrift.

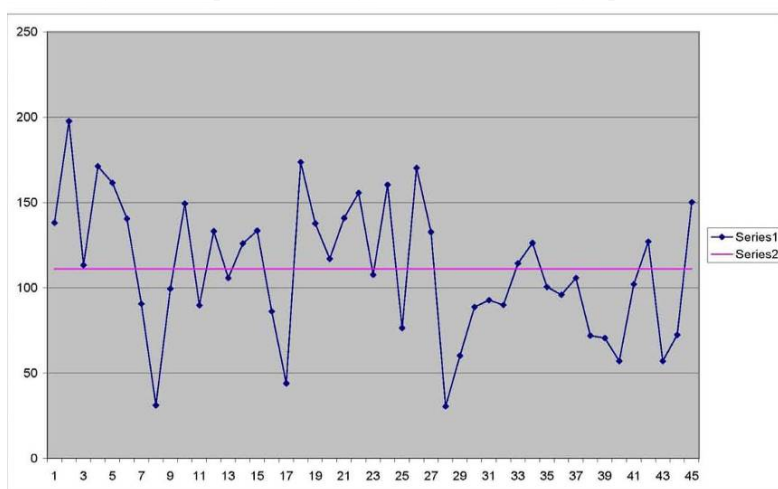
Resultatene viser også at brukeratferd har stor innflytelse på variasjon i energiforbruket. Spesielt har gulvvarme på badet relativt stor betydning for det totale forbruket til romoppvarming. Han gir et eksempel hvor beboerne reiste bort med gulvvarmen satt på ca. 30 °C. Dette resulterte i det høyeste energiforbruket blant de lavenergileilighetene hvor dette ble målt. Men energiforbruket lå generelt over det som var forventet, spesielt i passivhusleilighetene. Nesland (2010) har sammenlignet resultatene fra energimålingene på *Løvåshagen* med energimerkeskalaen. Han skriver at resultatene fra målingene ville gitt de to passivhusleilighetene henholdsvis karakter C og D på energimerkeskalaen for boliger. Leiligheten som oppnådde C har et gjennomsnittlig forbruk for passivhusleilighetene på *Løvåshagen*. Denne sammenlikningen må anses som fiktiv siden merkeordningen ikke er etter målt forbruk. Det høye energiforbruket er hovedsakelig knyttet til bruk av varmt vann. Nesland kommer fram til at det ikke er mulig å konkludere med at energiforbruket til romoppvarming er høyere enn målsetningene. Men han avslutter oppgaven med at *”måleresultatene tyder på at det totale energiforbruket i boliger av passivhus- og lavenergistandard i stor grad er brukeravhengig, og at det i tillegg til gode byggetekniske løsninger er viktig å bevisstgjøre brukerne om deres rolle, for at målsetninger om stor reduksjon i energibruken skal nås”* (Nesland 2010:80).

Intervjuer med 5 beboere på *Løvåshagen*, i både passivhus og lavenergileiligheter, (Thomsen et al. 2011) viser at de fleste syntes det var ”kult” å bo på *Løvåshagen* på grunn av positiv publisitet for boligens energiprofil, mange besøkende og nysgjerrighet blant venner og kolleger. *”Det føles flott å være i forkant!”* De fleste av dem visste ikke mye om sitt eget energiforbruk, de visste hva de betalte, og de hevdet at de brukte *”svært lite”, ”nesten ingenting”* og henviste til måleren at *”den nesten aldri blir rød”, ”bare på julaften når alt er slått på”*. Alle informanter, unntatt én, uttrykte tilfredshet med reduserte energiregninger, men de var ikke fornøyd med det faktum at de ikke var i stand til å kontrollere sitt eget energiforbruk i detalj (dag etter dag, eller rom for rom). I begynnelsen var dette mulig på energileverandør BKKs hjemmeside, men denne informasjonstjenesten har siden vært ute av funksjon. De fleste av informantene sier at

<sup>1</sup> Se f.eks. Christer Harrysson (2009), som referer til flere tidligere svenske studier.

strømregningene deres er omtrent halvert. Informantene som ikke var fornøyde hadde et av de høyest målte strømforbrukene, og de var ganske frustrert over det faktum at de betalte omtrent det samme som de gjorde i sin store enebolig med tre barn hjemme, som de gjør nå alene i et passivhus: "Det er ikke så høy besparing som forventet, opptil 85 % ble det sagt..." (Thomsen et al., 2011).

Resultatene fra evalueringen av strømforbruk på Løvåshagen – både totalt forbruk målt gjennom BKK, se Figur 1) og Nesland (2010) sine målinger – må ses i sammenheng med at undersøkelsene er gjort i innkjøringsfasen til bygget, og at det er vanlig at strømforbruket stabiliserer seg mer over lengre tid. Beboerne må bli vant til bygningen og lære seg å bruke den, og tekniske installasjoner må finjusteres. Resultatene viser at strømforbruket ikke avhenger av boligen alene, men at forbrukerne må vite hvordan de best kan utnytte fordelene ved en energieffektiv bolig. Det legger et stort ansvar på utbyggerne for å gi informasjon, både på forhånd og underveis. Et viktig spørsmål er hvordan dette kan best mulig organiseres.



Measured energy consumption at Løvåshagen during 2009  
Source: BKK / ByBo as

**Figur 1** Forskjeller i total energibruk/m<sup>2</sup> i 45 leiligheter på Løvåshagen i 2009. Tall fra BKK.

Arkitekt Bengt Michalsen har bygget to nesten helt like hus med pulttak i *Grimstad*, med utgangspunkt i tysk passivhusstandard. Husene er like i plan og eksteriør, men bl.a. med ulik ventilasjonsløsning. Begge hus er på 157 m<sup>2</sup> BRA over to etasjer og har like egenproduserte solfangere montert i fasade. Det ene huset er solgt og det andre eier arkitekten selv for utleie og oppfølging. Huset mot øst er solgt og har naturlig ventilasjon og en egendesignet gråvannvarmegjennvinner. Forvarming av inntaksluft skjer gjennom et drivhus designet for dette og kulvert i bakken. Totalenergibruk for de to siste år (med to svært kalde vintre på Sørlandet) ligger på 89 kWh/m<sup>2</sup> år. Huset mot vest har mekanisk balansert ventilasjon og den første av OSOs gråvannvarmegjennvinnere. Energibruk totalt ser ut til å ligge etter siste års forbruk på 65 kWh/m<sup>2</sup> år<sup>2</sup>.

#### 5.1.4 Brukervennlighet for vanlige brukere

Det eksisterer få studier om brukervennlighet og inneklima i vanlige boliger, slik at det er vanskelig å sammenligne erfaringer fra passivhus med erfaringer fra vanlige hus. Peter Schild (2003) har skrevet en rapport om en *nasjonal undersøkelse av boligventilasjon med varmegjenvinning i Norge* og refererer her også resultater fra andre studier i Norden. Rapporten oppsummerer at 90 prosent av husstandene med

<sup>2</sup> Informasjon i e-post fra Bengt Michalsen, sendt til Michael Klinski 24.1.2012.

balansert ventilasjon var fornøyd med luftkvaliteten i boligen, mens dette ifølge tidligere studier bare gjaldt 77 % av husstander som har boliger med naturlig eller mekanisk avtrekksventilasjon. Nordiske feltmålinger viste at naturlig eller mekanisk avtrekksventilasjon ofte ikke overholdt forskriftskrav til luftskifte. En svensk studie viste ”signifikant høyere fuktnivå i boliger med naturlig avtrekk enn boliger med mekanisk avtrekk, som igjen hadde høyere fuktighet enn i boliger med balansert ventilasjon”. I den norske nasjonale undersøkelsen hadde bare 6 % observert tegn på fuktig luft i boliger med balansert ventilasjon, noe som var omtrent lik som landsgjennomsnittet i boforholdsundersøkelsen i 1988. Veldig få la merke til trekk, men 17 % klagde på for tørr inneluft om vinteren.

46 prosent av husholdningene med balansert ventilasjon svarte at de normalt hadde innstilt ventilasjonsaggregatet på minimumstrinn. Det kan tyde på at balansert ventilasjon oppnår forventet luftkvalitet med lavere luftskifte enn ellers. 86 % svarte at anlegget var lett å vedlikeholde, men 24 % mente at kontrollpanelet var for komplisert eller manglet nyttige indikatorer. En tredel hadde hatt tekniske problemer, som i hovedsak skyldtes vanlig slitasje og som varierte mye mellom enkelte produkter. Brukervaner på filterskift vurderes som gode i rapporten. Totalt var 89 % fornøyd med ventilasjonsanlegget. (Schild 2003)

### Inneklime, vinter- og sommerkomfort

Blant de tre prosjektene som er grundigere evaluert i Norge, viser resultatene at inneklime og temperatur inne kan være utfordrende. Evalueringene ble gjort i innkjøringsperioden. Det er et kjent problem at innkjøringsfasen medfører behov for justeringer av de tekniske anleggene. Dette vil i yrkesbygg være mer komplisert enn i boliger. Brukerintervjuer på Marienlyst skole viser at det er store klager over for lave innetemperaturer på vinteren, og lærere har til og med hatt med seg egne elektriske ovner for å få opp varmen vinterstid. Disse evalueringene er dog gjort innen ett år etter at bygget ble tatt i bruk, og dermed i innkjøringsfasen til bygget (Thomsen et al., 2011). Internasjonale langtidsstudier viser at innetemperaturen gjennom andre bruksåret er ofte mer stabilt enn gjennom første året (se f.eks. Wagner et al. 2010). Også drift og bruk er ofte mer stabilt etter innkjøringsåret, noe som også bekreftes i intervju med driftsansvarlig personale på Marienlyst. Deres erfaring tilsier at det de opplever på Marienlyst skole er helt vanlige problemer i innkjøringsfasen med nye bygg, passivhus eller ikke. Det er forøvrig langt større – og delvis andre – utfordringer for inneklime i komplekse yrkesbygg som skoler<sup>3</sup> enn i boligbygg, uavhengig av om disse er bygd som passivhus. Overføringsverdien av erfaringer i yrkesbygg er derfor svært begrenset når det gjelder inneklime og brukervennlighet generelt. I yrkesbygg har brukerne også minimalt med påvirkningsmuligheter på styringssystemer og lignende, mens i boligbygg er brukerne aktive aktører i forhold til å optimalisere inneklimate og energibruken.

Brukerintervjuer på Myhrerenga borettslag etter rehabilitering med passivhuskomponenter, viser derimot at brukerne allerede første året var svært fornøyd med innetemperatur og inneklime. Der var det ingen klager, og systemene så ut til å virke godt fra første stund. Inneklime ble opplevd svært positivt, og som en stor endring fra tidligere. Temperaturen inne i leilighetene på vinterstid var god, og beboerne var forundret over hvor lite radiatoren trengte å stå på for å holde det varmt. Inneluften var ikke opplevd som tørr vinterstid, og beboerne syntes ikke at temperaturen inne på sommerstid var problematisk. Beboerne her påpeker likevel at de savnet bedre informasjon, og styret i borettslaget jobbet med å utvikle en informasjonsperm som skulle deles ut til alle beboerne. Årsaken til at beboerne var såpass fornøyd i Myhrerenga borettslag skyldes trolig brukervennlige systemer, gode løsninger og god planlegging, i tillegg til at kontrasten til borettslagets inneklime før oppgradering var enorm. Forbedringen var betydelig (Hauge, 2011). Sammenlignet med

<sup>3</sup> F.eks. soner med ulik bruksmønster som kontorer, idrettshall og klasserom i samme anlegg samt store svingninger på interne varmetilskudd og ventilasjonsbehov innenfor eksempelvis klasserom.

brukerundersøkelser av inneklime i nyere boliger, bør man huske at ved innflytting i nye boliger vil forventningen om at inneklime skal være optimalt også kunne gjøre brukerne mer kritiske. Ønsker og anbefalinger om bedre informasjon til beboere om bruk av boligene er noe som går igjen i både de norske og de internasjonale studiene.

Intervjuer av beboerne på Løvåshagen viste at de generelt var fornøyd med oppvarming, ventilasjon, dagsbelysning og brukervennlighet, men overoppheting om sommeren var delvis et problem uavhengig av leilighetens beliggenhet i huset. Det er to oppvarmingsenheter i leilighetene, gulvvarme i badrom og en liten radiator i inngangen som er åpen mot stuen. Det balanserte mekaniske ventilasjonsanlegget med varmegjenvinning sørger ellers for oppvarmingen. Ventilasjonssystemet har ingen kjølefunksjon som uansett ikke skal planlegges for i passivhus. Solavskjerming er ikke integrert eller levert som en del av boligen, og det er opp til hver beboer å installere solavskjerming selv. Temperaturen i hver leilighet reguleres av beboerne. Noen oppfattet behagelig innetemperatur å være 20-21 °C, andre opp til 23 °C. En informant sa at hun vanligvis likte å ha det litt kjøligere, men på grunn av barnet måtte hun ha en høyere innetemperatur. Alle informantene sa at det blir altfor varmt i leilighetene om sommeren. Noen hevdet at det blir opp til 40 °C; "*grusomt*" og "*drepende*" er ord de brukte om overopphetingen i en av toppetasjene i passivhusleilighetene. De eneste som bestilte solavskjerming var beboerne som oppfattet strømreregningen som altfor høy, og ifølge tall fra BKK har et usedvanlig høyt forbruk av elektrisitet. Oppfølgingsintervjuer på Løvåshagen ett år etter viser at beboerne nå er fornøyd med innetemperaturen (se avsnitt 6.1).

Informantene på Løvåshagen var svært fornøyd med luftkvaliteten. En informant sammenlignet det med hvordan det var da hun bodde i sentrum: "I sentrum var det sort støv overalt". Hennes luftveisproblemer har forbedret seg etter flytting til Løvåshagen (Thomsen et al., 2011).

Resultatene viser at det er store utfordringer for å få optimalisert innetemperaturen på sommeren, og at det avhenger både av installasjon av solavskjerming, kvaliteten på de tekniske installasjonene, kompetansen til de som drifter systemene, og beboernes kunnskap om hvordan man best bruker et passivhus. Faktorer som også har innflytelse på overoppheting er orientering av leilighetene og størrelse på uavskjermede glassflater. Store glassflater fører lettere til overoppheting, og det er et generelt problem ved nyere arkitektur, ikke ved passivhus spesielt. Generelt er det igjen et stort behov for mer informasjon blant brukerne. Det er f. eks helt vanlig i Sør-Europa å bruke solavskjerming effektivt i de varmeste timene midt på dagen sommerstid for å holde solen ute og temperaturen nede. Når utetemperaturen synker, åpner man vinduer for å ventilere ut. Nordmenn/ nordeuropeere er ikke nødvendigvis vant til å stenge ut solen, og må lære seg å utnytte disse funksjonene for å holde temperaturen nede i en varm bolig, spesielt når boligen har store glassflater. På Løvåshagen ble det ikke rapportert problemer med innetemperaturen på vinteren.

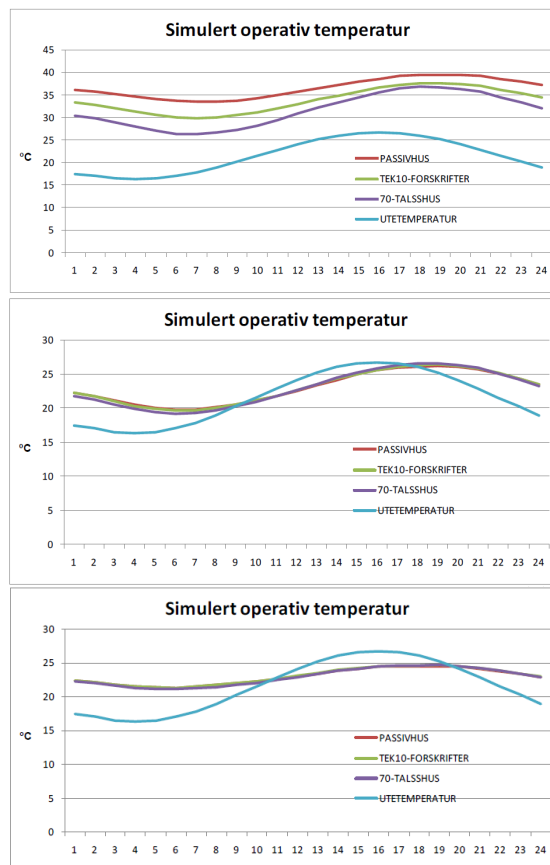
På den norske konferansen ”Passivhus – myter og fakta” i 2011 ble det presentert simuleringer, hvor sommerkomforten i passivhus ble sammenlignet med komforten i eksisterende bygg og bygninger etter teknisk forskrift 2010 (Dokka og Holøs 2011). Simuleringene tar utgangspunkt i en enebolig som lett trebygg på to etasjer med 160 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA og ca. halvparten av vinduer orientert mot sør.

Dersom det ikke brukes solavskjerming og det heller ikke åpnes vinduer når det er kjølig, vil alle bygg være for varme over store perioder om sommeren. Hus med passivhusstandard vil ha høyeste temperatur, hus med energistandard fra 1970-tallet vil ligge lavest og et bygg etter TEK 10 ville ligge midt imellom, men det er bare få grader forskjell mellom de ulike energistandarder – se øverste bilde i Figur 2.

Dersom både solskjerming og vinduslufting tas i bruk, vil perioden med overoppvarming bli kortere i alle bygg, og temperaturene vil minke. Forskjellene blir også mindre, men nå vil passivhuset ligge lavest, mens huset fra 1970-tallet vil ha høyeste temperaturer – se midterste bilde i figuren.

Dersom selve bygget i tillegg har noen tyngre bygningsdeler, altså større termisk masse, så vil det ikke oppstå overtemperatur i noen av husene, og alle energistandarder vil ligge på samme nivå – se nederste bildet i figuren.

Resultatene viser at det i utgangspunktet er små forskjeller på overoppvarming mellom ulike energistandarder. Avgjørende er ikke energistandarden i seg selv, men om det er mulig å bruke solavskjerming og vinduslufting. I tillegg kan temperaturene senkes hvis bygget er noe mer tung termisk masse enn vanlig i småhus. Resultatene er oppsummert i Tabell 1.



**Figur 2 Simulering av sommertemperaturer i småhus med tre forskjellige energistandarder. Øverste bilde: uten vinduslufting og solskjerming. I midten: med vinduslufting og solskjerming. Nederst: Som i midten, i tillegg med økt termisk masse.**

**Tabell 1 Maksimal sommertemperatur i småhus med tre forskjellige energistandarder.**

	UTEN TILTAK	MED LUFTING	MED LUFTING & SOLSKJERMING	MED LUFT. & SOLSKJ. & TUNG KONSTRUK.
PASSIVHUS	39,6 °C	28,8 °C	26,2 °C	24,6 °C
TEK10-FORSKRIFT	37,7 °C	29,6 °C	26,4 °C	24,7 °C
70-TALLSHUS	36,8 °C	30,6 °C	26,6 °C	24,7 °C

## Brukergrensesnitt på styringssystemer

Brukergrensenitt på styringssystemer ble særlig studert på Løvåshagen. På Marienlyst skole er det minimalt hva brukerne selv kan kontrollere. På Myhrerenga er det stort sett termostaten brukerne kan stille, og dette ser ut til å fungere godt (Hauge, 2011).

På Løvåshagen regulerer beboerne både temperatur- og ventilasjonsnivå i hver leilighet. På spørsmål om det er mulig å slå av ventilasjonsanlegget om sommeren, for naturlig lufting, hevdet informantene at det er verken mulig eller smart, på grunn av fuktproblemer som ville dukke opp pga det tette bygningsvolumet. Dette tyder på at informasjonen ikke har blitt korrekt formidlet, fordi vindusventilasjon på sommeren er generelt uproblematisk i passivhus. Den egentlige grunnen er at badet ikke har vindu, slik at mekanisk ventilasjon er nødvendig også i den varme årstiden. For å slå av ventilasjonsanlegget måtte noen ta ut sikringen for ventilasjonsenheten, siden de ikke fant noen annen mulighet for å slå av den. Graden av regulering for ventilasjon er 1-3. De fleste av dem regulerte ventilasjon, oppvarming og alle andre enheter slik i stedet for å bruke "av-og-på knappen" som er ment å bli slått av når man forlater leiligheten. De fleste av dem sa at ventilasjonsnivået normalt sto på nivå 2. Noen sa at når de forlater leiligheten eller i løpet av natten slår de det ned til nivå 1. Når mange mennesker var samlet i leiligheten, brukte de nivå 3. De syntes å sette pris på friheten til å kunne styre dette systemet på egen hånd, og i henhold til deres behov i forhold til hvor mange mennesker det var i leiligheten.

Angående lyden av ventilasjonssystemet, sa de fleste informantene at de la merke til det rett etter at de hadde flyttet inn, men etter en stund ble de vant til det, og nå tenkte de ikke lenger på det. En informant sa at gjester fortalte ham at lyden hjalp dem til å sovne. En annen respondent sa at hans 15 år gamle datter som bor der nå og da, klaget over lyden av ventilasjon. Han mener at: *"Det er en vane. Når du blir vant til det, hører du ikke noe. Hvis du begynner å lytte er alt støy"*. En beboer sa at ventilasjonsanlegget lager litt mer støy når det settes på nivå 3, men hun hevdet at lyden ble overdøvet av lyden av folk som snakker og ler når det er mange mennesker i leiligheten (Thomsen et al., 2011).

Beboerne på Løvåshagen sa at de ville sette pris på en høyere grad av kontroll over sitt eget energiforbruk, og hevdet at dette ville gjøre dem mer bevisst på hvilke enheter, i hvilke rom eller hvilke tider på dagen de kunne aktivt redusere bruken. Dette var i samsvar med det faktum at "av-og-på knappen" ikke ble brukt av alle, men at de heller regulerte nivået på ventilasjonsanlegget (1-3). Informantene på Løvåshagen hadde ulike oppfatninger av i hvilken grad informasjonsnivået var tilstrekkelig. Noen mente at det var veldig lett å bo i huset, noen mente at informasjonen ble gitt på svært kort tid, og at de ble sittende igjen med en manual for å operere et system som var annerledes enn hva hadde brukt i tidligere boliger, men noen hevdet at de ble godt kjent med "varmevekslere og slikt" (Thomsen et al., 2011).

## Vedlikehold

Siden langtidserfaringer med passivhus i Norge er begrenset, er det vanskelig å si noe om vedlikeholdsaspekter basert på de norske eksemplene. Se neste kapittel basert på erfaringen fra internasjonale sammenligningsstudier og studier i andre land.

## 5.1.5 Erfaringer fra markedsføring og salg

Innenfor det husbankfinansierte prosjektet "Hvordan selge lavenergiboliger og passivhus" ble det i 2008 gjennomført en markedsundersøkelse mot boligkjøpere og dybdeintervjuer med seks sentrale boligutviklere i

Midt-Norge<sup>4</sup>. Markedsundersøkelsen ble gjennomført av Leiv Eiriksson Nyskaping og Fokus Krogsveen Nybygg i samarbeid med analyseselskapet Skala, basert på et tilfeldig utvalg i databasen til Fokus Krogsveen Nybygg. 487 boligsøkere responderte. Beliggenheten og prisen på boligen er klart de to mest avgjørende faktorene for respondentene i undersøkelsen ved kjøp av en helt ny bolig (hhv. 78 og 67 prosent). Alternativ oppvarming og energisparing er likevel en viktig faktor for respondentene (avgjørende for 37 % – på samme nivå som bomiljø og arkitektur og bare litt mindre enn utsiktsforhold). På spørsmål om hva som er mest foretrukket inkludert i prisen ved kjøp av ny bolig, rangerte balansert ventilasjon høyest, fulgt av styringssystem for lys og varme og vannbåren varme. Også i studier fra andre land rangerte balansert ventilasjon som et av de viktigste kjøpeargumentene (Rohregger et al. 2004). Respondentene i den norske undersøkelsen var derimot bare middels interessert i solcellepaneler og integrerte hvitevarer, og lite interessert i flatskjerm-TV eller møbelpakke. Respondentene uttrykte også svært høy interessen for å kjøpe en lavenergibolig hvis den koster like mye som en ”vanlig” bolig. Om lavenergiboligen koster litt mer enn en ”vanlig” bolig faller interessen noe, men fortsatt er interessen meget høy med en gjennomsnittlig score på 5,1 på en skala fra 1 til 7.

Rapporten konkluderer med at *”boligkjøperne er interesserte i og nysgjerrige på lavenergiboliger, og deler av markedet kan være villige til å betale en noe høyere pris for slike boliger. Det ser ut til at mye av det vi har spurt om (...) har en relativt bred appell til store deler av markedet, og at det er store muligheter for aktører som evner å kombinere et fornuftig prisnivå med produkter som både bidrar til besparelser i huseierens ressursforbruk, og til huseierens samvittighet i forhold til å kunne bidra med noe som er ’større enn en selv’.* ”Dybdeintervjuene ble gjennomført med et svært begrenset utvalg av seks håndplukkede intervju partnere fra ulike boligutviklere. Rapporten konkluderer slik: *”Intervjuene med boligutviklerne støtter funnene fra markedsundersøkelsen. Intervjuene viser at det er store muligheter for å lykkes for aktører som evner å markedsføre og selge energieffektive boliger som fremtidsrettede produkter til et fornuftig prisnivå. Intervjuene viser at slike boliger i stor grad kan bli valgt hvis bedriften og selger evner å lansere og markedsføre boligene som ’moderne’ og ’fremtidsrettet’.*” (Leiv Eiriksson Nyskaping, 2008). Det må understrekes at ingen av de intervjuede hadde spesifikk erfaring med salg av passivhus.

På Løvåshagen gjorde lave innskudd det mulig for både familier i etableringsfasen, eldre og folk med spesielle fysiske behov å kjøpe leiligheten. En av beboerne påpekte at hun ikke var skeptisk til lavenergiaspektet, men til det lave innskuddet. Imidlertid oppfattet hun involvering av Husbanken som et troverdighetstegn, *”... da kunne ikke det være et tvilsomt prosjekt ...”*. En salgsbrosjyre ”Løvåshagen: bo smart – spar penger” viser at leilighetene ble markedsført med fokus på gode uteareal og boliger, universell utforming og energieffektivitet og gunstig finansiering. Flere intervju partnere nevnte energieffektivitet som en bonus i tillegg til alt det andre. Ett av de parene som ble intervjuet visste ikke en gang at de hadde kjøpt et passivhus, men var opptatt av universell utforming. For de fleste beboerne handlet det om gunstig beliggenhet, pris, at det var nytt, og at Husbanken var inne slik at det borget for en viss seriøsitet. Men noen av informantene sier i ettertiden at det å bo i de første passivhusleilighetene i Norge, fremhevet som et ideal av Enova og Husbanken, pluss all den publisiteten Løvåshagen har oppnådd, har knyttet beboerne sammen på en positiv måte. De er stolte og glad over å bo der, men de er likevel ikke redde for å si noe om de mer negative opplevelsene, og er villige til å dele denne informasjonen. En av dem uttrykte det slik: *”Selvfølgelig, det ville være hyggelig om du kunne fortelle at dette er ganske fantastisk og folk bruker ikke strøm, men det er ikke akkurat sannheten... men vi lever ganske normalt og ikke gjør noe ekstremt”*. De sier også at de er generelt svært fornøyd med å bo på Løvåshagen.

---

<sup>4</sup> ”i regionen” – ikke entydig beskrevet i rapporten.

## 5.2 Sammenligningsstudier og erfaringer med passivhus i andre land

Sammenligning av passivhus med ”vanlige bygg” eller med lavenergiboliger er vanskelig ettersom studieobjektene som oftest har flere ulikheter enn kun energistandarden (f.eks. annen beliggenhet, orientering, ulike boligstørrelser, planløsninger, vindusandel, konstruksjoner, materialer, energiforsyning, beboergrupper ...). Det er derfor en utfordring å skille resultater som har sin bakgrunn i energistandarden, fra resultater som sannsynligvis har andre årsaker. Av samme årsak kan det være vanskelig å sammenligne ulike passivhusprosjekter med hverandre. Det er heller ikke entydig, hva et ”vanlig bygg” eller lavenergiboliger er, fordi forskrifter er forskjellig i ulike land<sup>5</sup> og fordi begrepet *lavenergibolig* ikke er entydig definert. Eldre lavenergiboliger i Mellom-Europa kan ha omtrent samme oppvarmingsbehov som vanlige norske boliger fra slutten av 1990-tallet. Bortsett fra nordiske land, blir de fleste ”vanlige boliger” og også mange lavenergiboliger kun luftet gjennom vinduer, eller de har mekanisk avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning. Ventilert i vinduer og vegger for naturlig ventilasjon er nesten ukjent i tyskspråklige land.

Doppelbauer og Mahdavi (2010) har i en studie sammenlignet to bygninger med henholdsvis passivhus- og lavenergistandard i Østerrike, som ble bygd på samme tid av de samme byggefirmaene på samme tomt i Wien. Husene ble ferdigstilt i 2007 og har like konstruksjons- og planløsninger. Bortsett fra noe tykkere isolasjon, er hovedforskjellen at passivhuset har balansert ventilasjon med varmegjenvinning, mens lavenergihuset i hovedsak blir ventilert gjennom vinduer; lavenergiboligene har i tillegg en fuktstyrt ”basisventilasjon” med mekanisk avtrekk på badet, som trekker luft gjennom vindusventiler ved registrert behov. En stor og en mindre leilighet i hvert hus ble nærmere undersøkt i 2009 fra februar til juni.

Luftkvaliteten (målt CO<sub>2</sub>) i den minste passivhusleiligheten var *noe* bedre enn i den tilsvarende lavenergihuset; i den største passivhusleiligheten var luftkvaliteten *betydelig* bedre enn i den minste lavenergihuset. Generelt var CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen større i de store boligene hvor det bodde hhv. 3 og 5 personer. I disse ble det også målt noe høyere luftfuktighet, men alle resultater ligger innenfor akseptable grenser. Også målte temperaturer viser generelt gode resultater. Som tendens opprettholder alle beboerne noe høye temperaturer på vinteren. Overoppvarming i mai og juni skjedde derimot kun i stua til den minste lavenergihuset, hvor det ble registrert over 30 °C. Årsaken er vindusstørrelsen. Stue og soverom har samme orientering og får like mye skygge, men vindusarealet er betydelig større i stua enn på soverommet, målt i forhold til gulvarealet; på soverommet ble det ikke registrert høyere temperatur enn 27 °C. Beboertilfredsheten er høy, også når det gjelder ventilasjonssystemet i passivboligene. Noen beboere synes sommertemperaturene kunne være lavere, men dette er uavhengig av energistandarden i leilighetene. Noen i passivboligene klager over tørr luft om vinteren, mens andre i lavenergihuset synes luftfuktigheten om vinteren er for høy. Ingen av beboerne hadde symptomer som kunne ha sammenheng med ”sick building”-syndromet (”syke bygninger”).

Målt energi til oppvarming i 2008 var som ventet betydelig lavere i passivhusleilighetene. Det samme gjelder forbruk av husholdningsstrøm, uten at forfatterne har en forklaring på det. En livssyklusanalyse på basis av disse resultater viser at passivhusleilighetene kommer svært godt ut. Med bedre isolasjon og vinduer samt balansert ventilasjon har passivboligene 68,8 kWh/m<sup>2</sup> mer innebygd (”embodied”) energi enn lavenergiboligene. Lavere energiforbruk i driftsfasen utjevner dette på bare 2,9 og 1,3 år i de henholdsvis minste og største boenhetene<sup>6</sup>. Dette kan være noe tvilsomt, i og med forfatterne ikke kan forklare forskjellene i forbruk

<sup>5</sup> I Tyskland og Østerrike er byggeforskrifter under delstatenes ansvar. Tyskland har landsomfattende regler for energikrav, men i Østerrike varierer også disse blant delstatene. I Østerrike får dessuten ca. 80 % av alle nye boliger finansieringsstøtte fra delstatene, som innebærer strengere krav til energi og miljø enn forskriftene tilsier.

<sup>6</sup> For CO<sub>2</sub>-utslipp gjelder en ”tilbakebetalingstid” på hhv. 5,4 og 1,8 år ifølge forfatterne. Dette er imidlertid svært avhengig av hvilke utslippsfaktorer en regner med.



av husholdningsstrøm. Hvis en ser bort fra dette og kun regner med spart energi til oppvarming (fratrukket noe høyere driftsstrøm), vil høyere ”embodied” energi i passivboligene være ”tilbakebetalt” allerede etter hhv. 8,9 og 2,8 år i drift (egen beregning for foreliggende rapport).

Kostnadene for passivhuset var ca. 5 % høyere enn for lavenergibygg. Med målt energiforbruk og østerrikske energipriser ville merkostnadene være tilbakebetalt på hhv. 17,8 og 7,9 år. Også dette kan være noe tvilsomt siden forbruk av husholdningsstrøm ikke nødvendigvis må være så forskjellig mellom passivhus- og lavenergienheter over tid. Tilbakebetalingstiden er dessuten svært avhengig av energipriser<sup>7</sup>. Ettersom lavenergibygg bare har forenklet avtrekksventilasjon, vil merkostnaden imidlertid være betydelig lavere hvis en sammenligner passivhuset med et lavenergibygg med balansert ventilasjon; samtidig vil også besparelsen bli noe mindre.

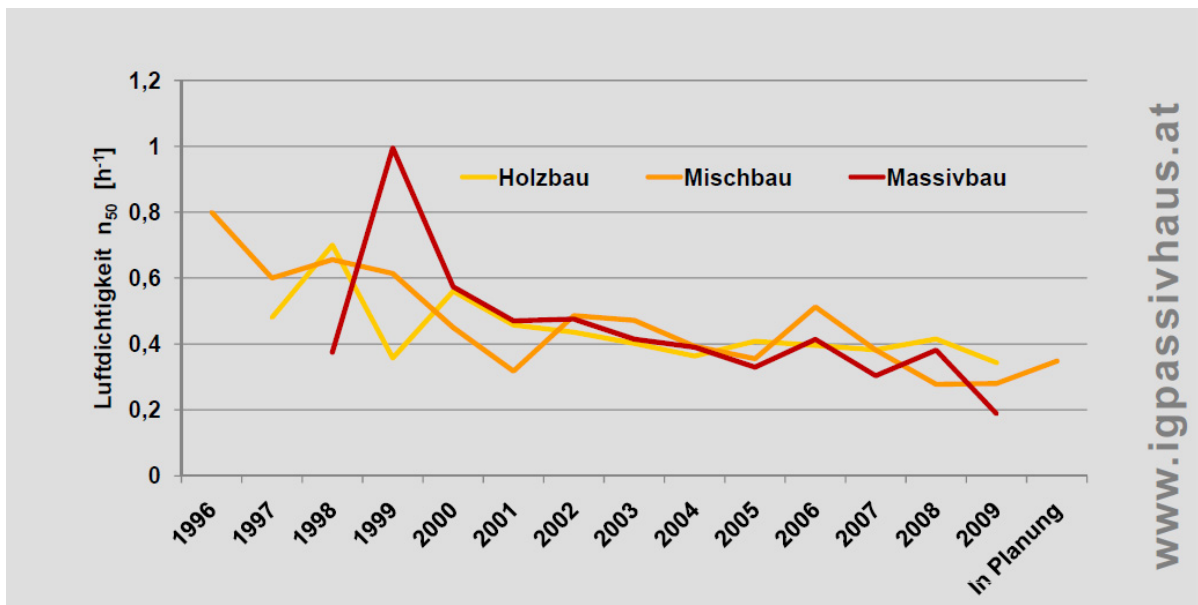
## 5.2.1 Erfaring fra prosjektering og byggeprosess

### - eksempelvis kompetansebehov, og kvalitetssikring av prosess, utførelse og komponenter

Andrea Berndgen-Kaiser mfl. (2010) har undersøkt 296 passivhusprosjekter med totalt 555 boenheter og 99 mindre ambisiøse ”passivsolarhus” og ”treliterhus” med totalt 114 boenheter. Husene ble bygd mellom 1999 og 2005 i delstaten Nordrhein-Westfalen nordvest i Tyskland og omfatter både eneboliger, tomannsboliger, rekkehus og blokkbebyggelse. 59 prosent av passivhusprosjektene er trebygninger – betydelig mer enn ved vanlige eneboliger og tomannsboliger i Tyskland, hvor trekonstruksjoner mellom 1994 og 2001 bare hadde en markedsandel på 13,2 prosent. Samme tendens konstaterer forfatterne også når det gjelder materialvalg, hvor cellulose er det mest brukte materialet til isolasjon og de fleste vinduer er produsert av tre. I vanlige tyske bygg dominerer derimot mineralull, polystyren og plastvinduer. De mindre ambisiøse prosjektene likner imidlertid mer det som er vanlig i ordinære bygg, både på konstruksjoner og materialer. Forfatterne forklarer dette med at undersøkte ”passivsolarhus” og ”treliterhus” i stor grad var utbyggerprosjekter hvor det velges mer tradisjonelle løsninger, mens mange trehusprodusenter har klart å etablere seg i markedsnisjen for energieffektive småhus. Også Jacqueline Maaß mfl. (2008) konstaterer at omtrent halvparten av passivhus i Tyskland bygges som trekonstruksjon.

Østerrike har høyest andel passivhus i verden, hvis en måler antall boenheter i forhold til innbyggertallet. Også markedsandelen er antakelig høyest av alle land: Günter Lang (2010) nevner at passivhus utgjorde 12,5 prosent av alle nybygg allerede i 2008 og forventer at andelen øker til 25 % i 2010. I forskningsprosjektet til Lang ble det utviklet en database med dokumenterte passivhus i flere land ([www.passivhausdatenbank.eu](http://www.passivhausdatenbank.eu)). Databasen inkluderer også et antall bygninger ”nær passivhus” med oppvarmingsbehov opp til 20 kWh/m<sup>2</sup>a samt noen nullenergi- og plussenergibygg. På denne måten er det laget et visst grunnlag for å sammenligne passivhus med andre avanserte lavenergibygg. 759 østerrikske passivhus med 5 341 boenheter ble dokumentert og vurdert. Også her konstateres det at trekonstruksjoner har en betydelig større andel blant passivhus (50 %) enn blant vanlige bygg. Dokumenterte lekkasjetall for alle registrerte passivhus ligger i gjennomsnitt på 0,41/h. Resultattall er sunket over tid og viser etter 2001 ikke store forskjeller mellom ulike konstruksjonsmetoder. Dette indikerer at en etter noe erfaring med passivhus kan oppnå enda bedre lufttetthet enn påkrevd etter passivhusstandard. Resultater er vist i Figur 3.

