

MICHAEL KLINSKI, TORER FROGNER BERG, METTE MALTHA, SOFIE MELLEGÅRD, TORHILDUR KRISTJANSDOTTIR, MAGNAR BERGE, SVERRE HOLØS OG TOR HELGE DOKKA

Systematisering av erfaringer med passivhus – oppfølging

Nærmere analyse med fokus på innemiljø, energibruk og kostnader

Prosjektrapport 113

2012



SINTEF Byggforsk

Michael Klinski, Torer Frogner Berg, Mette Maltha, Sofie Mellegård,
Torhildur Kristjansdottir, Magnar Berge, Sverre Holøs og Tor Helge Dokka

Systematisering av erfaringer med passivhus – oppfølging

Nærmere analyse med fokus på innemiljø, energibruk og kostnader

Prosjektrapport 113 – 2012

Prosjektrapport nr. 113

Michael Klinski, Torer Frogner Berg, Mette Maltha, Sofie Mellegård,
Torhildur Kristjansdottir, Magnar Berge, Sverre Holøs og Tor Helge Dokka

Systematisering av erfaringer med passivhus – oppfølging

Nærmere analyse med fokus på innemiljø, energibruk og kostnader

Prosjektnr.: 3B0727

Emneord:

Utredning, passivhus, boligbygg

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1320-8 (pdf)

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling 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 inndragning, 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

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	5
	English summary	8
2	Bakgrunn	9
3	Mål og tema for utredningen og videreføringen av prosjektet	9
4	Oppdragsforståelse og metode	9
	4.1 Begrepet passivhus	11
5	Litteraturgjennomgang med fokus på innemiljø og energibruk	13
	5.1 Nyere norske rapporter og analyser	13
	5.2 Svenske studier om inneklime i boliger	13
	5.3 Nyere studier om innemiljø i andre land	17
	5.4 Ny studie om beregnet og reell energibruk	20
6	Oppfølging av utvalgte norske passivhusprosjekter	23
	6.1 Myhrerenga på Skedsmokorset. Oppgradering av blokker til nesten passivhusnivå	23
	6.2 Eneboligen til Stein Stoknes i Oslo	28
	6.3 Enebolig NorOne på Sørumsand	29
	6.4 Blokker på Løvåshagen i Bergen	31
	6.5 Passivhus i Grimstad	34
	6.6 Eneboligfelt på Rudshagen i Oslo	38
	6.7 Feltutbygging på Granås i Trondheim	40
	6.8 Erfaringer/målinger i andre prosjekt	40
	6.9 Marienlyst skole i Drammen	43
7	Bransjeaktører om kostnader, priser og produksjonsopplegg	46
	7.1 OBOS. Erfaringer Rudshagen	46
	7.2 Kostnader/pris og konstruksjons- og produksjonsmåte	47
	7.3 Refleksjoner rundt fukt og produksjonsprosess	50
	7.4 Salgskonsept og priser	50
8	Passivhus og markedet (høsten 2012)	54
9	Konklusjoner	59
10	Veien videre	60

11	Referanser	62
12	Vedlegg. Utvalgte abstracts fra "Passivhus Norden2012"	64
12.1	Erfaringer med passivhus – et systematisk overblikk	64
12.2	The Skarpnes Residential Development	64
12.3	Marienlyst school – Comparison of simulated and measured energy use in a passive house school	65
12.4	Verification of energy consumption in eight Danish passive houses	65
12.5	Living in some of the first Danish Passive Houses	66
12.6	Overheating in passive houses compared to houses of former energy standards	66
12.7	Improvement of traditional clamped joints in vapour- and wind barrier layer for passive house design	66
12.8	Passive house with timber frame of wood I-beams – moisture monitoring in the building process	67
12.9	Vad behövs för ett marknadsgenombrott av nybyggnation och renovering till passivhus - Analys från seminarier serie.....	67
12.10	Build Up Skills Norway: Competence level on energy efficiency among building workers.....	68
12.11	NS 3701 Criteria for passive houses and low energy buildings	68
12.12	SS 24 300: A Swedish Standard for Energy Classification of Buildings	69
12.13	Utvalgte presentasjoner fra "Passivhus – myter og fakta"11.6.2011.....	69
12.14	Alle foredrag fra konferansen "Passivhus - myter og fakta".....	70
12.15	Anvisninger med relevans for passivhus publisert i desember 2012	70

1 Sammendrag

Arbeidet og resultatene støtter tidligere konklusjoner slik de fremkommer i SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 90, og er formidlet i konferansebidrag, artikler og rapporter. Innhentede erfaringer og data for dette arbeidet er fra pilotprosjektene og med noe varierende oppfølging og overføringsverdi:

- Superisolering, meget god lufttetthet og høyeffektiv varmegjenvinning (passivhuskonseptet) har i praksis liten innvirkning på komfort i norsk sommerklima sammenlignet med hus bygget etter dagens byggeforskrifter. Men fyringssesongen blir kortere, og det kan bli behov for å luften gjennom vinduene flere dager. Orientering av vinduer mot øst og nord gir mindre overoppvarming enn vinduer som vender mot syd og vest.
- Følgende faktorer er viktigst for inneklimatet om sommeren:
 - o Effektiv vinduslufting
 - o Solskjerming
 - o Helst litt termisk masse (varmelagrende konstruksjoner/materialer)
 - o Oppvarmingssystem som responderer raskt og presist i forhold til behov
- Kontroll på interne varmekilder er også viktig.
- God lufttetting, ventilasjon med varmegjenvinning og godt isolerende vinduer og dører gir høy termisk komfort i vintersesongen.
- God lufttetting innvendig og utvendig samt mekanisk ventilasjon reduserer faren for fukt / kondensskader i konstruksjonen.
- God lufttetting øker behovet for å kompensere for luft som trekkes av med kjøkkenhetter/peis (åpning av vinduer/ventiler eller tilpassede tekniske løsninger).
- Tykke og godt isolerte ytterkonstruksjoner øker konsekvensene av innebygget fukt. Dette øker behovet for å følge de anbefalingene som allerede gis:
 - o Begrens innbygging av fuktighet i konstruksjoner ved å bruke tørre materialer som beskyttes mot oppfukning.
 - o Kontroller fuktinnhold før lukking. I enkelte konstruksjoner anbefales trefuktighet ned mot 15 %.
 - o Bruk vindsperrer og undertak med lavest mulig dampmotstand og best mulig uttørkningsevne.
- Passivhus kan stort sett bygges med velkjent og utprøvd teknologi. Det er ingen grunn til å frykte nye og ukjente problemer, med mindre ny og ukjent teknologi innføres.
- Prosessforårsakede¹ byggskader er et problem i dag, og innføring av passivhus vil i seg selv ikke løse utfordringer knyttet til mangelfull programmering og prosjektering, utførelsesfeil eller materialfeil.
- Det er behov for mer kunnskap om innklima og helse, for eksempel helseeffekter av filtrering, varmegjenvinning, plassering av luftinntak, luftmengder, støv og avgassing fra byggematerialer.

På grunn av problemer med instrumentering og varierende nivå på oppfølging i de utvalgte norske prosjektene har denne oppfølgingen et noe mindre omfang enn det som var opprinnelig målsetting. Både bedrifter og enkeltpersoner som har vært involvert/engasjert i prosjektene har vist entusiasme og interesse som både har gitt gode og interessante case, og mulighet for videre oppfølging. Det viser seg likevel krevende å få inn et tilstrekkelig omfang sammenlignbare data som er relevante og kvalitetssikrede. Flere utfordringer bidrar til dette:

- Oppfølging må tilpasses konkret byggevirksomhet, og det er ikke uvanlig at byggeplaner endres betydelig underveis.

¹ Prosessforårsaket byggskade er skade på bygg som skyldes at det under utredning, prosjektering, produksjon eller materialtilvirkning ikke har lyktes en aktør å følge normert, standardisert, anerkjent metode eller konkrete spesifikasjoner.