<sup>7</sup> Forfatterne regner med 9,3 ct./kWh for fjernvarme og 17,4 ct./kWh elektrisk strøm.



**Figur 3** Lekkasjetall (trykktestresultater) i dokumenterte passivhus i Østerrike, delt opp etter konstruksjonsmetode (gult: trehus; rødt: massive hus – stein eller betong; oransje: blandet konstruksjon – f.eks. bærende betong med utfyllende bindingsverk av tre). Grafen viser gjennomsnittstall i ulike år.

## 5.2.2 Byggskader og helserisiko

### Fuktrisiko og inneklime i bygg med høyisolerte konstruksjoner, lite luftlekkasjer og balansert ventilasjon

Det har vært store debatter i Norge om betydningen av høyisolerte konstruksjoner, fuktrisiko og inneklime. Finnes det internasjonale studier som kan si om dette utgjør noen helserisiko for beboerne?

Brasche et al. (2003) gjennomførte en studie med 5.530 boenheter i hele Tyskland. Leilighetene ble undersøkt vha. målinger og det ble gjennomført spørreundersøkelser blant beboere. Resultatene viser at i bygninger bygget før 1995 ligger andelen av boenheter med muggsopp på 9,3 % og for bygninger bygget etter 1995 på 8,2 %. Det ble ikke konstatert muggsopp i noen boenheter med mekanisk ventilasjon. I Tyskland er det vanlig at boliger kun har vinduslufting, og ingen ventiler. Schnieders & Hermelink (2006) rapporterer at redselen for at passivhus ville være for tette er generelt utbredd, men i tette hus ble det ikke rapportert problemer med muggsopp. Undersøkelsen ble utført i passivhusleiligheter i Kassel, Tyskland. I spørreundersøkelsen ble beboerne også spurt om de opplever bedre helse enn i den forrige boligen sin. Noen opplever at helsen er litt bedre enn før.

Dehli & Bouse (2004) har også målt bakterie- og soppbelastning i et lavenergiboligkompleks i Leipzig. Husene er utstyrt med forskjellige typer ventilasjon, hvorav to hus er kun ventilert gjennom tradisjonell vinduslufting, et hus har kun avtrekksventilasjon, de andre er utstyrt med balansert ventilasjon. Resultatene viste en reduksjon på omtrent 70 % i boligene med både avtrekks- og balansert ventilasjon i forhold til boligene med kun vinduslufting og uten ventiler. Det ble ikke avdekket kilder til mikrobiologisk belastning i noen av ventilasjonsanleggene i boligene.

Münzenberg and Thumulla (2003) gjennomførte en måleteknisk oppfølging av luftkvaliteten i fire passivhus i Nürnberg for å tallfeste og vurdere belastning fra skadelige stoffer og mikroorganismer. Boligene ble bygget med murvegger med utenpåliggende plastisolasjon (EPS) og tretak med celluloseisolasjon. Materialer ble valgt med hensyn til økologiske vurderinger. Det ble gjennomført målinger av lettflyktige organiske forbindelser (VOC), soppsporer, radon og konsentrasjon av luftioner over en tidsperiode på to år. Når det gjelder VOC, ble det målt en reduksjon til et akseptabelt nivå innen få måneder etter innflytting. Sammenlignet med erfaring fra konvensjonelle bygg uten balansert ventilasjon, hvor verdiene ligger betydelig høyere ett år etter innflytting, tyder det på en positiv effekt av det balanserte ventilasjonsanlegget. I kontrollbygg med vinduslufting og uten ventiler har det vist seg at forurensningsnivåer, selv etter et fullstendig luftskifte, allerede etter få minutter stiger til det opprinnelige nivået. Som årsak angis lagring i overflater, som etter vindusluftingen igjen avgir forurensninger. Det konkluderes med at kun et permanent luftskifte er i stand til å holde konsentrasjonen varig på et lavt nivå. Det gjøres oppmerksom på at selv om det ble lagt vekt på en reduksjon av skadelige stoffer ved valg av materialer, så ble det allikevel målt relevante mengder av skadelige stoffer. Dette betyr at man i konvensjonelle hus uten et mekanisk ventilasjonsanlegg, i mange tilfeller, må regne med en høyere konsentrasjon av forurensninger og skadelige stoffer enn det som ofte forventes.

Når det gjelder soppsporer, stilles det spørsmål om konsentrasjonen av soppsporer i inneluften i passivhus skiller seg fra konsentrasjonen i konvensjonelle bygg med vindus-/ventillufting. Resultater fra de fire passivhusene ble sammenlignet med resultater fra et hus med mekanisk avtrekksventilasjon. Siden soppsporer også forekommer i uteluften og nivåer varierer med årstiden, ble målinger foretatt både inne og ute for å kunne tallfeste endring i konsentrasjonen. Det ble ikke konstatert en signifikant økt konsentrasjon av soppsporer i inneluften i forhold til uteluften. I de fleste tilfellene var antall soppsporer tydelig lavere enn konsentrasjonen i uteluften. Konsentrasjonene i inneluften ligger erfaringsmessig på samme nivåer som i konvensjonelle boliger som ikke er angrepet av muggsopp. I jordvarmeveksleren<sup>8</sup>, som anses som et kritisk punkt med hensyn til mulig mikrobiologisk vekst, særlig på grunn av kondens om sommeren, ble det i måleperioden ikke konstatert noen uregelmessigheter. Det konkluderes med at den utbredte fordømmen at balanserte ventilasjonsanlegg forsterker eller fremkaller en mikrobiologisk belastning i boliger, ikke kunne bekrefte i de undersøkte boligene.

Konsentrasjoner i kontrollbygget uten balansert ventilasjon lå tendensielt over konsentrasjoner i passivhusene, noe som forklares med at det i balanserte ventilasjonsanlegg brukes partikkelfilter. Det bemerkes at slike partikkelfilter imidlertid også kan bli til en ulempe dersom de selv blir en kilde for muggsopp. Dette vil kunne være mulig ved værslag fra kaldt til varmt i vinterhalvåret eller ved uheldig plasserte filter i sommerperioden, når filter ikke skiftes regelmessig, gjennomfuktes over lengre tid og hvis ventilasjonsanlegget er avslått over en lengre periode. Det er derfor behov for tilsvarende undersøkelser i bygg med dårligere vedlikehold og tidvis drift av ventilasjonsanlegg. Kontinuerlige målinger av radon viser en noe lavere konsentrasjon i passivhusene enn i kontrollboligen med vinduslufting, noe som trolig skyldes det større luftskifte. Det ble det også gjennomført målinger i en bod ved siden av passivhuset som ikke var tilknyttet ventilasjonsanlegget for å se om det var noe forskjellig i radonkonsentrasjon. I boden ble det målt betydelig høyere verdier enn i boligen. Mistanken om at radonkonsentrasjonen økes ved bruk av luftkanaler i grunnen (jordvarmeveksler), kunne i ikke bekrefte i denne undersøkelsen. Det presiseres imidlertid at denne undersøkelsen må anses som en stikkprøve og resultater ikke kan generaliseres. Feil i byggefasen vil kunne medføre at radonkonsentrasjonen øker ved bruk av luftkanaler i grunnen.

Studien til Andrea Berndgen-Kaiser mfl. (2010) refererer bl.a. til en spørreundersøkelse hvor beboere i 115 passivhus og 46 mindre ambisjose "passivsolarhus" og "treliterhus" har deltatt. Det ble observert mugg i 10 og kondens i 13 passivhus. Blant "passivsolarhus" og "treliterhus" var det en større andel med

<sup>8</sup> Friskluftkanaler føres i grunnen i en viss lengde for forvarming-/kjøling av tilluft.

kondensproblemer, mens mugg ble bare oppdaget i ett av disse husene. Svarene i spørreundersøkelsen viser imidlertid at muggproblemene i hovedsak ble observert på utvendige overflater og i kjelleren, samt i deler av ventilasjonsanlegget (kanaler og filtre), dvs. først og fremst utenfor klimaskjermen. Det var totalt fire tilfeller med mugg innvendig: i trapperommet, på et vindu, ved dårlig ventilerte steder som bak bilder på veggen samt ved en utett del av fasaden; det siste tilfellet var ikke i passivhus. Av de 16 stedene med kondens som blir nevnt av beboerne, var det bare tre inne i boligen, og to av dem forsvant etter det første året. Relativt mye kondens oppsto ved kalde, ikke isolerte kanaler og ledninger. 8 passivhus ble nærmere undersøkt. I ett av dem var tilluftventilene plassert slik at ikke alle deler av rommene ble ventilert tilstrekkelig. Sammen med mye restfukt fra byggeprosessen førte dette til mugg i stua<sup>9</sup>.

Beboerne svarte også på fire direkte helserelaterte spørsmål. 32,2 prosent krysset av at de hadde færre forkjølelser og luftveissykdommer etter at de var flyttet inn i det nye huset (omfatter både passivhus og "passivsolarhus"/"treliterhus"). Kun 3,2 % (5 av 158) svarte at de fikk større slike problemer, mens resten hadde det som før, eller ingen forkjølelser både før og etter. 17,8 prosent svarte at noen i familien hadde allergier fra før. Om forandringer med hensyn til allergi svarte 13 % at helsebildet var blitt bedre, mens 15,5 % mente at det var som før (Berndgen-Kaiser mfl. 2010). Ingen beboer hadde krysset av at helsebildet var blitt dårligere<sup>10</sup>.

### 5.2.3 Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk

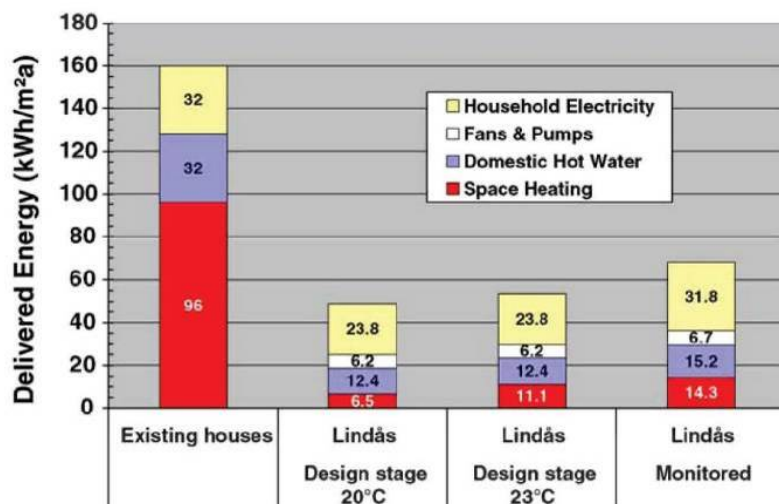
Salomaa & Salomaa (2011) har undersøkt energiforbruket i ett passivhus i Kaarina i Finland. Det første året, fra august 2009 til august 2010 var strømforbruket på 4.700 kWh. Det andre året fra august 2010 til august 2011 lå forbruket på bare 2.000 kWh elektrisitet. Eneboligen er på 208 kvadratmeter, og oppvarmingen er elektrisk gjennom ventilasjonen, solcellepanel, og opplysethet for vedfyring. Det første året inkluderte noe elektrisitet brukt i forbindelse med byggearbeidet. Det var også noe usikkerhet med bruk av elektriske apparater i huset som førte til at lysene sto på 24 timer i døgnet i noen av rommene. Det andre året hadde energiforbruket stabilisert seg, og lå på 31,7 kWh/m<sup>2</sup>. Det vil si at passivhuset i Kaarina sparer mellom 27.000 og 41.680 kWh strøm årlig sammenlignet med et vanlig hus. Årlig besparelse er dermed på ca 94 %. Årlig vedforbruk (2,3 m<sup>3</sup>) er ca 50 % av det som brukes i et vanlig lite hus (4,6 m<sup>3</sup>) i Finland.

*SINTEF prosjektrapport 76* har sett på energibruk i bygninger (Dokka et al. 2011). De fleste resultatene av målt og beregnet energibruk er fra erfaringer med passivhus i andre europeiske land. Prosjektrapport 76 refererer til Wall (2006) som ser på beregnet og målt energibruk i de første oppførte passivhusene i Sverige, 20 rekkehus i Lindås rett utenfor Göteborg. Energibruken er beregnet med innetemperatur på både 20 og 23 °C.

I designfasen ble behovet for varmt tappevann beregnet til 24,7 kWh/m<sup>2</sup> år. 50 % av dette skulle leveres av termiske solfangere. Målingene viser at behovet har vært 24,1 kWh/m<sup>2</sup> år og at 37 % har blitt levert av solfangerne. Basert på en intensjon om å installere energieffektive husholdningsapparat ble energibehovet til elektrisitet (belysning og utstyr) beregnet til 23,8 kWh/m<sup>2</sup> år per husholdning. I virkeligheten ble ikke disse installert og målt el-bruk er på 31,8 kWh/m<sup>2</sup> år, tilsvarende gjennomsnittet i Sverige – se Figur 4.

<sup>9</sup> Slike problemer tyder på manglende erfaring fra prosjektering og installering av boligventilasjon. Det er ikke overraskende i et land som Tyskland hvor konvensjonelle boliger sjelden har mekanisk eller balansert ventilasjon.

<sup>10</sup> Informasjon i e-post fra Andrea Berndgen-Kaiser, sendt til Michael Klinski 12.1.2012.



**Figur 4** Levert energi til svensk gjennomsnittshus samt beregnet og målt energi i passivhusprosjektet Lindås utenfor Göteborg.

Forskjellen mellom beregnet og målt energibruk skyldes i hovedsak høyere innetemperatur, mer bruk av husholdningsapparater med dårligere effektivitet og lavere utbytte fra solfangerne enn antatt. Artikkelen peker på at beboerprofilen har stor påvirkning på energibruken. Det anbefales at forskjellige typer beboerprofiler bør studeres ved simulering i designfasen. Tilsvarende bør forskjellige innetemperaturers konsekvens på energibruken studeres.

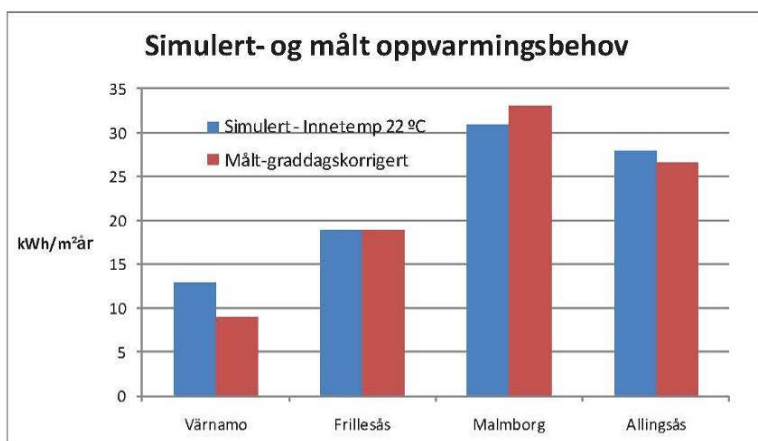
I en svensk doktorgradsavhandling har fire passivhusprosjekt blitt fulgt fra tidlig planleggingsstadium til evaluering av byggene når de er tatt i bruk (Jansson, 2010). Prosjektene er tre leilighetskomplekser, i Värnamo, Frillesås og Alingsås, og en enebolig i Lidköping. Tre er nybygg og ett er rehabilitering (Alingsås). I alle prosjektene er oppvarmingsbehovet detaljert beregnet i simuleringsprogrammet DEROB-LTH (Kvist, 2006), og sammenlignet med målt oppvarmingsbehov. Prosjektet i Värnamo (syd-Sverige) består av 40 leiligheter fra 62 til 107 m<sup>2</sup>. Med en innetemperatur på 20 °C er oppvarmingsbehovet beregnet til 9,8 kWh/m<sup>2</sup>år (snitt for alle leiligheter), med 22 °C øker det til 12,8 kWh/m<sup>2</sup>år. Målt graddagskorrigert energibruk til romoppvarming er på 9 kWh/m<sup>2</sup>år. Kjøpt energi til varmtvann er målt til 14,5 kWh/m<sup>2</sup>år (hvor solfangere dekker 10,5 kWh/m<sup>2</sup>år av et behov på 25 kWh/m<sup>2</sup>år). Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 6 og 34 kWh/m<sup>2</sup>år. Total levert energi er målt til 63 kWh/m<sup>2</sup>år.

Prosjektet i Frillesås består av 12 leiligheter fordelt på tre bygninger. De varierer i størrelse fra 62 til 98 m<sup>2</sup>. Oppvarmingsbehovet er simulert til 14,8 kWh/m<sup>2</sup>år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 18,9 kWh/m<sup>2</sup>år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 18,8 kWh/m<sup>2</sup>år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 15 kWh/m<sup>2</sup>år, mens det resterende behovet, til varmtvann, på 15 kWh/m<sup>2</sup>år dekkes av solfangere. Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er til sammen målt til hele 60 kWh/m<sup>2</sup>år. Total levert energi er i snitt målt til 92 kWh/m<sup>2</sup>år.

Eneboligen Villa Malmborg i Lidköping er på 171 m<sup>2</sup>, bygget i 2 etasjer og med plate på mark. Oppvarmingsbehovet er simulert til 24,9 kWh/m<sup>2</sup>år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 31 kWh/m<sup>2</sup>år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 33 kWh/m<sup>2</sup>år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 18 kWh/m<sup>2</sup>år. Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 10 og 30 kWh/m<sup>2</sup>år. Total levert energi er målt til ca. 90 kWh/m<sup>2</sup>år (2008-2009).

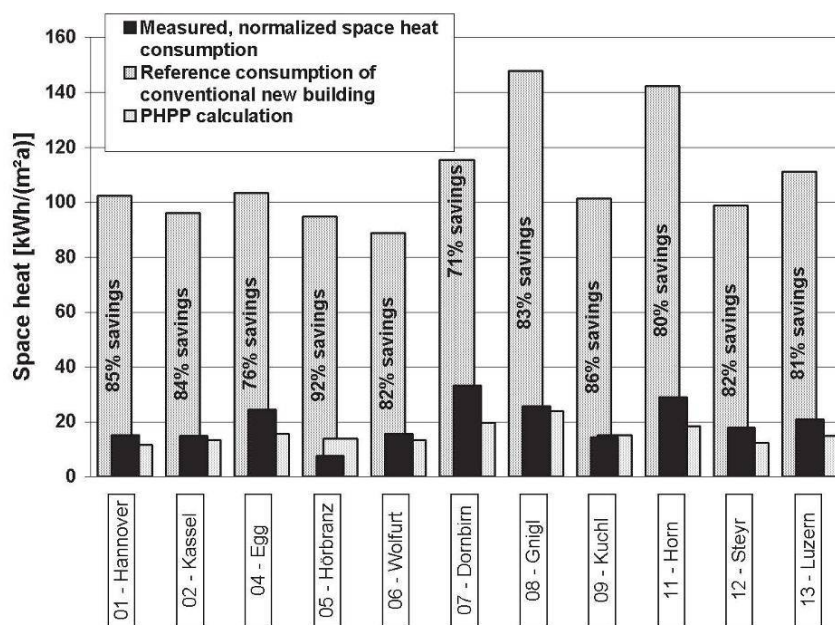
Alingsås-prosjektet er et stort prosjekt der 300 leiligheter skal totalrehabiliteres, hvor man begynte med 16 leiligheter som har blitt nøye analysert. Total levert energibruk før rehabiliteringen var på 215 kWh/m<sup>2</sup>år, der oppvarming utgjorde 115 kWh/m<sup>2</sup>år. Oppvarmingsbehovet etter rehabilitering er simulert til 23 kWh/m<sup>2</sup>år med en innetemperatur på 20 °C, som øker til 28 kWh/m<sup>2</sup>år ved 22 °C innetemperatur. Målt graddagskorrigert energibruk er på 26,6 kWh/m<sup>2</sup>år. Kjøpt energi (fjernvarme) til varmtvann er målt til 16 kWh/m<sup>2</sup>år). Vifteenergi og husholdningsenergi (belysning og utstyr) er målt til henholdsvis 37 og 43 kWh/m<sup>2</sup>år. Total levert energi er målt til ca. 86 kWh/m<sup>2</sup>år.

Beregnet og simulert oppvarmingsbehov for de fire prosjektene er vist i Figur 5. Som det fremgår av figuren er det overensstemmelse mellom målt og beregnet energibruk til oppvarming.



**Figur 5 Simulert og målt oppvarmingsbehov i fire svenske passivhusprosjekter.**

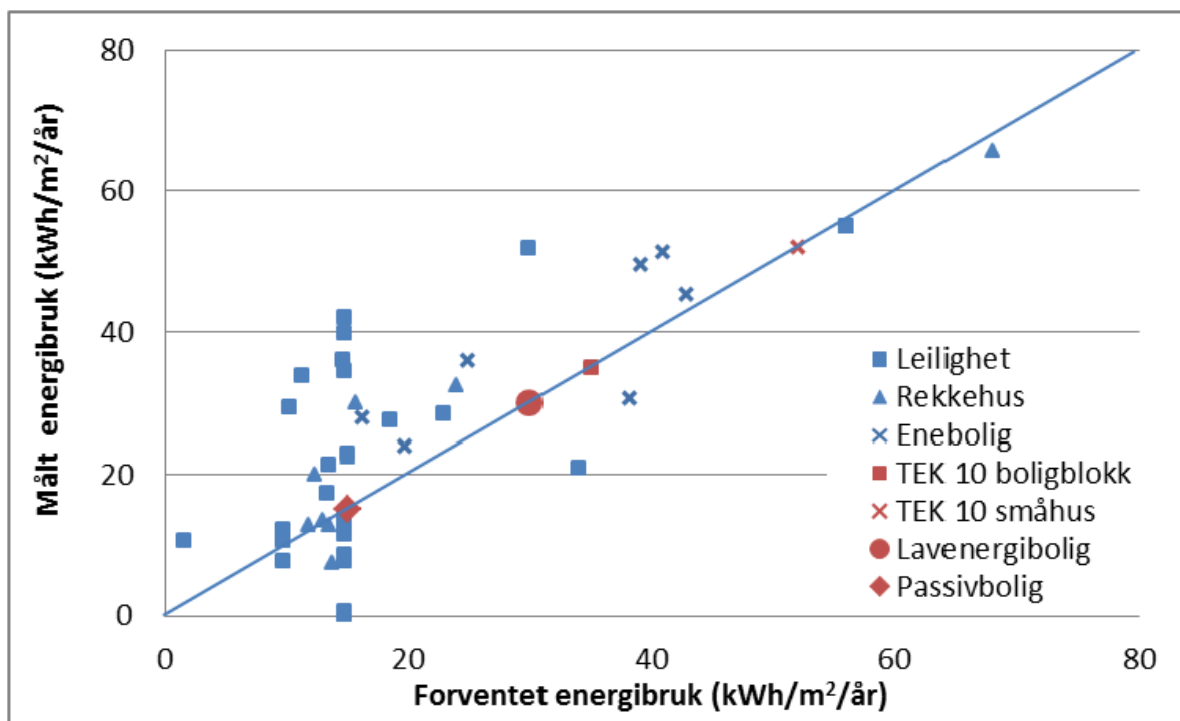
Feist mfl. (2001) presenterer måledata for det første driftsåret fra 11 byggeprosjekter oppført etter passivhusstandard, dette utgjorde totalt 221 boenheter. Byggeprosjektene inngikk i et europeisk forskningsprogram, CEPHEUS. Målet var å teste og validere passivhuskonseptet. Begrepet passivhus i denne konteksten innebærer et bygg uten behov for konvensjonelle anlegg for romoppvarming og med et årlig oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjon) ikke over 15 kWh/m<sup>2</sup>. Totalt primærenergibehov skal ikke overstige 120 kWh/m<sup>2</sup>år. Der det manglet målinger for et helt år ble disse ekstrapolert til et helt år. Målingene viser større forskjeller innad i hvert byggeprosjekt enn mellom byggeprosjektene. Ved sammenligning av målingene er disse normalisert til en innetemperatur på 20 °C. Studien viste at gjennomsnittlig innetemperatur om vinteren lå over 20 °C. Når isolasjonsstandarden øker ser man en trend med høyere innetemperatur.



**Figur 6** Målte og beregnede verdier for energibruk til romoppvarming (ekstrapolert til et helt år og normalisert til innetemperatur på 20 °C) i 11 CEPHEUS-prosjekter, sammenlignet med konvensjonelle referansebygg.

Figur 6 viser normaliserte måleverdier, beregnede verdier og referanseverdier for de 11 byggeprosjektene. De beregnede verdiene ble beregnet ved prosjektering ved hjelp av samme beregningsverktøy, Passive House Planning Package (PHPP). Referanseverdiene er beregnet for en konvensjonell bygning med samme geometri og som tilfredsstillende lokale byggeregler.

I begynnelsen av 2011 ga norske *Xrgia* ut en rapport om sammenligning av forventet og målt energibruk i lavenergi- og passivbygg (Langseth mfl. 2011). Forfatterne har gått gjennom data fra 64 boenheter og bygninger, blant dem også yrkesbygg, beliggende i Tyskland, Østerrike, Sveits, Sverige og Norge (her kun lavenergi). "Hovedfunnet fra dette arbeidet, basert på den informasjonen som er hentet inn," er ifølge forfatterne "at målt energibruk i lavenergi- og passivbygg er noe høyere enn forventet energibruk i de samme byggene. Dette gjelder både energi til oppvarming og totalt energibruk, både for boliger og yrkesbygg. Det er stor spredning i avvikene mellom målt og forventet energibruk. Noen av avvikene er svært store, helt opp til på flere hundre prosent av forventet energibruk. Det er også mange bygg hvor målt energibruk er omtrent som forventet." Når det gjelder boliger, er det funnet at 17 har lavere målt forbruk enn forventet, mens 29 har høyere. I gjennomsnitt er målt energibruk til oppvarming 5 kWh/m²a høyere enn forventet. Som det er tydelig i Figur 7, er det også blant boliger en stor spredning mellom resultatene.



**Figur 7** Forventet og målt energibruk til oppvarming i boliger. Resultater under diagonalen er mindre enn forventet, mens resultater over er høyere. Ved mindre enn 15 kWh/m<sup>2</sup>a er det flere boliger med tilnærmet samme målte resultat; dette kommer ikke tydelig fram i grafen (anmerkning Xrgia). Røde symboler indikerer forventede resultater etter ulike standarder.

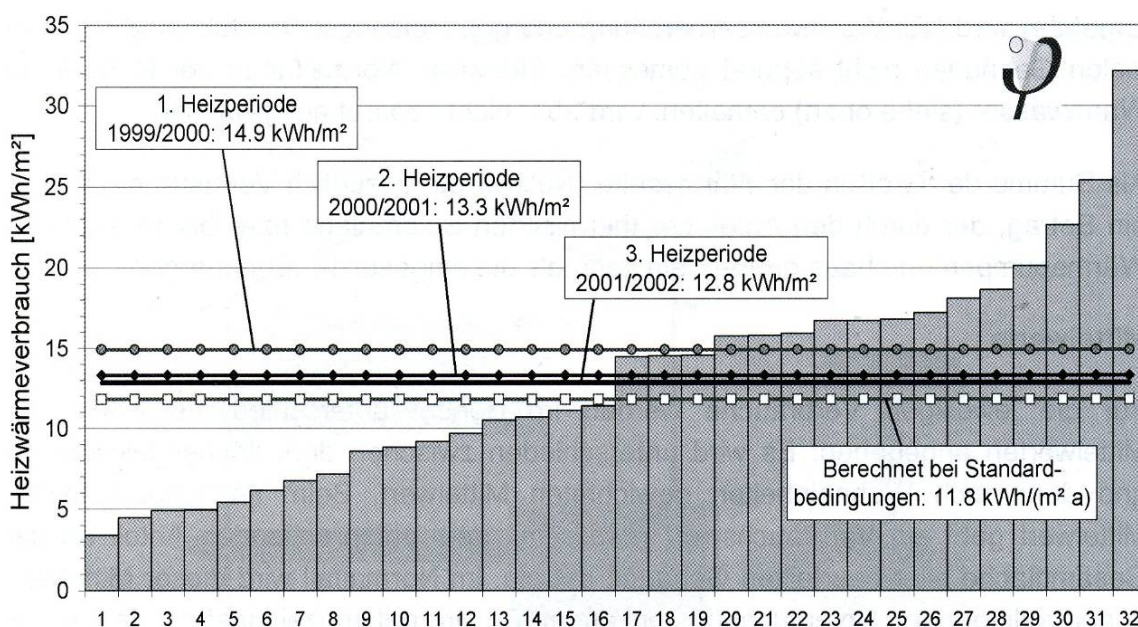
Forfatterne tar selv en rekke forbehold og diskuterer kvaliteten av innsamlede data kritisk. Observasjonene kommer fra forskjellige land med forskjellig klima og ulike beregningsmetoder. For noen bygg var det heller ikke mulig å skille mellom energibruk til romoppvarming og totalt målt energiforbruk. Energiforbruket i flere bygninger er målt i innkjøringsperioden, kort tid etter ferdigstillelse. I slike tilfeller kan det forventes lavere forbruk i senere år. Videre er de fleste data ikke temperaturkorrigert; korrigerede data vil kunne ligge nærmere opp til forventningene. En ytterligere feilkilde er at vurderingen omfatter både resultater for hele bygg og enkeltleiligheter. Andre studier viser at resultater for enkeltleiligheter kan variere sterkt, uten at bygningen som helhet bruker mer energi enn forventet; grafen ville i så fall vise betydelig færre avvik. Ingen av disse feilkildene er nærmere analysert i forhold til enkeltprosjekter, slik at figurene ikke kan vise mer enn en generell, vag tendens.

Rapporten behandler også lavenergiboliger og passivhus under ett. I figuren er det likevel tydelig at de fleste boliger med lavere målt forbruk enn forventet, er passivhus. Forfatterne skriver: *”Hele 27 av funnene våre har lavere forventet energibruk til oppvarming enn 15 kWh/m<sup>2</sup>/år, som er den norske grensen for passivboliger. 17 av disse har også målt forbruk under 15 kWh/m<sup>2</sup>/år, noe som tyder på at dette er fullt oppnåelig.”*

Søren Peper (2008) har evaluert måleresultater fra 18 prosjekter med totalt 244 boenheter. 9 prosjekter er bygget i ulike delstater i Tyskland, 8 ligger i Østerrike og ett i Sveits. Både eneboliger, tomannsboliger, rekkehus og blokker er med i metastudien. Resultatene ble hentet fra 14 tidligere studier som har blitt publisert mellom 1997 og 2006, med målinger foretatt i ulike perioder mellom 1996 og 2005. Ovenfor omtalte prosjekter fra det europeiske forskningsprogrammet CEPHEUS (Feist mfl. 2001) er inkludert i undersøkelsen til Peper, men nå med måleverdier fra en komplett oppvarmingsperiode (Thür 2004).

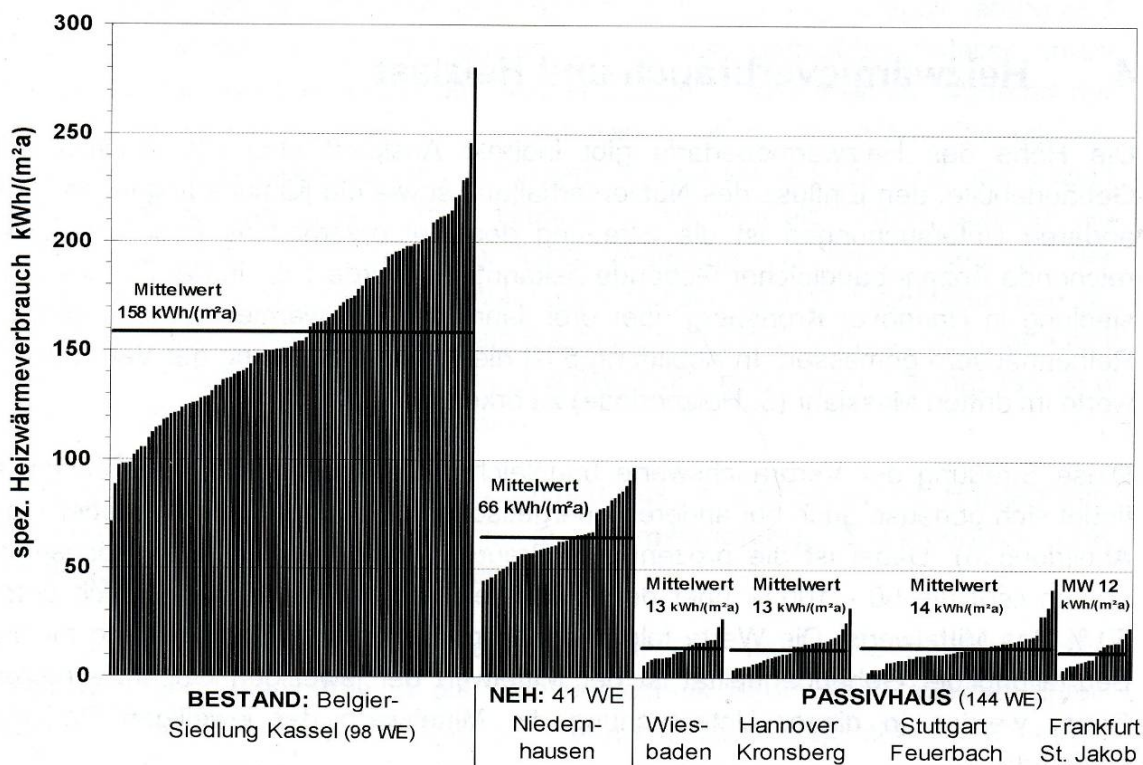


Når Peper sammenligner resultatene, bruker han i hovedsak arealvete gjennomsnittsverdier<sup>11</sup> for det respektive prosjektet. Dette begrunner han med at erfaringer viser stor spredning av målt forbruk innenfor større prosjekter med liknende utforming, noe som i hovedsak gjenspeiler ulike brukervaner. Ifølge Peper gjelder dette også prosjekter med dårligere energistandard, og verdiene følger en normalfordeling hvor høyeste forbruk ligger 50-100 % over gjennomsnittet, mens laveste forbruk er under halvparten av gjennomsnittsverdien. For å kunne sammenligne beregnede og målte verdier, er det derfor nødvendig at prosjektet består av et tilstrekkelig antall boenheter, slik at ulike brukervaner statistisk jevnes ut. Dette er illustrert i Figur 8 og Figur 9.



**Figur 8** Beregnet og målt netto energiforbruk til oppvarming i 32 passivhus i Hannover-Kronsberg. Søylene viser målt forbruk per m<sup>2</sup> i de enkelte rekkehusenhetene i 3. oppvarmingsperiode fra 1.10.2001 til 30.4.2002. Horisontale linjer viser målt gjennomsnittsforkbruk for hhv. 1., 2. og 3. oppvarmingsperiode samt beregnet behov. Målt gjennomsnittsforkbruk ligger noe over beregnet behov på 11,8 kWh/m<sup>2</sup>, men under terskelen på 15 kWh/m<sup>2</sup> for passivhus. Etter første fyringssesong går forbruket tydeligvis ned, noe som er typisk i nybygde hus.

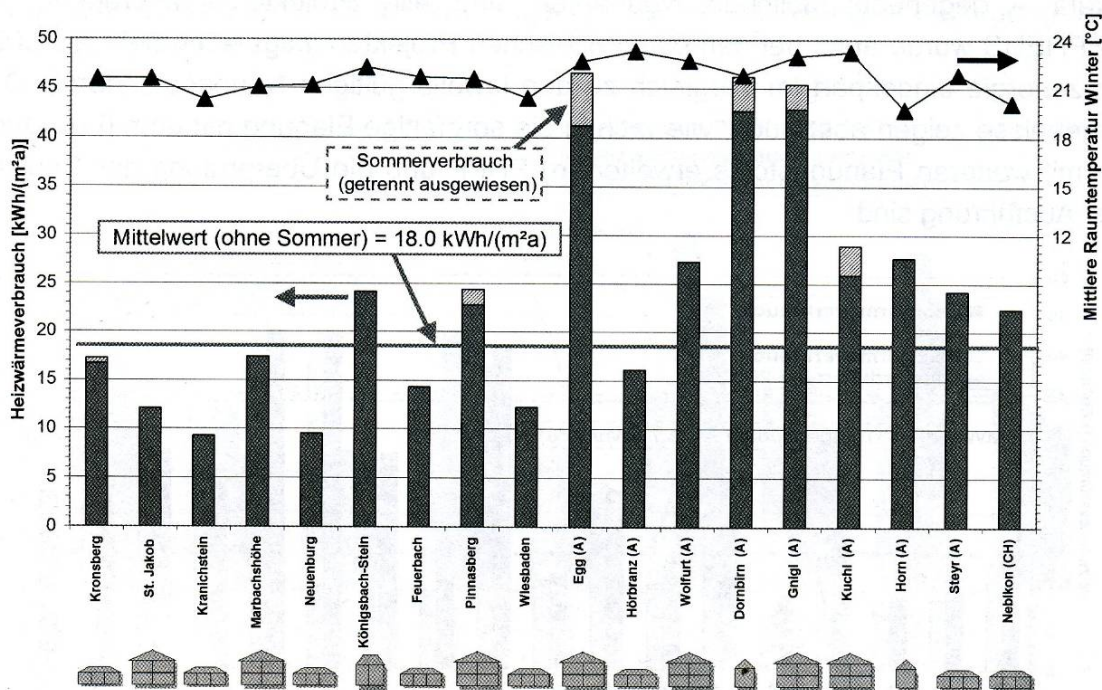
<sup>11</sup> Arealvete gjennomsnitt betyr at resultater fra de enkelte boenhetene inngår tilsvarende arealandelen i prosjektet.



**Figur 9** Målt netto energiforbruk til oppvarming per år i seks prosjekter med ulik energistandard. Fra venstre: eksisterende bosetting med 98 enheter, lavenergiboliger med 41 enheter og fire passivhusprosjekter med totalt 144 boenheter. Som i forrige figur, viser søylene målt forbruk i de enkelte boenhetene, mens horisontale linjer viser målt gjennomsnittsforkbruk i det respektive prosjekt. Uavhengig av energistandard, er det i alle prosjekter stor spredning mellom enkeltresultater. Regnet som absolutte tall i kilowattimer er imidlertid spredningen lavest i prosjekter med passivhusstandard.

Som Figur 10 viser, ligger gjennomsnittsverdien for målt årlig energiforbruk til oppvarming i alle 18 evaluerte prosjekter på 18 kilowattimer per kvadratmeter, dvs. 3 kWh høyere enn terskelen på 15 kWh/m<sup>2</sup>a for passivhus. I de tyske prosjektene (9 søyler på venstre side i figuren) ligger gjennomsnittsforkbruket noe lavere (15,5 kWh/m<sup>2</sup>a) enn i de østerrikske (i figuren merket med A). Fra underliggende studier finnes en del forklaringer for denne forskjellen: I prosjektet Egg er det altfor lav grad av varmegjenvinning. I Gnigl ligger den sørvestvendte helglassfasaden i skyggen av et digert fjell; dette ble det ikke tatt hensyn til i energiberegningen. I motsetning til de østerrikske ble alle evaluerte tyske prosjekter omfattende kvalitetssikret av passivhusinstituttet. I flere østerrikske prosjekter ble det ikke brukt passivhusvinduer, og skygge ble ikke tatt med i beregningen. Feil i styringssystemet fører til at enkelte prosjekter har oppvarmingsforbruk også om sommeren.

Gjennomsnittlig målt innetemperatur om vinteren er 21,7 °C, mens innetemperaturen i energiberegninger med prosjekteringsverktøyet PHPP er normert til 20 °C. Med en slik temperatur ville gjennomsnittlig forbruk i prosjektene bare ligge på 14,7 kWh/m<sup>2</sup>a, dvs. nesten nøyaktig på terskelverdien for passivhus. I de tyske prosjektene ville gjennomsnittsforkbruket i så fall ligge på bare 12,6 kWh/m<sup>2</sup>a, tett under beregnet behov på 13,1 kWh/m<sup>2</sup>a.



**Figur 10** Målt energiforbruk til oppvarming per år i 18 evaluerte prosjekter, samt deres målte gjennomsnittlige romtemperatur om vinteren. Søylen viser målt gjennomsnittsförbruk i hvert prosjekt (skala til venstre). En horisontal linje viser gjennomsnittsförbruk for alle 18 prosjekter. Enkelte prosjekter har noe oppvarming også om sommeren (skravert, øverste del av søylen); dette er ikke med i gjennomsnittet for alle 18 prosjekter. Øverst i grafen vises målt gjennomsnittlig romtemperatur om vinteren i hvert prosjekt (skala til høyre). Symbolene under grafen skal anskueliggjøre hva slags prosjekter det er: eneboliger, tomannsboliger, rekkehus og blokker.

Ettersom det foreligger flere data for de tyske prosjektene, kunne disse evalueres mer omfattende enn de andre. Gjennomsnittlig målt effektuttak i de ni prosjektene var kun 7,9 W/m<sup>2</sup>, dvs. betydelig under 10 W/m<sup>2</sup> som er målet for prosjekter i Mellom-Europa. Bare i ett prosjekt ble det målt betydelig mer enn 10 W/m<sup>2</sup>, noe som skal ha sammenheng med mangler i klimaskjermen og ventilasjonsanlegget. Resultatene innebærer at oppvarming med ventilasjonsluft ville fungere i de aller fleste prosjektene (uten å øke luftmengdene utover det hygienisk nødvendige).

Videre viser det seg at gjennomsnittlig totalt energiforbruk, regnet som primærenergi, ligger på 113,2 kWh/m<sup>2</sup>a, et godt stykke under passivhuskriteriet<sup>12</sup> på 120 kWh/m<sup>2</sup>a. Totalt primærenergi inkluderer all husholdningsstrøm, som i gjennomsnittet ligger under det som er vanlig i Tyskland. Det er i hovedsak leilighetsbygg (blokker) som ligger over grensen på 120 kWh/m<sup>2</sup>a. I ett av disse brukte heisen alene 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a levert energi (tilsvarende 6,75 kWh/m<sup>2</sup>a primærenergi<sup>13</sup>), og i ventilasjonsanlegget førte tekniske problemer til midlertidig økt strømforbruk. Ellers har de høye verdier sammenheng med at arealet per beboer er lavere i blokker enn i småhus, slik at forbruk per kvadratmeter blir større. Målt per person, kommer disse prosjektene bedre ut i sammenligningen. Lavest forbruk per beboer hadde imidlertid rekkehusprosjektet Darmstadt-Kranichstein, hvor det ble lagt systematisk vekt på energieffektivt husholdningsutstyr.

<sup>12</sup> Primærenergikriteriet på maks. 120 kWh/m<sup>2</sup>a er svært vanskelig å oppnå i bygninger med elektrisk oppvarming, hvis det ikke brukes varmepumpe og/eller solfanger. Se vedlegg A for nærmere omtale av passivhuskriterier.

<sup>13</sup> Primærenergifaktor for strøm var 2,7 da prosjektene ble prosjektert. Fra PHPP 2007 regnes det med faktor 2,6.

I ovennevnte studie til Andrea Berndgen-Kaiser mfl. (2010) ble det bare evaluert totalt målt energiforbruk, uttrykt i primærenergi. Her er det også stor spredning: Mer enn en tredel av prosjektene har betydelig lavere forbruk enn grensen på 120 kWh/m<sup>2</sup>a, men der er også mange som bruker mer. I sum er det 53 av 90 passivhusprosjekter med tilfredsstillende dataunderlag som oppfyller kriteriet, tilsvarende 59 %. Forfatterne har ingen entydig forklaring på hvorfor det ikke er flere som oppfyller kriteriet. På forespørsel ble det imidlertid bekreftet at resultatet kan ha blitt påvirket av at det i studien delvis ble brukt andre primærenergifaktorer enn i prosjekteringsverktøyet PHPP<sup>14</sup>. Det kan derfor i realiteten være noen flere prosjekter som oppfyller primærenergikriteriet. Samtidig evaluerte, mindre ambisiøse ”passivsolarhus” og ”treliterhus” overskred det aktuelle energikriteriet oftere enn passivhus.

Høyt totalt energiforbruk kan ha ulike årsaker, ikke bare høyere oppvarmingsbehov enn beregnet. Noen prosjekter ble undersøkt nærmere i studien. Noen årsaker som ble oppdaget, var følgende:

- Komplette kontorinnredning og høyteknisert kjøkken.
- Temperatursensor for oppvarming i ubrukt kaldt rom; solavskjerming stadig i bruk.
- Romtemperatur kan ikke velges; styring bare fra teknisk rom; konstant ventilasjon; bruksanvisning bare på svensk (i Tyskland!).
- Oppvarmet kjeller, som ikke var regnet inn i m<sup>2</sup> oppvarmet areal; ytterligere 2 prosjekter oppfyller kriteriet etter at areal er korrigert.
- Ventilasjonskanaler på kaldt loft uten isolasjon.
- Varmemåler plassert ved nærvarmeanlegg inkluderer transporttap utenfor huset.
- Solfangere ute av drift.

Jacqueline Maaß mfl. (2008) presenterer målt energiforbruk til oppvarming i noen tyske passivhusprosjekter. Resultater er vist i Tabell 2.

**Tabell 2 Målt netto energibruk til oppvarming i noen eldre tyske passivhusprosjekter, angitt i kWh/m<sup>2</sup> per år. Prosjektene i Hannover, Wiesbaden og Stuttgart er også med i Søren Peper (2008), referert ovenfor i samme avsnitt.**

Prosjektnavn	Hamburg-Lurup	Hannover-Kronsberg	Ulm	Wiesbaden-Dotzheim	Stuttgart-Feuerbach
Ferdigstilt	2001-2002	1998-2000	1998-2000	1996-1997	1999-2000
Bygningstype	10 rekkehusenheter 1 leilighet	32 rekkehusenheter	108 tomannsboliger og rekkehus	22 rekkehusenheter	52 rekkehusenheter
Beregnet	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Målt	9,59-14,88	14,9 (1999-2000) 13,3 (2000-2001)	6,7-14,9	13,4 (1998-1999) 12,2 (1999-2000) 10,4 (2000-2001)	12,8 (2001-2002)

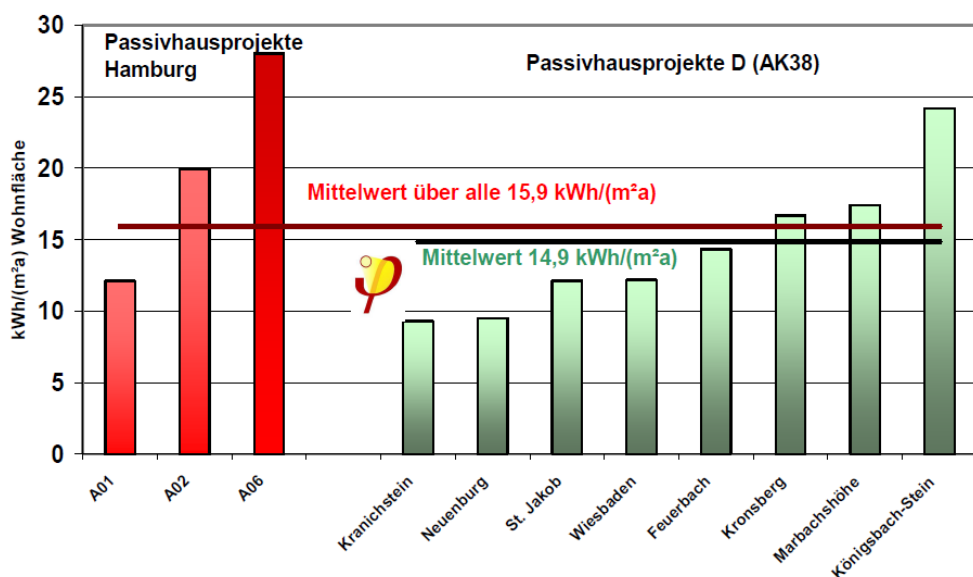
ZEBAU mfl. (uten år) har evaluert flere småhus og blokker med passivhusstandard, bygd Hamburg i 2002-2005. De fleste har imidlertid ikke individuell og formålsdelt måling av varmeforbruk<sup>15</sup>, slik at bare samlede tall for levert energi til all varme og hele huset foreligger. Årlig levert energi for varmtvann og romoppvarming var 56 kWh/m<sup>2</sup> i gjennomsnittet for 8 blokkprosjekter. Dette inkluderer produksjons- og

<sup>14</sup> E-post fra Andrea Berndgen-Kaiser, sendt til Michael Klinski 12.1.2012.

<sup>15</sup> I Tyskland var individuell avregning av varmeforbruk påbudt i mange tiår. Etter en lovendring kan dette sløyfes i passivhus fordi installering av måleinstrumenter og selve avregning ville koste mer enn energiforbruket i seg selv.

distribusjonstap og ligger lavere enn det som tyske lavenergiboliger bruker bare for romoppvarming, men høyere enn det burde være i passivhus. Forbrukstallene varierer mellom drøyt 20 og over 80 kWh/m<sup>2</sup>a. Netto energi til romoppvarming ble bare målt i tre blokkprosjekter. Resultatet er vist i Figur 11. I to av de tre prosjekter ligger forbrukstallene over terskelverdien på 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Årsakene kunne ikke undersøkes nærmere, men det antas at større produksjons- og distribusjonstap inngår i målingen spesielt i prosjektet med høyeste forbruk, samt at styringen ikke fungerer optimalt. Forfatterne antar dessuten at en del av årsaken ligger i manglende kvalitetssikring av energiberegningen i løpet av prosjekterings- og byggeprosessen, f.eks. høyere luftmengder i praksis enn beregnet, med høyere varmetap som kosekvens. Beboerundersøkelsen i samme studie indikerer videre høyere innetemperaturer om vinteren enn det som la til grunn for energiberegningen. Til og med i prosjektet med høyeste forbruk ligger forbrukstallene imidlertid under verdier for tyske lavenergiboliger.

### Gemessener Heizwärmeverbrauch



**Figur 11** Målt netto energi til romoppvarming i tre blokkprosjekter i passivhusstandard i Hamburg (røde søyler til venstre), sammenlignet med andre evaluerte tyske passivhusprosjekter fra studien til Søren Peper (2008), som er omtalt ovenfor i samme avsnitt.

#### 5.2.4 Brukervennlighet for vanlige brukere

Günther Lang (2010) skriver i studien ”1000 passivhus i Østerrike” at 58 prosent av alle registrerte leilighetsbygg med passivhusstandard har sentraliserte ventilasjonsanlegg, i hovedsak på grunn av kostnader. Ifølge Lang viser imidlertid tidligere gjennomførte studier høyere beboertilfredshet i leilighetsbygg med desentraliserte ventilasjonsanlegg.

#### Inneklima, vinter- og sommerkomfort

Peuhkuri et al. (2011) har gjort en brukerundersøkelse av et passivhus, en enebolig i Finland. Eierne flyttet inn i august 2009. Deres generelle opplevelse av å bo i et passivhus har vært svært positiv. Tanken var å bygge et hus hvor familien kunne leve et normalt liv som i et hvilket som helst hus, den eneste forskjellen skulle være energiforbruket. De har også unnet seg noe ekstra komfort i det nye huset; to oppvaskmaskiner,

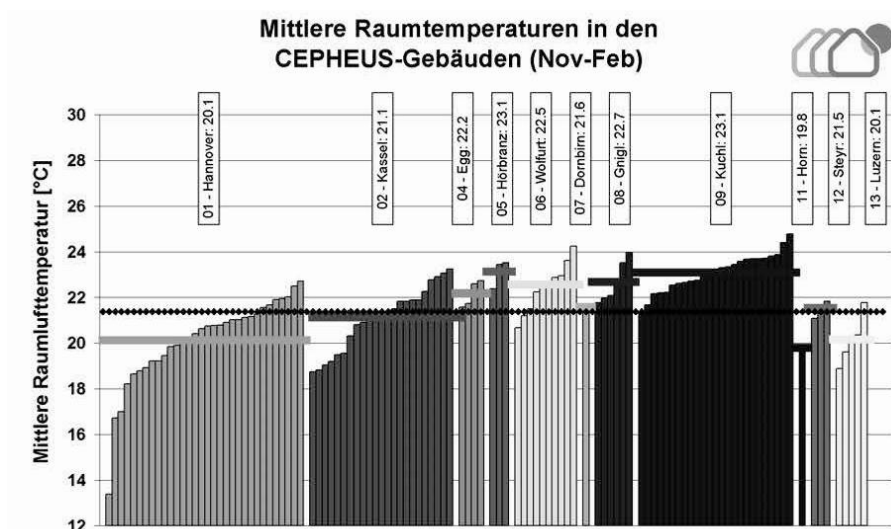
og kjøling fra mai til september. Siden planleggingen er gjort med omhu, går denne ekstra komforten ikke på bekostning av energieffektiviseringen. Det har ikke vært noen ulemper så langt etter å ha bodd i huset i to år. De tekniske aspektene har ikke bare vært bedre enn forventningene med hensyn til energieffektivitet, men også med hensyn til komfort. Nesten alt er automatisert, og beboerne synes ikke de måtte endre sine levevaner på noen måte. Brukerne har vært svært fornøyde med innetemperaturen som har ligget på 21 - 23 °C, gjennom disse to årene. Bare i perioder med svært varmt vær sommeren 2010 (som hadde en ekstraordinær lang og varm periode) nådde innetemperaturen 25 °C.

Salomaa og Salomaas (2011) studie av et annet passivhus i Finland, viste at temperaturen under den kalde sesongen fra november til februar var ca 21 °C. Romtemperaturen fra februar til oktober var gjennomsnittlig 23 °C. Denne høyere temperaturen skyldes passiv solvarme gjennom store vinduer som vender mot sør. Sommeren 2010 var veldig varm, men innetemperaturen holdt fremdeles 23 °C på grunn av effektiv bruk av persiener, og på grunn av et kjølesystem som var koblet til ventilasjonen. Dette kjølesystemet kjøler ned den innkommende luften i ventilasjonssystemet til ca 18 °C, selv når uteluften har en temperatur på 33 °C. Kjøling av huset fra mai 2010 til september 2010 tok 72 kWh elektrisitet (huset 23 208 kvadratmeter). Den avkjølende effekten av systemet var ca 5.000 kWh.

Sikander et al. (2011) har evaluert passivhus og lavenergihus i Sverige etter flere år i bruk. Selv om mange passivhus og lavenergihus ble evaluert mens de var nybygde, har det tidligere ikke vært gjort evalueringer av husene etter at de har vært i bruk over flere år. Dette indikerer et behov for å se på eldre passivhus for å plukke opp aspekter som kan forbedres med hensyn til drift, gode innendørs miljøforhold, fuktsikkerhet eller energibruk. På bakgrunn av dette ble flere av de aller første svenske passivhusene evaluert. Det ble utført beboerintervju og evaluering av energiforbruk. Undersøkelsene viste at eierne generelt sett er svært fornøyde med sine hjem. De mener de har godt inneklima, enkelt vedlikehold og lavt energibruk. Denne konklusjonen er basert på intervjuer med beboere i 10 av 20 hus. Undersøkelser og målinger har også vist at husene fungerer godt. Likevel, noen muligheter for forbedring er funnet (se avsnittet om drift av passivhus).

Zalejska-Jonsson (2011) har sammenlignet beboerfaringer i lavenergiboliger (casestudiene var tilnærmet passivhus) og tradisjonelle boliger i Sverige. Resultatene viser at inneklimaet i lavenergiboliger ble rangert bedre enn i tradisjonelle boliger, og at beboerne i lavenergiboliger dermed er mer fornøyde med leilighetene enn de som bor i tradisjonelle boliger. Resultatene er basert på intervju og spørreskjema i 306 leileiligheter (svarprosent mellom 40 og 50 %), og det ble valgt flerboligbygg til undersøkelsen som var tilnærmet like i andre henseender enn lavenergi kontra tradisjonelle bygg. Et annet hovedfunn er at flere beboere i lavenergiboliger synes temperaturen om vinteren er for lav, mens flere beboere i tradisjonelle boliger finner temperaturen i sommerhalvåret for høy. Beboerne i tradisjonelle boliger bruker oftere tilleggskjøling på sommerstid enn beboerne i lavenergiboliger gjør. Forskeren mener at problemene med for lav temperatur om vinteren i lavenergiboliger kan skyldes konstruksjon og design, og videre studier må vise hvilke tiltak som kan forbedre inneklimasituasjonen. En femtedel av leietakerne i lavenergiboligene så seg nødt til å bruke tilleggsoppvarming (supplementary heating) ofte eller av og til for å få høy nok temperatur om vinteren til at det var behagelig.

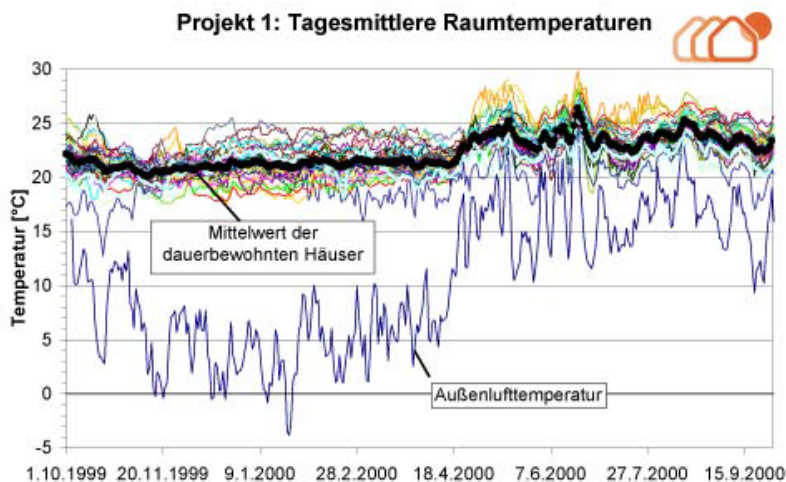
Schnieders & Hermelinks (2006) studie omhandler målinger og brukerundersøkelser i 100 leiligheter i Tyskland, Østerrike og Sveits oppført på passivhusnivå. Undersøkelsene ble gjennomført innenfor EU-prosjektet CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standard). Artikkelen deres presenterer målt innetemperatur i CEPHEUS prosjektene. Grafen i Figur 12 viser gjennomsnittlig innetemperatur om vinteren. Den svarte linjen viser gjennomsnittstemperaturen som ligger på ca. 21,5 °C.



**Figur 12 Gjennomsnittlig romtemperatur i CEPHEUS prosjektene (nov-feb)**

De fleste beboerne hadde satt temperaturen på 21 – 22 °C, men hele spennet lå mellom 17-25 °C for de bebodde leilighetene (målt temperatur under 17 °C er i ubebodde leiligheter). Målt sommertemperatur viser at det bare på enkelte dager ble målt høyre innetemperaturen enn 27 °C. Mer detaljerte undersøkelser ifm CEPHEUS-prosjektet viser også at beboerne har stor innflytelse på innendørstemperaturen på sommeren gjennom bevisst lufting og bruk av solavskjerming. Dette er nærmere beskrevet i Peper (2001).

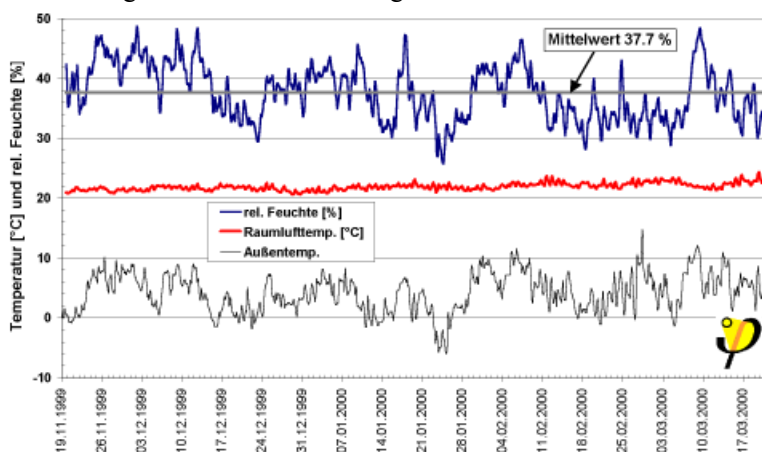
Peper, Feist & Kah (2001) har gjort en undersøkelse hvor de oppsummerer målinger fra 32 passivhus i Hannover-Kronsberg. Husene sto ferdig i slutten av 1998. Målingene ble foretatt mellom 1999 og 2001. Temperaturmålingene viser 21,1 °C som gjennomsnittlig innetemperatur på vinteren. Temperaturen viste seg å være stabil også på dagene med kaldest utetemperatur. Det var også lite variasjon mellom overflatetemperatur og lufttemperatur i leilighetene, noe som vanligvis oppfattes som behagelig. Innetemperaturen holdt seg over lavest "tillat" innetemperatur på 19 °C (DIN 4108/Teil 6). Også innetemperaturen på sommeren viste seg å være innfor det som beskrives som komfortabel. På den varmeste dagen lå gjennomsnittsverdien på innetemperatur på 25,7 °C (sommekomfortgrense definert som 26 °C, JT). Det var kun mellom 1 og 4 dager det ble målt høyre temperatur enn 26 °C, spesielt i de øverste etasjene. Overopphetingsprosenten beregnes dermed til 1,1 % av timene på sommeren. Det er såpass lite at innetemperaturnivået beskrives som veldig komfortabelt på sommeren. Den individuelle leilighetstemperaturen varierte mellom +/- 2 °C fra gjennomsnittstemperaturen for alle de målte leilighetene. Det tyder på at individuell brukeratferd, f.eks. bruk av solavskjerming, lufting, og bruk av elektrisk utstyr (avgir varme) har en del å si for innetemperaturen.



**Figur 13** Gjennomsnittlig romtemperatur over 1 år i CEPHEUS prosjektet Hannover-Kronsberg sett i sammenheng med utetemperaturen (tykk svart linje er gjennomsnittet for alle husene, mørkeblå linje: utemperaturen)

Den tykke, svarte linjen i Figur 13 viser gjennomsnittstemperaturen i de bebodde husene. På vinteren, når vinduene er stortsett lukket er temperaturen stabil. Interessant er det også å se på avvikene som kan forklares gjennom beboernes adferd. Ett soverom i en leilighet viser stor avvik fra de andre. Den lave temperaturen på 12 °C målt på høsten 1999 tyder på at vinduet sto åpen samtidig som utemperaturen falt betraktlig. Romtemperaturen i dette rommet er konstant lavere enn i de andre rom/leiligheten, untatt på de kaldeste dagene på vinteren. Det tyder på at soveromsvindu var lukket i den kaldeste perioden. Et annet eksempel er unormal høy innetemperatur i en leilighet på sommeren. Oversikten over oppvarmingsbehovet viser at beboerne i denne leiligheten hadde varmen slått på også på sommeren.

Peper et al (2001) foretok også luftfuktighetsmålinger i Hannover-Kronsberg i to av passivhusene gjennom vinterhalvåret 1999-2000. Resultatene viser romluftfuktighet mellom 26-49 %, med en gjennomsnittsverdi på 38 %. Endringer i romluftfuktigheten kunne ikke forklares med endringer innetemperaturen siden den var konstant på vinterhalvåret, men den relative inneluftfuktigheten korrelerte med den relative uteluftfuktigheten. Dette er vist i Figur 14.

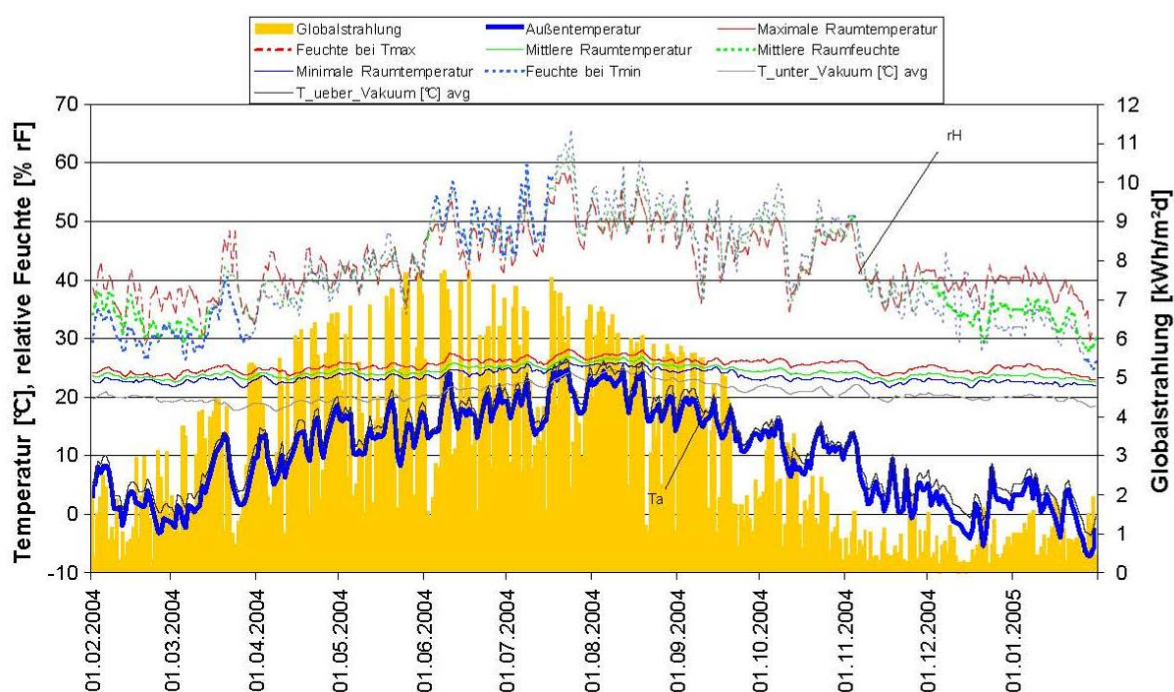


**Figur 14** Målinger av relativ romluftfuktighet (blå kurve) og romtemperatur (rød kurve), sett i forhold til utetemperaturen (svart kurve).



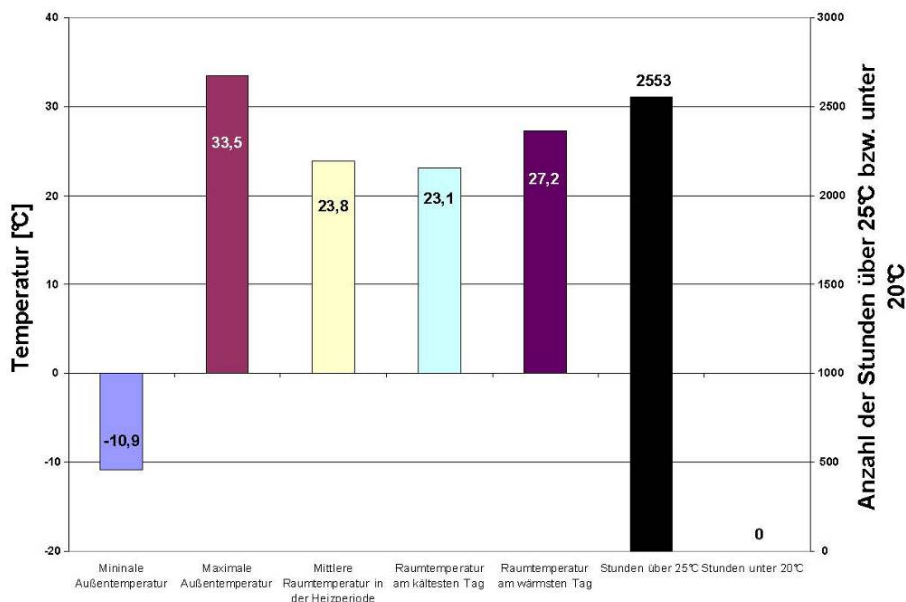
Rapporten konkluderer at den relative romluftfuktigheten var på et tilfredsstillende nivå. Veldig korte perioder under 30 % anses som uproblematisk. Siden luftfuktigheten innendørs korrelerer med luftfuktigheten utendørs, kan den reguleres gjennom mer eller mindre ventilering gjennom ventilasjonsanlegg eller vinduslufting.

Wagner & Jähmig (2007) har undersøkt energiforbruk og innklimaforhold i ett passivhus med 5 leiligheter i *Solarcity Linz*, Østerrike. De har både tatt målinger og undersøkt bruk av og tilfredshet med husene. Komfortparameterne som romtemperatur og relative luftfuktighet ble kartlagt og sett i sammenheng med utendørsparametrene. Hver leilighet er utstyrt med balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Etteroppvarming av ventilasjonsluft skjer gjennom fjernvarme. I tillegg er det installert en radiator på badet og en ved et åpent område over to etasjer. Målt relative luftfuktighet på vinteren var på 30-40 %, noe som beskrives som relativt lavt av forfatterne. Romtemperaturen i første året var alltid over 20 °C. På sommeren lå gjennomsnittlig romtemperatur ofte over 25 °C, men ikke mange grader over det (se Figur 15). Det var store forskjeller mellom enkelte rom innenfor samme leilighet.



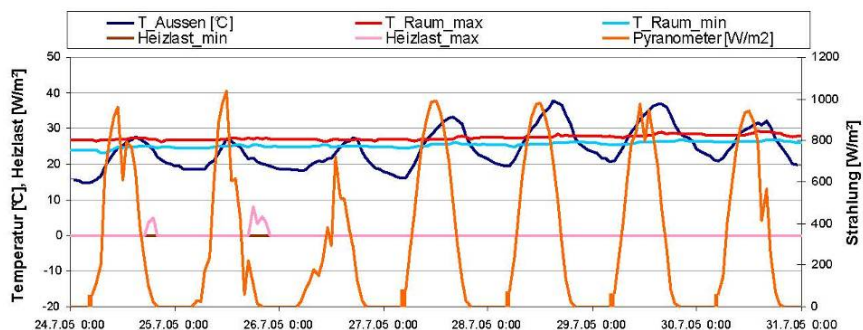
**Figur 15** Inneklima Solarcity Linz første mål-året feb 2004 – jan 2005. (blå, tykk linje: utetemperatur; rødt, grønt, grått: maksimal, gjennomsnittlig og minimal innetemperatur i leilighetene; gult: stråling; stiplede linjer: luftfuktighet)

Nest bilde (Figur 16) viser målt gjennomsnittlig innetemperatur ved varmest og kaldeste dag, pluss antall timer over 25 °C og under 20 °C gjennom hele året. Ingen timer under 20 °C ble målt. Antall timer over 25 °C var relativt høyt (2553 timer). På den varmeste dagen, 33 °C utetemperatur, ble det målt en gjennomsnittlig innetemperatur på 27,2 °C. På den kaldeste dagen, -10,9 °C, lå innetemperaturen fortsatt på relativt varme 23,8 °C. Forfatterne kommenterer den høye innetemperaturen. De fant ut at under oppvarmingsperioden på vinteren lå gjennomsnittlig romtemperatur i alle leilighetene på nesten 24 °C. I tillegg ble det målt 400 timer over 25 °C under oppvarmingsperioden. Målinger ble også tatt gjennom andre driftsår, og temperaturene er nesten helt identiske med første år.

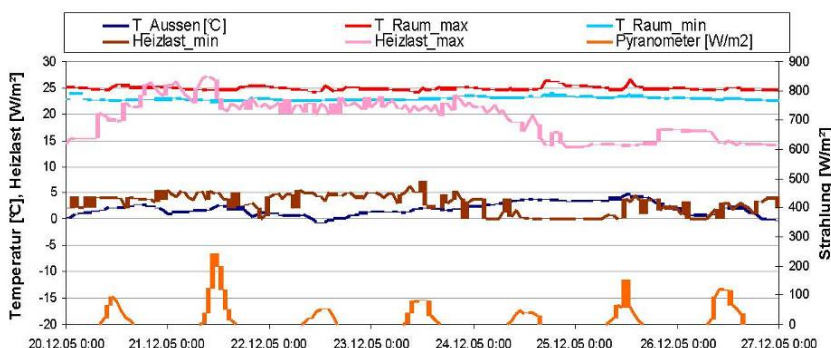


**Figur 16** Temperaturfordeling over året. Tekst fra venstre til høyre: minimal utetemperatur, maks utetemperatur, gjennomsnittlig romtemperatur i oppvarmingsperioden, romtemperatur kaldeste dag, romtemperatur varmeste dag, timer over 25 °C, timer under 20 °C.

Figur 17 under viser målt innetemperatur i kaldeste og varmeste leilighet gjennom en varm og solrik uke på sommeren. Romtemperaturene ligger nesten ikke over målt vintertemperatur. I en leilighet var til og med oppvarmingen i drift på to av dagene. Ellers er temperaturen overraskende konstant. Forfatterne sier at det tyder på at de passiv-solare gevinstene kan holdes ønskelig lavt også på en varm og solrik sommerdag, f.eks. gjennom solavskjerming eller termisk masse. Figur 17 viser en overskyet vinteruke. Romtemperaturen er stabil og nesten på samme nivå som under sommeruken. Målt effekt til oppvarming er svært forskjellig i de to leilighetene, men begge ligger under det som kan forventes i ”vanlige” lavenergiboliger. Forfatterne konkluderer med at det ikke er problemer med komfortparametrene. Påfallende er bare de høye innetemperaturene også om vinteren, som åpenbart er ønsket av beboerne.



**Figur 17** Ute- og innetemperatur på en solrik uke på sommeren (rødt: innetemperatur leilighet maks, lyseblått: innetemperatur leilighet min.; rosa: oppvarmingseffekt maks; mørkeblått: utetemperatur; oransje: horisontal globalstråling).



**Figur 18 Ute- og innetemperatur på en overskyet uke på vinteren (rødt: innetemperatur leilighet maks, lyseblått: innetemperatur leilighet min; brun: oppvarmingseffekt min, rosa: oppvarmingseffekt maks; mørkeblått: utetemperatur; oransje: horisontal globalstråling).**

For de samme passivhusene i Solarcity Linz ble det i prosjekteringsfasen gjennomført en studie med simulering av luftstrømninger ved glassarealer over to etasjer. Resultatet var at det med ren oppvarming av ventilasjonsluft ikke var mulig å oppnå komfortabel innetemperatur ved glassarealet i 1. etasje, hvis tilluftventilen var plassert langt borte fra fasaden. Varmen forsvant i dette tilfellet opp til 2. etasje gjennom den store åpningen i etasjeskilleren, slik at temperaturen nær vinduet i 1. etasje ikke var høye nok, selv om vinduet hadde passivhuskvalitet. Det var derfor nødvendig enten å plassere tilluftventilen nær fasaden, eller å installere en langsmal radiator foran glassarealet. Også denne løsningen ville imidlertid føre til at det i 2. etasje blir varmere enn normalt (Hofbauer m.fl. 2004). I lys av disse resultater ble det installert radiatorer i prosjektet. Simuleringene gir en god forklaring på hvorfor målte vintertemperaturer i gjennomsnitt for en leilighet måtte bli noe høyere enn normalt, og hvorfor det var store forskjeller mellom enkelte rom i leilighetene. I praksis må det tilføres mer varme enn "egentlig" nødvendig til stueareal i 1. etasje for å opprettholde komforten ved vinduet, bare fordi mye varme går opp til 2. etasje hvor det fører til overoppvarming. Sett i sammenheng, bekrefter resultatene fra begge studier at åpne løsninger med glassareal over to etasjer gjør det vanskeligere å oppnå god komfort med et forenklet oppvarmingssystem, samt at det kan øke temperaturen i øvre etasje, gjennomsnittstemperaturen i hele boligen og energiforbruket til oppvarming totalt.