- Innkjøring og tilpasning av tekniske anlegg viser seg ofte å ta lengre tid enn forutsatt. Oppfølging kort etter bygging blir lite representativt for bruksfasen.
- Det er til dels vanskelig og dyrt å instrumentere opp bygg. Kostnadene ved reiser gjør at det også blir dyrt å følge opp instrumentering underveis, og ufullstendige dataserier har blitt resultatet i flere tilfeller.
- Instrumentering i ferdigstilte bygg er betydelig mer kostbart pga. tilpasning til eksisterende installasjoner.
- Beboeradferd er en viktig faktor for inneklimate, energibruk og bygningsfysikk. Forskningsaktivitet kan bare delvis planlegge for at beboere reiser på lange ferier, at leiligheter står tomme eller brukes helt annerledes enn forutsatt.
- Metoder for oppfølging av opplevd inneklimate er utfordrende. Tilnæringsmåter med ulike former for spørreskjemaer, intervjuer o.a. har sine sterke og svake sider, og gir ikke nødvendigvis sammenlignbare resultater.
- Mange av de parameterne som undersøkes, har stor variasjon som ikke forklares av bygningen i seg selv. Det er da behov for store datamengder for å få signifikante resultater.

Det er derfor behov for fortsatt oppfølging, både av prosjektene dette arbeidet omfatter, og nye. Det er behov for å videreutvikle metoder for oppfølging, og anvende metoder slik at resultater blir sammenlignbare.

EBLE-prosjektet og fortsatt oppfølging av Løvåshagen vil bidra med viktig kunnskap framover.

Datagrunnlaget er for lite til å konkludere sikkert om det faktiske energiforbruket i passivhus stemmer bedre eller dårligere med beregnet energibehov enn andre hus, gitt at samme metode, beregningsmåte og forutsetninger benyttes. Variasjoner i forbruk i passivhus er som i andre hus/boliger i stor grad avhengig av beboersammensetning og bruk. Foreliggende resultater tyder på at eventuelle systematiske forskjeller er små, og at energibruken i passivhus dermed er betydelig lavere enn i eksisterende bygg og bygg oppført etter TEK 10.

I intervjuer med beboere ble det rapportert problemer med bl.a. høy temperatur og små luftmengder. Slike problemer er også vanlig i bygningsmassen forøvrig, og det eneste statistisk signifikante resultatet er at beboerne i Løvåshagen er lite plaget av tretthet! Det er ikke gjort funn som tyder på at rapporterte plager/problemer har sammenheng med passivhusløsningene i seg selv.

Merkostnader for bygging av passivhus sammenlignet med boliger bygget etter TEK 10 ligger på rundt 800 kr/m² BRA for eneboliger/småhus og rundt 450 kr/m² BRA for leiligheter i blokk. Skanska Bolig gjennomfører et prosjekt i Arendal der de oppgir å ligge med merkostnader på rundt 800 kr/m² for småhus på samme boligfelt. Et prosjekt Multiconsult og SINTEF Byggforsk har gjennomført for Direktoratet for Byggkvalitet, viser detaljerte oppstillinger av kostnader og analyser.

De resultatene en har fått gjennom målinger viser ikke kritisk opphopning av fukt, dersom materialer er og holdes tørre i byggeperioden. Måten byggene er produsert på varierer, og ingen viser tegn til opphopning av fukt i vegger/tak. Vi må ta det forbeholdet at antall målinger/case er begrenset, men også for hus bygget tradisjonelt (ikke bygget under tak/telt) er fuktprosentene lave. Store utbyggere som f.eks. Skanska Bolig og Block Watne benytter slike byggemetoder. Det gjøres forøvrig her oppmerksom på at de prosjektene der målingene er utført, er pilotprosjekter som antas å ha svært god oppfølging under hele byggeprosessen.

Vi har i dette arbeidet sett nærmere på enkelte andre forhold enn direkte oppfølging av passivhusene omtalt i SINTEF Byggforsk prosjektrapport 90. Det er forhold som prissetting, utbud av passivhusboliger/leiligheter og markedsføring/annonsering.

Som for andre boliger annonsert i markedet, er geografisk og lokal beliggenhet trolig den altoverskyggende faktoren ved salg. Vår undersøkelse gjennom finn.no bekrefter at dette også gjelder for passivhus. I et

opphetet boligmarked i pressområdene, ser det ikke ut til at kvaliteter som passivhus slår gjennom eller benyttes i særlig grad i markedsføringen/annonseringen. Dette bør følges opp med bredere undersøkelser, da boligprodusenters vilje til å følge opp passivhusinitiativ og -erfaringer er nært knyttet til etterspørsel i markedet. I OBOS sin annonsering av 34 rekkehus med passivhusstandard syd i Oslo, er det fortsatt et godt stykke igjen før et tilstrekkelig antall enheter er solgt slik at prosjektet kan settes i gang.

Litteraturstudien som er gjort i prosjektet er i hovedsak konsentrert om skandinaviske undersøkelser, men heller ikke blant disse er det omfattende målinger og registreringer av passivhus/-boliger. Men enkelte av dem er mer allmenne og tjener f.eks. som sammenligningsgrunnlag og basis for vurdering av inneklime i passiv-/lavenergihus.

Tyske studier av beregnet sammenlignet med målt energiforbruk, er gjennomgått og reiser diskusjoner på flere plan. Et eksempel er "rebound effekt", et begrep som beskriver at sparepotensial av et effektiviseringstiltak i praksis ikke blir fullt oppnådd. I den aktuelle studien vises det at denne betraktningssmåten ikke passer for passivhus fordi beregnet og målt energibruk her er mer i overensstemmelse. Forfatterne antyder at årsaken kan være at passivhus ikke har et konvensjonelt oppvarmingssystem. Etter vår mening er det siste ikke riktig, da det er mer presise energiberegninger og strengere krav til prosjektering og utførelse for passivhus som fører til mindre avvik mellom reell og beregnet energiforbruk – sammenlignet med "vanlige bygg".

English summary

This follow-up of experiences with passive houses does not change the fundamental experience that "Passive house" can be built with a lower risk of moisture damage and poor indoor air quality than standard house thanks to: Good ventilation, improved air tightness, better insulated windows and warmer glass surfaces.

Due to problems with instrumentation and varying levels of monitoring in the selected Norwegian projects, such monitoring is done in a smaller scale than was originally targeted.

Additional costs for the construction of passive houses compared to houses built after TEK10 (The Norwegian Building Regulations 2010) does not deter about 800 NOK/m² for small houses and for apartments considerably less.

Measurements show no disturbing accumulation of moisture in the walls/ceiling, if the materials are dry and kept dry during the construction period. This is also achieved by a conventional construction process. The same applies to the achievement of tightness.

Whether the actual energy consumption is in line with the estimated values, we cannot confirm this due to insufficient results, but again it seems that consumption is close to those estimated.

Variations in energy consumption in passive houses are as in other houses/dwellings, depending on the occupants and their use, but the total consumption is significantly less than in ordinary homes due to the passive measures.

Most residents reported that good indoor climate and ventilation / heat control and air quality functioning are as intended. Some problems with the indoor climate are registered and will be followed up on. Overheating can be perceived negatively by some, but does not seem to present problems when sunshading.

2 Bakgrunn

Husbanken region Midt-Norge har etter en utlysning gitt et utredningsoppdrag om ”Systematisering av erfaringer med passivhus” til SINTEF Byggforsk. Bakgrunnen for dette var et ønske fra Kommunal og regionaldepartementet om å sette i gang ”arbeid med et utgreiingsprosjekt som systematiserer erfaringene med passivhusbostader”. Prosjektrapporten ble levert 1. februar 2012 og offentliggjort som prosjektrapport 90. Husbanken ønsker å videreføre prosjektet i tråd med opsjonen i utlysningen.

Seniorforsker Michael Klinski var prosjektleder for arbeidet, har gjennomført det meste av litteraturstudiene, la opp struktur og oppfølging av nasjonale prosjekter/case. Klinski tiltrådte en midlertidig stilling ved Die Österreichische Energieagentur høsten 2012, og seniorforsker Torer F. Berg tok over ansvaret med å fullføre arbeidet. Sentrale medarbeidere for deler av arbeidene har vært sivilarkitekt Sofie Mellegård, senioringeniør Mette Maltha, sivilingeniør Torhildur Kristjansdottir, seniorforsker PhD Tor Helge Dokka og seniorforsker Sverre Holøs, som i tillegg til eget bidrag har kvalitetssikret arbeidet.

3 Mål og tema for utredningen og videreføringen av prosjektet

Prosjektets mål er å skaffe en systematisk oversikt over erfaringer med passivhus. I oppdragsgivers opprinnelige kravspesifikasjon nevnes følgende aktuelle tema:

1. Erfaring fra projektering og byggeprosess
 - eksempelvis kompetansebehov, kvalitetssikring av prosess, utførelse og komponenter
2. Byggskader og helserisiko
 - eksempelvis knyttet til fuktrisiko og inneklima i bygg med høyisolerte konstruksjoner, lite luftlekkasjer 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 bokkultur
 - d. Vedlikehold
5. Erfaringer fra markedsføring og salg
6. Kostnader
7. Egnethet for volumproduksjon

Husbanken ønsker at videreføringen av utredningsprosjektet skal ha fokus på kostnader, innemiljø og energibruk sett i lys av at passivhus er i en introduksjons-/ vekstfase i det norske markedet. Innledningsvis ønsker Husbanken en kort gjennomgang av hva som er gjort i Norge mht. rapporter og analyser på angjeldende tema: kostnader, innemiljø og energibruk.

4 Oppdragsforståelse og metode

Som påpekt i Prosjektrapport 90, er antallet ferdigstilte norske passivhusprosjekter 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 ferdigstilling. Om en løsning er vedlikeholdsvennlig, kan også være vanskelig å vurdere kort tid etter innflytting. Selv om dette delvis kan avhjelpes ved å se på erfaringer fra utenlandske passivhusprosjekter (noe som ble gjort i første del av utredningen), er det ønskelig å se på erfaringer med norske prosjekter i et lengre perspektiv, så vidt dette er mulig per i dag. I rapporten er det derfor listet opp noen norske passivhusprosjekter som det ville være nyttig å følge opp i forlengelsesfasen, med ulike problemstillinger som kunne drøftes.

I tråd med ønsket fra KRD er også denne delen av utredningen begrenset til boligbygg, med unntak for analyser av kostnader og fuktmålinger i konstruksjoner i barnehager og skoler som kan være like relevant for boliger. Prosjektet er blitt delt opp i følgende arbeidspakker og deloppgaver:

Arbeidspakke 1: Oppfølging av aktuell litteratur med fokus på kostnader, innemiljø og energibruk

1. Kort gjennomgang av nyere norske rapporter og analyser på nevnte temaene, så vidt disse ikke inngår i deloppgave 6
2. Kort gjennomgang og analyse av svenske studier om inneklimate i boliger for å skaffe et breiere underlag for sammenlikninger
3. Kort gjennomgang og analyse av ferske studier om innemiljø i andre land

Arbeidspakke 2: Oppfølging av utvalgte norske prosjekter med fokus på kostnader, innemiljø og energibruk

4. Systematisering og utdyping av funn om kostnader i første fase av utredningen
5. Intervju av sentrale aktører i prosjektene samt utvalgte bransjeaktører
6. Analyse av nyere beboerundersøkelser og målinger i prosjektene samt nye studier om disse
7. Kvalitative beboerintervjuer i noen få utvalgte prosjekter

Arbeidspakke 3: Analyse og sammendrag av funnene i ny projektrapport

8. Systematisering av funnene i arbeidspakke 1 og 2 samt av relevante funn i den leverte rapporten i første fase av utredningen

Det understrekes at denne oppfølgingsrapporten bygger videre på resultater i første delen av prosjektet som ble oppsummert i projektrapport 90. Oppfølgingsarbeidet er begrenset til utvalgte, bygde norske prosjekter og svenske inneklimatestudier samt nye norske og utenlandske studier som ikke forelå i første del av prosjektet.

Som nevnt, er antallet ferdigstilte norske prosjekter fortsatt begrenset. Dette begrenser generelt "beviskraften" for casestudier i Norge siden det statistiske grunnlaget ikke er stort nok. Denne oppfølgingsrapporten går gjennom et utvalg av norske prosjekter, men vi erfarte at det tilgjengelige datagrunnlaget ofte er forholdsvis mangelfullt. I flere av prosjektene var det problemer med måleutstyret, slik at evalueringer enten er forsinket eller ikke så omfattende som planlagt eller som forutsatt da vi diskuterte grunnlaget for forlengelsen av oppdraget. Det vi vil kunne se gjennom denne oppfølgingen, er derfor i hovedsak tendenser og indikasjoner samt om resultater fra første delen av prosjektet blir bekreftet eller om det er tegn på behov for justeringer. I tillegg til den planlagte oppfølgingen har vi derfor forsøkt å se på "passivhus i en introduksjons- og vekstfase i det norske markedet". Arbeidet og rapporteringen bryter derfor noe med opplegget med arbeidspakker.

I forståelse med Husbanken har vi også samlet og gjengitt relevante Abstracts fra konferansen "Passivhus Norden 2012" i Trondheim 21. – 23. oktober. Disse ligger som vedlegg.

4.1 Begrepet passivhus

Et passivhus har et svært lavt energibehov sammenliknet med vanlige hus. Det totale energibehovet til en norsk bolig på passivhusnivå ligger på rundt 55 % av et hus som er bygd i henhold til TEK 10. Grunnen til at det kalles passivhus, er at man tar i bruk flest 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 oppvarmingsystem. 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 passivhuskriterier. En bolig som kalles passivhus i Norge, oppfyller derfor ikke nødvendigvis Passivhusinstituttets kriterier eller standarder i andre land. En nærmere omtale av kriterier for passivhus er gitt i vedlegg A i prosjektrapport 90 fra SINTEF Byggforsk.

Passivhus er i utgangspunktet ikke en energistandard, men et konsept som på en robust og kostnadseffektiv måte skal sikre et komfortabelt inneklima og samtidig svært lavt energibehov. Det er derfor viktig at konseptet som helhet er ivaretatt, og ikke bare enkeltkriterier. Det innebærer også at energiberegninger gjennomføres med et egnet presist verktøy som bygger på realistiske inndata og tar hensyn til f.eks. reelle solforhold og klima på byggestedet. Et bygg med *totalt behov for levert energi* omtrent på samme nivå som passivhus vil derfor ikke nødvendigvis være et bygg med lavt oppvarmingsbehov eller med et optimalt inneklima. Bakgrunnen for dette er at innholdet i begrepet *passivhusnivå* ikke er det samme som *passivhusstandard*.

I rapporten til Arnstad-utvalget er passivhusnivå definert i en fotnote til sammendraget under det tredje av seks hovedgrep:

”Passivhusnivå er her ment å uttrykke et energinivå som kan oppnås på ulike måter og gjennom ulike bygningskonsepter.”

I selve teksten under hovedgrep nr. 3 "Strengt nybyggkrav" står det:

”Passivhusnivå vil si et behov for levert energi på 70-80 kWh/år, slik de beste boliger og yrkesbygg allerede bygges i dag.” (Arnstad, 2010).

Dette kan en tolke slik at passivhusnivå i Arnstad-rapporten er ment som et behov for levert energi i en størrelsesorden som tilsvarer levert energi i et passivhus, selv om levert energi ikke er et kriterium for passivhus. Hovedkravet i passivhuskonseptet og i passivhusstandarder er et sterkt begrenset netto oppvarmingsbehov og dermed en robust og energieffektiv bygningskropp samt høyeffektiv varmegjenvinning fra ventilasjonsluft. *Passivhusnivå* med levert energi som målestokk kan derimot også oppnås med en mindre god bygningskropp, med f.eks. mindre isolasjon, større utettheter eller ventilasjon uten varmegjenvinning, hvis det samtidig brukes svært energieffektivt teknisk utstyr, som f.eks. varmepumper og/eller solfangere. Dette åpner for alternative konsepter. Men uten spesifikke krav til oppvarmingsbehov, bygningskropp og ventilasjon vil heller ikke godt inneklima bli sikret på samme måte som i passivhuskonseptet. Arnstad-utvalgets forklaring er en mulig tolkning av begrepet passivhusnivå, men en allmenn akseptert definisjon av begrepet eksisterer foreløpig ikke.

Omtalte prosjekter i prosjektrapport 90 er prosjektert i henhold til ulike passivhusstandarder og beregnet med ulike beregningsverktøy. Vi har skrevet at dette i hovedsak ikke vil påvirke konklusjonene, men at det i enkelte tilfeller kan være medvirkende årsak for refererte funn, f.eks. tørr luft ved høyere luftmengder enn anbefalt i prosjekteringsverktøyet PHPP². Dette ble imidlertid ikke nærmere undersøkt i prosjektrapport 90.

De fleste prosjekter som ble analysert grundigere i foreliggende oppfølgingsrapport, ble prosjektert med energisimuleringsprogrammet SIMIEN i henhold til norsk passivhusstandard, eller de ble prosjektert og bygd

² PHPP står for Passivhusprosjekteringspakke, utgitt av Passivhusinstituttet. Både norsk og svensk passivhusstandard, men også mange nasjonale eller bransjeanbefalinger forutsetter høyere ventilasjonsrater enn anbefalt i PHPP.

samtidig som denne standarden ble utviklet. Blokkene på Myhrerenga f.eks. ble oppgradert etter passivhusprinsippet, men hovedkriteriet om maksimalt årlig oppvarmingsbehov på 15 kWh/m² ble ikke helt oppnådd på grunn av begrensninger i den eksisterende bygningskroppen. Eneboligen NorONE ble prosjektert med PHPP og er foreløpig det eneste bygget i Norge som er sertifisert etter Passivhusinstituttets kriterier.