Spørreundersøkelsen i studien til Andrea Berndgen-Kaiser mfl. (2010) viser svært høy beboertilfredshet. Nesten 90 prosent er totalt sett fornøyd eller svært fornøyd. 93 % synes romtemperaturene om vinteren er behagelig. Hvor temperaturene ble målt, var det likevel over halvparten som ikke hadde det varmere enn 20 grader. 21 % mener innelufta er for tørr. Nesten halvparten svarer at de ikke lufte med vinduer i tillegg til ventilasjonsanlegget, og 43 % gjør det sjelden. På soverommet har 76,9 % vinduet alltid lukket, mens 12,8 % åpner det før de legger seg og når de står opp. 10,3 % sover med åpent vindu gjennom hele natta. 62,5 % svarer at sommertemperaturene inne sjelden er for høye, mens 37,5 % synes dette skjer ofte. Likevel er 86 % fornøyd eller svært fornøyd med inn klima om sommer. Av 45 prosjekter hvor det ble konstatert overtemperaturer, hadde 17 ingen utvendig solavskjerming. 71 prosent av beboerne mener solskjermingsmuligheter er uunnværlig.

Også spørreundersøkelsen som ZEBAU mfl. (uten år) gjennomførte i flere passivhus i Hamburg, viser høy beboertilfredshet, både generelt og relatert til luftkvalitet sommer og vinter. Det er imidlertid over halvparten som mener innelufta om vinteren er litt for tørr eller altfor tørr. Forfatterne antar at ventilasjonsanlegget er innregulert med høyere luftmengder enn anbefalt i prosjekteringsverktøyet PHPP. Det viser seg at noen beboere tror de kan øke luftfuktigheten ved å åpne vinduer, mens dette i realiteten gjør innelufta enda tørrere. Svært mange åpner vinduer om sommeren over lengre tid. Også i den kalde årstida blir vinduer ofte åpnet, men for det meste over kortere tid. Mange åpner vinduer på soverommet, men bare 6 av 84 svarer at de gjør

det over mer enn 30 minutter på en vinterdag. Noen beboere nevner tidvis for høye innetemperaturen om sommeren og kritiserer manglende solskjermingsmuligheter. Andre mener at det er behaglig svalt i passivhuset om sommeren, sammenlignet med deres tidligere (konvensjonelle) leilighet. Noen av dem som mener det er for varmt, nevner 20 °C eller kaldere som ønskelig innetemperatur om sommeren.

### Brukergrensesnitt på styringssystemer

Berndgen-Kaiser mfl. (2010) konstaterer mangler ved prosjektering, installering og innregulering av ventilasjonsanlegget i flere tilfeller. I halvparten av prosjektene ble beboerne ikke instruert om funksjonsmåten til ventilasjonsanlegget. I bare 50 av 115 undersøkte passivhus fungerte anlegget fra starten av bra. I ytterligere 41 fungerte det bra etter ny innregulering, mens 19 anlegg fortsatt ikke helt fungerer som de skal. I 15 av 115 tilbakemeldinger svarer beboere at ventilasjonsanlegget støyer forstyrrende. 34 synes ikke at anlegget støyer, og 64 hører lyden, men mener at den ikke sjenerer. Bare i 7 av 115 svar ble det krysset av at det er komplisert å betjene ventilasjonsanlegget. 61 synes det er enkelt, og 45 sier det går greit etter at de har vent seg til det. Dette gode resultatet viser ifølge studien at ventilasjonssystemene på markedet i utgangspunktet er modne og burde fungere bra. Det som mangler, er derimot tilstrekkelig kunnskap i involverte entreprenørfirmaer om prosjektering og installasjon.

ZEBAU mfl. (uten år) fant ut at beboerne i de evaluerte passivhusprosjektene i Hamburg totalt sett er godt fornøyd med ventilasjonsanlegget og oppvarmingssystemet, men at det er noen forskjeller mellom prosjektene. I to av åtte blokkprosjekter var det mange som mente ventilasjonsanlegget var vanskelig å betjene. 84 % av alle foretar filterskift selv, og bare 3,8 % mener dette er komplisert. Svarene tyder på at skiftet foretas tilstrekkelig ofte. Effektiviteten mot dårlig lukt ble dårligere vurdert i boliger med åpen kjøkkenløsning. Når det gjelder oppvarming, er det et utbredt ønske å ha flere individuelle styringsmuligheter. Her var det de samme to av åtte blokkprosjekter hvor det var mange som syntes oppvarmingsanlegget var vanskelig å betjene, pluss en god del i vurderte småhus. Totalt i alle prosjekter var det bare 17 prosent som mente dette var komplisert.

Fischer (2008) påpeker verdien av å gi tilbakemeldinger til brukerne på energiforbruket, dets kostnader, og dens miljømessige konsekvenser, for å støtte bærekraftig forbruk. Bedre tilbakemelding på strømforbruket kan gi et verktøy til kundene for å bedre kontrollere sitt forbruk og dermed spare energi. Hun har gjennomgått forskning på hva slags tilbakemeldinger og informasjon som påvirker energibruk blant beboere, og hva slags tilbakemeldinger som er mest vellykket. Det er noen indikasjoner på at de mest vellykkede tilbakemeldinger kombinerer følgende funksjoner: de ble gitt ofte og over lang tid, blir presentert på en oversiktlig og tiltalende måte, og bruker datastyrt og interaktive verktøy. Fischer antyder også at det å splitte opp energiforbruk, f. eks for bestemte rom, hvitevarer (lys, oppvarming), eller tider på døgnet, er nesten den eneste måten å gi en direkte kobling mellom handling og resultat, og dermed etablere bevissthet om relevansen av individuelle handlinger. Ideen om å gi tilbakemeldinger på bruk kan forbedre ikke bare energisparing, men også ytelsen til passivhus.

Hauge, Thomsen & Berker (2011) skriver at litteraturen om bruk av energieffektivt hus har funnet at folk synes å tolerere mer ubehag i en bygning jo mer de vet om hvordan bygningen er planlagt å fungere og når de forstår hvordan det skal brukes for eksempel termostater og solavskjerming. Brukerne er ofte mye mindre fornøyd når de ikke kan forstå hvordan ting fungerer. Informasjon om bruk og drift av tekniske anlegg er derfor avgjørende. I en studie ble det funnet at drift av ventilasjonsanlegget ikke var helt forstått. Styringspanelet til ventilasjon var plassert på kjøkkenet, og dette ført til misforståelsen at det var kun for å håndtere lufttilførsel og lukt på kjøkkenet. Dette og et annet problem - kravet om å skifte filtre oftere for å unngå støy fra ventilasjon system - kunne løses ved å gi mer informasjon til beboerne (Hauge, Thomsen & Berker 2011).

Isaksson (2009) og Isaksson & Karlsson (2006) har gjort en brukerundersøkelse av passivhusene i Lindås. Intervjuene viste at kunnskap om varmesystemet var viktig for beboerne. Noen beboere fortalte forfatterne at de ikke hadde tilstrekkelig informasjon om varmesystemet når de flyttet inn, derfor testet de systemet under den første vinteren, noe som resulterte i varierende innetemperatur og høyere energikostnader. Prosessen med drift av oppvarmingssystemet var en dynamisk læringsprosess. Isaksson (2009) understreker viktigheten av learning-by-doing i drift av energieffektive boliger. Beboerne bør ha mulighet til å finne en måte å utnytte potensialet i teknologien, og de må oppleve at de kan takle det. Isaksson konkluderer med at implementering av energieffektive bygninger er ikke bare et spørsmål om å utvikle nye teknologier, men den store utfordringen er at "verktøy må utvikles som støtter folk i å velge bærekraftige måter å bruke den nye teknologien på" (Isaksson 2009:195).

### Vedlikehold

Det er utført få studier om vedlikehold av passivhus, noe som antagelig skyldes at passivhus er relativt nytt i mange land. Ett unntak er en studie av Sikander et al. (2011).

Sikander et al. (2011) fant at det er et stort behov for informasjon til beboerne om hvordan passivhusene bør vedlikeholdes. For eksempel så man et stort behov for opplæring i drift av lavenergihusene i Lindås. Der er det mange av beboerne som ikke forstår driftssystemene som krever en viss oppmerksomhet. Noen av huseierne er usikre på om de har riktige innstillinger på varmevekslere for luftstrømmen og kontroll av luften i varmeapparat. De har gjort sine egne innstillinger, men uten å forstå resultatene av disse. Endringene de har gjort kan forårsake ubalanse av ventilasjonsluftstrømmer, risiko for trykk, usikker levering av varme der det trengs, og dårlig luftkvalitet i hele huset. Det er også viktig at driften og vedlikeholdet av huset er helhetlig og grundig. For eksempel bør det gis tydelig informasjon som viser når vedlikeholdsarbeid på bygningen og systemene bør utføres, på solfangerne, varmevekslerne, rengjøring av ventilasjonskanaler, rensing av luftinntak osv. Det er også viktig at oppvarmingen og ventilasjonsutstyret kontrolleres for å sikre at det fungerer optimalt. Informasjon er nødvendig for å gjøre beboerne oppmerksom på at endring til lavere luftmengder kan resultere i at de oppvarmede områdene ikke får tilstrekkelig varmluft. Erfaringene fra denne studien viser altså at konsekvenser av valg beboerne gjør på innstilling på driftssystemer må være tydelige og synliggjøres raskt. Beboerne trenger tilstrekkelig informasjon til å forstå konsekvensene av de ulike innstillingene på driftssystemene.

### 5.2.5 Erfaringer fra markedsføring og salg

Buber et al. (2007) skriver at passivhus blir ofte annonsert som "hus uten oppvarming" og ikke som "komfortable hus", selv om komfortaspektet er et avgjørende argument for potensielle passivhuskjøpere. Boligens komfort er et hovedargument for kjøpere, mens den miljømessige effekten bare kan være en sideeffekt. Buber et al. (2007) refererer til en studie av Rohrer et al. (2001, se Buber, 2007) som viser at potensielle passivhuskjøpere er skeptiske til å kjøpe et hus uten en fornuftig oppvarmingskilde. I denne sammenhengen klager beboerne også på mangel på informasjon og kunnskap når de kjøper et passivhus. For fremtidig markedsføring av passivhus er det viktig å forbedre kommunikasjonen mellom potensielle kjøpere og spesialister (Buber et al., 2007). Selgere av passivhus bør legge til rette for at informasjonen om husene også er tilpasset ulike kjøpegrupper i ulike livsfaser. Dette er ikke et tema som er tatt opp i de internasjonale studiene som er referert til i dette kapitlet, men bør være sentralt i videre forskning.

Hensikten med Lindås Park var å bygge boliger som appellerte til både miljøbevisste mennesker, samt "vanlige" mennesker (Isaksson og Karlsson, 2006). I brukerundersøkelsen kom det fram at det faktisk var det bare noen få beboere som regnet seg som miljøengasjert personer som la vekt på miljøaspektet ved valg av

huset. De fleste av de andre beboerne karakteriserte seg som gjennomsnittlige når det kom til miljøvennlig livsstil. Dette samsvarer med bildet som skulle fremmes ved markedsføring av husene. Isaksson & Karlssons (2006) funn viser at lavenergiprofilen boligene hadde ble positivt evaluert, men beboernes hovedgrunner for å flytte dit var lokaliseringen av husene, og det å få mye bolig for pengene. Generelt var beboerne fornøyd med å bo i disse lavenergihusene. Men det handlet like mye om arkitektoniske kvaliteter, designet og den åpne planløsningen.

Schnieders & Hermelinks (2006) studie av et boligprosjekt for lavinntektsleietakere i Kassel fokuserer også på beboernes grunner for å flytte til boligen. Den første reklamekampanje av boligselskapet for leilighetene i Kassel var rettet mot passivhusstandard og lavt energibehov. Responsen på denne kampanjen var svak og bare etter reklamering for andre egenskaper som attraktiv beliggenhet, balkong og at boligene var nye, ble det stor respons. Funnene fra studien viser at den minst viktige årsak til innflytting var passivhusaspektet, mens uten balkong nesten ingen ville ha valgt å flytte dit.

Haavik og Aabrekk (2007) har skrevet en markedsføringsguide om forretningsmuligheter ved salg av bærekraftige boliger, basert på suksesshistorier fra 10 land. De konkluderer med at "merverdier" er grunnlaget for god markedsføring. Merverdier er elementer utover de rene fysiske og tekniske sidene av boligene, som for eksempel "ikke-energirelaterte fordeler" som bedre luftkvalitet, bedre komfort, en følelse av trygghet, status, moralsk ansvar og estetikk. Suksesshistorier fra salg av passivhus viser at konseptforklaring gjennom bruk av bilder er mer vellykket enn et rent fokus på tekniske aspekter. Skumatz et al. (2000) har gjennom sine studier kategorisert merverdiene ved salg av energieffektive bygninger i tre kategorier; bruksfordeler, fordeler for deltakere og miljøfordeler. Skumatz og Stoecklein (2004) har gjennomført dybdeintervjuer med beboere av *zero and low energy houses* i New Zealand. Et av resultatene var at noen *non energy benefits* ble verdsatt betydelig høyere enn *energy savings*. De viktigste av disse *NEBs* var komfort, miljøfordeler (*feeling av "doing good" for the environment*) og mindre behov for å flytte. Tiltak som hadde størst innvirkning på disse merverdier var "special house design", bedre isolasjon og bedre vinduer.

Zalejska-Jonssons (2011) studie viste at de viktigste grunnene for å søke en ny leilighet var vanligvis private grunner, knyttet til et ønske om ny livsstil eller endringer i familiestrukturen, for eksempel en ny baby, skilsmisse, eller endret helse eller økonomiske forhold. Sentral beliggenhet, gode omgivelser, sikkerheten i nabolaget, leilighetens størrelse og gode løsninger var de avgjørende faktorene. Disse faktorene var så høyt verdsatt at de kunne oppveie misnøye med andre faktorer, som for eksempel byggekvalitet.

Beslutningsprosesser av beboere i både energieffektive hus (de fleste boligene i undersøkelsen er rangert som passivhus) og konvensjonelle bygninger ble påvirket av de samme faktorene, noe som indikerer at energieffektive boliger ikke er blitt valgt av "miljøinteresserte" leietakere. Svarene tyder på at det at boligene ble bygget som passivhus og lavenergihus ikke hadde noen innvirkning på beslutningen om å leie leilighet i disse byggene (75 %). Selv om lavenergiprofilen hadde en begrenset innflytelse på beslutningen om å leie leiligheten, var beboerne generelt stolte av å bo i miljøvennlige bygninger. Beboerne mente også at det å bo i disse leilighetene økte deres bevissthet omkring miljøspørsmål, og gjorde livsførselen deres mer miljøvennlig. Disse funnene samsvarer med studiet av beboernes grunner til å velge de energieffektive boligene i Lindås (Isaksson og Karlsson, 2006).

Rohregger et al. (2004) har sett på hovedargumentene for kjøp av passivhus blant interesserte. De kom fram til at balansert ventilasjon bidrar til et bra inneklima er et av hovedargumentene som overbeviser folk til å velge passivhus. I deres studie beskriver beboerne balansert ventilasjonen som den viktigste forskjellen mellom det de kaller for "vanlige" hus og passivhus. Et annet viktig aspekt som bidrar til effektiv markedsføring er at man har tilgang til demonstrasjonsprosjekter hvor folk personlig kan oppleve hvordan det er å være i et passivhus. Ellers var informantene opptatt av støvfrie omgivelser /helse, jevn varme, og miljø.

Jacqueline Maaß mfl. (2008) refererer erfaringer fra Frankfurt am Main. I byen bygges det nesten bare passivhus i de siste årene, ifølge studien. Det er flere årsaker til det: Byen har vedtatt at kommunale bygg normalt skal være passivhus, planmyndighetene snakker aktivt med utbyggere og forankrer passivhus i utbyggingsavtaler. Byens eget kommunale boligselskap, ABG Frankfurt Holding, har en markedsandel på ca. 25 prosent og bygger bare passivhus siden 2005, både utleieboliger og selveiere. Selskapet har svært positive erfaringer med markedsføring og salg av passivhus. Det første prosjektet med 19 selveierleiligheter i 1999-2002 var komplett utsolgt før byggetillatelsen forelå. Kjøperne var i utgangspunktet ikke spesielt interessert i energistandarden, men var positivt overrasket. Også 2. byggetrinn ble solgt raskt. Denne gang var det flere som hadde hørt om de positive erfaringene og var interessert nettopp på grunn av passivhusstandarden. Det ser ellers ut til at merkostnader ikke spiller noen rolle ved avgjørelsen om en skal kjøpe passivhus eller ikke.

Et generelt inntrykk er at energieffektive bygninger blir sjelden solgt kun på grunn av energiprofilen, men på grunn av andre aspekter som foretrukket plassering, gode planløsninger eller balkong. Likevel, mange beboere satte pris på de miljømessige fordelene over tid, og ble mer bevisst på miljøspørsmål (Buber et al. 2007). Når de positive aspektene (helse, bidrag til miljøet, og penger spart på oppvarming) av energieffektive bygninger blir mer allment anerkjent, kan også energiprofilen bli en mer relevant markedsføringsfaktor.

## 5.2.6 Kostnader

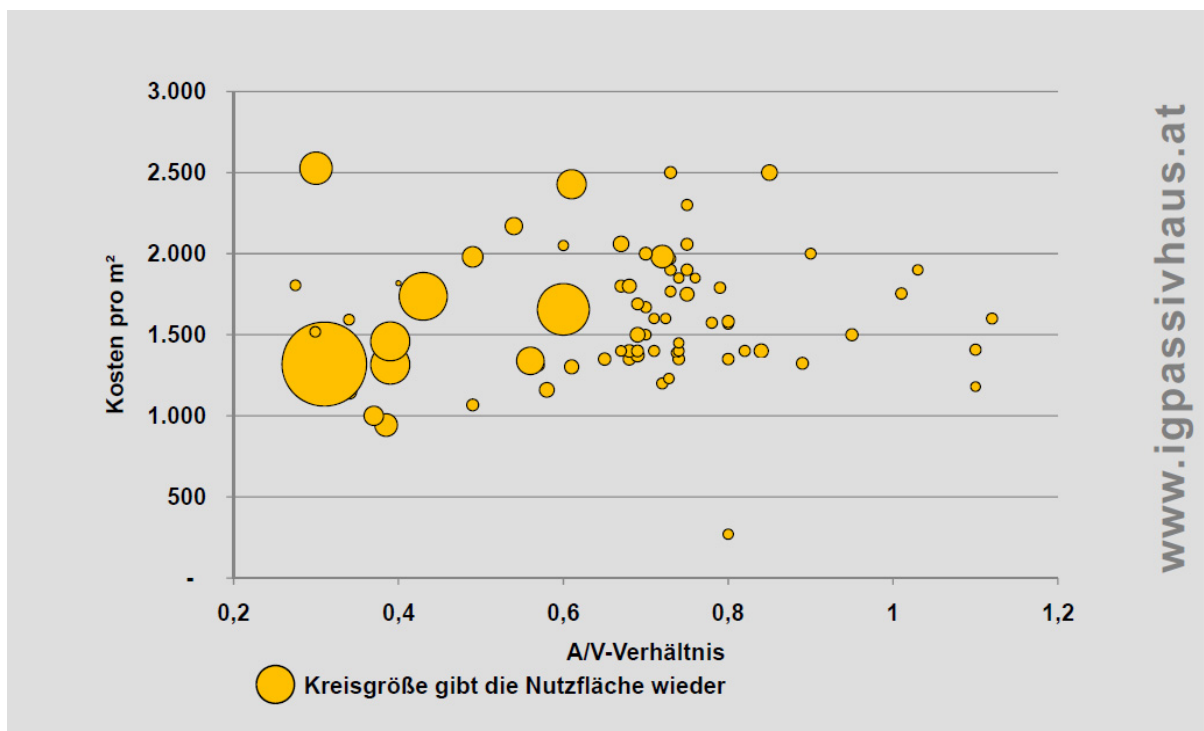
Peuhkuri et al. (2011) sitt studie av et passivhus i Finland, viste at de ekstra kostnadene ved å bygge et passivhus som bruker fornybar energi kan være ganske moderate. I dette prosjektet var de ekstra kostnadene ca € 25.000 sammenlignet med et vanlig nytt hus av samme størrelse og komfort (totalkostnad er ikke angitt i artikkelen). Et slikt hus med standard løsninger bruker opp til 4.000 til 6.000 € i elektrisitet årlig hvis all oppvarming skjer med strøm. I dette prosjektet er de årlige besparelsene i energi enda bedre enn forventet. Mange boligeiere gjør i dag en ekstra innsats for å redusere varmetapet, for eksempel ved å sette inn varmepumpe eller lignende. Kostnadene ved å installere en jordvarmepumpe er ca € 25.000, og dette tilsvarer de ekstra kostnadene ved å heve ambisjonene til å bygge et passivhus og installere de oppvarmingsløsningene og varmegjenvinningsløsningene som ble brukt i dette tilfellet. Jordvarmepumpen ville likevel resultere i en tilsvarende årlig strømregningen på ca 20.000 kWh, noe som vil koste € 3.000 i året i Finland (pr. 2011).

Treberspurg & Smutny (2009) har sammenlignet byggekostnader av lavenergihus og passivhus i 24 prosjekter med 1500 leiligheter, hvorav 9 prosjekter oppfyller passivhusstandard. De kommer fram til at merkostnader for å bygge passivhusboligkomplekser i Østerrike er 4-12 % høyere. Kostnader var avhengig av totalt boligareal og bygningens kompakthet (formfaktor, forhold mellom areal til klimaskjermen og byggets volum). Vindusareal er en høy kostfaktor siden 3-lags passivhusvinduer er dyrere enn 2-lags "vanlige" vinduer, men Treberspurg og Smutny forventer her lavere merkostnader på sikt.

Lite boligareal var dyrere å bygge enn større areal (kostnadene flatet ut over 1000m<sup>2</sup> boareal) og jo mer kompakt bygningskroppen var desto billigere var det å bygge. Prosjektene som lå 12 % over vanlige byggekostnader hadde desentrale ventilasjonsløsninger (ett aggregat per leilighet). Prosjekter som brukte sentral ventilasjon lå på 4-6 % høyere kostnader (for eksempel passivhusområde Lodenareal i Innsbruck og Sophienhof i Frankfurt).

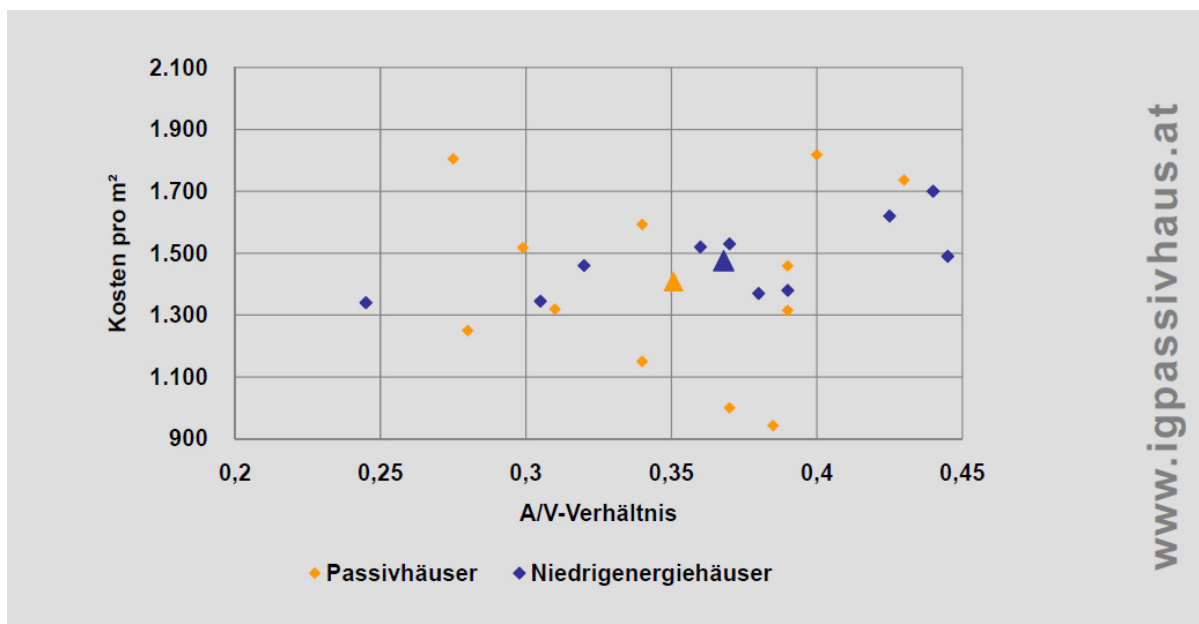
I prosjektet "1000 passivhus i Østerrike" ble det analysert kostnader i et stort antall passivhus og i noen lavenergibygg som oppnår "nesten" passivhusstandard, samt i enkelte nullenergi- og plussenergihus. Som Figur 19 viser, spriker kostnadene veldig mellom prosjektene. Som tendens kan en se at kostnadene per kvadratmeter blir lavere, jo mer kompakt bygget er (lavere formfaktor A/V). I Figur 20 sammenlignes kostnader i dokumenterte store passivhus og store lavenergibygg (ikke småhus). Kostnader for

passivhusprosjekter ligger her både over og under lavenergibygg, og i gjennomsnitt er passivhus til og med noe billigere enn lavenergibygg. Dette viser ifølge forfatteren at energistandarden her ikke er avgjørende for kostnadsnivået. Dokumenterte nullenergi- og plussenergihus derimot har i gjennomsnitt 2 500 euro høyere kostnader per kvm enn passivhus. (Günter Lang, 2010)



**Figur 19** Kostnader per kvm i dokumenterte passivhus i Østerrike, avhengig av kompaktet (formfaktor  $A/V$  = forhold mellom klimaskjermareal og byggets oppvarmede volum). Sirkelstørrelsen representerer størrelsen på bruksareal i prosjektet.





**Figur 20** Kostnader per kvm i dokumenterte store passivhus (gult) og store lavenergibygg (blått) i Østerrike, avhengig av kompakthet. Grafen viser kun kostnader i store prosjekter, ikke småhus. Gjennomsnittsverdier for store passivhus og lavenergibygg er merket med hhv. gul og blå trekant.

Andrea Berndgen-Kaiser mfl. (2010) oppsummerer derimot at undersøkte ”passivsolarhus” og ”treliterhus” er 11,2 % billigere enn undersøkte passivhus. Dette kan delvis forklares med at det her også er større forskjeller i ambisjonsnivået enn i prosjektet til Günter Lang ettersom ”passivsolarhus” og ”treliterhus” kan ha betydelig høyere oppvarmingsbehov enn passivhus eller lavenergibygg ”nær passivhus”. Samtidig heter det i studien at kostnadsforskjellen er minst i eneboliger (bare 5,8 %) og størst i rekkehus. For sistnevnte er imidlertid datagrunnlaget tynt i prosjektet, og det var ikke tilstrekkelig datagrunnlag i det hele tatt for å kunne sammenligne kostnader for blokker. Merkostnader for vinduer var størst, og også merkostnader for ventilasjon var større enn merkostnader for tykkere isolasjon (antakelig har ”passivsolarhus” og ”treliterhus” ofte kun avtrekksventilasjon, men dette er ikke spesifisert i studien). Planleggingskostnadene for passivhus økte i gjennomsnitt med 17,4 % fra 92 til 108 euro/m<sup>2</sup>, sammenlignet med de mindre ambisiøse standardene.

ZEBAU mfl. (uten år) har evaluert 8 leilighetsbygg, 4 rekkehus og 3 eneboliger i passivhusstandard med totalt 156 boenheter, bygd i Hamburg i 2002-2005. Byggekostnadene, sammenlignet med kostnader til vanlige bygg, blir vist i Tabell 3.

**Tabell 3** Byggekostnader per kvadratmeter for evaluerte passivhus i Hamburg, bygd 2002-2005, sammenlignet med vanlige tyske bygg etter energiforskrift (EnEV) fra 2002.

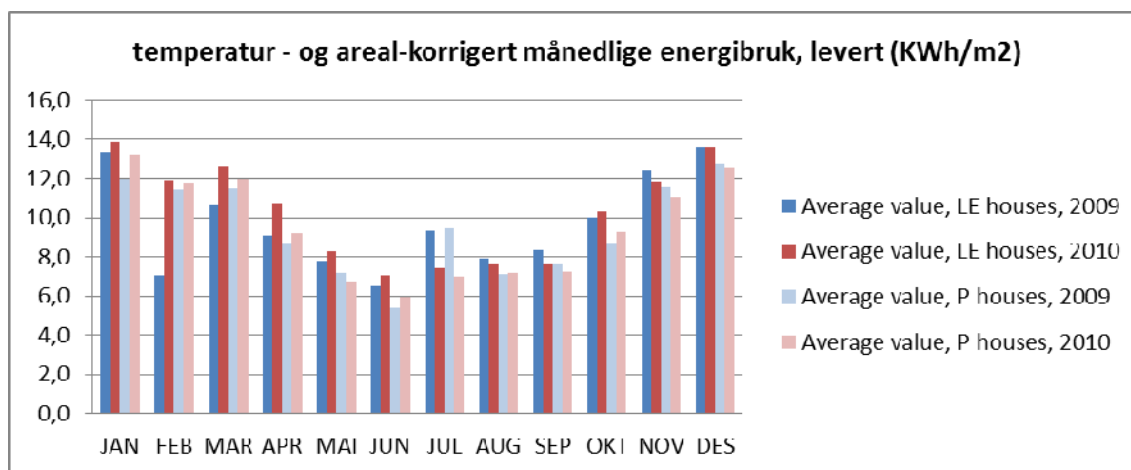
Bygningstype	Passivhus (reelle kostnader)	Standardbygg etter EnEV (statistiske verdier)	Differanse
Flerboligbygg (blokker og rekkehus)	1200 – 1500 €	1000 – 1300 €	15 – 20 %
Eneboliger og tomannsboliger	950 – 1200 €	900 – 1000 €	5,5 – 20 %

Resultatet viser noe større kostnader for flerboligbygg enn for eneboliger og tomannsboliger. Årsaken til det er høyere tomtekostnader i områder med blokkbebyggelse og kostbar fundamentering samt utstyr som heis. Det er imidlertid vanskelig å anslå reelle merkostnader ettersom der er et stort kostnadsspenn innenfor både passivhus og vanlige byggeprosjekter. Det må også bemerkes at den tyske energiforskriften av 2002 var betydelig svakere enn norske TEK, slik at vanlige tyske boliger hadde adskillig dårligere energistandard enn sammenlignbare hus i Norge. F.eks. hadde (og har) vanlige tyske boliger kun ventilasjon gjennom vinduer, slik at kostnadsspranget mot boliger med balansert ventilasjon er betydelig alene av den grunn.

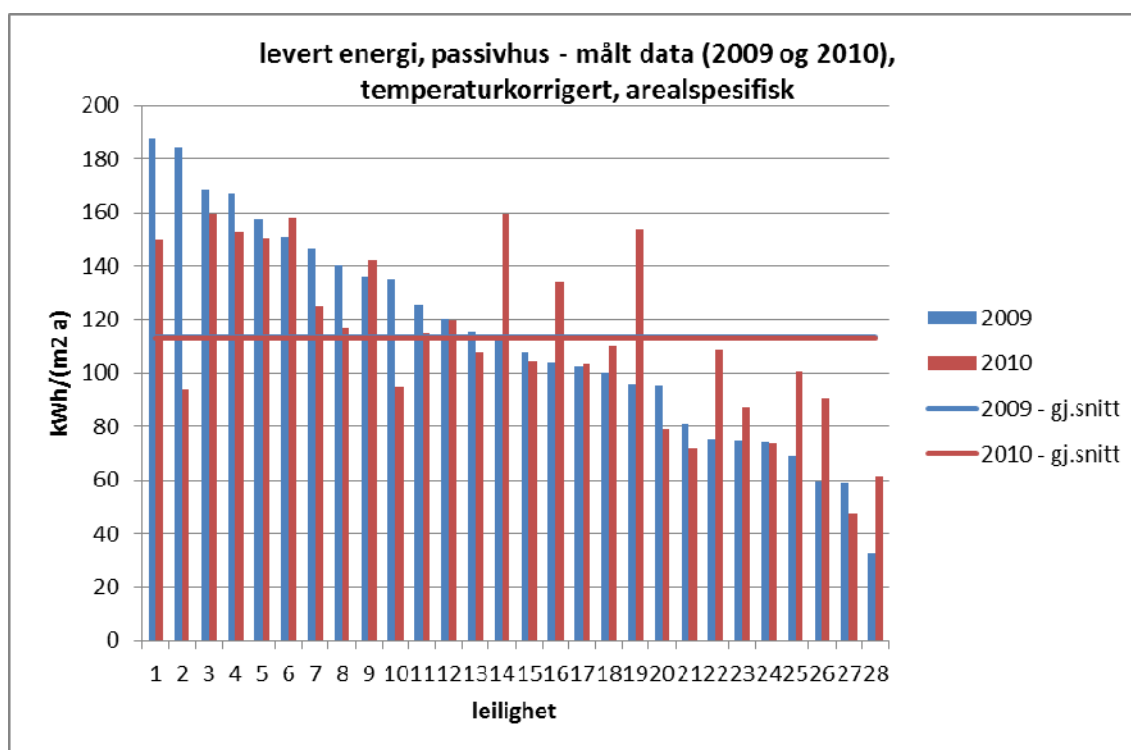
## 6 Dybdeanalyser

### 6.1 Løvåshagen, blokkbebyggelse i Bergen

#### Målinger



**Figur 21** Temperatur- og arealkorrigert levert energi på Løvåshagen per måned for 2009 og 2010. Figuren viser gjennomsnittet for alle passivhus og alle lavenergihus (laget av Martin Melvær).



**Figur 22** Levert energi i passivhusene på Løvåshagen 2009 og 2010. Målte data er temperaturkorrigert (laget av Martin Melvær).

Det er svært vanskelig å analysere målte data på Løvåshagen. Vi har også sett på måleverdiene som de var opprinnelig, uten korrigering for ulike vintertemperaturer i 2009 og 2010. Etter vår vurdering ble det ved temperaturkorrigeringen antatt en for høy andel av det totale energiforbruket som går til oppvarming, en andel som er urealistisk høy i passivhus og også i lavenergiboliger. Hvis vår antakelse er riktig, så ble det i 2010 brukt mer energi enn i 2009, mens det temperaturkorrigerte diagrammet i Figur 22 indikerer omtrent lik forbruk i begge år. Normalt kunne en forvente at energibruken heller går noe ned en stund etter at beboerne har flyttet inn. Den store spredningen mellom de enkelte leilighetene er ikke overraskende, men nivået ligger for høyt i begge år.

Diagrammet i Figur 21 viser temperaturkorrigerte verdier for både lavenergi- og passivboligene på Løvåshagen. Tendensielt er energibruken lavere i passivboligene enn i lavenergiblokkene, men forskjellen er liten og gjenspeiler ikke i særlig grad at passivboligene har solfangere som burde gi lavere levert energi. En medvirkende årsak til dette kan være at de fleste lavenergiboligene har en orientering mot sørvest med større soltilskudd enn passivhusleilighetene som er orientert mot vest-nordvest. En annen mulig forklaring er at de vannbårne systemene i Passivhusene ikke er utført eller driftes etter intensjonene, og derfor har lavere energiytelse enn forutsatt i beregningene. Foreliggende data er imidlertid ikke tilstrekkelig for å kunne stadfeste dette. Det kreves langt mer detaljerte energimålinger for å kunne fastslå årsaken til dette.

### Intervju byggherren (ByBo)

ByBo har holdt på med utvikling av boliger siden 1995. Fokuset deres ligger på å utvikle prosjekter og følge dem fra idé fra bunnen. De har ikke entreprenørvirksomhet innenfor sine vegger, men er deleiere i et byggmesterfirma. Det er et eierselskap som eier BYBO 100 %.

#### *Pilotprosjekter – å være i forkant*

ByBo har et ønske om å være med på å finne nye løsninger. Dette er en drivkraft for dem. De ser på det som en effektiv måte for kompetanseheving, som tvinger dem til å lære noe som man vet blir viktig i framtiden. De vil være i forkant og lærer underveis. Det er også grunnen for at de har gått inn i forskningsprosjektet ZEB.

Fyrtårnstatusen av Løvåshagen gjorde at ByBo fikk støtte til å bruke SINTEF Byggforsk som spesialrådgivere, samtidig ga Enova direkte støtte til tiltak.

#### *Prosessen*

ByBo forteller at Husbanken var en viktig partner i prosessen rundt Løvåshagen. De betegner Husbanken som en pådriver for kvalitetsutvikling. De har flere funksjoner, både som finansier og som rådgiver. Rådgiving var kanskje viktigst, de er en uavhengig aktør annerledes enn en innleid rådgiver.

I Løvåshagen hadde ByBo ikke samarbeid med kommunen i starten: *"De var ikke helt med i starten, når vi først kom i gang da var det en annen tone"*. Da ble også kommunen interessert i pilotprosjektet.

ByBo ønsket å utvikle området i sin helhet. Deres erfaringer tilsier at man har stor påvirkning i forhold til sluttresultatet når man allerede er involvert i reguleringsplanen. Når man regulerer for å selge til sluttbrukeren da er man nødt til å tenke resultater på en annen måte. På Løvåshagen brukte de delt entrepris, siden de ønsket å påvirke så mye som mulig helt til det ferdige produktet. De sier også at *"Hvis vi sitter med en totalentreprise så vil alt vi kommer på underveis medføre merkostnader. Derfor mener vi det (totalentreprise) blir dyrere, og det kan igjen gå ut over kvaliteten (hvis det blir vanskelig med endringer)"*. Det å ha egne byggeledere i prosessen er også en fordel ifm problemer som oppstår underveis. Utover det tar byggelederne med erfaringer og det hjelper til å holde feilene unna i neste prosjektet. Det å tenke hele veien ut anser de som en klar driver for kvalitetsutvikling. Kvalitetssikring foregikk også fortløpende. For

eksempel hadde de på et tidspunkt gjennomgang av alle detaljer for å se om de er gode nok. Det gjøres av folk med ulik kompetanse.