5 Litteraturgjennomgang med fokus på innemiljø og energibruk

5.1 Nyere norske rapporter og analyser

Erichsen & Horgen AS har på oppdrag fra Lavenergiprogrammet laget en veileder om *tiltak mot høye temperaturer i passivhus*. I sammendraget konkluderes det med ”at det er mulig å oppnå god termisk komfort i passivhus med: 1. Begrensing av vindusareal; god, fortrinnsvis utvendig, solskjerming og reduserte varmelaster. 2. Tilrettelegge for fjerning av varmeoverskudd med ulike klimatiseringsløsninger avhengig av bygningskategori. 3. Demping av temperatursvingningene med termisk masse.” Konklusjonen bygger på oppsummering av erfaringer fra kartlagte prosjekter, utdypede litteraturstudier og egne beregninger i casestudier. Casestudiene med simuleringer av inneklime i typiserte eneboliger, kontorer og skoler viser ”at akseptable termiske forhold kan sikres uten omfattende klimainstallasjoner.” Rapporten indikerer ifølge forfatterne at høye temperaturer i passivhus har sin årsak i ”uhensynsmessig bygningsdesign”³, og ikke i passivhusprinsippet som sådan. Casestudien av en enebolig viser ”at de viktigste tiltak er å redusere solbelastning og muliggjøre lufting.(...) Beregningen viser at det er sannsynlig at høye temperaturer forekommer i hus bygget iht. TEK07/TEK10 i et lignende omfang som i passivhus. Dermed kan en trekke den slutningen at høye temperaturer er mer relatert til bygningsdesign og mangel på solskjerming, enn U-verdier og tetthet” (Bryn mfl., 2012 del I). Dette bekrefter resultater fra simuleringer presentert på konferansen ”Passivhus – myter og fakta” i 2011. I Prosjektrapport 90 fra første del av prosjektet ”Systematisering av erfaringer med passivhus” ble disse resultatene i avsnitt 5.1.4 oppsummert slik:

”Avgjørende er ikke energistandarden i seg selv, men om det er mulig å bruke solavskjerming og vinduslufting.” (Klinski, Thomsen mfl., 2012).

I litteraturstudien til veilederen referer Erichsen & Horgen flere erfaringer fra Sverige og Danmark med både gode og mindre gode resultater. Essensen er også her at bygningsdesign er avgjørende for å unngå overtemperatur. Eksempelvis hadde rom eller leiligheter med spesielt høy temperatur i to svenske prosjekter enten ikke utvendig solskjerming, eller vinduer som kunne åpnes i rommene. Litteraturstudien omhandler også passivhusprosjektet ”Komforthusene” utenfor Vejle i Danmark, hvor målinger fra første år etter innflytting hadde vist at det i noen av husene kunne oppstå overtemperatur store deler av dagen om sommeren. Med referanse til to studier oppsummerer rapporten slik:

”Det konkluderes med at dersom alle husene hadde hatt god solskjerming samt at husene hadde vært planlagt for nattventilasjon kunne overtemperatur vært unngått” (Larsen and Brunsgaard, 2010).

Det påpekes også at dersom enkle inneklimeberegninger hadde vært gjennomført for disse boligene i designfasen, ville overtemperaturproblemet vært oppdaget og boligene kunne vært designet slik at disse problemene kunne vært unngått (Larsen, 2011). Larsen understreker at i en dansk kontekst er det viktigere med utvendig solskjerming enn det er ved sørligere breddegrader, da solen står lavere på himmelen i Danmark enn f.eks. sør i Tyskland (Larsen, 2011). ”Dette vil også være gjeldende i Norge, og viktig å være klar over sett i forhold til erfaringer fra Tyskland ” (Bryn mfl., 2012 del II).

5.2 Svenske studier om inneklime i boliger

De to store svenske studiene ELIB og BETSI undersøkte opplevd inneklime og teknisk tilstand i svenske boliger i 1991-92 og 2006. I ELIB ble om lag 17 000 beboere i 3 000 hus spurt om deres innemiljø, og i BETSI var det drøyt 11500 besvarte svarskjemaer fra 6 472 boliger som ble bearbeidet. I tillegg til spørreskjemaer om bygning og inneklime inngikk besiktigelser av et utvalg av boligene. Studiene er designet for å kunne si noe om tilstanden til hele boligmassen. Andelen passivhus som inngikk ble dermed små, og studiene egner seg dårlig til å si noe spesifikt om inneklime i passivhus. Derimot gir de indikasjoner på

³ Med ”uhensynsmessig bygningsdesign” mener forfatterne ”bygningdesign som ikke tar hensyn til solens innflytelse på temperaturforholdene i bygget, og hvilke tiltak kan redusere timer med høye temperaturer.” (Bryn mfl., 2012 del I)

hvordan utvikling i byggemåte har endret inneklimateforhold. Noen viktige funn som er relevante for vurdering av passivhus sett i forhold til eksisterende bygg er gjengitt under.

Hovedfunn fra ELIB (Norlén og Andersson 1993):

- Ventilasjonsmengdene var lavere enn anbefalt i fire av fem småhus og en av to leiligheter. Om lag 10 % av befolkningen var utsatt for inneklimate som kunne påvirke helse og velbefinnende.
- Allergikere og beboere i nyere boligblokker rapporterte mest inneklimateplager.
- Radonnivået var for høyt i mange boliger, 14 % hadde høyere innhold enn 200 Bq/m³.

Hovedfunn BETSI (Boverket 2009 A og B):

- Fremdeles har mange boliger mindre ventilasjon enn anbefalt. Små hus er verst, men gjennomsnittlig luftskifte har økt fra ca 66 % til ca 80 % av anbefalt verdi.
- Antallet boliger med radonproblemer klart lavere enn i ELIB.
- Boliger fra perioden 1976-85 har mest problemer med inneklimate.
- Fuktskader er vanlig, muligens vanligere enn påvist i ELIB 15 år tidligere. Det vanligste er fuktflekker, synlig mugg eller vannskade i badrom. Dette forekom i 8 % av boligene.

Utvikling av enkeltforhold er kommentert senere.

3H-prosjektet (Hälsomässigt hållbara hus) er en annen stor undersøkelse, der data fra 1991 sammenlignes med data samlet inn i 2005. Denne undersøkelsen er begrenset til flerbolighus i Stockholm. I tillegg til en enquete med svar fra 9 800 husstander i 1991 og 7600 i 2005 (Engvall m.fl. 2009) ble det utført en feltstudie der de dårligste husene i enqueteundersøkelsen, dvs. der det ble rapportert om flest inneklimate symptomer og bygningsrelaterte problemer, ble sammenlignet med hus uten overrapportering av problemer (Emenius m.fl. 2009). Noe overraskende viste det seg vanskelig å finne generelle statistisk signifikante forskjeller i målbar luftkvalitet mellom de to gruppene. En viktig årsak til dette er at det viste seg å være stor variasjon mellom ulike boliger i samme (flerfamilie)husene.

I tillegg til disse store tverrsnittsstudiene, er forholdet mellom bolig og helse undersøkt gjennom studiene BAMSE (Barn, Allergi, Miljø, Stockholm, Epidemiologi) og DBH (Dampness in building and health). Disse har gitt klare indikasjoner på at lavt luftskifte, mykgjørere fra PVC-gulv og fuktskader bidrar til astmautvikling. Metodikken som brukes gjør at studiene sier lite om nyoppførte bygninger.

5.2.1 Generelt om klager og symptomer

I alle de svenske studiene ser man at sosioøkonomisk status, helsestatus, kjønn og alder har mye å si for opplevde symptomer og uheldige forhold. En annen sterk determinant er eierforhold. Selveiere er mindre plaget enn boretthaver som igjen er mindre plaget enn rene leietakere. Det kan være flere og sammensatte årsaker til dette. Over- eller underrapportering kan forekomme. Det er ikke urimelig å anta at det er en større tendens til å rapportere problemer som man ikke selv har kontroll over, mens man kan ha høyere terskel for å rapportere et problem man tenker at man selv kunne eller burde ha gjort noe med. Andre studier tyder på at brukere med mulighet til å påvirke situasjonen er mer tilfreds enn dem som er overlatt til andres eller automatisk styring.