### **Markedsføring og salg**

ByBo forteller at de solgte jevnt over: *"Vi solgte mye men med en gang så kom krakket (i 2008) og da var det slutt. Men generelt kan man si at leilighetene nærmest skogen gikk tregest. De hadde minst lys og luft. Også ende-leilighetene er nok mest attraktive."*

Planen var å bygge et stort prosjekt og legger da inn en variasjon av boligtyper for å nå ulike målgrupper. De ønsket å nå både de som selger eneboliger og de som er studenter. De tror at det blir bedre steder å bo hvis det er en variasjon av boliger og beboergrupper og de hadde et klart mål om en "bolig-mix". Men dette målet er ikke bare grunnet i idealisme men det gir også flere kunder å selge til. De har også tenkt universell utforming helt fra starten av prosjektet for å tilfredsstille kravene, slik at de ble en rød tråd som følger eiendommen helt fram til døra.

### **Beboerintervjuer<sup>16</sup> på Løvåshagen**

#### Intervju 1:

Ble gjennomført med et par i midten av 30-årene med to barn. De bor i en fireromsleilighet på ca 96 m<sup>2</sup> med *lavenenergistandard*. Leiligheten har vinduer mot 3 sider og har både morgensol (soverom) og kveldssol (stue). Paret har bodd på Løvåshagen i over 3 år. (Dette intervjuet er ikke representativt for passivhusene.)

#### Intervju 2:

Ble gjennomført med en mann på 50. Han har to store "deltids-barn". Han har bodd i *passivhusleilighet* på Løvåshagen i 2,5 år. Leiligheten er på 75m<sup>2</sup> og ligger på bakkeplan. Han har utsikt mot skogen som tar mye av sollyset siden leiligheten ligger så lavt i blokken.

Intervju 3: Aleneboende kvinne i slutten av 50 årene, en av de første som flyttet inn i en av *passivhusleilighetene* i 2. etasje. Leiligheten hennes er på ca 80m<sup>2</sup>.

Intervju 4: Telefonintervju med enslig mann i slutten av 40 årene. Har flyttet fra Løvåshagen pga jobbsituasjonen. Bodde i 16 måneder i passivhusleilighet i toppetasjen på rundt 90 m<sup>2</sup>.

Intervju 5: Oppfølgingsintervju med et par i 40-årene som ble intervjuet allerede i 2010 (resultatene fra tidligere intervjuer er inkludert i Thomsen et al. 2011). Paret bor i en av passivhusleilighetene på 75m<sup>2</sup> i toppetasjen. Oppfølgingsintervjuet ble gjennomført kun med kvinnen. (Opptaket mislyktes, så det mangler en del av intervjuet. Vi bruker allikevel informasjonen som vi har tilgjengelig.)

### **Inneklima – termisk komfort og luftkvalitet**

Beboeren i intervju 5 forteller at det var forferdelig varmt i første året (intervju 2010, i Thomsen et al 2011). Men nå har det blitt mye bedre innetemperatur, også på sommeren. De har installert solavskjerming i ettetiden og er fornøyd med å kunne stenge ut solen. Temperaturen på soverommet holder seg imidlertid lav *"det er kaldt og svalt på soverommet"* (Intervju 5). De sover ikke med vinduene åpne, men bruker å ha på ventilasjonsanlegget på det laveste nivået.

---

<sup>16</sup> Intervjuene ble gjennomført av PhD-stipendiat Solvår Wågø (NTNU) i forbindelse med hennes PhD.

Mannen i intervju 4 var fornøyd med termisk komfort i leiligheten hans. Han forteller at det var behagelig varmt i leiligheten til og med i kuldeperiodene. Det var heller ikke kaldt å komme hjemme etter en periode han var bortreist. Han synes det var helt fantastisk. Han syntes at ventilasjonen og luftingen fungerte bra. Han har heller ikke blitt sjenert av støy fra ventilasjonsanlegget. Han synes heller ikke at leiligheten blir for varm om sommeren og *"det var aldri noe tema at det var dårlig luft i leiligheten"* (Intervju 4). Han lufter allikevel på soverommet på natten, mest av gamle vaner og at det styrer seg egentlig like bra av seg selv.

I forhold til ventilasjonsanlegget har damen i intervju 5 ingen klager. Hun synes luftkvaliteten er bra når man kommer hjem og det føles aldri inntengt. Hun sier at: *"Du føler ikke det at det er stillestående her. Det gjør du ikke. Men selvfølgelig kan det være varmt."* Hun tilføyer allikevel at når det er sol og trykkende ute, kan de faktisk være deilig å komme inn hvor det holde seg litt kjøligere.

Kvinnen i intervju 3 var i begynnelsen skeptisk til ventilasjonsprinsippet og at man ikke skulle ha vinduet åpen bestandig. Hun sier at hun har i alle år ligget med vinduet åpent og mener at hun får hodepine med vinduet igjen. Men hun ble positiv overrasket etter hun flyttet inn og sier at: *"Det følte faktisk bra. Men det er jo på grunn av ventilasjonen, så det fungerer faktisk. Jeg tror det er eneste plassen i verden jeg kunne ligge uten å ha vinduet åpent"* (Intervju 3). Hjemme sover hun sjeldent med vinduet åpent om natten, kun på sommeren. På spørsmålet om hun opplever at den luften hun får gjennom ventilasjonsanlegget er like frisk som uteluften, svarer hun ja. Senere sier hun at ingenting kan sammenlignes med å være ute, men inneluften er mye bedre her enn der hun bodde før.

Hun kommenterer at luften på soverommet er ofte varmere enn hvis man hadde hatt vinduet åpen, uansett hvilken tid på året. Noen ganger kan det bli litt varmt. Hun tilføyer også at det er jo ingenting som sier at du ikke kan åpne vinduene, bare at man bruker mer strøm. På sommerstid synes hun det er bra å ha dører og vinduer mye åpen. Hun forteller at hun er glad i å ha mye lys på. Da kan det blir varmt i leiligheten og hun lufter ut en gang i blant. Ventilasjonsanlegget står stort sett på trinn 2 (av 1-3) for å tilføye nok friskluft. Når det blir mange folk i leiligheten setter hun den på 3. Hun synes ikke at hun ble sjenert av lyd fra ventilasjonsanlegget men synes at det er ganske stille i leiligheten. Heller har hun ikke opplevd at lukt spre seg gjennom ventilasjonssystemet. Hun er spesielt imponert over at det ikke dugger på badet og at ventilasjonen klarer å ta vekk fukten. På spørsmålet om det er varmt og godt når hun kommer hjem etter ferie eller om det litt kjølig, svarer hun: *"Det er aldri kjølig her (ler). I fjor vinter, da hadde jeg altså på ovnen tre dager. Tre eller fire, kanskje"* (Intervju 3). Komforttemperaturen hennes ligger mellom 21 og 22 grader. Hun har automatisk styrt solavskjerming på utsiden av vinduene og får ikke så mye sol inn i leiligheten pga skogen.

Mannen på 50 nevner innemiljøet og stabil innetemperatur når han ble spurt om hva som er det beste med å bo på Løvåshagen: *"Når jeg flytta inn var det liksom så herlig å komme inn. Det var liksom ikke noen forandringer i temperatur"* (Intervju 2). Han har ikke opplevd problemer med overoppheting på sommeren. Siden han bor på bakkeplan får han ikke inn så mye direkte sollys. Han kommenterer imidlertid også at solfangerne som er plassert utenfor leiligheten hans ikke får nok sollys for at det blir nok varmt vann. Han har ikke bruk for ekstra varmekilder gjennom året og skruer heller ikke opp varmen. Han beskriver termisk komfort som jevnt både om sommeren og om vinteren.

Mannen i intervju 2 er også spesielt fornøyd med inneklimate. Han sier at ventilasjonssystemet fungerer godt og at det er ikke nødvendig å åpne vinduet på natten for å få frisk luft. Han gjør det allikevel på sommeren. Han kjenner ikke stor forskjell mellom frisk luft fra ventilasjonsanlegget og uteluften. Hvis det blir for varmt så setter han ventilasjonen på nivå 3. Det bråker litt, sier han. Han har heller ikke oppfattet huset som for tett. Han ville ønske seg den samme inneklimatekvaliteten i en ny leilighet hvis han skal flytte en gang. På spørsmålet om han eller barna har opplevd luftveisproblemer svarer han nei. Han syntes allikevel at luften virket litt tørr da han flyttet inn.

Paret i intervju 1 i lavenergileiligheten opplever høy termisk komfort i leiligheten. De trenger nesten ikke ekstra oppvarming: *"Det var en ganske bra kuldeperiode sånn rett etter vi flyttet inn. Men vi hadde det godt og varmt inne. Og vi har fremdeles så å si ikke brukt ovnen. Vi har én elektrisk ovn på veggen, og den tror jeg vi hadde på i fjor i to timer en kveld eller noe sånn. Bare et lite øyeblikk, og så skrudde vi den av, da. I år har vi ikke hatt den på, i hvert fall enda. Og året før tror jeg ikke vi brukte den."* (Intervju 1).

*"De gangene den liksom var på, da har det gjerne vært så langt ned som 20 minus ute. Men vi har pleid å ha 23-24 grader inne uten å ha den på. Ja, bortsett fra – det er jo varmekabler på badet (som går på strøm). De står jo på. De lever sitt eget liv"* (Intervju 1). Han sier at de ikke har solfangere og solceller som passivhusene, noe som utgjør en forskjell ved for eksempel varmtvannsberedning.

Intervjupartnere 1 har soverommet mot øst og får morgensol og de hadde forventet at det skulle bli veldig varmt om morgenen men de har ikke opplevd noen plager (Det kom ikke fram om de har installert solavskjerming på soveromsvinduene.) Før bodde de i et hus som var fra 1790 hvor det blåste og var trekkfullt og de fyrte med ved: *"Første vinteren vi bodde der nede, så når vi sto opp om morgenen, så var det vel 9 varmegrader i stuen."* (Intervju 1). I det gamle huset hadde de et enormt strømforbruk. Paret sier at de overhodet ikke savner noe ved det gamle huset og ikke heller vedfyringen. Vedfyringen leder etter deres mening bare til dårlig inneklimate siden man får røyk i huset uansett. På Løvåshagen er det annerledes. Han (intervju 1) sier at *"her kommer du hjem, du åpner døren, det er behagelig temperatur. Vi var jo borte en uke eller to eller noe sånt, på Sørlandet. Det må ha vært på vinteren, eller høsten. Og vi hadde ingen varme på, bortsett fra varmekabler på badet. Og så var vi veldig spent da, når vi kom tilbake igjen, for det hadde vært en enorm kuldeperiode. (...). Og så kom vi inn her, og så var det 23 ½ grad. Ingen varme på, ingen ting. Og da var alt elektrisk utstyr slått av, nettet slått av, selvfølgelig ingen belysning på og ingen ting. Så temperaturen var omtrent sånn som da vi reiste. Og det vi sliter med her, det er jo det at det blir jo for varmt. Så vi må jo luften ut for å få ned temperaturen"* (Intervju 1). Paret i intervju 1 er bevisst på at vinduene ikke skal stå opp hele tiden og at man lufter med vet. Resten skal gjøres av ventilasjonssystemet som skal holde luftkvaliteten på et tilfredsstillende nivå.

### **Kjøpsprosessen og kunnskap om energieffektive boliger**

Mannen i slutten av 40-årene i intervju 4 har flyttet til Løvåshagen pga miljøaspektene. Lav strømregning, god isolering og flotte boliger fristet ham.

Kvinnen i intervju 3 synes at energikonseptet var spennende og det at Løvåshagen var et pilotprosjekt. Det var to av grunnene hvorfor hun var interessert i leiligheten. Det økonomiske perspektivet og støtte gjennom Husbanken var allikevel det som var mest viktig.

Mannen i intervju 2 hadde kunnskap om passivhuskonseptet når han kjøpte leiligheten. Det var en av grunnene til at han kjøpte. Han er interessert i miljøaspektet: *"Jeg er litt sånn, tenker miljø hele tiden. Jeg synes det at de burde bygge flere sånne boliger"* (Intervju 2).

Paret i intervju 1 fikk tilsendt et prospekt og fattet interesse etter hvert. Så sjekket de finansieringen og dro på tildelingsmøtet. De små leilighetene ble solgt først, så de var heldige at deres valg var enda tilgjengelig. De ville ha 4 rom. De visste hvor prosjektet skulle bygges. Beliggenheten var det viktigste for valg av boligen og finansieringsmodellen fra Husbanken. Energifokuset spilte ingen rolle for at de ble interessert i prosjektet men heller ønsket om et nytt hus. Ønsket om bedre termisk komfort ble også nevnt.

Paret (1) har ikke bevisst tenkt over at Løvåshagen var et forbildeprosjekt for lavenergiboliger / passivhus før de flytta dit. Han sier at *"Det var trykt i katalogen da, prospektet, så sto det noe om det med lavenergi og passivhus og sånn"*, men de forsto egentlig ikke hva det innebærer. De var ikke heller skeptiske til

lavenergifokuset "fordi at vi visste ikke noe om noe. Og etter hvert når vi hadde kjøpt og lest litt om det da, så tror jeg egentlig bare vi synes det var litt spennende at, ja – det er noen nye løsninger som gjør at vi skal spare strøm" (Intervju 1).

### **Styringssystemer / kontroll**

Kvinnen i intervju 5 forteller at de styrer ventilasjonsanlegget etter behov. På natten og når de ikke er hjemme står det på nivå 1 (lavest). For å sirkulere luften når de har besøk eller vil få større luftskifte sette de ventilasjonene på nivå 3. De bruker ikke av-/på-knappen som slår av strøm i leiligheten (unntatt varmtvann og ventilasjon) veldig mye, kun når de reiser bort. Den automatisk styrte solavskjermingen ble koblet fra hvis de bruker av-/på-knappen og den ønsker de ikke å slå av. De synes også at det er greit at solavskjermingen er styrt automatisk. I noen tilfeller, når de ønsker å få solen inn eller ikke ønsker innsyn, kan de også overstyre den automatiske funksjonen manuelt. Det er ikke noe problem, sier kvinnen.

Kvinnen i intervju 3 kommenterer at det er vanskelig å skifte filter på ventilasjonsanlegget. Den er under taket og man trenger skrujern for å åpne den. Systemet kunne vært laget mer brukervennlig: "Du er avhengig da, av hjelp, for å skifte det dumme filteret. Ikke for å skifte filter, men du er nødt til å være to, for den ene må skru og den andre må holde døren. Og det irriterer meg." (Intervju 3). Hun sier også at de fikk en enorm mappe med informasjon om huset når de flyttet inn. Den inkluderte også en brosjyre om ventilasjonen, men man "må gidde å lese den".

Ventilasjonsanlegget betegner hun som "et veldig intelligent anlegg." Hvis man åpner vinduene mye, "så blir (energi og luft) balansen på en måte ødelagt. Og ergo så bruker du strøm for å få balansen på plass igjen. Det er jo ikke verre enn det. Så det er jo opp til deg sjøl det, om du vil ha det åpent hele tiden sånn sett, da. Men da er litt av vitsen med dette opplegget (passivhus) her borte." (Intervju 3)

Kvinnen (3) bruker ikke av-/på-knappen lenger. Hun gjorde det i starten men fikk problemer med komfyren. Hun forteller at: "Jeg fikk en til å reparere den fordi det er på grunn av klokken. På grunn av at det er klokke på komfyren så er det et eller annen slags styr. Så at det blir akkurat som om strømmen går hver gang du gjør det. Og den er ikke beregna på å takle at strømmen går minst en gang i døgnet, eller et par ganger i døgnet. Så dermed så gjør jeg det nå når jeg reiser på ferie. Eller, når jeg er borte i lengre tid så gjør jeg det (dvs. å bruke av-/på-knappen). Men ikke ellers." (Intervju 3).

Mannen i intervju 2 bruker av-/på-knappen hele tiden. Han sier at det har blitt helt automatisk for han å slå av den når han forlater huset. Han synes funksjonen fungerer veldig bra. Dette er ikke paret i intervju 1 enig i. Når de (intervju 1) ble spurt om de bruker av-/på-knappen. De bruker den ikke i det hele tatt fordi man ikke kan bestemme selv hva man slår av. Han sier at: "Hvis vi kunne programmert den til å virke på de stikkontaktene vi vil at den skal virke på, så kunne vi ha brukt den. Men i dag synes jeg den der er utrolig irriterende. Fordi den slår av komfyren, den slår av klokken. Jeg gidder ikke å stille klokken hver dag" (Intervju 1). Det samme gjelder fryseboksen og Pc-en hvis den står på og den gjør vanligvis det i deres husholdning. Bryterens plassering er også ugunstig i forhold til småbarn. Gutten deres fikk tydelige instruksjoner om å aldri bruke bryteren. Paret forteller også flere ganger om varmekabler på badet som styrer seg selv. Det blir litt utydelig om de ikke kan innstille temperatur eller slå dem av.

Mannen i intervju 2 har ikke fått noe opplæring på hvordan ventilasjonsanlegget brukes men har funnet ut av det og synes det fungerer.

Mannen i intervju 4 synes at av-/på-knappen fungerte bra. Han synes ikke det var overstyrende og synes all styringsmulighetene "var helt fantastisk". Han brukte den hele tiden.



### **Energiforbruk / synspunkter**

Mannen i intervju 4 flyttet fra Løvåshagen pga. jobbsituasjonen. Han sier at den største forskjellen er strømregningen, som var mye lavere på Løvåshagen enn den han får nå.

Kvinnen i intervju 3 setter stor pris på den lave strømregningen. Men hun tilføyer at: *"Du må jo bruke strøm til å lage mat og alt det. Så folk som tror at du skal ha null strømavgifter, det blir jo litt feil."*(intervju 3). Hun følger med på eget energibruk og synes hun har lave utgifter. Hun sammenligner regningene og sjekker hvor mye hun har brukt. Allikevel bruker hun ikke spesielt mindre strøm enn i gamle leiligheten hvor oppvarming og varmtvann var inkludert i felleskostnadene. (I 2009 og 2010 brukte hun mellom 70-90 Kwh/m<sup>2</sup>/år på Løvåshagen.) Hun på ble spurt om energibruken er et samtaleemne mellom beboerne. Hun svarer at det er det ikke lenger nå. Det første året så var det et tema og noen naboer mente de fikk for høy regning i forhold til andre. Hun mener at det var faktisk noen feil i starten. Men nå er det ikke noe som hun får med seg lenger. Det har blitt en vane å bo i et energieffektivt hus, men i starten var aller ganske opptatt av det. Også folk som kom på besøk var opptatt av det.

Mannen i 50 årene (intervju 2) har kunnskap om egen energibruk og forteller at han følger med. Han er både opptatt av miljøaspektet og at han kan spare penger. Til tross for at han er opptatt av å spare energi og bruker å slå av alt utstyr når han forlate leiligheten synes han at han bruker mye strøm. Han var overrasket over at det ikke ble redusert enda mer siden han har valgt å flytte til passivhus (energibruken ligger på 84-90 Kwh/m<sup>2</sup>/år).

Paret (1) vet om eget energibruk men har ikke tallene akkurat da. For å følge med kunne man først laste ned et program fra BKK men det forsvant etter hvert. (fungerte ikke?). Målet deres er å bruke så lite energi som mulig men det skal ikke gå ut over bokvaliteten! De jobber med små tiltak for å spare: de slår av lyset, har byttet lyspærer til LED lys og har kjøpt hvitevarer med energimerke A. Men de mener ikke de har endret mye på vanene deres ellers, f.eks. TV og PC står mye på.

### **Generelt**

Når paret i intervju 1 ble spurt om hva de synes som er det beste med å bo på Løvåshagen nevnes det veldig mange praktiske forhold som for eksempel at man har garasje, at det er kort vei til å kaste søppel, at man kan gå ut på bakkeplan på en siden av leiligheten (ligger i skråning). Utsikten til skogen ble også framhevet og solforholdene. Det å ha vinduer mot tre sider ble også beskrevet som positiv i forhold til utsikt og lys.

Mannen i intervju 2 som bor på bakkeplan i passivhus synes derimot ikke at skogen er hyggelig, men den ødelegger for sol og lys i hans leilighet. Generelt syns han at utformingen av boligen er vellykket. Han synes det er veldig fint med dype vinduskarmer pga av de tykke veggene. Og at det er svære vinduer i leiligheten som går nesten helt fra tak til gulvet. Det var det som han la mest merke til i starten, også at leiligheten virker gjennomført solid. Om arkitekturen sier han at det ikke ser spesielt miljøvennlig ut og at han ikke tror de har brukt spesielt miljøvennlige materialer.

Kvinnen i intervju 3 synes at det er luftig og at hun har god plass. Hun ville bo mot skogen og synes lysforholdene er bra nok, selv om hun kunne ønske seg litt mer sol. Hun likte arkitekturen og fargene som ble brukt. Hun er litt opptatt av miljøet og sier at ved å bo her og ikke ha bil, så gjør hun sitt. Hun kildesorterer også. Men det å ikke ha bil gjør at hun har råd til å reise ("re-bound effect"), noe som gir henne litt dårlig samvittighet. Hun synes ikke at arkitekturen på Løvåshagen gjenspeiler en miljøvennlig bygning. Hun har aldri tenkt over hvordan en bygning kan gjenspeile at den er miljøvennlig, heller. For å oppleve høy bokvalitet generelt sier hun at: *"Inneluften synes jeg er ganske viktig, materialene som er brukt og stedet du bor på."*

Mannen i slutten av 40-årene i intervju 4 likte det miljøvennlige konseptet og er generelt veldig positivt til Løvåshagen. Han synes også at orienteringen av hans leilighet mot skogen var greit. Borettslaget synes han var overadministrert. Generelt beskriver han Løvåshagen som et flott sted å bo på og han ville omtale det positivt for andre.

Kvinnen i intervju 5 synes det er enkelt og greit å bo i leiligheten. Før hadde de stort hus og hage og det var mer jobb.

## Oppsummering Løvåshagen

### *Inneklima*

Generelt er beboerne fornøyd med å bo på Løvåshagen. Termisk komfort og luftkvaliteten er beboerne som ble intervjuet i 2012 alle sammen fornøyd med. Et oppfølgingsintervju (intervju 5) viser at beboeren er mer fornøyd nå enn hun var i 2010 hvor hun beskrev innetemperaturen på sommeren som uutholdelig varmt. Hun har montert automatisk solavskjerming etter intervjuet i 2010 og klarer så å holde innetemperaturen på et behagelig nivå. Alle beboerne sier at temperaturvariasjonen er liten, selv om de har vært bortreist holder innetemperaturen seg ganske stabilt. Når det er noen varme dager om sommeren, lufter beboerne ut. Ingen virker å være like plaget av for varm innetemperatur om sommeren som det ble rapportert i intervjuene fra 2010. Dette kan som tidligere nevnt henger sammen med etter-montering av solavskjerming, justering av lufttilførsel, og luftevaner. Hypotesen at bygninger har ofte problemer i innkjøringsfasen kan også være en relevant forklaring.

Luftkvaliteten og luftskifte gjennom ventilasjonsanlegget var alle intervjupartnerne fornøyd med. Flere sover konsekvent med vinduet igjen på natten, mens noen åpner vinduet av "gamle vaner" selv om de egentlig ikke mener at det er nødvendig. Det var ingen klager over tett og innestengt luft og heller ikke over lukt som sprer seg gjennom ventilasjonen. Luftkvaliteten og termisk komfort ble nevnt av flere intervju partnere som de mest positive opplevelsene med å bo på Løvåshagen.

### *Styringssystemer*

Det er uenighet om brukbarhet av styringssystemene som for eksempel av-/på-knappen som skal slå av strømmen (unntatt utstyr som trenger strøm gjennomgående) når beboerne forlater leiligheten. Noen bruker den, andre bruker den ikke. Noen sier at de ville ha brukt av-/på-knappen hvis valgmulighetene over hva man slår av hadde vært større. De som ikke bruker knappen sier at de har ingen kontroll over det som ble slått av og at det er uheldig at elektriske klokker på komfyren, fryser, og PCer blir slått av. De som synes at knappen fungerer bra har ikke nevnt at det er problematisk ifm fryser eller klokker. Gjennom et intervju blir det tydelig at det bør finnes muligheten til å koble seg til en strømkrets som ikke slås av. Det virker ikke sånn om det ble gitt tilstrekkelig informasjon om dette til beboerne. I denne leiligheten som har hatt problemer med av-/på-knappens funksjon, har det imidlertid vist seg ved en kontroll av det elektriske anlegget at det feilaktig ikke ble strukket inn en ekstra ledning på alle rommene i leiligheten (intervju 5, LE-hus). Det skulle være installert to strømkretser slik at man kunne velge enten å koble seg til den som slår seg av eller den som ikke slår seg av ved bruk av av-/på knappen (varmtvannstanken, ventilasjon, TV-/dekker, PC etc. skulle kunne kobles til den). Beboeren (intervju 5) oppdaget feil i strømkretsen da han bestilte etter-montering av flere stikkontakter. Han fikk beskjed om at oppretting av feilen ville være for komplisert. Noen av de andre beboerne hvor systemet fungerer, bruker av-/på-knappen og er fornøyd med funksjonen. Det tyder på at det ikke er installasjonsfeil i deres leiligheter.

Vedlikehold av ventilasjonsanlegget er beskrevet som ikke veldig brukervennlig og det er forbedringspotensial for å gjøre det enklere for beboerne å skifte filter. Styringssystemet med nivå 1-3 virker å fungere bra og beboerne bruker kontrollmulighetene som de har. Beboeren som har ettermontert solavskjerming

synes også at den automatiske styringen av solavskjermingen fungerer bra, men hun synes det er viktig at hun kan styre den manuelt hvis det er behov for det.

### *Energibruk*

De fleste beboerne synes at de bruker mindre energi enn før. De er delvis opptatt av å spare strøm, noen passer på å slå av lyset og har byttet lyspærene. Målingene viser at energibruk mellom leilighetene er svært variert og at mange leiligheter ligger over det som er definert som grenseverdi for passivhus. Stor spredning av målte verdier mellom leilighetene er ikke uvanlig i større prosjekter, men gjennomsnittsnivået ligger for høyt. Forskjellen mellom passivhus og lavenergileilighetene er heller ikke veldig stor.

Vi antar at der er tekniske årsaker som fører til det høye energiforbruket, og ikke i første rekke brukervaner. Men for å kunne si noe kvalifisert om det må det gjennomføres formålsdelt energimåling, detaljert på energipostnivå.

### *Kunnskap og markedsføring*

Noen av beboerne sier at miljøaspektene og energiløsningene var viktig for dem når de kjøpet leiligheten, mens andre hadde lite kunnskap om hva lavenergi- eller passivhuskonseptet innebærer. Til tross for at energikonseptet var viktig for noen er andre aspekter, som økonomi, beliggenhet, type leilighet, og tilgjengelighet via bakkeplan etc. like viktige eller viktigere aspekter når folk skal kjøpe.

ByBo hadde også som mål å bygge leiligheter til ulike brukergrupper for å utvide kretsen av potensielle kjøpere. I dagens marked er ikke passivhus et etablert konsept enda men når det blir mer vanlig å bygge / kjøpe boliger på passivhusnivå blir energistandarden kanskje et av kjøpeargumentene, mens andre kvaliteter som beliggenhet, boligkvalitet, økonomi etc som alltid har vært viktig når man skal kjøpe en bolig er fortsatt like viktig. En bolig kommer aldri kun til å bli solgt fordi den oppfyller passivhuskravene, men pga kvaliteten i sin helhet. Dette blir også tydelig i avsnittet om generell tilfredshet og de argumentene som beboerne nevner for å beskrive hvorfor de trives i leiligheten sin. Inneklimaaspektene er de aspektene som øker trivsel som kan knyttes til passivhuskonseptet. I framtidig markedsføring burde det kanskje settes større fokus på dette.

## **6.2 NorONE, enebolig med utleieenhet på Sørumsand**

I 2007 ble det ferdigstilt en enebolig med utleieenhet på Sørumsand, som i 2009 ble sertifisert i Tyskland etter passivhusinstituttets kriterier. Husbanken støttet pilotprosjektet, og byggherren kalte det NorONE med eget nettsted <http://www.norone.info/>. Huset ble prosjektert av Stephan Blohm i passivbau<sup>o</sup> i Kaltenkirchen i Tyskland<sup>17</sup>. Den norske arkitekten Torild Grønvold har bidratt med noen skisser. Byggherren Harald Ringstad var ansvarlig selvbygger overfor kommunen og bidro mye både til detaljutforming og koordinering mellom lokale og tyske håndverkere, leverandører og prosjekterende. SINTEF Byggforsk var involvert som rådgiver for teknisk utstyr.

”NorONE” er en relativ stor og tradisjonell enebolig med hovedplan og loftsetasje pluss utleieleilighet i underetasjen. Utleiedelen er på hele 80 kvm, og bygningens totale bruksareal er ca. 340 kvm (etter passivhusinstituttets arealregler bare 322 m<sup>2</sup> oppvarmet areal). Tillufta til et balansert ventilasjonsanlegg ledes gjennom en jordvarmeveksler, hvor den forvarmes om vinteren og avkjøles noe om sommeren. Det gjenværende varmebehovet for romoppvarming og varmt forbruksvann dekkes av gråvann-varmeveksler, vakuumsolfanger, luft-til-vann-varmepumpe samt el-kolbe til spisslast. Etter byggherrens ønske ble det installert både vannbåren gulvvarme og vedovn. Han la også vekt på energieffektivt utstyr og belysning.

<sup>17</sup> [www.passivbau.net](http://www.passivbau.net)

Ambisjonen for å bli selvforsynt med strøm lot seg ikke gjennomføre ettersom byggherren ikke fant tilstrekkelig finansiering for solceller på taket.

Tore Wigenstad i SINTEF Byggforsk varslet tidlig at systemet er altfor komplekst og har for mange komponenter for å kunne være kostnadseffektivt. I praksis viste det seg at mye måtte justeres før styringen fungerte godt. Det norske ventilasjonsaggregatet var overdimensjonert og ble erstattet av et bedre tilpasset tysk produkt som også har høyere grad av varmegjenvinning. Konstruksjonen er nærmere beskrevet i SINTEF Byggforsk prosjektrapport 86-2011 (Klinski mfl. 2011).

## Målinger

Eieren har installert et omfattende oppfølgingsystem med ulike målepunkter på forskjellige parametre. Tabellen med målte verdier fra 2008 til begynnelsen av 2012 ble stilt til disposisjon for prosjektet, sammen med et skriftlig svar på de fleste spørsmål som er relevant for rapporten<sup>18</sup>. Det var i prosjektet ikke tilstrekkelig rom for å kvalitetssikre regneark og tall, men dette vil være en mulighet hvis prosjektet blir forlenget. Lekkasetallet var tidligere målt til 0,39, dvs. betydelig under passivhuskravet.

Som

Figur 23 viser, er energiforbruket totalt gått kontinuerlig ned hvert år og lå i 2011 ved 60,6 kWh/m<sup>2</sup>. Det samme gjelder energibruk til romoppvarming, hvis en tar hensyn til at vinteren i 2010 var betydelig kaldere enn i året før. I 2011 ble det brukt 20,9 kWh/m<sup>2</sup> til oppvarming av huset; regnet etter norske regler for oppvarmet BRA, vil tallet være 19,8 kWh/m<sup>2</sup>. Energi levert av solfangere og gråvannsvarmeveksler har økt hvert år.

				2008	2009	2010	2011	2012
Totalt års strømforbruk			kWh	25.768	25.333	23.179	19.436	
Totalt strømforbruk	kvm	322	kWh	80,0	78,6	72,0	60,6	
Oppvarming hele huset			kWh		10.714	11.346	6.732	
Oppvarming hele huset	kvm	322	kWh		33,3	35,2	20,9	
Energiproduksjon solfanger			kWh		932,0	1290,0	1.380	
Energiproduksjon solfanger per kvm (6kvm)			kWh		155,0	215,0	230,0	
Energiproduksjon gråvanngjenvinner			kWh			460,0	579,0	
Vannforbruk, ca personer			m <sup>3</sup>		264,0	236,0	283,0	
2009: Solfangeren var noen måneder på sommeren ute av drift								

**Figur 23** Målt energiforbruk og energiproduksjon i prosjektet NorONE i 2008-2011. Tallene er ikke temperaturkorrigert.

Jordvarmeveksleren har vist seg som svært effektiv.

Figur 24 viser et eksempel hvor temperaturen heves fra -26,7 °C ute til -0,8 °C før luftinntaket til varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget. Med dette blir varmegjenvinningsgraden totalt mye høyere enn med gjenvinneren i ventilasjonsanlegget alene.

<sup>18</sup> E-post fra Harald Ringstad, sendt til Michael Klinski 15.1.2012, med vedlegg.

NorONE			Utetemperatur			manuell avlesning // Ventilasjon					
2010			Außentemperatur			avkast	inntak	tilluft	fraluft	Virk.grad	
uke	dato	dg	lst	min	max	Fortluft	Aus.l.	Zuluft	Abluft	VA	sum
1	9.1	7	-26,7	-28,2	-10,3	4,2	-0,8	14,8	19,5	76,8	89,8

**Figur 24** Eksempel på varmegjenvinningsgrad av ventilasjonsanlegget i samspill med jordvarmeveksleren. Temperaturen heves fra -26,7 til 0,8 °C før friskluft tas inn i ventilasjonsanlegget. Anlegget alene har målt gjenvinningsgrad på 76,8 %. Gjennom forvarming av uteluft i jordvarmeveksleren blir gjenvinningsgraden økt til 89,8 % totalt selv på en dag med svært lav utetemperatur.

### Skriftlig svar og intervju

Eieren sendte et skriftlig svar på relevante spørsmål og ble intervjuet av Michael Klinski 17.1.2012. Det ble dessuten benyttet et tidligere sammendrag datert 1.7.2008 som sammenfatter byggherrens erfaringer fra de første månedene etter innflyttingen<sup>19</sup>.

Huset ble prosjektert og energiberegnet i Tyskland, men byggherren tok selv ansvar for å koordinere prosjektering av teknisk utstyr. Dimensjoneringen ble så gjennomført av norske produsenter/leverandører uten at den tyske passivhusingeniøren hadde direkte innflytelse på valgene som ble tatt. Eieren innrømmer i intervjuet at ”en del er min feil”. Det opprinnelige ventilasjonsanlegget ble dimensjonert for stort, og dessuten ble det montert lite effektive motorer, som leverandøren kort tid etterpå ikke lenger hadde i programmet. Etter at ventilasjonsaggregatet var skiftet ut, gikk energiforbruket til ventilasjon ned fra 2600 til 600 kWh i året. Andre komponenter var lite gjennomprøvd eller prototyper, og mye ble derfor endret eller skiftet ut etter hvert. Varmepumpa ble ikke satt i drift før sommeren 2011 og er foreløpig lite effektiv. Eieren ”har enda ikke gått i dybden hvorfor det er slik”.

Siden det var lite passivhuskompetanse i Norge i 2007 var prosjektet krevende, og byggherren overtok mye ansvar selv. ”Men av en eller annen grunn gikk det stort sett bra”, som han skriver. ”Selve huset ble satt opp av et meget dyktig selskap som hadde god kontroll og styring. Flere av de andre handverkerne jobbet dessverre stort sett uten kvalitetssikring. Flere problemer oppsto”. Byggherren fungerte selv som en slags byggeleder og ”ga meg ikke før alt ble bra”. Det var også han selv som tettet rør- og kabelgjennomføringer i underetasjen. Mens det var et tysk firma som leverte og monterte prefabrikkerte vegg- og takelementer, var norske aktører ansvarlig for gravearbeider og vegger i underetasjen. Dette gikk bra, og utførelsen av veggene ble kvalitetssikret av Leca-medarbeidere som flere ganger kom på byggeplassen. Mindre heldig gikk det med den første norske snekkeren, men dette var ifølge byggherren ”ikke farlig” siden arbeidene ikke berørte det som var essensielt for passivhuskonseptet. Byggherren valgte også installatørfirmaene selv. Ifølge ham var det disse arbeidene som var de mest problematiske i utføringen.

Etter ferdigstilling ble det foretatt flere større og mindre endringer og justeringer, som sammen har ført til betydelige redusert energibruk (se ovenfor under målinger). Energiforbruk til oppvarming ligger fortsatt et stykke over passivhuskravet. Eieren mener at det henger sammen med at leieboerne har soveromsvinduet oppe om vinteren og at det i er noe høyere innetemperaturen enn de 20 °C som passivhusberegningen går ut i fra. Han ser at også gulvvarmen med sin treghet kan bidra til noen ekstra kilowattimer. Dette gjelder spesielt

<sup>19</sup> Vedlegg til e-post fra Harald Ringstad, sendt til Michael Klinski 15.1.2012. Sistnevnte var som representant for Husbanken også tidligere involvert i passivhusprosjektet og i tett kontakt med eieren.

på badet hvor det er oppvarming noe utover vanlig fyringssesong med noe ekstra distribusjonstap når det er varmt nok i andre rom. Dette ville han i dag heller løse med varmekabler istedenfor tilknyttet det vannbårne systemet. ”Gulvvarmeanlegget er noe overdimensjonert (men det visste vi jo). (...) Gulvvarmen var over hele vinteren koblet av i kjelleren. Og temperaturen var likevel aldri under 17-18 grader”, skrev han allerede i 2008. Det temperaturstyrte ettervarmingsbatteriet i ventilasjonsanlegget kobles aldri inn. Vedovnen blir bare brukt en sjelden gang, 3-4 ganger i siste høst. I gjesterommet som stort sett er ubrukt, blir det selv uten oppvarming aldri kaldere enn 16-17 °C. Eierne ser det i dag som ulempe at det ikke er et kaldt kjellerrom utenfor klimaskjermen.