Slike rapporteringsulikheter kan være viktige for å forklare forskjellene mellom eide og leide boliger. Samtidig kan man ikke se bort fra at eide boliger jevnt over er rommeligere og av høyere standard, og at selveierne legger mer vekt på vedlikehold, særlig hvis det er snakk om tiltak som bedrer komfort og opplevd inneklimate.

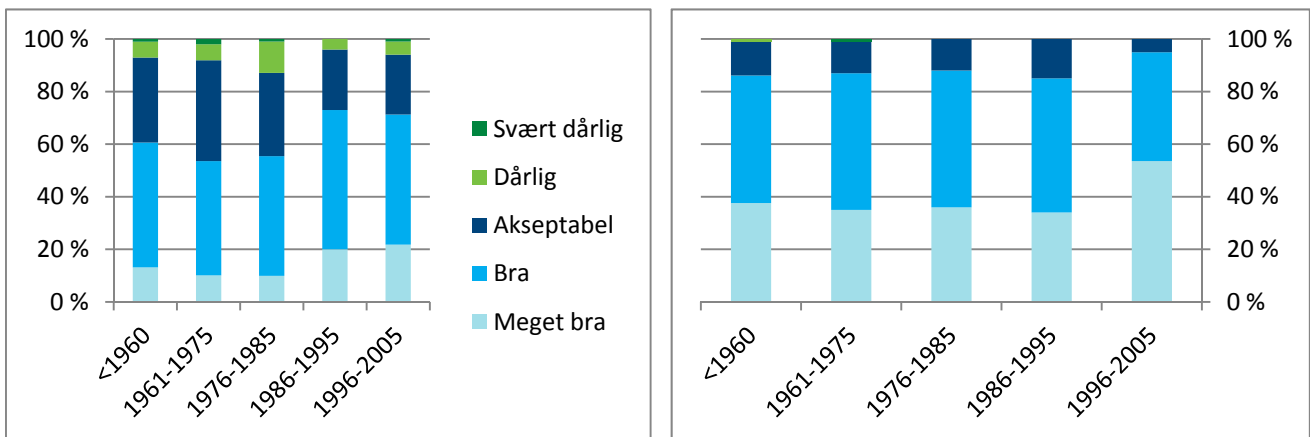
For kjønn, alder og helsestatus er det gode indikasjoner på at ulik rapportering vanligvis gjenspeiler reelle fysiologiske forskjeller mer enn forskjeller i boforhold.

Sammenhenger mellom sosioøkonomiske forhold som inntekt og utdanning på den ene siden og helse/komfortplager på den andre kan både handle om ulik rapportering, at lavinntektsgrupper generelt har dårligere helse, eller at de med liten inntekt og lav utdanning faktisk har dårlige boforhold.

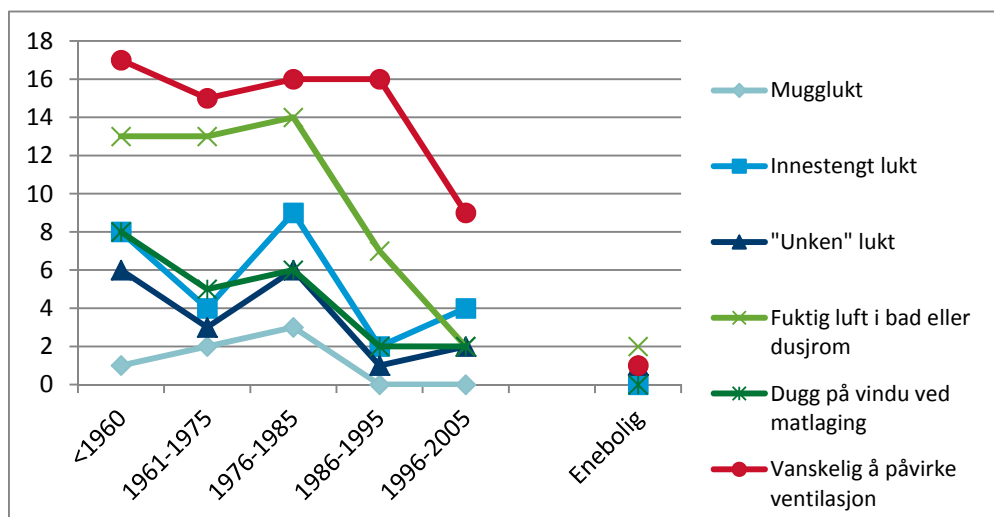
Uansett årsaker er en viktig konsekvens at man ikke uten videre kan overføre erfaringer fra for eksempel selveide eneboliger til utleieboliger i blokk.

5.2.2 Luftkvalitet og ventilasjon

BETSI-studien tyder på at det er relativt klare trender mot bedre luftkvalitet og mindre ventilasjonsproblemer i nyere boliger, se figurene 5.2.2.1 og 5.2.2.2.



Figur 5.2.2.1 Opplevd inneluftkvalitet i svenske hus etter byggeår. Flerbolighus til venstre, eneboliger til høyre. Nesten ingen som bor i småhus opplever innelufta som dårlig, til tross for lite ventilasjon. Tall fra Boverket (2009 B).



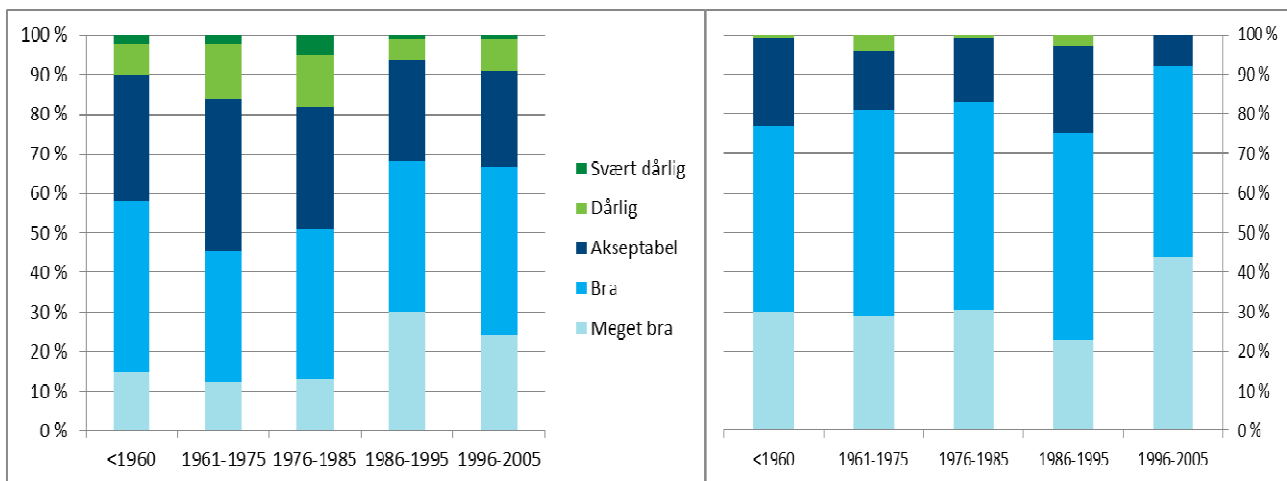
Figur 5.2.2.2 Opplevde problemer med inneluft og ventilasjon i svenske bolighus i %-andel som ofte opplever problemer. Flerbolighus etter årstall. Tall fra Boverket (2009 B)

Ut fra grafene i figurene kan det se ut som hus fra perioden 1976-85 kommer dårlig ut på de fleste områder.

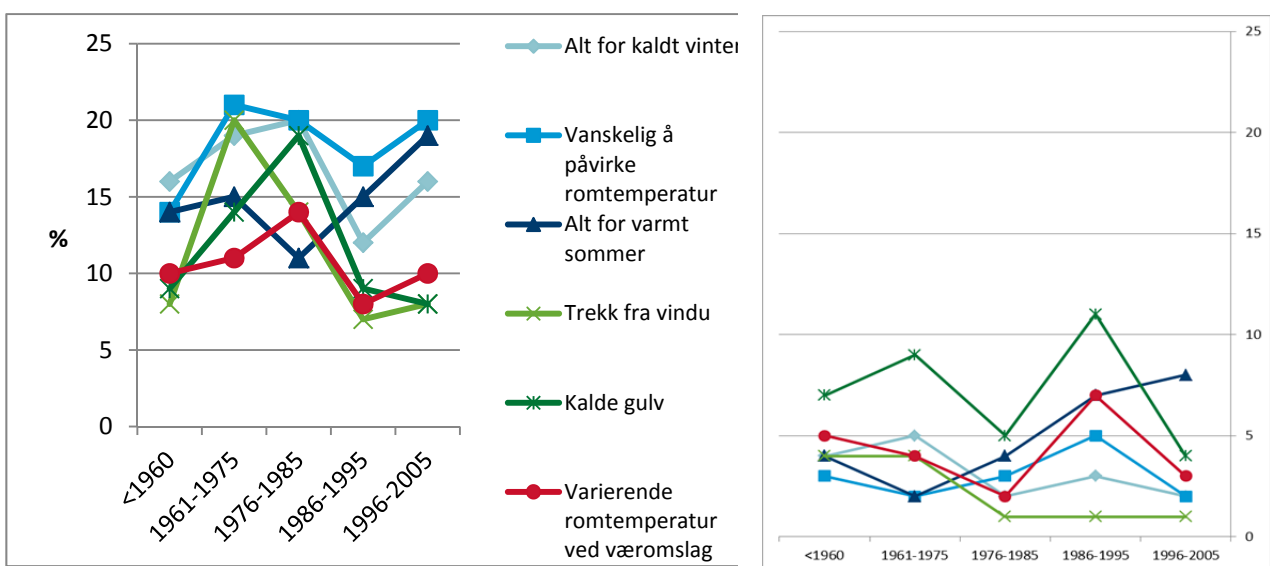
ELIB-studien fra 1993 viste at gjennomsnittlig luftskifte, målt med sporgass gjennom en måned, i var om lag to tredeler av anbefalt nivå småhusene (0,24 l/s, anbefalt nivå er 0,35 l/s tilsvarende 0,5/time). Flerbolighus var bedre ventilert per kvadratmeter, men beregning per person var ulikheten mindre, dvs. at folk i småhus har bedre plass. Det var en tendens til større luftskifte i eldre enn i nyere boliger, men gjennomsnittlig luftskifte i hus med balansert mekanisk ventilasjon var ca. 1,5 ganger høyere enn hus med naturlig ventilasjon.

5.2.3 Termisk komfort

For termisk komfort sett under ett, ser det ut til at de nyere boligene er bedre enn de eldre, og at beboere i eneboliger er mer fornøyd enn de i flerbolighus (Figur 5.2.3.1). Ved å se nærmere på enkeltfaktorer (Figur 5.3.2.2) endrer bildet seg noe, ved at for høye sommertemperaturer ser ut til å bli vanligere, og at de aller nyeste boligene har noe større problemer.



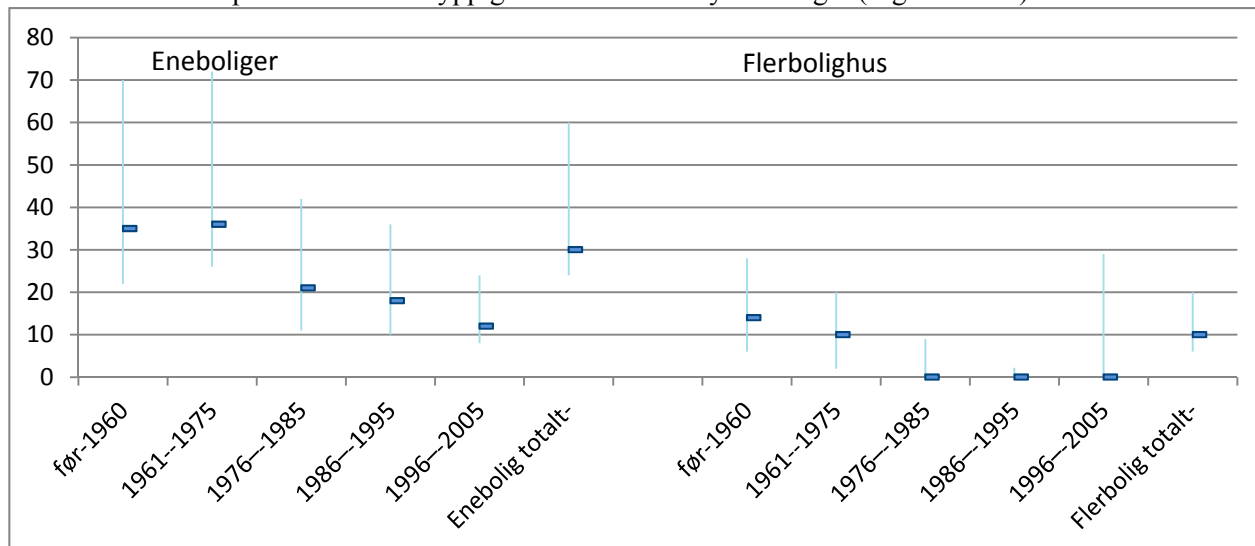
Figur 5.2.3.1 Opplevd termisk komfort i svenske boliger. Flerbolighus til venstre, eneboliger til høyre. Tall fra Boverket (2009 B)



Figur 5.2.3.2 Termiske problemer i svenske boliger, flerbolighus til venstre og eneboliger til høyre

5.2.4 Fuktskader

I BETSI er hyppigheten av synlig mugg og mugglukt registrert ved besiktigelse. Det var en nokså tydelig tendens til at disse problemene var hyppigere i eldre enn i nyere boliger (Figur 5.3.2.3)



Figur 5.2.4.1 Fuktskader i hus med ulike byggeår som er besiktiget i BETSI. Tall fra Boverket (2009)

5.2.5 Blir boliger bedre eller verre med alderen?

På grunn av boligens lange forventede levetid, er det mer interessant å vite hvordan de fungerer når de er blitt noen år gamle, enn hvordan de er som nye. Dersom man ønsker å vite hvordan en ny teknologi fungerer sammenlignet med en som ikke lenger er i bruk, er man ofte henvist til å sammenligne nye og gamle bygg, og det er da ønskelig å kunne gjøre fornuftige antagelser om hvordan funksjon vil utvikle seg over tid. Det er naturligvis svært vanskelig å si noe generelt om dette, og man kan lett se for seg at utviklingen vil være forskjellig for ulike effekter og teknologier. 3H-studien tyder på at de husene som var nybygd i 1991 kom relativt bedre ut i 2005-undersøkelsen. Det kan dermed se ut til at en "innkjøringsperiode" er gunstig. Hvor lang denne "innkjøringsperioden" er, og om den består i at en del feil og mangler vil oppdages og rettes, om brukerne lærer seg å bruke boligen "riktig", om avgassing fra materialer er størst i begynnelsen eller om det handler om tilvenning, er det neppe mulig å si noe om ut fra dataene.