Den første vinteren hadde eierparet soveromsvinduet oppe om natta. Dette er ikke lenger tilfelle ettersom de opplever luftkvaliteten med balansert ventilasjon som svært bra. Den første sommeren ble det delvis over 30 °C inne hvis dører og vinduer var lukket. Ved å åpne disse tidvis, var det mulig å oppnå behagelige temperaturer. Dette var imidlertid vanskelig å gjennomføre når eierne var på jobb, og de har derfor anskaffet automatiske markiser. Fra og med andre sommersesong var det derfor ikke lenger overtemperaturer i hovedleiligheten. I underetasjen med mindre solinnstråling er markiser ikke nødvendig for å oppnå behagelige sommertemperaturer.

I 2008 var luftfuktigheten gjennom hele vinteren ”under 30 %, ofte bare 22 %.” Målte verdier viser delvis enda lavere fuktighet. Dette var mens det opprinnelige ventilasjonsaggregat var i drift, med et halvt luftskifte per time etter norske anbefalinger. Det nye aggregatet har standardluftskifte på 0,3 etter anbefalinger fra passivhusinstituttet. Produsenten har dessuten stilt til disposisjon en såkalt entalpivarveksler som gjenvinner fukt fra avtrekksluften. Entalpivarveksleren er et noe dyrere alternativ til den vanlige varveksleren og kunne i prinsippet brukes hele året, men Eierne av NorONE skal prøve ut hvordan den fungerer i praksis og skifter til den når fuktighet om vinteren er lav. ”Dette gir oss en fuktighetsøkning fra 20 til 35 %. (...) Vi føler at vi har kontroll på dette, altså at vi ikke har det for fuktig.” Der er lett å skifte fra vanlig varveksler til entalpivarveksler. I utleieenheten sto stue-/kjøkkenarealet en stund uten ventilasjon. Det viste seg snart at luftfuktigheten ble altfor høy. Det viser at ventilasjonsanlegget fungerer godt.

”Målinger viser at gjenvinneren reduserer sin virkningsgrad tydelig når filterne er urene. Bytte av filter 2 ganger i året ser ut til å være nødvendig. Ventilasjonsanlegg må monteres lett tilgjengelig. Og det bør være et krav at alle hus med ventilasjonsanlegg må tegne en serviceavtale med et selskap som kommer 1-2 ganger i året.” Det har ikke vært problemer med frost ettersom jordvarveksleren sørger for effektiv forvarming av uteluft. Med entalpivarveksler blir det heller ikke kondens i aggregatet. Jordvarveksleren er helt ren når den inspiseres.

”For utleieleiligheten får vi en svært høy leie, pga. leilighetens kvalitet”, skrev eieren i 2008. Til gjengjeld var siste årets energiregning på bare 500 kroner per måned, tilsvarende 6,25 kr/m<sup>2</sup>. Også leieboerparet er svært fornøyd med sin bolig.

Harald Ringstad ser ingen motsetninger til nordisk bokultur. ”Om sommeren lukker vi opp dører og vinduer som vanlig. Ser også at leieboerne nede alltid har soveromsvinduet oppe om natten, så det går også greit.” Med hensyn til vedlikehold ser han ”ingen momenter som er spesielt med passivhus i forhold til andre hus”, og han mener hus som NorONE er egnet for volumproduksjon.

### 6.3 Rudshagen, eneboligfelt på Mortensrud i Oslo

#### *Prosjektbeskrivelse*

Rudshagen Borettslag (BRL) på Mortensrud består av 17 passivhus, fordelt på 3 tun. Prosjektet består av eneboliger med carport, og hvert hus er på 116 m<sup>2</sup> BRA over to plan.

Tiltakshaver for prosjektet er OBOS Nye Hjem AS. Entreprenører for prosjektet har vært Mesterhus ved to av deres bedrifter: Håndverksbygg AS og LBL. Grunnarbeidene ble utført i egen byggherrestyrt entreprise. Byggeperioden har vært fra oktober 2010 til våren 2012.

Det siste tunet er under ferdigstilling nå, og vil trolig bli innflyttet i februar/mars 2012.

Boligene er kåret av byggebransjen til "Årets beste nyskaping" i 2011.

Det er gjennomført intervjuer med tiltakshaver (OBOS), og med entreprenørene (Mesterhus og utførende firma Håndverksbygg AS). Det er ikke gjennomført intervjuer med beboere eller driftspersonale, fordi det siste tunet ennå ikke er ferdigstilt og innflyttet.

Husene er bygget som passivhus med luft-til-vann varmepumper, og vil få energiklasse A. Varmepumpene er eneste varmekilde i husene, med unntak av elektrisk strøm. På hus nr. 14 (i øverste tun) er det imidlertid 22 m<sup>2</sup> solfangere istedenfor varmepumpe, fordi det skal gjennomføres et forskningsprosjekt hvor energiproduksjonen fra solfangere skal sammenlignes med energiproduksjonen fra varmepumpe i ellers sammenlignbare hus.

I området ligger også to andre OBOS-borettslag med relativt lik design og planløsning:

- Mikkelsgrenda BRL som består av 24 tilsvarende hus, men som var planlagt som lavenergihus. Boligene er ferdigstilt og innflyttet for ca. 5 år siden. 6 av husene har tilsvarende varmepumpe som Rudshagen og har fått energiklasse B, mens de øvrige boligene har energiklasse C, bl.a. fordi tettheten ikke var god nok. To av de seks boligene med varmepumpe bruker omtrent den energien som var forventet utfra beregninger, og OBOS vet ikke om beboerne har endret noen brukeratferd for å oppnå dette. Men de boligene som bruker mest energi bruker dobbelt så mye som beregnet, og der har beboerne oppgitt at de ikke har vært opptatt av energisparing. Energimålingene for boligene for alle disse tre borettslagene må derfor følges opp av undersøkelser av brukeratferden for å få mer kunnskap om energiforbruket.
- Stensbråten BRL er et planlagt, nytt boligfelt med 34 passivhus relativt like de i Rudshagen BRL. Dette feltet er nå til prising, og salg på prospekt vil starte i løpet av våren 2012.

#### *Erfaringer fra prosjektering og byggeprosess*

Rudshagen BRL ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme, og fikk pålegg om tilkøpling, samt et krav om anleggsbidrag på ca. kr. 650.000,- for 17 hus. I tillegg krevde Hafslund et eget teknisk hus for dette, samt ca. 1 m<sup>2</sup> for teknisk installasjon i hvert av husene. Samlet ble da merkostnadene så høye at OBOS fant ut at de heller kunne bygge passivhus og dermed slippe kravet om tilkøpling til fjernvarmeanlegget. Initiativet til å bygge Rudshagen BRL som passivhus kom dermed fra byggherren OBOS. Det var ikke registrert noen initiativ eller ønsker fra kjøpergrupper om passivhus på Mortensrud.

OBOS kontaktet Mesterhus for rådgivning og gjennomføring av dette prosjektet, og Mesterhus formidlet kontakt videre to av sine tilknyttede bedrifter for selve gjennomføringen av prosjektet Rudshagen BRL, og forhandlet pris om oppdraget. De to bedriftene var Håndverksbygg med ca. 20 ansatte, og LBL med 10-12 ansatte. Formelt var Håndverksbygg hovedentreprenør og LBL underentreprenør, men de har i praksis operert som likeverdige partnere i prosjektet.

Den prinsipielle administrative organiseringa av byggesaken innebar at OBOS v/utviklingsavdelinga utarbeidet et hovedkonsept, og OBOS leverte rammesøknaden. Entreprenøren utarbeidet i prinsippet detaljtegningene, og kunne eventuelt knytte til seg arkitektfaglig kompetanse for dette. De knyttet imidlertid til seg mange rådgivere: i tillegg til støtten fra Mesterhus sentralt, bidro også Treteknisk Institutt og SINTEF Byggforsk. Etter hvert ble også leverandørene involvert i utviklingsarbeid for nye løsninger, og særlig ble Isola og Glava trukket frem som viktige bidragsytere.

Den involverende prosessen førte til at de ansatte/utførende også opplevde et stort eierskap til de løsninger som ble utviklet, og de var svært oppsatt på å få gode resultater – det "gikk sport i det".

#### *Valg av tekniske løsninger*

Hovedprinsippene for passivhusene var på prosjekteringsstadiet:

- Kubisk huskropp, og planløsningen var så kompakt og arealeffektiv som mulig
- Det var planlagt 40 cm isolasjon i vegger og golv, og 50-60 cm isolasjon i tak
- Passivhusvinduer og dører, med U-verdier = 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Ekstremt god tetthet, med lekkasjetall maks. 0,6 (mot forskriftskrav på 2,5)
- Balansert ventilasjon med minimum 80 % varmegjenvinning
- En luft-til-vann varmepumpe i hvert hus, for å dekke deler av energibehovet for romoppvarming og varmt forbruksvann.

Glava bidro til å finne en løsning hvor veggtykkelsen kunne reduseres fra 40 cm til 35 cm med samme ytelse, bl.a. ved at man kunne ta i bruk den nyutviklede "Glava ekstrem 33". Ytterveggene hadde to lag stendere, og det var det innerste laget som var bærende. Det ytterste bar kun kledningen. Diffusjonssperra ble lagt 10 cm ut fra innsiden av vegg, dvs. på utsiden av de innerste, bærende stenderne. Det var minimal kontakt mellom indre og ytre lag med stendere, og det var kun kontakt via noen spesialutviklede skruer som kunne redusere risiko for kuldebro via disse kontaktpunktene. Vinduene ble satt inn ca 5 cm inn fra fasadelivet, og med særlig fokus på tetting rundt vinduene.

På grunn av løsningen for isolasjonen ble boligene bruksareal ca. 3 m<sup>2</sup> større enn prosjektert fra OBOS. Dette førte imidlertid til at det måtte inn mer innvendige materialer i form av parkett osv., og at det var plass til 10 cm mer kjøkkeninnredning. Disse merkostnadene måtte bæres av Håndverksbygg.

Håndverksbygg har også hatt utfordringer knyttet til løsninger for dampsperrer, plassering av radonsperre, og kuldebroløsningene. Det har også vært utfordringer med overgangen fra fundamenter til svill og vegg (inkl. tetting også her), og flere andre problemstillinger. Det har generelt vært mye som har måttet løses underveis. Preaksepterte løsninger ble stort sett bare benyttet for oppbygning av baderom/våtrom, og for oppbygning av tak. Det var også enkelte andre preaksepterte løsninger som ble benyttet for andre detaljer.

#### *Byggeprosessen*

Håndverksbygg AS brukte byggetelt for å sikre konstruksjonene mot fukt. Dette var en meget bra løsning, og alle involverte parter har vært fornøyd med dette valget. Byggeteltene var imidlertid dyre i innkjøp: hvert telt kostet ca. 550.000,- og ble flyttet fra bygg til bygg med kran. Entreprenørene mente likevel at det var en god investering, fordi det var en flott arbeidsplass som resulterte i høy kvalitet på bygget, og de kan bruke teltene om igjen på seinere prosjekter. Elementproduksjon var imidlertid også vurdert som alternativ til å benytte byggetelt, men ble forkastet pga. utfordringene med tetthet i sammenføyningene.

Byggeteltene gjorde det mulig å kunne bygge opp ytterveggene "innenfra-og-ut", noe som ga en meget rasjonell produksjon på byggeplassen. På byggeplassen utgjorde imidlertid diffusjonssperra og tettheten de største utfordringene, og det ble brukt mye tid på å finne praktiske løsninger for tettheten rundt vinduene.

De første husene var meget tidkrevende, men etterpå gikk det veldig greit, og de vil bruke metodene og byggeplaszteltene om igjen i andre prosjekter – både i Håndverksbygg og i Mesterhus-bedriftene generelt.



Prosjektets fremdriftsplan ble overholdt, og prosjektet ble ferdigstilt iht. kontrakt. Totalt sett var ikke byggetiden lenger enn for normale byggeprosjekter (kanskje bare litt lenger).

#### *Utfordringer i prosjektet*

Utover utfordringene knyttet til valg av løsninger og byggemetoder, har det vært utfordringer knyttet til gjennomføringsmodellen. Det var valgt to små entreprenører som ikke hadde tilstrekkelig kunnskap og kapasitet til å gjennomføre grunnarbeidene for et så stort prosjekt, så disse arbeidene ble utført i egen entreprise, noe som OBOS anså for å være unødig arbeidskrevende.

Det var også noen mindre arbeider som ble tiltransportert hovedentreprenøren, og dette var heller ikke en stor suksess. Men fra hovedentreprenørens side trekkes det likevel først og fremst frem at denne type innovasjonsprosjekter må ha avtaleformer med større vekt på incitament for alle partene (ref. den reduserte vegtykkelsen som ga entreprenøren merkostnader).

#### *Byggskader og helserisiko*

Ingen av partene har rapportert om noen erfaringer med byggskader eller helserisiko i dette prosjektet. Heller tvert imot: Bygging under byggetelt er blitt trukket fram som er særdeles behagelig byggeplass, som i tillegg gir bygg med mindre risiko for potensielt helsefarlige fuktskader i ettertid.

#### *Gjennomsnittlig energiforbruk og variasjoner i energibruk*

Boligene er planlagt som passivhus, og de har i etterkant tilfredsstillt alle krav som er stilt til passivhus. For flere av måleparametrene har husene også vesentlig bedre resultater enn kravene til passivhus.

Tettheten på husene er blitt målt, og kontroll av luftlekkasjer viste svært gode måleresultater: Det beste bygget var helt nede i lekkasjetall på 0,17, og det dårligste bygget hadde lekkasjetall på 0,26. Til sammenligning var måltallet for dette prosjektet meget ambisiøst (på 0,6) i forhold til dagens forskriftskrav (på 2,5). Prosjektet har derfor også fått mye berettiget skryt for dette av andre i bransjen.

Energiforbruket er ikke tilstrekkelig målt og evaluert, og det siste tunet er fremdeles ikke innflyttet. Beboerne skal rapportere strømforbruket til OBOS, slik at de kan følge med på om forventningene blir innfridd, og dette følges opp, men de har foreløpig ikke klare resultater. Det er likevel 2 hus som etter innflytting rapporterer om for høyt energiforbruk. Hverken Håndverksbygg eller OBOS vet foreløpig hvorfor disse to husene har så høye målinger, og foreløpig teori går ut på at det kan være noe som ikke fungerer optimalt på varmpumpa.

#### Videre oppfølging av energiforbruk m.m. i boligene

OBOS gjennomfører rutinemessig en evaluering av alle byggeprosjekter, med sikte på å samle erfaringer fra beboerne om deres syn på alle faser av prosjektet. I dette tilfelle vil denne være spesielt grundig, med sikte på å få mer erfaring om passivhus. Erfaringer med drift og/eller inneklime vil få særlig stort fokus, og OBOS ønsker også å få opplysninger om beboernes atferd og prioriteringer. Denne kan tidligst gjennomføres på slutten av 2012, når alle har flyttet inn og samlet tilstrekkelig erfaring fra å bo i boligene.

OBOS ønsker også å kunne gjennomføre en vesentlig mer grundig og nyansert oppfølging av både energiforbruk, inneklime, komfort-temperatur, motivasjon og bruksmønster i disse boligene, eventuelt også endringer i bruksmønster. Beboerne rapporterer allerede nå jevnlig om sitt energiforbruk, men OBOS har nå søkt Enova om støtte til å installere mer omfattende måleinstrumenter for mer nyanserte resultater.

Det skal også gjennomføres et eget forskningsprosjekt på to av husene: SILVER er et forskningsprosjekt som er initiert av Aventa Solar (som leverer solfangere), prosjektet gjennomføres i samarbeid med UiO og finansieres av Norges Forskningsråd (NFR). Prosjektet tar sikte på å sammenligne energitilskuddet fra solpaneler (22 m<sup>2</sup>) og varmpumpe, for to ellers "identiske" passivhus (hus 14 og 15).

Rudshagen inngår også i et nytt forskningsprosjekt med temaet evaluering av boliger med lavt energibruk (EBLE) som støttes av Norges Forskningsråd 2012-2015.

#### *Brukervennlighet for vanlige brukere*

Ettersom det ikke er gjennomført noen brukerundersøkelser eller intervjuer av beboere ennå for dette prosjektet, kjenner vi heller ikke til beboerne opplevelse av prosjektets brukervennlighet.

OBOS har imidlertid noen erfaringer fra kontakt med mulige kjøpere under salgsprosessen. De registrerte bl.a. noe skepsis mht. om husene ville være for tette, og hadde spørsmål som: "Hva hvis strømmen går?", "Ødelegges systemet (evt. "alt") om vinduene åpnes?" m.m. OBOS så det dermed som meget viktig å bidra til å "normalisere" passivhusene – det er ikke mer hokus-pokus enn i vanlige hus osv.

Håndverksbygg møtte også fremtidige beboere på noen møter hvor passivhus/lavenergi var diskutert, og deres inntrykk var at kjøperne var veldig positive til passivhuskonseptet. Deres kontakt med kjøperne var imidlertid primært drøftinger om mulige tilvalg i de ulike husene, og det ble ikke registrert andre prioriteringer eller andre holdninger her enn i andre hus de har bygget andre steder.

#### *Vedlikehold*

Ettersom det ikke er gjennomført noen intervjuer med beboere, eller andre typer undersøkelser av driftserfaringer med bygget, foreligger det ingen opplysninger om vedlikehold av husene.

#### *Erfaringer fra markedsføring og salg*

Ved nybygg selger OBOS til fastpris, basert på prospekt og kalkulert pris.

Boligene på Rudshagen ble solgt for samme pris som om de var "vanlige hus". Husene ble priset uten at merkostnadene med at det var passivhus ble tatt med, og dette innebar at det var en lavere dekningsgrad til fortjeneste for OBOS. Dette ble gjort fordi de vurderte det som viktig å bygge opp erfaring med passivhus. OBOS hadde dessuten fått et tilskudd fra Enova på kr. 450,-/m<sup>2</sup>, og de hadde oppnådd en "besparelse" på å ikke knytte seg til fjernvarmeanlegget.

OBOS har normalt en policy hvor de ikke igangsetter bygging før mer enn 50 % av boligene har kontrakt om kjøp. I prosjektet Rudshagen hadde de et salgsmøte våren 2010, og det ble da bare solgt to hus, og etter en stund ytterligere to hus. Det var et meget tregt salg i startfasen, og bare 4 av 17 hus var solgt. Men ved å dele Rudshagen opp i tre delprosjekter kunne de definere at de hadde solgt 4 av 6 hus rundt dette tunet. Igangsetting av byggearbeidene for dette tunet ble dermed besluttet.

Det kan være tungt å selge boliger bare på prospekt og salget her gikk tregt i starten, men de vurderte ikke dette salget til å være tyngre enn i andre prosjekter. 2010 var dessuten preget av finanskrisa, og det var generelt et lavt salg. Det tok seg imidlertid generelt opp i løpet av året.

Mortensrud er et område som i utgangspunktet ikke er blant de mest attraktive på boligmarkedet. OBOS kunne ikke selge boliger i dette området på "utsikt", heller ikke på "beliggenhet", og betalingsvevnen for de som var interessert der var ikke blant de høyeste. Beliggenheten er også en begrensning for hvor høyt boligene kan prises, og det finnes større eneboliger til salgs i området for en lavere pris. OBOS vurderte derfor å selge på "passivhus", og kontaktet en trendforsker fra Multiconsult.

Trendforskeren ga dem råd om å ikke fokusere på passivhus, men på at dette er hus som generelt er gode å bo i, at ventilasjonsanlegget gir et godt inn klima, at husene er "energieffektive" osv. Det ble utarbeidet en ny salgsbrosjyre som også forklarte prinsippet bak passivhus, og OBOS lagde også en opplysnings-film om passivhus tilknyttet informasjonen om Rudshagen på nettet. På et nytt salgsmøte var det nå vesentlig større interesse for boligene, og det virket også som om det var mer bevissthet rundt energieffektiviteten. De vil

anslå at ca. 50% av kjøperne som da meldte seg hadde et bevisst forhold til at det var passivhus de nå kjøpte. Byggeaktiviteten på det midterste feltet var også startet, slik at mulige kjøpere også fikk et mer konkret inntrykk av husene. Alle de resterende husene ble nå solgt.

Salget av boligene på Rudshagen ville etter OBOS' syn ikke gått raskere dersom boligene ikke var passivhus, kanskje heller saktere. Det siste boligfeltet i området, Stensbråten BRL, skal også ha passivhus og vil få relativt lik design. Dette boligfeltet med 34 hus prises nå, og vil bli lagt ut for salg i nær fremtid. Her registrerer OBOS større interesse fra starten, og de har allerede folk på venteliste.

#### *Kostnader*

Prosjektleder og prosjektutvikler hos OBOS mente begge at de hadde fått et bedre prosjekt enn normal standard til en pris som lå relativt nær ordinære projektkostnader, og var meget fornøyd med økonomien i prosjektet. Men sett fra økonomiavdelinga i OBOS betraktes dette prosjektet som et "dårligere" prosjekt fordi det hadde mindre fortjeneste enn andre prosjekter.

De hadde ikke noen detaljert oversikt over ekstrakostnadene knyttet til at dette var passivhus, men ville anslå dette til å ligge rundt 1.300 kr/m<sup>2</sup>. Men disse kostnadene var som nevnt ikke tatt med i kalkylene som lå til grunn for salgssummen.

#### *Kunnskapsoverføring og fremtidige prosjekter*

Hverken OBOS eller Håndverksbygg foretok lengre reiser eller befaringer, eller deltok på kurs i forkant av byggesaken. Men de forsøkte å følge med i relevante tidsskrifter, og var bevisste på å rådføre seg med konsulenter/andre når de har behov for det.

Hverken OBOS eller Håndverksbygg vet foreløpig om noen løsninger de ville ha endret i prosjektet. Begge parter er også svært fornøyd med erfaringene fra dette prosjektet, både med bruk av byggetelt, og med en involverende og innovativ prosess som har skap eierskap til produktet hos alle involverte.

Dersom de skulle peke på områder hvor det er behov for videre utvikling, vil det første de tenker på være å følge med på utvikling av nye tette-produkter, og på utvikling av nye varmpumper.

Håndverksbygg og Erling Askautrud er meget opptatt av å formidle sin kunnskap videre. De har foreløpig formidlet kunnskap om passivhus på følgende måter:

- De har hatt mange skoleklasser på besøk på byggeplassen, både ungdomsskoler og videregående skoler, og både elever og lærere i grupper.
- De har vært i Estland og fortalt om sine erfaringer
- De har fortalt om sine erfaringer til representantskapet i OBOS
- De har formidlet dette til produksjonsbedrifter på Lørenskog
- De har hatt flere lærlinger fra Opplæringskontoret for tømmerfag i Oslo/Akershus
- Hele 3 ansatte tok svennebrev på OBOS-prosjektet på Rudshagen!
- De har hatt / vil ha intern opplæring av 30 Mesterhus-byggmestere for å formidle erfaringer.

OBOS har et ønske om å ta erfaringene her med seg videre, og de har konkrete planer om å benytte erfaringene i neste prosjekt på Mortensrud (Stensbråten). Men de legger foreløpig ikke opp til noen internkursing i OBOS om eneboliger/rekkehus som passivhus, bl.a. fordi eneboliger er et meget lite segment innenfor OBOS. De kunne imidlertid tenke seg å videreføre erfaringene fra Rudshagen til en boligblokk. De ville nok ikke startet med boligblokk som passivhus uten erfaringer fra mindre prosjekter først, fordi det er såpass mye penger investert i en boligblokk – og dermed også en større fallhøyde om prosjektet ikke blir vellykket. For boligblokker kunne det også være aktuelt å teste ut erfaringer med geovarme.

#### *Annet*

Stensbråten BRL vil være det neste passivhusprosjektet i dette området, og Håndverksbygg ønsker å være med videre og å levere inn tilbud på dette. Men dette er en stor jobb i størrelsesorden 120 mill., og gjeldende byggeregler innebærer at foretakene må stille garantier for lengre perioder enn tidligere. Garantiselskapene forlanger at foretakene skal ha 30% av den største inneværende kontrakten som egenkapital. Dette er en utfordring for videreføring av opparbeidet kunnskap i mellomstore bedrifter, og gjelder ikke bare dem.

Likevel – som en viktig konklusjon fra Håndverksbygg:

*Passivhus har kommet for å bli, dette er spennende, og dette vil de gjøre mer av!*

## **6.4 Granås, feltutbygging i Trondheim**

Det ble gjennomført 2 intervjuer med utbyggerfirmaet Heimdalgruppen om erfaringer med byggeprosess og markedsføring. En av intervjupartnere (partner A) har tidligere jobbet som prosjektrådgiver og er nå innleid av byggherren/utbyggerfirmaet. Han har vært involvert i byggeprosessen, hovedsakelig byggetrinn 1 og 2. Den andre intervjupartneren (partner B) har både vært involvert i markedsføring og byggeprosess. Det ble også utført et intervju med Hartmann prosjektrådgivning.

Totalt skal det bygges litt over 300 passivhusboliger på Granås: 17 eneboliger, 80 rekkehus og 210 leiligheter på passivhusnivå. De første husene er innflyttingsklare i månedsskiftet mars/april 2012. Bakgrunnen for at denne store passivhusutbyggingen ble igangsatt, er et Europeisk miljøsamarbeid som både Trondheim kommune og Heimdal bolig deltar i: Miljøbyen Granåsen er en del av EU-prosjektet Concerto Eco-City. Dette er et prosjekt som har til hensikt å utvikle og demonstrere energiløsninger i boliger gjennom plangrep, bygningsmessige tiltak og energiokonomisk drift. Det at Trondheim kommune har deltatt i dette samarbeidet, har gjort at de har hatt et stort engasjement for byggeprosjektet, og tett oppfølging av miljøkravene som stilles. Det å jobbe mot et så tydelig miljømål har vært et svært positivt krav for de involverte, sier informantene. Boligene er solgt som passivhus, miljøhus, og dette måtte utbyggerne leve opp til.

Boligene var planlagt til energimerke A, men det viste seg at boligfeltet var underlagt tilkobling til fjernvarmenett, noe som ført til at boligene fikk lavere energimerke. Det ble søkt om fritak for denne tilkoblingen, fordi det var unødvendig i forhold til oppvarming av passivhusene, men kommunen ville ikke gi fravike dette kravet.

Husene har trekonstruksjon, og som passivhuskravene tilsier; økt fokus på isolasjon og tetthet. Plasseringen av husene og areal brukt til vindu har også stått i fokus.

### ***Byggeprosess***

En forutsetning for å få til å bygge på passivhusnivå var at rådgiverne og håndverkerne måtte få opplæring. SINTEF Byggforsk var leid inn som spesialrådgivere for å bidra til det. Rådgiverne har vært tettere involvert enn vanlig. En informant forteller om byggeprosessen, at han opplevde at håndverkerne strakk seg lengre og hadde ekstra motivasjon. I forhold til prosessen syntes han at det var det beste / mest spennende byggeprosjekt han hadde vært med på hittil i karrieren.

Alle de tre intervjupartnere påpeker at de hadde lite kunnskap og informasjon om passivhus, og ingen erfaring med å bygge passivhus. Derfor måtte de bruke lang tid. Det var viktig å få til erfaringsoverføring til resten av byggeprosjektet etter at eneboligene sto ferdige. Partner B forteller at de i begynnelsen hadde de bare et utkast til en norsk passivhusstandard å forholde seg til. Løsninger som ble brukt ble vurdert av SINTEF slik at det skulle passe inn i en passivhusstandard som enda ikke fantes. De har også sett på Løvåshagen som inspirasjonsprosjekt. En av informantene anbefaler gjenbruk av rådgivere og entreprenører

for å videreføre den kompetansen de har oppnådd i dette prosjektet. Intern kompetanseoverføring i bedriften er også viktig for dem. De ønsker å involveres i flere passivhusprosjekter/ rehabiliteringsprosjekter etter passivhuskonseptet.

Det var veldig mye fokus på tetthet på Granås, og de bygde under telt. Under byggetrinn 2 prøvde en entreprenør å bygge uten telt, noe som viste seg å bli mislykket. De erfarte at for å oppnå krav til passivhusstandard, måtte de bygge under telt. Partner B følte ikke det ble veldig mye fokus på økonomi i prosjektet, men det viktige var vilje til nytenkning og å finne gode løsninger. Han syntes også at det ble satt av tilstrekkelig med tid for å finne løsninger. Underveis gjorde de noen dårlig erfaringer med å la entreprenører arbeider med det tekniske system istedenfor rådgiverne. Partner A sier at passivhus kommer til å bli mer vanlig. Derfor er de nødt til å heve kompetansen i byggebransjen.

Partner A forteller også at det er ikke noe teknologisk nytenkning involvert i byggeprosessen av passivhus. Det som har vært viktigere enn i andre byggprosesser var planlegging og kontroll av byggeprosess. Startfasen var spesielt viktig. Her ble ambisjonsnivået bestemt, rammene lagt, og en strategi i forhold til salg utviklet. Partner A sier at det ble endret lite underveis i forhold til viktige parametere.

I begge intervjuene forteller partnerne at det i utgangspunktet var mange av de byggetekniske løsningene pre-aksepterte og ble tilpasset passivhusprinsippet. Men generelt er byggeprinsippene de samme som i andre boligprosjekter. Opplæring av håndverkere, kontrollering underveis og bruk av telt var uvanlig og spesielt for byggeprosess av passivhus. Det samme gjelder det store fokuset på tetthet og uttørking før konstruksjonen ble lukket. Partner A mener det var lurt å bruke preaksepterte løsninger fordi de er mer forutsigbare og løsningene er prøvd og testet. Alle deltakere i byggeprosessen vet hva de skal forholde seg til og det blir mindre usikkerhet. I grove trekk har løsningene fungert bra. Noen endringer på detaljnivå ble foretatt, for eksempel bedre isolasjon og større tetthet.

Det har vært utfordringer i byggeprosessen, men disse har alle blitt løst underveis. Eksempel på utfordringer har vært overgangen mellom gulv og yttervegg, og det at det ikke har fantes gode nok tetteordninger rundt rørene for fjernvarme som skulle legges inn i huset. Der ble det oppdaget luftlekkasjer som det måtte jobbes med for å finne gode nok tetteordninger for.

Økonomien ble litt dårligere enn den hadde blitt i "vanlige" prosjekter, og boligene kostet mer enn planlagt i prosjektet. Boligene ble dyrere fordi det ble gjort flere kontroller og kundene er ikke så interessert i å betale for det. Partner B anslår merkostnadene på ca 6-7 %.

Ambisjonsnivået og kravene til passivhusstandard er oppnådd. Dette har de fått til gjennom kontinuerlig oppfølging og omfattende testing underveis. Det har vært et stort fokus på detaljer hele veien. Hvis de fant problemområder, ble disse søkt utbedret med det samme, gjerne med hjelp fra rådgiverne. En av informantene påpeker at hvis dette hadde blitt gjennomført med samme iver i alle byggeprosjekter, hadde kvaliteten på nye bygninger generelt blitt betydelig hevet.

### **Markedsføring**

I begynnelsen ble Granås annonsert som byens største miljøsatsing. De første kundene satt pris på miljøsatsingen. De var akademikere, høyt utdannet som hadde satt seg inn i hva et passivhus er. Det ble etter hvert færre slike kunder. Intervjupartneren B som har jobbet med markedsføring mener at ingen som kjøper leilighetene i dag bryr seg om miljøsatsingen, det var kun da de solgte byggetrinn 1. Dette bekreftes av partner A som har fulgt med salg av byggetrinn 1. Han forteller at det ble det fokusert på passivhus og miljøvennlighet ved salg av byggetrinn 1. Partner A opplevde kjøpergruppen som kunnskapsrike, ressursterke og krevende og antok at huskjøpet var et bevisst valg ifm miljøprofil. Kundene var teknisk orientert, opptatt av husets kvaliteter og hadde gjort seg kjent med hva de skulle kjøpe, selv om de ikke var

kjent med tallene i forhold til forventet energibesparelse. Partner A mener også at kundene har betalt mer for husene sammenlignet med andre byggeprosjekter, men han visste ikke om de var villige til å betale mer på grunn av energieffektivitet. Det er også mulig at det var et ønske om å kjøpe akkurat dette huset eller at beliggenheten var avgjørende. En av informantene mener at det er et stort pluss at boligene er passivhus, men at de er solgt på bakgrunn av type bolig og beliggenhet – som alle andre boliger. Hun mener at beboerne vil bli mer opptatt av boligens miljøprofil etter at de har bodd der en stund. Hun mener også at forbrukere generelt vil bli mer opptatt av energisparing framover. Høyere strømpriser fører til mer bevissthet over energibruk. Dermed vil miljø/ passivhus kunne bli gode salgsargument for bolig i tiden framover.

Heimdalgruppen har gjennomført en undersøkelse blant kjøperne. Resultatene viser at det var lite fokus på miljøprofil under kjøpsprosessen men dette endret seg delvis etter overtakelsen. Heimdal har diskutert markedsføringsprosessen internt og de mener fortsatt at det er viktig "å bygge samvittighetsfull". Han fortalte også at det hadde vært en del negativ fokus i media ifm passivhus for eksempel fra arbeidstilsynet og han tror at det kan ha påvirket kundene. Han mente at SINTEF har svart bransjen men var ikke aktiv nok mot folk på gata. I løpet av salgsprosessen har Heimdalgruppen valgt å tone ned miljø-biten fordi det ikke er det som selger boliger. I boligannonse for leilighetene som sto i Adresseavisen 13.01 blir energisparing brukt som et punkt i annonsen. Men det blir ikke nevnt at de er passivhus før lengere ned i annonsen. Det er en bevisst strategi for ikke å snakke så mye om miljø og energisparing i boligannonse. De fokuserer heller på tradisjonelle verdier. Men han tror at kundenes holdninger ville endre seg med tiden.

De har planlagt å lage en brosjyre til kjøperne som forklarer hvordan det tekniske systemet fungerer. De kommer ikke til å holde kurs for beboere. Han mener at de har satset på enkle løsninger og har bevisst brukt solskjerming. De har ikke satset på et spesielt kundesegment men ønsket å få til "passivhus til folket", et slagord som ble brukte i noen av boligannonse.

Heimdalgruppen har foreløpig ikke planlagt å bygge flere passivhus. Granås skal foregå i flere år framover. Han mener at det er (for) tidlig for markedet med passivhus og at det må skje en bevisstgjøring blant kundene.

Kjøperne har spesiell ønsker til utforming/ oppvarming som er preget av bovaner fra tidligere boliger. Disse må utbyggerne forholde seg til. Alle boligene har gulvvarme på bad. Kjøperne ønsker seg også for eksempel gulvvarme i entreen/ gangen, fordi de har erfaring med at det er viktig. Det er strengt tatt helt unødvendig i et passivhus, men kundene har ikke erfaring med å bo i passivhus, og baserer sine ønsker på boliger de har bodd i før.

En av informantene forteller også at boligene er mer teknisk avanserte enn boliger generelt. Hun mener at dette er boliger som krever mer av beboerne. De har avanserte tekniske rom som krever god opplæring til brukerne.

## 6.5 Skadbergbakken

Skadbergbakken er et større boligprosjekt i Sola kommune med passivhus- og lavenergimålsetning. Det er planer om totalt 110 boliger, med både småhus og blokkbebyggelse. Boligene bygges i massivtre, og er tegnet av arkitektfirmaet Helen&Hard. Det er for tiden en pågående konflikt mellom flere av boligkjøperne og utbyggerne. Noen av boligkjøperne har opprettet en egen nettside ([www.skadbergbakken.com](http://www.skadbergbakken.com)) for å få fram sin side av saken. Denne hjemmesiden har også linker til artikler i media om prosjektet. På grunn av konflikten mellom utbygger og boligkjøperne, har det ikke vært mulig eller ønskelig å gjøre noen vurdering av prosjektet i denne utredningen.

## 6.6 Myhrerenga

Rehabiliteringsprosjektet Myhrerenga på Skedsmokorset, som er omtalt i avsnitt 5.1, er nå inne i den første fullstendige oppvarmingsperioden etter ferdigstillingen. Det er ønskelig å avvente erfaringer fra denne perioden og også høste erfaringer fra neste sommer for å ha tilstrekkelig grunnlag for evaluering av drift, vedlikehold, målt forbruk og flere beboererfaringer. Ved en mulig forlengelse av prosjektet Systematisering av erfaringer med passivhus vil dette bli gjort.

## 6.7 Passivhus i Grimstad

Prosjektet til Bengt Michalsen, to like hus med ulik ventilasjonsløsning i Grimstad, er forberedt for omfattende instrumentering/energioppfølging. Målingene er igangsatt med data fra 1.12.2011 og vil gå over 2-3 fulle sesonger. Det måles alle energiposter samt temperaturer, Co<sub>2</sub>, værstasjon, lufthastigheter, solfangere mm. Måledata vil evalueres som bacheloroppgaver fra studenter ved Universitetet i Agder, med første medio juni 2012. Også disse husene ønskes evaluert hvis prosjektet Systematisering av erfaringer med passivhus forlenges.

## 7 Diskusjon

### 7.1 Hva er problemer spesielt knyttet til passivhus, og hva er problemer knyttet til nye boliger og bygninger generelt?