5.2.6 Mindre studier av passivhus i Sverige

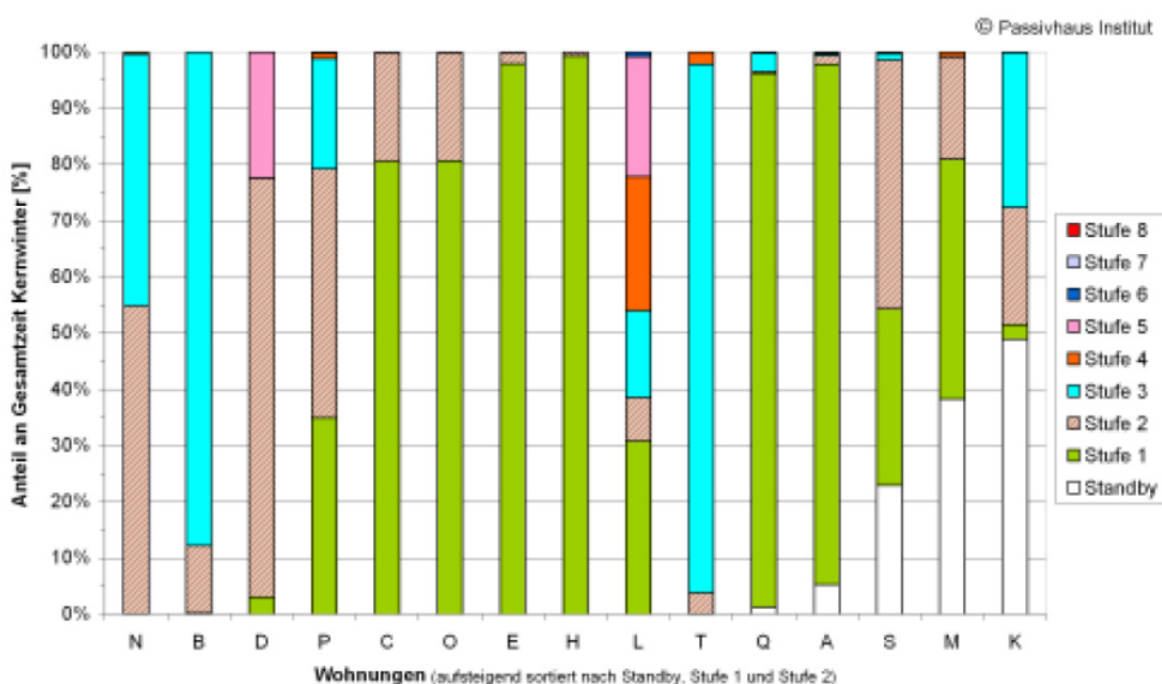
Det er gjort flere svenske studentoppgaver om passivhus, noen av disse berører også inn klima. En av disse (Samuelsson & Lüddeckens, 2009) undersøkte tre prosjekter i hhv Värnamo, Frillesås og Glumslöv med totalt 87 enheter. Prosjektene er relativt like i størrelse, bygningsform, ventilasjons-, og oppvarmingsløsninger. Resultatene tydet på at det likevel er betydelige ulikheter mellom prosjektene. I et av prosjektene rapporterer flertallet at det er for varmt (56 %) om sommeren og for kaldt (67 %) om vinteren, tilsvarende tall fra det beste prosjektet er 11 %. I et av prosjektene rapporterer mange tørr luft, men få rapporterte innestengt luft, i et annet prosjekt er det omvendt, noe som for så vidt kan tyde på at ventileringen er ulik. Undersøkelsen demonstrerer at prosjekter med mange likhetstrekk kan oppleves forskjellig av beboerne.

5.3 Nyere studier om innemiljø i andre land

På den 16. internasjonale passivhuskonferansen i mai 2012 presenterte Søren Peper (2012) resultater fra detaljerte målinger av *ventilasjonsvaner og luftkvalitet* i et rehabiliteringsprosjekt i Frankfurt/Main. En omfattende forskningsrapport som kan lastes ned på www.passiv.de, inneholder i tillegg resultater fra

formålsdelt måling av energibruk samt evaluering av fukt i kjelleren (Peper mfl., 2011). Målinger over tre oppvarmingsperioder viser at rehabiliteringsprosjektet oppnår passivhusnivå som for nybygg.

To lavblokker fra 1950-tallet med ti oppganger og opprinnelig 60 boenheter i Tevesstraße i Frankfurt ble i 2005/2006 oppgradert med passivhuskomponenter. Inkludert en ny toppetasje, er det i dag 53 leiligheter med 34 – 86 m² bruksareal. Den detaljerte innemiljøundersøkelsen ble gjennomført i 15 av 20 leiligheter i den minste av blokkene. I gjennomsnittet ble det målt 0,37 luftvekslinger per time i de kaldeste månedene (november – februar). I de enkelte leilighetene lå gjennomsnittlig luftskifte mellom 0,17 og 0,59 h⁻¹. Egne ventilasjonsaggregater i hver leilighet har 4 eller 5 trinn; tre av leilighetene har til og med 8 trinn som beboerne kan velge mellom på styringstablået. Det viste seg at beboerne bruker trinnene aktivt etter behov, bortsett fra at de nevnte ekstra høye trinn nesten aldri ble benyttet. Ventilasjonstrinnenes andel av driftstiden fra november 2009 til og med februar 2010 i de enkelte leilighetene er vist i figur 5.3.1.

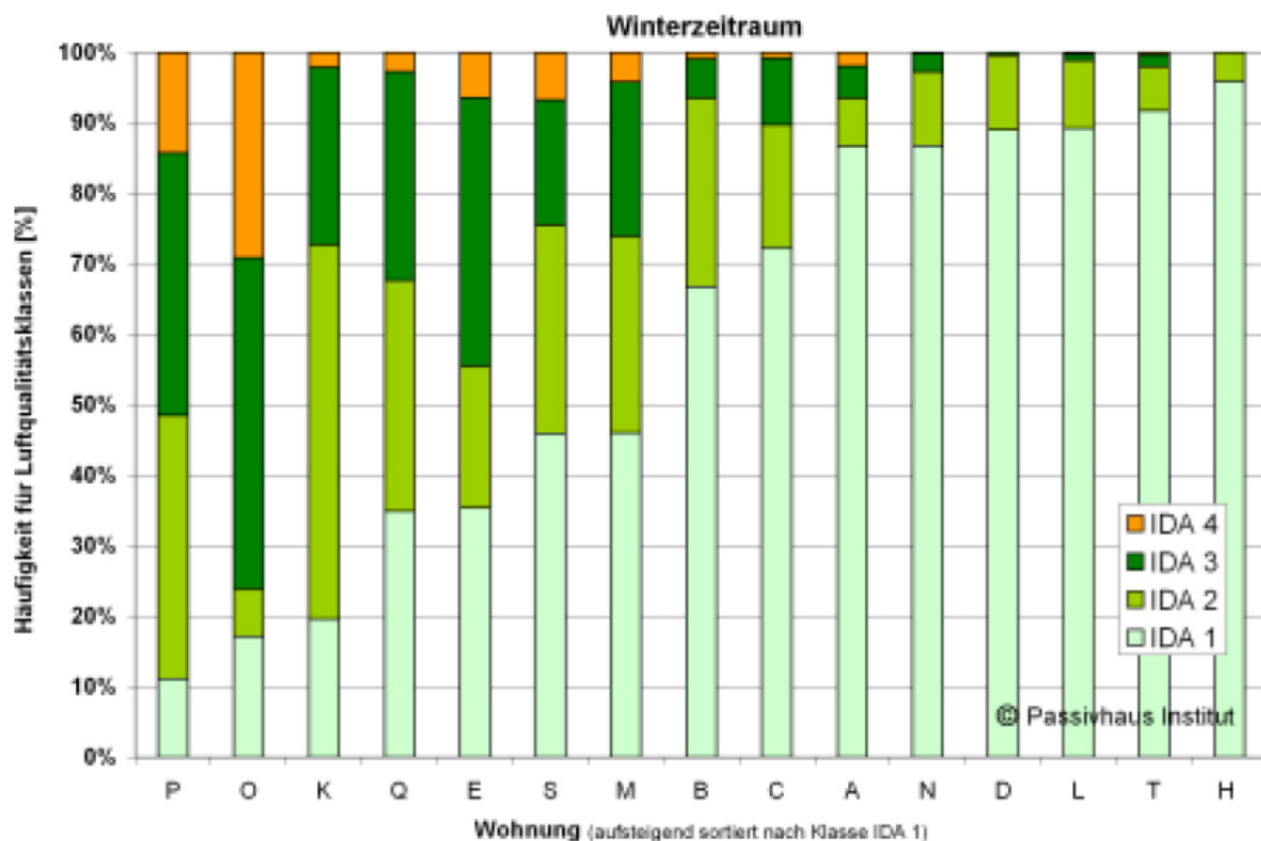


Figur 5.3.1. Valgt ventilasjonstrinn i de enkelte leilighetene som prosentandel av total tid fra 1.11.2009 til 28.2.2010 (tilsvarende 2880 timer). Trinn 1 (Stufe 1) er lavest, trinn 5 (i de fleste) eller 8 (i tre leiligheter) er høyeste innstillingsmulighet. Kilde: Passivhaus Institut.

Bruksmønsteret er svært forskjellig, og uten en felles trend. Leilighetene med høyest andel ”Stand by” (søylene til høyre i figuren) har samtidig laveste målte luftskifte. I ingen av disse tre leilighetene var beboerne misfornøyd med ventilasjonsanlegget. Det viste seg imidlertid at aggregatet var slått helt av i en sammenhengende periode på 45 dager i leilighet S (antakelig ferie), mens anlegget i leilighet K ble slått av hver eneste natt. Beboerne i leilighet K sover med åpent vindu også de kaldeste dagene. Ettersom boligene blir oppvarmet gjennom ventilasjonsluft, medfører denne vanen også at det ikke er varmetilførsel på natta, bortsett fra en liten radiator på badet. Beboerne er likevel fornøyd, og målingene viser at energiforbruket til oppvarming av denne leiligheten ligger i laveste tredel av alle (15 kWh/m²a).