Resultatene, både fra Norge og andre land, viser at på de fleste områder er brukerne fornøyde med å bo i passivhus. Likevel er det mange studier som rapporterer om inneklimate- og temperaturproblemer for brukerne. Problemer med overtemperatur ser ut til i første rekke å være knyttet til store glassflater og manglende solskjerming, og til dels dårlige muligheter for vinduslufting. Problemer med lave vintertemperaturer kan skyldes igangkjøringsproblemer eller feil på tekniske anlegg, men kan også skyldes at brukerne foretrekker høyere inne-temperaturer enn det som forutsettes ved prosjekteringen<sup>20</sup>. En del av disse utfordringene kan skyldes at undersøkelsene ble gjort i en tidlig fase av byggets levetid. I alle nye bygninger er det, uansett om det er passivhus eller ikke, utfordringer i begynnelsen. Det er lite som tyder på at overtemperaturproblemene er større i passivhus enn i andre nye hus. Tvert i mot kan en bevisst prosjektering for å redusere varmetap fra tekniske anlegg (ventilasjonsanlegg, varmtvannrør, m.m.) bidra til å redusere overtemperaturproblemer ved at uønsket varmetilskudd reduseres. Arkitektur som er preget av store glassflater er utfordrende på sommerstid når temperaturen skal holdes nede og det ikke finnes solavskjerming. Dette er noe som gjelder alle nye bygninger med store glassflater, og ikke passivhus spesielt.

Det finnes et velkjent gap mellom beregnet og faktisk energibruk i bygninger. I leilighetsbygg blir energibehovet vanligvis beregnet som gjennomsnitt for hele bygget, mens det kan forventes at de enkelte leiligheter har ulik oppvarmingsbehov per kvadratmeter areal, avhengig av beliggenheten (i randsonen med mye yttervegg/tak/gulv på grunn eller midt i bygget, omgitt av andre leiligheter; ulik orientering mot sol). Variasjonen mellom identiske boliger er stor på grunn av ulik bruk av boligen. En stor familie vil ha mye større forbruk av varmtvann og elspesifikt forbruk til utstyr (komfyr, vaskemaskin, forbrukerelektronikk) enn en enslig person i samme leilighet, men til gjengjeld mindre behov for romoppvarming. Luftevaner og ulike preferanser for romtemperatur spiller også inn. Også avvik i utførelse (lufttetthet, innregulering av tekniske anlegg) kan bidra til tilfeldig variasjon.

I tillegg til denne tilfeldige variasjonen rundt en middelvei, kan det forkomme systematiske avvik mellom beregnet og faktisk forbruk som følge av feil prosjekteringsforutsetninger eller beregningsfeil. Eksempler på kilder til avvik kan være at lokalt klima avviker fra det som er lagt inn i beregninger, at det ikke er tatt hensyn til omliggende vegetasjon, terreng eller bebyggelse ved beregning av soltilskudd, at det regnes med lavere inne-temperaturer enn det som brukeren stiller inn, eller at komponenter har avvik mellom reell og angitt ytelse. Det er lite som tyder på at variasjon eller systematiske avvik er større for passivhus enn for andre hus. Tvert imot ligger avvikene i passivhus på et lavere nivå, uttrykt i absolutte tall på kilowattimer – selv om det prosentvis kan se høyt ut. Beregningsprogrammer for passivhus er mye mer presise enn forutsatt for konvensjonelle hus, og lokalt klima legges til grunn. Dette er gode forutsetninger for at avvik er mindre enn i vanlige bygg.

Erfaringer fra Løvåshagen indikerer at den innstilte "av-og-på-knapp" for boligen, som er ment å slå av strøm når man forlater boligen, kan være vanskelig for beboere å bruke. Intervjuene viser at noen beboere

<sup>20</sup> En årsak kan dessuten være at det ikke er tilstrekkelig oppvarmingskapasitet i aktuelle rom eller hus. Dette kan skyldes feil i prosjektering (som er mulig i alle hus). Det kan imidlertid også diskuteres om prosjekteringsverktøyet/energiberegningen er basert på for høye interne varmetilskudd. Denne kritikken mot passivhusstandarder i bl.a. Norge og Sverige framføres av Passivhusinstituttet. Om en regner med for høye interne varmetilskudd, kan oppvarmingseffekten i praksis bli for lite, hvis det bor få personer i en leilighet, eller hvis beboerne bruker svært lite strøm til belysning og teknisk utstyr. Dette har vi ikke undersøkt nærmere.



mener knappen slår av kjøleskap, fryser, elektroniske klokker og andre anlegg de ikke ønsker å slå av. Det vil si at beboerne trenger mer informasjon om en slik funksjon, og en slik knapp trenger kanskje muligheter for mer detaljerte innstillinger for å kunne fungere etter sin hensikt. Eksempelet gjelder installasjoner i energieffektive hus generelt og ikke spesifikk for passivhus, men viser likevel at en del løsninger som finnes i dag, bør videreutvikles og informeres om på en bedre måte for å fungere i praksis.

I det store og hele kan vi ikke se at problemer og utfordringer er veldig spesielle for passivhus. I hovedsak har passivhus og nyere ordinære boliger de samme utfordringer. Passivhuskonseptet gir imidlertid bedre forutsetninger for å takle disse utfordringer, i og med at konseptet legger til grunn mer bevisst og nøyaktig prosjektering og god oppfølging i byggefasen. Konseptet er også robust for ulike beboervaner uten at energibruken øker mye, samt at høyere innvendige overflatetemperaturer og bedre lufttetthet minsker risiko for byggskader og gjør komfortfølelsen mindre avhengig av oppvarmingssystemet. Balansert ventilasjon er en større utfordring i land hvor dette tradisjonelt ikke er utbredt i vanlige hus, og heller ikke mye i lavenergiboliger. I Norge har både bransjen og beboere mer erfaring med denne løsningen, spesielt de siste årene ettersom slike anlegg er installert i de fleste hus etter Byggteknisk forskrift. Passivhus i Norge har derfor ikke vesentlig andre eller større utfordringer enn boliger bygd etter TEK 10.

## 7.2 Utfordringer i forhold til nordisk bo-kultur

Vi har ikke funnet studier som tar for seg ulike sider ved norsk eller nordisk bokultur i forhold til passivhus/lavenergihus. Vi vil likevel trekke fram noen tema man kan diskutere i den sammenhengen, tema det kan være verdt å se på i videre forskning, eller ta opp i holdningskampanjer.

### Høy velstand og lave el-priser påvirker energibruk

Norge er i dag preget av velstand og lave energipriser når det gjelder elektrisitet. I tillegg har den høye andelen eneboliger og selveiertradisjonen ført til et høyt energiforbruk (gjelder bare elektrisitet, ikke oppvarming) pr innbygger sammenlignet med andre land. Elektrisk energi har vært rimeligere enn i andre land, og produksjonen renere. Dette kan medvirke til at folk flest ikke ser verdien av energieffektivisering av bygg. Der i mot er interessen for naturvern og bekymringene for global oppvarming stadig økende. 80 % av voksne er noe eller svært bekymret for klimaendringene (Uzzel, 2010). Bevisstheten om nødvendigheten av energieffektivisering øker, og blant noen beboere er dette en av de viktigste grunnene til f.eks. å oppgradere bygningsmassen etter passivhuskonseptet. For andre beboere er det kun en bonus (Hauge, 2011).

### Gulvvarme på badet kan gi økt energibruk

Det kan være utfordringer ved den norske eller nordiske bokulturen som gjør det vanskelig å bruke energieffektive boliger riktig. Som gjennomgangen av utenlandsk og norsk forskning på området viser, er bruken av bygningene avgjørende for om de fungerer etter sin hensikt. Vi mener at utfordringene ved energisløsning henger sammen med velstand og lite kunnskap om hvordan energibruk påvirker klimaet, og at den økende forståelsen for klimaendringene vil føre til en mer nøktern energibruk på sikt. For eksempel er gulvvarme på badet en selvfølge for mange nordmenn gjennom hele året og kan medvirke til overoppvarming, mens det i andre land vil bli sett på som "sløsning" med strøm. Det kan henge sammen med hvordan badet har utviklet seg til et "spa" i mange norske hjem, men kan ikke forklares med kaldt klima siden det er mindre utbredt i andre nordiske land. Også den sterke norske eller nordiske preferansen for gulvvarme generelt kan øke energiforbruket spesielt i energieffektive hus med kortere fyringssesong enn andre hus, når varmen av komfortgrunner er slått på mye lenger enn det er behov for varme.

### Vanlig å ikke slukke lyset i rom som ikke er i bruk

Det å la elektriske lys stå på når man ikke er hjemme og bruke mye varmtvann, er andre eksempel. Igjen gjelder den førstnevnte vanen bare Norge, ikke hele Norden. Det bør diskuteres om det bør settes i gang holdningskampanjer for raskere å kunne påvirke bovaner som er uheldige for energieffektivitet. Det er i

hvert fall uheldig om det å bo i et passivhus fører til at man synes man kan bruke mer energi enn før. Ønsket om å ha et ildsted i boligen tenkes kanskje på som typisk norsk, men i småhus er det utbredt også i andre land. Det er også mulig å ha peis i passivhus, men det vil ikke være bruk for det som oppvarming, og det vil raskt bli for varmt.

### Vinduslufting og kalde soverom

”I norske boliger med avtrekksventilasjon er det vanlig å ty til vinduslufting på soverom om natten for å få tilfredsstillende luftomsetning. (...) Andre nordiske land har ikke nødvendigvis de samme luftevaner på soverom”, skriver Peter Schild (2003), dog uten til å vise til resultater som bekrefter denne antatte forskjellen direkte. Hans egen spørreundersøkelse i boliger med balansert ventilasjon viste at 26 prosent hadde soveromsvinduet oppe hele natta om vinteren. Over halvparten gjorde dette bare om sommeren, og resten ”av og til”. Schild referer en annen undersøkelse fra 1993, hvor kun en tredjedel av boligene hadde balansert ventilasjon, mens to tredjedeler hadde installert mekanisk avtrekksventilasjon. Også i denne undersøkelsen var det bare 24 % som åpnet soveromsvinduet hele året. Begge undersøkelser viser altså at det store flertallet ikke sover med åpent vindu når det er veldig kaldt. I tillegg kan en anta at en del gjør det rett og slett fordi luftkvaliteten ellers ikke er tilfredsstillende, og ikke nødvendigvis fordi de prefererer svært lave temperaturer.

På den andre siden viser det seg at soveromstemperaturer og åpne vinduer også er tema i mange av de gjennomgåtte utenlandske studier. Ønsker om lavere temperatur og eventuelt åpent vindu på soverom er åpenbart utbredt også i Mellom-Europa. Passivhusinstituttet har publisert en egen forskningsrapport om dette, med bl.a. redegjørelse for ulike strategier for temperaturdifferensiering i boligen (Feist m.fl. 2004). Ett av resultatene er at åpne vinduer på soverommet ikke øker oppvarmingsbehovet med mer enn 2 – 7 kWh/m<sup>2</sup> per år, og at maksimumstallet på 7 kWh/m<sup>2</sup>a i praksis aldri har blitt observert. Passivhuskonseptet er tilstrekkelig robust for å kunne takle slike beboervaner og en slik moderat økning av oppvarmingsbehovet. Noen studier indikerer for øvrig at andelen beboere som sover med åpent vindu, minsker etter hvert ettersom de har vent seg til at luftkvaliteten er bra også med lukket vindu.

### Gjør-det-selv-tradisjon

Andre særtrekk ved bokulturen i Norge som kan påvirke innføringen av energieffektive boliger, kan henge sammen med en "gjør-det-selv-tradisjon", men den er om mulig like utbredt i andre land, men får kanskje større konsekvenser i Norden på grunn av det kalde klimaet. Energieffektive boliger fordrer profesjonelle håndverkere, og det å bygge selv vil føre til for dårlig kvalitet. Selv om nordmenn bruker mye penger på oppussing, er det lite fokus på det å holde det bygningstekniske godt vedlike. 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. Innføring av passivhusnivå som forskriftskrav vil kunne være en anledning til å diskutere om boligen blir mer utfordrende å drifte for alminnelige mennesker, og føre til at man ser det nødvendig å ha et jevnlig oppsyn med boligen av bygningskyndige. Vi kan likevel ikke se at passivhus er mer komplisert for beboerne enn boliger etter TEK 10. Tvert imot kan passivhus – bygget og kvalitetssikret etter en standard – være mer driftssikker og mer robust for ulike brukervaner.

## 7.3 Egnethet for volumproduksjon

Markedsutviklingen i deler av Tyskland og spesielt i Østerrike viser at passivhus i dag bygges i stort antall, både når det gjelder småhus og store blokkprosjekter. En viktig faktor i denne utviklingen var at mindre trehusprodusenter så en mulighet i å bruke passivhuskonseptet til å etablere seg i en markedsnisje. Det samme gjelder en del mindre produsenter av komponenter som vinduer og ventilasjonsaggregater, som fikk en betydelig videreutvikling. Ved å bygge passivhus, klarte små byggmesterfirmaer å utbygge markedsandelen for trehus etter hvert langt utover det som er vanlig for boliger i Tyskland og Østerrike, hvor

murbygg tradisjonelt er dominerende. En slik utvikling kan ikke forventes i samme grad i Norge ettersom det å bygge i tre er helt vanlig. Trehusprodusenter i Norge har derfor ikke samme motivasjon for å søke etter lukrative markedsnisjer gjennom å bygge etter passivhuskonseptet. Likevel fins det også i Norge aktører som ønsker å profilere seg på bygninger med høye energiambisjoner.

Ferdighusprodusenter var ingen drivkraft i passivhusutviklingen i Mellom-Europa siden de er interessert i å selge de samme hustypene i hele landet eller store deler av det. Passivhus må derimot tilpasses sted og klima for at konseptet fungerer i praksis. Å bygge likt på ulike steder ville medføre ikke optimale løsninger. Slike ”kompromissløsninger” kan bli unødvendig avansert og dyrt på ett sted og for dårlig på et annet sted. Den norske passivhusstandard er påvirket av slike interesser, å kunne velge samme konstruksjonsløsning i tilnærmet hele landet. Standarden tillater høyere oppvarmingsbehov i kaldere deler av landet; på denne måten blir det mindre press til å utvikle stedstilpassede løsninger. Klimatiske forskjeller mht. temperatur, solstråling, vind og regn er imidlertid svært store innenfor Norges grenser – og langt større enn forskjellen mellom ”gjennomsnitt-Norge” og f.eks. ”gjennomsnitt-Tyskland”. En betydelig grad av steds/klimatilpassing selv etter den norske passivhusstandard vil derfor trolig skje.

Å satse på standardløsninger for hele landet, vil kunne framskynde bygging av passivhus, men bærer også større risiko for at løsningene ikke fungerer optimalt, f.eks. at forenklede varmesystemer ikke er komfortable nok i svært kalde strøk. Å utvikle gode stedstilpassede løsninger derimot kunne være til stor hjelp for mindre, regionale aktører på byggemarkedet. På sikt kunne dette føre til bedre, mer overbevisende løsninger og en solid forankret vekst av passivhusbygging. Et viktig hjelpemiddel kunne være at Byggforskserien viser flere alternative løsninger som er tilpasset ulik klima. En slik framgangsmåte ville være mer i tråd med strukturen i byggebransjen i Norge.

De mange små aktørene har ofte lite kapasitet til å skaffe seg tilstrekkelig kunnskap om stadig mer energieffektive hus. Tilpassede løsninger for ulike klimatiske forutsetninger vil imøtekomme disse aktørene siden de ofte har god kunnskap til hvorfor noen løsninger er egnet i regionen, slik at de også lettere kan utvikle en forståelse for gode passivhusløsninger og lære av bygde prosjekter.

Foreløpige erfaringer fra aktører som har bygget, bygger eller planlegger passivhus er at det krever mer planlegging og bedre kontroll på byggeplass. Men gjennomgående sier de fleste at dette for det første er fullt gjennomførbart, og også er enklere enn de har trodd det skulle være. Videre sier mange aktører at passivhuskravene fører til at byggene får generelt høyere kvalitet, på grunn av nøyere planlegging og mer fokus på kvalitetssikring. Denne erfaringen gjelder både for store utbyggere som gjør større blokkbebyggelse i de store byene, og i noen grad småhusbebyggelse i mindre byer. Det må også påpekes at dagens energiforskrifter (TEK10), allerede bygger på samme prinsipp som passivhus, med godt isolert bygningskropp, høyt krav til lufttetthet og balansert ventilasjon med høy virkningsgrad. I passivhus trenger man kun å sette ennå høyere krav til planlegging, komponenter, utførelse og kvalitetssikring sammenlignet med TEK10. Det er derfor liten grunn til å tro at aktører som kan bygge TEK10 bygg med god kvalitet, vil ha store problemer med å ta steget over til passivhusbygging. Passivhus burde derfor være godt egnet for volumproduksjon. Utfordringen er nok ”useriøse” aktører som i dag ikke greier å levere TEK10-boliger med god kvalitet. Disse vil selvsagt også ha problemer med å bygge gode passivhus. Men dette problemet er lite passivhusrelatert, det er mer et generelt problem byggsektoren må løse.

I Østerrike og i noen områder i Tyskland er passivhus blitt utbredt etter hvert fordi det har vist seg å fungere i praksis. Passivhus er lavenergi boliger etter et optimalisert og stedstilpasset konsept, en ”pakke” som prosjekterende og byggeindustrien kan bruke som helhetlig løsning. Konseptet som sådan er ”materialnøytralt” og kan bygges i bærende tre, mur, betong eller en kombinasjon av disse; materialer kan være konvensjonelle eller mer økologiske. I Tyskland og Østerrike var det i utgangspunktet et stort gap mellom passivhus og hus på forskriftsnivå. For Norges del med strengere energiforskrifter er ”spranget”

mellom nye hus etter TEK 10 og passivhus mye mindre, slik at konseptet lettere bør kunne tas i bruk av vanlige aktører i bransjen – som beskrevet ovenfor.

## 8 Konklusjoner og anbefalinger

Omtalte prosjekter i denne rapporten er prosjektert i henhold til ulike passivhusstandarder (jf. Vedlegg A) og beregnet med ulike programverktøy. Dette vil i hovedsak ikke påvirke konklusjonene, men kan i enkelte tilfeller være medvirkende årsak for refererte funn, f.eks. tørr luft ved høyere luftmengder enn anbefalt i prosjekteringsverktøyet PHPP<sup>21</sup>. Dette ble ikke nærmere undersøkt i rapporten.

### Erfaring fra prosjektering og byggeprosess

Erfaringer med prosjekterings- og byggeprosessen viser at god og jevnlig oppfølging på byggeplassen er nødvendig og må kunne bygge på presist formulerte krav samt detaljerte tegninger og beskrivelser<sup>22</sup>. Prosjekteringen må inkludere korrekte og nøyaktige energiberegninger, gjennomført med presise inndata som tar med alle forutsetninger som klima på byggested, reelle forhold på sol og skygge samt materialer og konstruksjoner som det blir bygd. Det vil si at konvensjonelle forenklete beregningsprogrammer ikke er egnet.

Beslutningsprosesser i norske rehabiliteringsprosjekter kan pga. eierstrukturen være mer komplisert enn i sentraleuropeiske land. Planleggings- og optimaliseringsprosessen i både nybygg- og rehabiliteringsprosjekter kan også være mer krevende i Norge enn i Mellom-Europa ettersom mange aktører ikke er vant til nye tekniske løsninger og ikke alle komponenter er tilgjengelig i introduksjonsfasen av passivhus. Erfaringene med norske passivhusprosjekter viser at byggevareprodusentene kan være viktige samarbeidspartnere for å finne gode tekniske løsninger. Erfaringer med byggeprosessen i Norge viser også hvor viktig det er med insitamenter for å finne gode tekniske løsninger, slik at ingen parter taper økonomisk på å komme opp med løsninger som er innovative.

### Byggskader og helserisiko

Det finnes ikke norske studier om byggskader og helserisiko i passivhus siden passivhusene i Norge er såpass nye. Studier fra andre land viser at konsentrasjonen av muggsopp er lavere i passivhus enn i konvensjonelle bygg. Det er også rapportert om lavere radonnivå i passiv-/ lavenergihus, og lavere konsentrasjon av andre forurensende stoffer. Disse funnene henger tett sammen med bruken av balansert mekanisk ventilasjon. Balansert ventilasjon hindrer bakterie- og soppbelastning, men krever også at partikkelfilter skiftes når de skal. I boliger uten balansert ventilasjon må man regne med betydelig høyere konsentrasjon av skadelige og forurensende stoffer i luften.

Noen av de gjennomgåtte studiene refererer også til selvrapportert helse hos beboerne. Beboere i passivhus rapporterer om bedre helse enn i konvensjonelle hus, eller at de har fått bedre helse etter å ha flyttet inn i passivhus. Ingen studie rapporterer spesielle byggskader i passivhus.

### Gjennomsnittlig energibruk og variasjoner i energibruk

Norske og utenlandske studier viser at energibruk i mange lavenergi- og passivhus avviker i forhold til energiberegninger; noen er bedre og noen er verre enn forventet. Det er lite som tyder på at avvikene er større i passivhus enn i andre undersøkte hus. I studier som sammenligner passivhus og andre lavenergihus, har passivhus gjennomgående lavere energibruk. Mange studier måler energibruk i innkjøringsfasene, der

---

<sup>21</sup> Både norsk og svensk passivhusstandard, men også mange nasjonale eller bransjeanbefalinger forutsetter høyere ventilasjonsrater enn anbefalt av Passivhusinstituttet og i PHPP.

<sup>22</sup> Dette utelukker ikke at det utvikles tilpassede løsninger på byggeplassen i dialog mellom prosjekterende og utførende, hvis dette er et bevisst valg spesielt i innovative prosjekter.

energibruken kan være høyere enn senere. Energibruken forventes å stabilisere seg ca ett år etter at bygget er tatt i bruk, men det er funnet få studier som følger opp energibruk over lengre tid.

Energibruken påvirkes i alle boliger også mye av hvordan boligen brukes av beboerne. Feil bruk av boligen på bakgrunn av at beboerne har fått for lite informasjon om hvordan det skal brukes, eller at beboerne sløser med energi, kan gi store utslag på energimålingene. I flere prosjekter velger beboere en høyere innetemperatur enn den som er lagt inn i energiberegningen. Dette øker forbruket noe. Tilsvarende gjelder om beboere sover med åpent vindu på soverommet, men passivhuskonseptet er robust og fungerer også med slike brukervaner. Energiforbruket er likevel betydelig lavere enn konvensjonelle nye bygg.

### **Brukervennlighet for vanlige brukere**

Norske og utenlandske brukerevalueringer av passivhus viser at inneklime er godt, og rapportert som bedre enn i konvensjonelle boliger.

Til tross for at beboerne rapporterer om godt inneklime, er det noen studier som viser at beboerne kan finne innetemperaturen for lav om vinteren, og for høy om sommeren, men tilsvarende gjelder også for konvensjonelle boliger. Brukerevalueringer som sammenligner passivhus med konvensjonelle boliger, viser at konvensjonelle boliger oppleves varmere på sommertid enn passivhus. Problemer med overtemperatur ser ut til i første rekke å være knyttet til store glassflater og manglende solskjerming, og til dels dårlige muligheter for vinduslufting. Arkitektur som er preget av store glassflater, er utfordrende på sommerstid, uavhengig av om det er passivhus eller ikke. Viktig er i alle disse tilfeller å kunne bruke solavskjerming for å holde temperaturene nede, og dette har ikke vært vanlig praksis i norsk bokultur. I de siste årene ser en imidlertid mer og mer at solskjerming tas i bruk også på nye konvensjonelle bygg. I passivhus kan en bevisst prosjektering for å redusere varmetap fra tekniske anlegg bidra til å redusere overtemperaturproblemer ved at uønsket varmetilskudd reduseres. Problemer med lave vintertemperaturer kan skyldes igangkjøringsproblemer eller feil på tekniske anlegg, men kan også skyldes at brukere foretrekker høyere innetemperaturer enn det som forutsettes ved prosjekteringen.

God informasjon om bruk og drift av tekniske anlegg i et passivhus er avgjørende for effektiv bruk av bygningen, og derfor et viktig tema for videre forskning. Mange studier viser at brukerne har fått for lite informasjon om styringssystemene eller konsekvensene av ulike innstillinger til å kunne bruke bygningen optimalt. I noen tilfeller kan styringssystemene være utformet på en måte som gjør dem vanskelig å forstå og bruke. Dette gjelder også andre boliger som har balansert ventilasjon eller utstyr som varmpumper og solfangere.

Det finnes ingen norske studier om vedlikehold av passivhus, men en svensk studie fremhever at det er et stort behov for informasjon til beboerne om hvordan passivhusene bør vedlikeholdes. Det er mange beboere som ikke forstår at driftssystemene krever en viss oppmerksomhet, eller er usikre på om de har riktige innstillinger. De har gjort sine egne innstillinger, men uten å forstå resultatene av disse. Dette kan være kritisk for hvor godt passivhuset fungerer. Andre studier viser at f.eks. filterskift fungerer forholdsvis bra også når dette utføres av beboerne selv. Ingen av de analyserte studiene indikerer at det i passivhus er større utfordringer for vedlikehold av bygningskroppen enn i konvensjonelle bygg.

### **Erfaringer fra markedsføring og salg**

Norske og utenlandske studier viser at passivhus ikke selges på bakgrunn av miljøegenskaper, men i hovedsak som andre boliger på bakgrunn av lokalisering, planløsning, estetikk og lignende. Boligens energieffektivitet er oftest kun en bonus for beboerne. Erfaringer viser derfor at det er gunstig å fokusere på salgsargumenter som passivhusenes komfort og gode inneklime, istedenfor å satse på energisparing som hovedargument. Dette kan derimot være i endring. Enkelte studier kan tyde på at energieffektiviteten til en bolig blir et viktigere salgsargument framover fordi kunnskapen om energieffektivisering i bygninger øker

blant folk flest. Studiene viser også at det å bo i et passivhus fører til at beboerne blir mer opptatt av miljøvern og energieffektivitet.

### **Kostnader**

Både norske studier og studier fra andre land viser at kostnadene ved å heve ambisjonene fra konvensjonell boligbygging til passivhus kan ligge på ca 5-10 % av byggekostnadene. Dette vil variere etter hvilken standard som er sammenligningsgrunnlag. Studiene viser større merkostnader i forhold til boliger uten mekanisk ventilasjon, men mindre merkostnader sammenlignet med lavenergiboliger som allerede har balansert ventilasjon. Passivhus kan til og med ha lavere kostnader enn lavenergiboliger med noe høyere energibehov fordi disse trenger et mer komplekst oppvarmingssystem. Det er også vist at total kostnader for passivhusprosjekter kan ligge innenfor vanlige variasjoner av byggekostnader i en region, hvis det planlegges og optimaliseres nøye. I andre land har det vist seg at forholdsvis store merkostnader for passivhus og tilhørende komponenter blir mindre etter hvert som passivhus får en større markedsandel og aktørene har lært av bygde prosjekter. Et eksempel fra Norge er at merkostnader for passivhusvinduer allerede har sunket og fortsetter å synke i forhold til konvensjonelle moderne vinduer<sup>23</sup>.

### **Egnethet for volumproduksjon**

Markedsutviklingen i deler av Tyskland og spesielt i Østerrike viser at passivhus i dag bygges i stort antall, både når det gjelder småhus og store blokkprosjekter. Passivhus har vist seg å fungere i praksis. Passivhus er en ”pakke” som prosjekterende og byggeindustrien kan brukes som helhet, men den må tilpasses sted og klima. Konseptet som sådan er ”materialnøytralt” og kan bygges i bærende tre, mur, betong eller en kombinasjon av disse; materialer kan være konvensjonelle eller mer økologiske. I Tyskland og Østerrike var det i utgangspunktet et stort gap mellom passivhus og hus på forskriftsnivå. For Norges del med strengere energiforskrifter er ”spranget” mellom nye hus etter TEK 10 og passivhus mye mindre, slik at konseptet lettere bør kunne tas i bruk av vanlige aktører i bransjen.

Å utvikle gode stedstilpassede passivhusløsninger kunne være til stor hjelp for mindre, regionale aktører på byggemarkedet. På sikt kunne dette føre til en solid forankret vekst av passivhusbygging. Et viktig hjelpemiddel kunne være at Byggforskserien viser flere alternative løsninger som er tilpasset ulik klima. Passivhus medfører etter vår vurdering ingen prinsipielle vanskeligheter utover energieffektive hus etter TEK 10, så lenge det ikke velges oppvarming via ventilasjonsluft. Passivhus er lavenergiboliger etter et optimalisert og stedstilpasset konsept, som i tillegg medfører større kvalitetssikring ved prosjektering og bygging. Som et slikt helhetlig og forståelig konsept burde passivhus være godt egnet for volumproduksjon.

Staten har et overordnet ansvar for å legge til rette for mulig volumproduksjon av passivhus. Forskningen om forutsetninger for at individer tar miljøvennlige valg, viser at samfunnskontekst og insentiver har mer å si enn holdningskampanjer.

---

<sup>23</sup> Personlig informasjon fra Lisbeth Otterness i NorDan i telefonsamtale med Michael Klinski 19.12.2011.

## 9 Veien videre

### 9.1 Forlengelsesopsjon

Det er ønskelig å følge opp en rekke tema fra oppdragsgivers kravspesifikasjon i et lengre perspektiv. Passivhus i Norge er fortsatt i en introduksjonsfase, og flere av de undersøkte prosjekter ble ferdigstilt ikke altfor lenge siden, slik at det ikke foreligger brukererfaringer over lengre tid, og heller ikke mange brukbare energimålinger. Gjennom en forlengelse av prosjektet kunne det skaffes et bedre og bredere underlag for evaluering av erfaringer. I noen tilfeller ville det være mulig å se hvorvidt aktører i nyere prosjekter har lært av erfaringer i egne eller andres tidligere prosjekter, og om brukervaner endrer seg over tid. Vi ser for oss følgende muligheter i opsjonen på forlengelsen av prosjektet:

- Myhrerenga: evaluering etter første hele oppvarmingsperiode (måling av energi – individuelt og totalt – og fukt; beboererfaringer både sommer og vinter; vaktmester og styre i BRL: drift og vedlikehold; styre og USBL: erfaringer fra salg av enkelte boliger)
- Enebolig til Stein Stoknes i Oslo: evaluering etter to hele oppvarmingsperioder (målinger formålsdelt over en større periode, beboererfaringer, drift, vedlikehold)
- Enebolig NorOne på Sørumsand: evaluering etter fire hele oppvarmingsperioder (detaljerte målinger siden 2008 på vann, temperaturer, luftfuktighet, virkningsgrader, strøm delt på ulike etasjer og komponenter). Det var et Husbankfinansiert prosjekt, eneste PHPP-sertifiserte i Norge, byggherren har selv installert et oppfølgingsystem.
- Løvåshagen i Bergen: evaluering etter tre hele oppvarmingsperioder (mer troverdige og /representative målinger på inn klima og formålsdelt energi starter i januar/februa; resultater fra over ett år med fuktmålinger foreligger i november – flere stipendiater/prosjekter jobber på ulike deltema/prosjekter, vi kunne evaluere resultater i sammenheng)
- Passivhus i Grimstad: evaluering av målinger over en hel oppvarmingsperiode (alle energiposter samt temperaturer, CO<sub>2</sub>, værstasjon, lufthastigheter, solfangere mm.). Sammenligning av to like bygg med ulik ventilasjonssystem.
- Granås i Trondheim og andre prosjekter: flere erfaringer fra byggeprosess, kostnader, markedsføring og salg

### 9.2 Flere tema relevant for forskning

#### Inneklima og luftskifte

Minimumstrinnet på ventilasjonsanlegg vil normalt ikke gi luftskifte som oppfyller Byggteknisk forskrift. Enkelte nyere resultater og også tidligere studier indikerer at dette likevel ikke oppfattes å gi dårlig inn klima. Passivhus i Tyskland og Østerrike opererer ofte med lavere luftskifte totalt enn anbefalt eller påkrevd i Sverige og Norge. Likevel er det ingenting i analyserte studier som antyder at disse boliger har dårligere inn klima enn passivhus i Norge. Dette er et tema som kunne belyses nærmere i framtidig forskning.

#### Helserisiko i passivhus

Det østerrikske instituttet IBO i Wien (Institutt for bygningsbiologi og -økologi) gjennomfører et prosjekt som er direkte relatert til helseaspekter i passivhus og i konvensjonelle hus. Prosjektet innebærer en grundig undersøkelse av beboere i passivhus og referansehus med spørreskjema, dybdeintervjuer, fysiske og fysiologiske målinger kort etter innflytting og etter et år. Det ville vært interessant å studere foreløpige og endelige resultater og gjennomføre et lignende prosjekt i Norge. Her kunne vi bruke de samme casene som er med i prosjektet EBLE.



### Barrierer og drivkrefter

Den store utbredelsen av passivhus i Østerrike har også sin bakgrunn i at ca. 80 prosent av alle østerrikske nybygg får støtte eller delfinansiering fra "Wohnbauförderung" (Hüttler og Amerstorfer 2008). Dette er ulike offentlige låne- og tilskuddsordninger i delstatene som forutsetter lavere energibehov enn forskriften tilsier og som er gradert etter energistandard samt flere andre kriterier som økologisk materialvalg og universell utforming. I Norge eksisterer ikke tilsvarende generelle incentiver, og markedsandelen av husbankfinansierte boliger er i dag langt lavere enn det offentliges andel av finansieringen i Østerrike. Det ville være verdt å se nærmere på disse låne- og tilskuddsordninger, analysere forutsetninger, kriterier og resultater av disse og trekke lærdommer for norske forhold.

Faglitteraturen innen miljøpsykologi diskuterer hvor reelle valg et individ egentlig har når man står overfor en beslutning om en atferd som kan gagne miljøet – for eksempel det å velge å bygge, kjøpe eller leie et passivhus. Individet velger oftest det som faller naturlig, det man oppfatter majoriteten ville valgt. Ikke tenker mennesker nødvendigvis rasjonelt i slike situasjoner, eller tar alle mulige forhold med i betraktning. Miljøpsykolog Uzzel (2008) sier at: "*An emphasis on individual behavior change may not be the most effective way of tackling society's relationship with climate change*" (side 4, 2008). Sosiolog Shove (2009) påpeker også at: "*One key condition is to shift focus away from individual choice and to be explicit about the extent to which state and other actors configure the fabric and texture of daily life*" (side 1281, 2009).

Hovedutfordringen er å få det å velge ambisiøs nybygg eller oppgradering til å falle naturlig, og for å komme dit, må man få majoriteten med. I følge Shove og Uzzel handler dette om å legge konteksten til rette for at miljøvennlige valg er naturlig for individet. Det vil si at myndigheter har et særlig ansvar for å bidra med insentiver, i form av lover, regler og økonomiske tilskudd. Dette vil være nødvendig helt til markedet er over introduksjonsfasen og på vei inn i vekst og volumfase av aktuelle miljøvennlige produkter og tjenester. For å få til endring, bør det offentlige gå foran som et godt eksempel. Andre samfunnsaktører med innflytelse i samfunnet som kan gå foran, kan for eksempel være større bedrifter eller organisasjoner. De vil være viktige i en introduksjonsfase av et miljøvennlig "produkt" passivhus er (Prendergast et al. 2010).

Det er begrenset hvor lenge et samfunn kan opprettholde en høy grad av miljøvennlige holdninger i en populasjon, når det samtidig på flere nivåer er vanskelig å handle i tråd med dem (Johansen & Strumse, 2012). Tiltak for å påvirke miljøatferd bør derfor bestå av flere ulike virkemidler (Strumse, 2007). Informasjons- og holdningskampanjer må underbygges av at myndighetene legger til rette for at valgene er økonomisk gunstige og sosialt foretrukne. Tiltak for å få beboere til å velge bærekraftige oppgradering når de skal bygge nytt eller rehabilitere, bør bestå av tiltak både for å endre samfunnskonteksten og påvirke individet direkte.

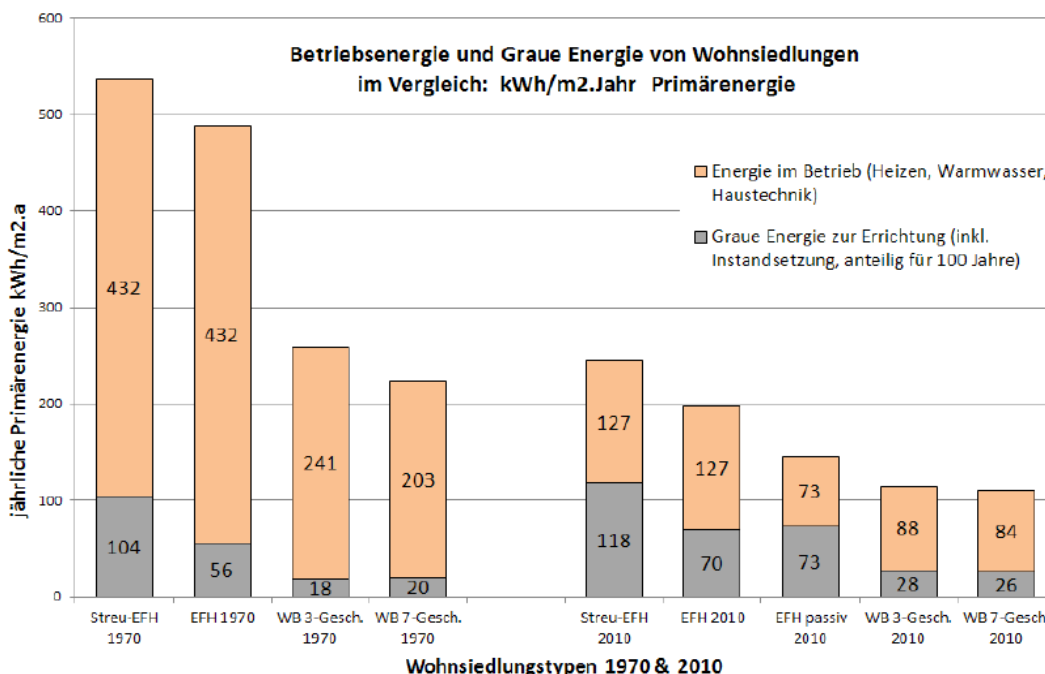
### Hustyper og beliggenhet

Det er kjent at bygningens form og kompaktet har mye å si for energibruk, og det er også kjent at husets beliggenhet i spredt bebyggelse uten mulighet for god dekning med kollektivtrafikk kan medføre mye bilbruk – og med dette til høy energibruk for en familie totalt, selv om deres bolig har et lavt energibehov. Stieldorf (2004) har f.eks. vist at leiligheter i mer konvensjonelle lavenergiblokker med sentral beliggenhet kommer betydelig bedre ut totalt sett enn tre frittstående passivhuseneboliger uten god kollektivdekning. Årsaken var at merforbruk til bilkjøring var mye mer enn en kunne spare med lavere oppvarmingsbehov.

Videre er det kjent at det går med mer material og energi ved å bygge en kvadratmeter i en enebolig enn det som er nødvendig for en kvadratmeter i mer kompakte bygg som rekkehus og blokker. Utover det ble det i Østerrike gjennomført et prosjekt som i en helhetlig livssyklusanalyse undersøker hvor mye energi som går med til bygging av veier og annen infrastruktur (Stejskal 2011)<sup>24</sup>. Foreløpige resultater viser at det ikke er

<sup>24</sup> Se også prosjektets nettsted [www.zersiedelt.at](http://www.zersiedelt.at)

stor forskjell mellom lavblokker og høyblokker, men at eneboliger har dobbelt så mye ”grå energi” (embodied energy”) i seg når de er ferdigstilt, hvis man inkluderer denne nødvendige infrastrukturen i beregningen. På toppen av dette brukes det for eneboliger i områder med spredt bebyggelse ytterligere 50 prosent mer enn for eneboliger i sammenhengende bebyggelse. Ny infrastruktur i spredt bebyggelse utgjør så mye at en enbolig i passivhusstandard i et slikt område bruker nesten like mye energi over hele livssyklusen som en like stor leilighet i en boligblokk fra 1970-tallet (og mye mer enn en leilighet i en ny, konvensjonell boligblokk). Dette er vist i Figur 25. I tillegg vil eneboligen generere mer biltrafikk.



**Figur 25** Driftsenergi og ”grå energi” (embodied energy”) i bosettinger fra 1970 (venstre side) og 2010 (høyre side), uttrykt som primærenergi i kWh/m<sup>2</sup>. Begge søylegrupper viser fra venstre: enebolig i et område med spredt bebyggelse; enebolig i et område med samlet bebyggelse; blokk på 3 etasjer; blokk på 7 etasjer; i midten av gruppen til høyre vises i tillegg en enebolig i passivhusstandard i et område med samlet bebyggelse. Samme passivhus i et område med spredt bebyggelse vil bruke nesten like mye energi over hele livsløpet som høyere blokker fra 1970-tallet. Grå del av søylene: grå/embodied energi til bygging av hus og infrastruktur. Oransje del av søylene: Driftsenergi over hele livsløp.

Resultatet er ikke nødvendigvis det samme i Norge, bl.a. fordi det her regnes i primærenergi. Det kan være riktig å bruke andre primærenergifaktorer for norske forhold, men det finnes ikke omforente størrelser for det. Resultatet betyr heller ikke at en absolutt ikke bør bygge i spredt bebygde områder i det hele tatt, men at en bør bygge der hvor det allerede eksisterer infrastruktur som en kan utnytte. Det viktigste her er å se at ”grå energi” blir svært viktig i energieffektive boliger, spesielt hvis man tar med energi som går til veier og annen infrastruktur. Eksisterende livssyklusanalyser tar dette aspektet vanligvis ikke med. Det ville være nyttig å initiere et tilsvarende prosjekt i Norge.

## 10 Referanser

Arnstad, E. (2010). Energi effektivisering av bygg, en realistisk og ambisiøs plan fram mot 2040. KRDS arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg.

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/krd/aktuelt/nyheter/2010/Rapport-fra-arbeidsgruppa-for-energieffektivisering-av-bygg.html?id=612776>

Berg, Torer F., Kari Hovin Kjølle og Michael Klinski (2010). *Evaluation of design and construction process of 4 existing passive house projects*. Internt arbeidspapir innenfor ZEB, The Research Centre on Zero Emission Buildings, WP 5 Concepts and Strategies for Zero Emission Buildings, Task 5.4 Design and construction process. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Berndgen-Kaiser, Andrea, Runrid Fox-Kämper og Sofie Holtmann (2010). *Leben im Passivhaus. Baukonstruktion, Baukosten, Energieverbrauch, Bewohnererfahrungen*. Dortmund: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, ILS-forschung 2/10.

Bordass B, Cohen R, Field J. (2004) 'Energy Performance of Non-Domestic Buildings: Closing the Credibility Gap', *Building Performance Congress*, Frankfurt, Germany

Brasche et al. (2003). Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen – Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland

Buber, R., Gadner, J. & Höld, R. (2007) Wohnen in Passivhäusern. Der Einsatz des Fokusgruppeninterviews zur Identifikation von Wohlfühlkomponenten. Buber, R. & Holzmüller, H.H. (eds.) (2007). *Qualitative Marktforschung, Konzepte – Methoden – Analysen*. Gabler Verlag, Wiesbaden

Dehli, M. & Bouse, D. (2004) *Moderne energieeffiziente Lüftungsanlagen für gesundes Wohnen*. Landesgewerbeamt Baden-Württemberg, Stuttgart

Dokka, T.H. et al. (2011). Energibruk i bygninger. Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk. SINTEF prosjektrapport 76.

Dokka, Tor Helge og Sverre Holøs (2011). *Inneklima og sommerkomfort i passivhus*. Foredrag på passivhuskonferansen i Oslo 15. juni 2011.

<http://www.sintef.no/Byggforsk/Nyheter/Passivhus-aktiviserte-over-600/>.

Dokka T. H., Andersen, G., Are, K. G., Olaussen, T. (2010). *Marienlyst skole – Norges første passivhusskole*. Paper for Passivhus Norden. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Doppelbauer, Eva-Maria og Ardeshir Mahdavi (2010). "Ein Vergleich von Passiv- und Niedrigenergiegebäuden am Beispiel zweier Wohnhäuser in Österreich". *Bauphysik* 32: 125-131.

Ejlertsson, A. M., Wahlström, Å., Nordquist, B., Arfvidsson, J. (2011). *Planning for evaluation of low energy buildings' performance after a few years of operating*. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? *Energy Efficiency* 1, 79–104.

Feist, W., Peper, S. Görg, M. (2001). *CEPHEUS - Cost Efficient Passive Houses as European Standards supported by the EU*. Projectinformation No.38. Passivhausinstitut og Stadtwerke Hannover AG, Hannover

Harrysson, Christer (2009). *Variationer i energianvändning och innemiljö kvalitet hos flerbostadshus med olika tekniska lösningar*. Örebro universitet.

Haavik, T. & Aabrekk, S. E. (2007). *Business opportunities in sustainable housing. A Marketing guide based on experiences from 10 countries*. SHC task 28/ ECBCS Annex 38. Oslo: Husbanken.

Hauge, Å.L., Mellegård, S., Amundsen, K. (2011). *Beslutningsprosesser i borettslag og sameier: Kva fører til bærekraftige oppgraderingsprosjekter?* Prosjektrapport 82. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Hauge, Å.L., Thomsen, J., Berker, T. (2011). User evaluations of energy efficient buildings – literature review and further research. *Advanced Energy Research* (5).

Hinge A, Tanjea O, Bobker M. (2008) 'Sustainability in commercial building: Bridging the gap from design to operations', *Green Building Insider* - 23 May

Hofbauer, Wilhelm, Christoph Reichl og Martin Treberspurg (2004). *Luftströmungen an zweigeschossigen Fassaden (Computational fluid Dynamics – Simulation)*. Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung. Krams: Donau-Universität Krams.

Hüttler, W. og A. Amerstorfer (2008). ”Die Wohnbauförderung im Klimaschutz-Kontext”. I *Platzer, Hink, Pilz. So managen wir Österreich – der neue Finanzausgleich und seine Folgen*.

Isaksson C, Karlsson F. (2006) 'Indoor climate in low-energy houses - an interdisciplinary investigation', *Building and Environment*, vol 41, pp1678-1690

Isaksson C. (2009) *Uthålligt lärande om värmen? Domesticering av energiteknik i passivhus*, Dissertation, Linköping Linköpings Universitet

Jansson, U. (2010). Passive houses in Sweden. *From design to evaluation of four demonstration projects*. Report EBD-T-10/12. ISBN 978-91-85147-46-5. Lund University

Johansen, S.Å. & Strumse, E. (2012). Energiforbruk konseptualisert som et fellesressursdilemma. In *Antologi for norsk miljøpsykologi*, Hauge, Å.L, Fyhri, A. & Nordh, H. (Red). In press.

Klinski, Michael, Tor Helge Dokka og Åshild L. Hauge (2011). *Practical experience from the first apartment house renovation with Passive House components in Norway*. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

Kvist, H. (2006) DEROB-LTH for MS-Windows, v1.2 Users Manual. Lund University.

Lang, Günter (2010). *1000 Passivhäuser in Österreich. Passivhaus Objektdatenbank: Interaktives Dokumentations-Netzwerk Passivhaus, 3. Dokumentationsperiode 2006-2009*. Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 85/2010.

Langseth, B., Everett, E.N., Havskjold, M. (2011). Energibruk i lavenergi- og passivbygg – En sammenligning av forventet og målt energibruk. Rapport Nr. 2011-003. Bærum: XRGIA.

Leaman A, Bordass B (2007) 'Are users more tolerant of 'green' buildings? ', *Building Research and Information*, vol 35, pp662-673

Leiv Eiriksson Nyskaping (2008). Hvordan selge lavenergiboliger og passivhus: Markedsundersøkelse boligkjøpere våren 2008 og Dybdeintervju boligutviklere sommeren 2008. Trondheim, november 2008.

Maaß, Jacqueline, Christine Walter og Irene Peters (2008). *Erfahrungen mit Passivhaussiedlungen in Deutschland (Schwerpunkt Norddeutschland)*. Hamburg: Hafencity Universität

Münzenberg, U. & Thumulla, J. (2003) Raumlufthqualität in Passivhäusern. I: *7. Internationale Passivhaustagung 2003*. Hamburg

Nesland, O. (2010), Energibruk og inneklima i passiv- og lavenergihus. Masteroppgave i energi og miljø, NTNU

New Building Institute. Energy performance of LEED NC buildings. Washington, DC: Accessed from the US Department of Energy - Energy Efficiency and renewable Energy, Federal Energy Management Program (FEMP) - Operation & Maintenance; 2008.

Nicol F, Roaf S. Post-occupancy evaluation and field studies of thermal comfort. *Building Research and Information*. 2005;33:338-46.

Peper, Søren (2008). "Passivhaus-Heizsysteme in der Praxis". I *Heizsysteme im Passivhaus – Statistische Auswertung und Systemvergleich*, utgitt av Wolfgang Feist. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 38. Darmstadt: Passivhausinstitut.

Peper, S., Feist, Wolfgang, Kah, Oliver (2001). *Messtechnische Untersuchung und Auswertung Klimaneutraler Passivhaussiedlung Hannover-Kronsberg*. [CEPHEUS-Projektinformation](#). Hannover, Stadtwerke Hannover: 135.

Peuhkuri R.H., Järventie J., Salomaa N., Pedersen S., (2011). *A Well-functioning Passive House in Finland As a Result of Optimised and Cost-effective Design*. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

Rohregger, G. et al. (2004), Behagliche Nachhaltigkeit. Untersuchungen zum Behaglichkeits- und Gesundheitswert von Passivhäusern, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 17/2004

Prendergast, E., Mlecnik, E., Haavik, T., Rødsjø, A. & Parker, P. (2010). *From demonstration projects to volume market. Market development for advanced housing renovation*. Rapport for IEA SHC, task 37: Advanced housing renovation with solar & conservation.  
<http://www.lavenergiboliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewForside/C72E7C038835709BC12577B600295452!OpenDocument>

Salomaa E.S. , Salomaa N.S., Finland (2011). Two Years of Living - 6.700 Kwh of Electricity in a Finnish Passive House. How 231 Square Meters and Domestic Hot Water for a Family with Two Children Are Heated by Zero Electricity in Finland. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

Schild, Peter G. (2003). *Nasjonal undersøkelse av boligventilasjon med varmegjenvinning*. Oslo: Byggforsk prosjektrapport 341.

Schnieders, J., Hermelink, Andreas (2006). "CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building." *Energy Policy* **34**: 20.

Shove, E. (2010). Beyond the ABC: Climate change policy and theories of social change. *Environment and Planning A*, vol 42, 1273-1285.

Sikander, E., Ruud, S. Fyhr, K., Svensson, O. (2011). Experience and evaluation of ten-year-old passive houses – indoor environment, durability and user convenience. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

Skumatz, L. A., Dickerson, C. A., Coates, B. (2000). Non-energy benefits in the residential and non-residential sectors – innovative measurements and results for participant benefits. *Proceedings from the ACEEE summer study in energy efficiency in buildings*. Washington DC: American council for an energy efficient economy. August 2000 (8.353-364).

Stejskal, Martin (2011). *ZERSiedelt. Bilanzierung der Grauen Energie für Wohngebäude und zugehörige Infrastruktur*. Foredrag i Wien, 29. November 2011.

Stieldorf, Karin (2004). *Analyse des Nutzerverhaltens in Gebäuden mit Pilot- und Demonstrationscharakter*. Tagungsband 8. Europäische Passivhaustagung. Krems: Donau-Universität Krems.

Stoecklein, Albrecht og Lisa A. Skumatz (2004). Using Non-energy Benefits (NEBs) to Market Zero and Low Energy Homes in New Zealand. SB04 Sustainable Building Conference, Shanghai.

Strumse, Einar (2007). Psykologiske perspektiver på forholdet mellom mennesket og natur. *Tidsskrift for norsk psykologforening*, vol 44, nr 8, s 988-990.

Thomsen, J., Hauge, Å. L., Denizou, K., Jerkø, S., Wågø, S. & Berker, T. (2011). *User evaluations of energy efficient buildings. The interplay of buildings and users in seven European case studies*. ZEB-report.

Thür, Alexander (2004). *Aktualisierte Messdaten der CEPHEUS-Projekte in Österreich, Stand 2004*. Gleisdorf: AEE (ikke publisert rapport; sitert i Peper 2008).

Treberspurg & Smutny (2009), Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien, Endbericht, Universität für Bodenkultur Wien und Wiener Wohnbauforschung.

Uzzel, D. (2010). Collective solutions to a global problem. *The Psychologist*, vol 23, no 11, 880-883.

Uzzel, D. (2008). The challenge of climate change: the challenge for psychology. 43<sup>rd</sup> Australian Psychological Society Annual Conference, Hobart, Tasmania.

Wagner, W., Prein, Andreas; Spörk-Dür, Monika, Suschek-Berger, Jürgen (2010). Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivmehrfamilienhaus Mühlweg. . Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Gleisdorf, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, AT.

Wagner, W., Jähnig, Dagmar (2007). Energietechnische und Baubiologische Begleituntersuchung der Bauprojekte. Berichtsteil Solarcity Linz - EBS Haus 1. Haus der Zukunft. Wien: 79.

Wall, M. (2006) Energy-efficient terrace houses in Sweden- Simulations and measurements. Energy and Buildings. Energy and Buildings, volume 38, (2006):627-634.

Zalejska-Jonsson, A. (2011). Assessing low-energy building performance from the perspective of residents and housing managers. Conference proceedings PHN11 Helsinki, 4<sup>th</sup> Nordic Passive House Conference 17-19 Oct 2011.

ZEBAU, Stattbau Hamburg og Passivhausinstitut (uten år). *Passivhäuser. Evaluation der in Hamburg gebauten Passivhäuser*. Oppdragsrapport for Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg (antakelig 2009).

## A Vedlegg: Kriterier for passivhus

### A.1 Passivhuskonseptet

Et passivhus har et veldig lavt energibehov sammenliknet med vanlige hus. Det totale energibehovet til en bolig på passivhusnivå ligger på rundt 55 prosent av et hus som er bygd i henhold til byggeteknisk forskrift 2010. Grunnen til at det kalles passivhus, er at man tar i bruk mest mulig passive tiltak for å redusere energibehovet, slik som ekstra varmeisolasjon, ekstra god lufttetthet og varmegjenvinning. Hvis gjenværende oppvarmingsbehov er tilstrekkelig lavt og vinduer og dører har høye nok innvendige overflatetemperaturer, kan det velges et sterkt forenklet oppvarmingssystem. Begrepet og kriterier ble opprinnelig lansert av Passivhusinstituttet i Tyskland, som også står bak en sertifiseringsordning for byggeprodukter og bygninger. I noen land ble det imidlertid utviklet egne passivhusstandarder og -kriterier. En bolig som kalles passivhus, oppfyller derfor ikke nødvendigvis Passivhusinstituttets kriterier eller standarder i andre land.

#### A.1.1 Kriterier for passivhus i henhold til Passivhusinstituttet i Tyskland

Passivhus er i utgangspunkt ikke en energistandard, men et konsept<sup>25</sup>. Den opprinnelige definisjonen ble utviklet av Passivhusinstituttet i Tyskland: *Et passivhus er et bygg med komfortabelt innneklima, som kan oppnås uten konvensjonelt oppvarmings- eller kjøleanlegg*<sup>26</sup>. Prinsippet er at alt oppvarmingsbehov skal kunne dekkes av ventilasjonsanlegget, uten å øke luftmengdene utover det som av hygieniske grunner er nødvendig<sup>27</sup>. Definisjonen er uavhengig av klima og bygningstype. Ut fra den funksjonelle definisjonen setter Passivhusinstituttet følgende avledete kriterier for *boliger i Mellom-Europa*:

- *Netto oppvarmingsbehov per år skal ikke overstige 15 kWh per kvadratmeter*
- *Effektbehov for oppvarming skal ikke overstige 10 W per kvadratmeter*
- *Årlig totalt primærenergibehov skal ikke overstige 120 kWh per kvadratmeter*
- *Dokumentert lekkasjetall skal ikke være høyere enn  $n_{50} = 0,6$*

Ved sertifisering kan det velges mellom kriteriene for oppvarmings- og effektbehov, dvs. bare ett av kriteriene må være oppfylt. Primærenergibehovet inkluderer all husholdningsstrøm og regnes ut ved å gange behov for levert energi med primærenergifaktorer for de enkelte energibærere. Elektrisitet ganges med en faktor på 2,6 – en ”helelektrisk” passivbolig ville derfor ikke kunne ha høyere behov for totalt levert energi enn 46 kWh/m<sup>2</sup>a, inkludert all belysning, teknisk utstyr og varmtvannsberedning. Energibehovet dokumenteres med et eget beregningsprogram, passivhus prosjekteringspakke PHPP, som tar utgangspunkt i lokal klima på byggestedet (ikke standardklima som etter forskrift i mange land).

For *yrkesbygg* bruker Passivhusinstituttet inntil videre de samme sertifiseringskriteriene, i påvente av mer pålitelige resultater fra flere bygde prosjekter utover skolebygg. Videre tillates det foreløpig 15 kWh/m<sup>2</sup>a i netto kjølebehov i skoler og liknende bygg. Et eventuelt kjølebehov øker imidlertid ikke det tillatte totale primærenergibehovet. For skoler foreligger det allerede mange evaluerte resultater. Det ser ut til at 15 kWh/m<sup>2</sup>a i netto oppvarmingsbehov er et egnet kriterium også i skoler, mens det over begrenset tid kan være

<sup>25</sup> Se [www.passiv.de](http://www.passiv.de) (tysk og engelsk med omfattende kunnskapsdatabase på [www.passipedia.de](http://www.passipedia.de)).

<sup>26</sup> Med dette vil investeringskostnadene for teknisk utstyr i passivhus bli lavere enn i lavenergibygg med noe høyere oppvarmingsbehov.

<sup>27</sup> Det er ikke et krav om oppvarming via ventilasjonsluft. Kriteriet er kun at oppvarmings- og effektbehov er så lavt at en slik løsning i prinsippet ville være mulig.



betydelig høyere effektbehov enn  $10 \text{ W/m}^2$ . Dette er imidlertid ingen spesiell utfordring siden luftmengder her nødvendigvis er mye større enn i boliger. Maksimalverdiene for kjøling og totalt primærenergibehov i andre typer yrkesbygg anser Passivhusinstituttet som foreløpige, med behov for verifisering i hvert enkelttilfelle, avhengig av hvordan bygget blir brukt.

### A.1.2 Kriterier for passivhus i henhold til Forum för Energieffektiva Byggnader i Sverige

I Sverige har *Forum för Energieffektiva Byggnader* utviklet en passivhusstandard som tar utgangspunkt i den samme funksjonelle definisjonen. Standarden har maks effektbehov på  $10 \text{ W/m}^2$  som hovedkriterium, men tillater høyere grenseverdier i kalde klimasoner og i mindre frittstående boliger opp til  $14 \text{ W/m}^2$ .

Beregningen gjøres i lokalt klima. Ellers er det bare krav til lufttetthet og U-verdi for vinduer (maks  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dvs. høyere enn etter norsk passivhusstandard og tyske anbefalinger). Standarden omfatter anbefalinger om SFP-faktor og levert energi, mens det om bygningskroppen og varmegjenvinning verken eksisterer bindende eller veiledende krav. FEBYs "Kravspecifikation för Passivhus" gjelder også for skoler og barnehager, men ikke andre yrkesbygg.

### A.1.3 Kriterier for passivhus i henhold til Norsk Standard NS 3700

I diskusjonen om en norsk standard for passivhus ble det gått bort fra prinsippet om at alt oppvarmingsbehov skal kunne dekkes av ventilasjonsanlegget. Tanken var i stedet at det i passivhus skal være mulig å dekke oppvarmingsbehovet med et sterkt forenklet vannbårent oppvarmingssystem. I vedtatt standard NS 3700 ble det imidlertid ikke tatt med et krav om dette og heller ikke en definisjon hvor noe slikt blir nevnt. NS 3700 setter følgende kriterier for passivhus som *boligbygning i Norge*:

- Netto oppvarmingsbehov per år skal i utgangspunktet ikke overstige  $15 \text{ kWh}$  per kvadratmeter
- Noe høyere oppvarmingsbehov tillatt på byggesteder med årsmiddeltemperatur under  $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Noe høyere oppvarmingsbehov tillatt i boligbygninger under  $250 \text{ m}^2$  oppvarmet BRA
  - Minimumskrav til andel fornybar energi
  - Dokumentert lekkasjetall skal ikke være høyere enn  $n_{50} = 0,6$
  - Minstekrav til varmetapstall, bygningsdeler og komponenter

Det første kriteriet modifierer det "tyske" hovedkravet noe, men for de fleste større bygninger i Norge<sup>28</sup> vil maksimalt tillatt oppvarmingsbehov likevel ligge på samme nivå ved  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Som i kriteriene fra passivhusinstituttet, beregnes oppvarmingsbehovet i klima på byggested. Den norske standarden har imidlertid korrekurfaktorer for både lavere årsmiddeltemperatur på byggestedet og mindre oppvarmet areal i bygningen. Begge kan kombineres, slik at små eneboliger i svært kalde strøk kan ha betydelig høyere oppvarmingsbehov enn  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Eksempelvis ville en bygning med  $200 \text{ m}^2$  oppvarmet BRA på et sted med årsmiddeltemperatur på  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  kunne bruke så mye som  $23,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  til oppvarming.

Andel fornybar energi motsvarer passivhusinstituttets kriterium på primærenergibehov, mens kravet om maksimalt lekkasjetall er helt likt. Passivhusinstituttet opererer med veiledende verdier for bygningsdeler og komponenter i passivhus. Spesifikke krav må bare oppfylles definitivt for komponenter som skal sertifiseres for seg selv (dvs. som produkt egnet for passivhus). Etter norsk standard derimot må krav til bygningsdeler og komponenter oppfylles i hvert enkelt bygg. I tillegg er det satt krav til maksimalt tillatt varmetapstall.

For *yrkesbygg* som passivhus eksisterer det per i dag ingen norsk standard. Som forarbeid til en kommende standard NS 3701 har SINTEF Byggforsk i 2009 utarbeidet prosjektrapport 42. Her blir det foreslått foreløpige kriterier, som i store trekk følger kriteriene for boligbygg. Avhengig av bygningstype, er det

<sup>28</sup> Grovt estimert, ligger 70-75 % av dagens bygg og antatt framtidig bebyggelse i kystnære strøk i sørlige landsdeler med årsmiddeltemperatur ikke over  $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , som tilsvarer normert Oslo klima.

delvis foreslått høyere tillatt oppvarmingsbehov enn 15 kWh/m<sup>2</sup>a, og bortsett fra skoler regnes det også med noe kjølebehov. I motsetning til standarden for boliger, er det for yrkesbygg ikke foreslått svakere krav til oppvarmingsbehov i kaldere strøk. Alternativt skal ”bygg oppført med passivhuskomponenter i kaldt klima” tilfredsstillende krav beregnet med normert Oslo klima.

#### A.1.4 Ulike resultater etter ulike passivhusstandarder

Både norsk og svensk passivhusstandard bruker andre arealstørrelser og internlaste enn det tyske PHPP. Eksempelvis operer begge med større interne varmetilskudd og ventilasjonsmengder. I tillegg er det også innbyrdes forskjeller mellom inndata etter norsk og svensk metode. Det eksisterer altså både ulike kriteriesett og ulike beregningsmetoder. Resultater kan derfor avvike i mindre eller større grad, og et bygg oppfyller ikke nødvendigvis kriteriene etter andre standarder enn den som ble brukt i det konkrete tilfellet.

Ved beregning etter PHPP tilsier oppfyllelse av kriteriet for oppvarmingsbehov på maks 15 kWh/m<sup>2</sup>år som oftest at også det alternative kriteriet for effektbehov på maks 10 W/m<sup>2</sup> er oppfylt (eller nesten oppfylt) i boliger i mellomeuropeisk klima, og omvendt. Dette er ikke tilfelle ved beregning etter norsk eller svensk metode. Det ser ut til at det kan være store avvik spesielt etter svensk standard. Selv om oppgraderingsprosjektet Brogården med beregnet effektbehov på 10 W/m<sup>2</sup> oppfyller det svenske hovedkriteriet, så ligger beregnet netto oppvarmingsbehov på hele 30 kWh/m<sup>2</sup>år, dvs. dobbelt så høyt som maksverdien etter norsk eller tysk metode. Etter norsk passivhusstandard vil Brogården ”bare” være lavenergihus. Etter tysk PHPP ville Brogården heller ikke være passivhus (effektbehovet ville være høyere ved lavere internt varmetilskudd; lavere luftmengder ville samtidig medføre mindre varmetap og oppvarmingsbehov).

Hovedkilde: Klinski, Michael, Trond Bøhlerengen og Tor Helge Dokka. *Passivhusløsninger basert på trekonstruksjoner*. Prosjektrapport 86-2011. Oslo; SINTEF Byggforsk, 2011.

## B Vedlegg: Oversikt over ferdigstilte og planlagte boligprosjekter i Norge på passivhusnivå, januar 2012

Boligprosjekter i Norge på passivhusnivå (byggherre)	År / kort beskrivelse	Tilgjengelig informasjon
I-box, Tromsø (Passivhus Norge)	2007, 7 rekkehus, 120m <sup>2</sup> per hus	<a href="http://www.arkitektur.no/?nid=87482">http://www.arkitektur.no/?nid=87482</a> <a href="http://steinsvikarkitektkontor.blogspot.com/2009/11/passivhus-pa-storelva.html">http://steinsvikarkitektkontor.blogspot.com/2009/11/passivhus-pa-storelva.html</a> <a href="http://www.vvs-forum.no/klimavennlig-varme-i-nord.4784560-84371.html">http://www.vvs-forum.no/klimavennlig-varme-i-nord.4784560-84371.html</a> <a href="http://www.arkitektnytt.no/utfordringer-ved-passivhus">http://www.arkitektnytt.no/utfordringer-ved-passivhus</a>
Løvåshagen, Bergen (Bybo AS)	2008, 28 leiligheter, totalt 2240m <sup>2</sup>	<a href="http://lovashagen.rediger.no/?page=1">http://lovashagen.rediger.no/?page=1</a> <a href="http://www.arkitektur.no/?nid=166292&amp;lcid=1044">http://www.arkitektur.no/?nid=166292&amp;lcid=1044</a> Nesland O., (2010), <a href="http://www.ntnu.diva-portal.org">Energibruk og inneklime i passiv-og lavenergihus</a> , Masteroppgave 2010 energi og miljø, <a href="http://www.ntnu.diva-portal.org">www.ntnu.diva-portal.org</a> Wågø, S. (2010) Energy efficiency in buildings. One focus- various approaches- various architectural efforts. A case study of BedZed and Løvåshagen.. EASST 2010 Conference: Practicing Science and Technology, Performing the Social Thomsen, J. et al. (2010), User evaluations of energy efficient buildings: The interplay of buildings and users in seven European case studies, ZEB report 1, <a href="http://www.sintefbok.no/Drilldown.aspx?sectionId=65&amp;categoryId=30">http://www.sintefbok.no/Drilldown.aspx?sectionId=65&amp;categoryId=30</a>
NorOne, Sørumsand (H.Ringstad)	2008, enebolig, 340m <sup>2</sup>	<a href="http://www.norone.info/">http://www.norone.info/</a> <a href="http://byggmesteren.as/2010/10/12/kan-vi-nok-om-passivhus/">http://byggmesteren.as/2010/10/12/kan-vi-nok-om-passivhus/</a> Klinski, M. (2008), The first certified Passive House in Norway, Internationale Passivhauskonferenz 2008, Nürnberg
Passivhus Grimstad, Fevik (B. Michalsen)	2009, to eneboliger i rekke, 157m <sup>2</sup> per bolig	<a href="http://www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+grimstad">www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+grimstad</a> <a href="http://www.bgm.no/?page_id=73">http://www.bgm.no/?page_id=73</a>
Passivhus i Lier (B. Michalsen)	2009, enebolig, 235m <sup>2</sup>	<a href="http://www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+lier">http://www.rockwool.no/inspirasjon/passivhus+lier</a>
Passivhus Ladeveien, Oslo (S. Stokknes)	2010, enebolig, 186 m <sup>2</sup>	<a href="http://www.arkitektur.no/?nid=177584">http://www.arkitektur.no/?nid=177584</a> <a href="http://www.dinside.no/850233/et-meget-spesielt-hus">http://www.dinside.no/850233/et-meget-spesielt-hus</a> <a href="http://www.aftenposten.no/bolig/article3168646.ece">http://www.aftenposten.no/bolig/article3168646.ece</a>
Sosialboliger Muusøy, Drammen	2010, 6 sosialboliger	<a href="http://dt.no/nyheter/slik-skal-hjemlose-i-drammen-bo-1.3089988">http://dt.no/nyheter/slik-skal-hjemlose-i-drammen-bo-1.3089988</a>
Ranheimsveien 149 (Trh. Eiendom)	2010, omsorgsboliger 7 leiligheter, massivtre, 705m <sup>2</sup>	<a href="http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1959">http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1959</a> <a href="http://www.lavenergiboliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewProsjekter/879F7C097DDC3FFDC125773B00469056?OpenDo">http://www.lavenergiboliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewProsjekter/879F7C097DDC3FFDC125773B00469056?OpenDo</a>
Passivhus Mortensrud, (OBOS)	Påbegynt 1. byggetrinn 2010, 17 eneboliger, 117m <sup>2</sup> /bolig	<a href="http://www.obos.no/?did=9689880">http://www.obos.no/?did=9689880</a> <a href="http://www.spor.no/index.aspx?id=9934">http://www.spor.no/index.aspx?id=9934</a>
Enebolig, Bodø (Mesterhus)	2010, enebolig, 170 m <sup>2</sup>	<a href="http://blogg.mesterhus.no/category/arkiv/">http://blogg.mesterhus.no/category/arkiv/</a> <a href="http://blogg.mesterhus.no/byggeprosessen/lekkasjemalingsresultatet/">http://blogg.mesterhus.no/byggeprosessen/lekkasjemalingsresultatet/</a>
Norgeshus v/Gaudalbygg	Byggestart 2010, enebolig	<a href="http://www.gaudalbygg.no/gb/prosjekter/passivhuset-loevset/">http://www.gaudalbygg.no/gb/prosjekter/passivhuset-loevset/</a> <a href="http://www.husbanken.no/miljo-energi/norgeshus_lovset/">http://www.husbanken.no/miljo-energi/norgeshus_lovset/</a> <a href="http://www.arkitektur.no/?nid=222837&amp;tid=158202">http://www.arkitektur.no/?nid=222837&amp;tid=158202</a>
Sosialboliger Froland	Byggestart 2010, 4 sosialboliger, 47 m <sup>2</sup> /bolig	<a href="http://www.bgm.no/?page_id=75">http://www.bgm.no/?page_id=75</a> <a href="http://www.husbanken.no/miljo-energi/blakstadmodellen/">http://www.husbanken.no/miljo-energi/blakstadmodellen/</a> <a href="http://www.uia.no/no/div/prosjekt/passivhus_forside/passivhus_bostedsloese">http://www.uia.no/no/div/prosjekt/passivhus_forside/passivhus_bostedsloese</a>

Granås, Trondheim (Heimdal utvikling)	Under bygging, flere byggetrinn, 300 boliger planlagt	<a href="http://www.miljobyen.com/">http://www.miljobyen.com/</a> <a href="http://www.miljobyen.com/passivhus.aspx?Eneboliger%20Felt%20B1">http://www.miljobyen.com/passivhus.aspx?Eneboliger%20Felt%20B1</a>
Omsorgsboliger Rådalslien, Bergen	2011, 10 boliger, totalt 1011 m <sup>2</sup>	<a href="http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/aktuelt-2/nyhetsarkiv/forste-passivhus-i-bergen-en-realitet.html?id=634439">http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/aktuelt-2/nyhetsarkiv/forste-passivhus-i-bergen-en-realitet.html?id=634439</a> <a href="http://www.husbanken.no/bibliotek/bib_miljo/passivhus-i-massivtre/">http://www.husbanken.no/bibliotek/bib_miljo/passivhus-i-massivtre/</a> <a href="http://www.arkitektur.no/?nid=218042">http://www.arkitektur.no/?nid=218042</a>
Boligfelt Rossåsen, Sandnes (Block Watne)	Byggestart i 2011 - 2012, 5 eneboliger	<a href="http://www.blockwatne.no/Boligprosjekter/Forus/Rossaasen-Figgjo-passivhus">http://www.blockwatne.no/Boligprosjekter/Forus/Rossaasen-Figgjo-passivhus</a> <a href="http://www.lokal-avisen.no/newslist.php?id=23">http://www.lokal-avisen.no/newslist.php?id=23</a>
Boligfelt, Sandnes (Fjogstad Hus)	Byggestart i 2011 - 2012, 9 eneboliger	<a href="http://www.bygge-passivhus.no/">http://www.bygge-passivhus.no/</a> <a href="http://www.aftenbladet.no/innenriks/okonomi/Passive-hus---passive-kjper-2882811.html">http://www.aftenbladet.no/innenriks/okonomi/Passive-hus---passive-kjper-2882811.html</a>
Boligfelt, Sandnes (Jadarhus)	Byggestart i 2011 - 2012, 5 eneboliger med utleie	<a href="http://www.sandnes-tomteselskap.no/boliger--tomter-til-privatpersoner/for-salg/rossaasen-figgjo-jadarhus/">www.sandnes-tomteselskap.no/boliger--tomter-til-privatpersoner/for-salg/rossaasen-figgjo-jadarhus/</a>
Studentboliger i Elgeseter gt., Trondheim (SiT)	Ferdigstilles 2011, 100 studenthybler	<a href="http://www.universitetsavisa.no/student/article2565.ece">http://www.universitetsavisa.no/student/article2565.ece</a>
Skadbergbakken, boligfelt, Sola	Delvis ferdigstilt, ca 400 boliger totalt	<a href="http://www.skadbergbakken.com/">www.skadbergbakken.com/</a>
Enebolig Øystese, Hardanger	2011, 164 m <sup>2</sup>	<a href="http://hardangerliving.blogspot.com/">http://hardangerliving.blogspot.com/</a> <a href="http://www.husbanken.no/forbildeprosjekter/forbilde_miljo_energi/223382/">http://www.husbanken.no/forbildeprosjekter/forbilde_miljo_energi/223382/</a>
Omsorgsboliger Sund kommune	2011	<a href="https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00094/Omsorgsbustader_i_Su_94258a.pdf">https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00094/Omsorgsbustader_i_Su_94258a.pdf</a>
Enebolig Indre Steinsvik 4, Bergen	2011	<a href="http://www.passivhuset.no/">http://www.passivhuset.no/</a>
Tollbugata 66, Drammen	Byggestart i 2011, 12 leiligheter, totalt 750 m <sup>2</sup>	<a href="http://www.arkitektur.no/?nid=207454&amp;lcid=1044&amp;pid0=92058">http://www.arkitektur.no/?nid=207454&amp;lcid=1044&amp;pid0=92058</a>
Nordbohus v/Idealhus, Stord	Byggestart 2011, enebolig	
Dalssvingen 14, Oslo (Passivhus Oslo)	Under planlegging, 8 leiligheter	
Enebolig Jørpeland, Stavanger	Under planlegging, enebolig	
Gurines seniorboliger Hamresand, Kristiansand	Under planlegging, 128 leiligheter	
Tellhus, Moholt, Trondheim (Veidekke)	Usikker, 39 leiligheter	<a href="http://www.veidekke.no/bolig/article69090.ece">http://www.veidekke.no/bolig/article69090.ece</a>
Bolig Schüller Mathiesen, Lillehammer	Ferdigstilles 2011, Enebolig, 147 m <sup>2</sup>	
Enebolig	Ferdigstilles	

Stonglandseidet, Senja	<b>2011, Enebolig, 310 m<sup>2</sup></b>	
Kirkeringen 20+22, Heimdal, Trondheim	<b>Ferdigstilles 2011, 13 leiligheter, totalt 1480 m<sup>2</sup></b>	
Lunden, Norfjordeide	<b>Ferdigstilles 2011, 30 boenheter, lavenergi-og passivhusstand ard, totalt 2160 m<sup>2</sup></b>	
Enebolig (Nordbohus v/Systembygg)	<b>Ferdigstilles 2011, enebolig</b>	

**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.