I de samme leilighetene ble det også målt CO₂-konsentrasjon og luftfuktighet. CO₂-konsentrasjon er en indikator for inneluftkvalitet, eller egentlig forholdet mellom menneskelig aktivitet og ventilasjon. En vanlig grenseverdi for CO₂-konsentrasjon er 1000 ppm. I EN 13779 er det definert fire klasser for inneluftkvalitet med tilsvarende veiledende verdier for CO₂-konsentrasjon. Kvalitetsklassenes andel av total tid fra oktober 2009 til og med april 2010 i de enkelte leilighetene er vist i Figur 5.3.2. Standarden gjelder yrkesbygg, og

kvalitetsklassene gjelder der hvor det ikke er definert andre krav. I Norge er det NS-EN 15251 som gjelder, og kravene i denne standarden er strengere.



Figur 5.3.2. Oppnådd inneluftkvalitet i de enkelte leilighetene som prosentandel av total tid fra 15.10.2009 til 30.4.2010 (tilsvarende 4225 timer). Klasser iht. EN 13779 IDA 1 = høyest og IDA 4 lavest inneluftkvalitet.

I bare to av leilighetene er det en større andel overskridelser av grenseverdien på 1000 ppm, dvs. de havner i klasse IDA 4 (lav luftkvalitet) i hhv. 14 og 20 prosent av total tid. I alle andre leiligheter er det maksimalt 3,5 % overskridelser, og disse bare over svært kort tid. Klasseinndelingen som er benyttet svarer ikke helt til relevante norske kriterier. Nedre grense for IDA 3 tilsvarer om lag den anbefalte grenseverdien på 1000 ppm, Mer enn halvparten av leilighetene overskrider denne grensen mer enn 10 % av måleperioden. Årsaken til den litt høye andel med "lav kvalitet" er at ventilasjonsraten ikke var optimalt tilpasset det høye antallet beboere.

Når det gjelder relativ luftfuktighet, så ble det i gjennomsnittet målt 33 % RF fra november 2009 til og med februar 2010 i alle leiligheter. I de enkelte leilighetene ble det målt gjennomsnittlig Rf på mellom 25 og 40 % over hele vinterperioden. SINTEF Byggforsk anbefaler til sammenligning en relativ luftfuktighet i intervallet 20 – 40 % vinterstid.

Peper konkluderer med at luftkvaliteten i de undersøkte boligene er svært god og betydelig bedre enn ved målinger i boliger med bare vindusventilasjon. Han vurderer individuelle styringsmuligheter som svært viktig for å oppnå god inneluftkvalitet, og anbefaler at 0,3 luftvekslinger per time burde være en minsteverdi som beboerne ikke kan overstyre. Det tilsvarer om lag kravene i TEK 10 om 0,7 m³/time og m² boflate, når bygningen ikke er i bruk.

Samtidig viser han til at for høye ventilasjonsrater kan medføre altfor tørr inneluft selv i Frankfurt med forholdsvis mildt vinterklima. For å få individuell styring til å fungere i praksis, anbefaler Peper god informasjon til beboerne.

5.4 Ny studie om beregnet og reell energibruk

Den nedenfor omtalte studien til Sunnika-Blank og Galvin tar utgangspunktet i det velkjente gapet mellom beregnet og reell, målt energiforbruk. Forfatterne bruker begrepet *rebound-effekt* og innfører et nytt, beslektet begrep: *prebound-effekten*.

Rebound-effekt er et generelt begrep som beskriver at *sparepotensialet av effektiviseringstiltak i praksis ikke blir oppnådd fullt ut*. En *direkte* rebound-effekt kan være at en mer effektiv energitjeneste blir så billig at den kan kjøpes oftere, slik at det brukes mer enn effektiviseringen i seg selv tilsier (eksempel: billigere oppvarming med varmepumpe; med samme pengebeløp kan boligen varmes opp til 25° istedenfor 22°). En *indirekte* rebound-effekt kan være at en sparer penger og kan bruke pengene til noe annet som også bruker energi (eksempel: bruke sparte oppvarmingspenger til kjøling med varmepumpe om sommeren). Ytterligere, mer *samfunnsmessige* rebound-effekter kan for eksempel være at spart energi blir til et tilleggstilbud på markedet, slik at energiprisene blir lavere og skaper høyere forbruk. Et annet samfunnsmessig eksempel er at mer effektiv trafikkavvikling på bedre veier gir mulighet for større avstander mellom bosted, arbeidssted og handelsområde, slik at det totalt blir mer trafikk, mer energibruk og færre lokale tilbud som kan brukes uten bil, som i sin tur medfører enda mer biltrafikk.

Rebound-effekten betyr altså at et teoretisk mulig *sparepotensial ikke blir realisert fullt ut*. Som begrep beskriver dette det motsatte av et annet fenomen – nemlig at *selve sparepotensialet i praksis er lavere enn i teorien*. Et eksempel for dette er at energiberegninger opererer med standardiserte, moderne brukervaner tilpasset nyere bygg, det vil si det i beregningene forutsettes fullt oppvarmete rom i hele boligen over hele oppvarmingsperioden også i eksisterende bygninger med dårlig energistandard. I realiteten er det mange beboere i slike bygg som velger lavere romtemperatur, varmer ikke opp alle rom, fyrer ikke hele døgnet eller gjør en kombinasjon av dette. I slike tilfeller bruker huset mindre energi til oppvarming enn energiberegningen tilsier. Innsparingspotensialet er derfor mindre enn beregnet med standardiserte forutsetninger. Denne effekten kaller forfatterne av studien for *prebound-effekten*. Vi tar ikke stilling til om denne betegnelsen er egnet eller dekkende, men temaet er i stor grad relevant.

Sunnika-Blank og Galvin (2012) har gått gjennom fire nyere tyske studier som sammenlikner *beregnet og målt energibruk* i totalt 3 400 leiligheter og boliger i småhus. Som bakgrunnsmateriale har forfatterne sett på flere andre studier hvor det bare var tilgjengelig *målte* verdier; disse omfatter data fra over en million tyske boliger. Artikkelen nevner fire hovedfunn:

1. Det er stor spredning mellom målt energibruk til oppvarming i ulike boenheter med samme beregnede energistandard. ”Typical are ranges of over 600 %, i.e. one home consumes six times as much energy for heating as another of the same thermal rating.”
2. Analysen indikerer store avvik mellom beregnet og målt energibruk til oppvarming.
3. Datagrunnlaget tyder på en trend i relasjon til størrelsen av beregnet oppvarmingsbehov. ”In general, the higher the EPR⁴, the lower the measured energy consumption seems to be in proportion to the EPR.”
4. Tendensen er omvendt for boliger med lavt oppvarmingsbehov: ”At the other end of the scale, low-energy dwellings generally seem to indicate the opposite tendency, the rebound effect.”

Spredningen under punkt 1 var allerede nevnt i underliggende studier og ble også omtalt i avsnitt 5.2.3 i Prosjektrapport 90 (se også Peper 2008). Peper viser her at stor spredning mellom målt energibruk til

⁴ EPR = Energy Performance Rating

oppvarming i ulike boenheter er helt vanlig, uavhengig av om det er eldre eller nyere hus, lavenergiboliger eller passivhus. Prosentvis kan disse forskjellene bety like mye (eller mer) i passivhus som i eksisterende bygg, men i absolutte kilowattimer er det betydelig mindre. F.eks. er det funnet forskjeller mellom 70 og 260 kWh/m² år i et område med eksisterende bygninger (+ 190 kWh/m² år = + 270 %). Et annet funn var forskjeller mellom 3,5 og 32,5 kWh/m² år i et område med passivhus (+ 29 kWh/m² år = + 829 %). Selv den passivhusboligen med høyest forbruk bruker likevel under halvparten av den ”beste” boligen i den eldre bosettingen. Det viser at passivhuskonseptet er svært robust mot ulike beboervaner og ulik beliggenhet i område eller i bygget.

En viktig årsak til de store avviket mellom beregnet og målt energibruk kan være at noen – eller flere – av de mange ulike inndata i beregningsmetoden bygger på feil antakelser, men forfatterne mener at i det minste en del av forskjellen skyldes ulike brukervaner når det gjelder oppvarming:

”It seems that several German households tend keep their homes cooler, or heat fewer rooms in their home, or have their heating on for less time – or various combinations of these – than is assumed in the EPR calculations.”

Sunnika-Blank og Galvin mener å kunne identifisere et konsistent mønster for hvordan beboerne minsker energiforbruk til oppvarming i ikke-energieffektive boliger.

”The worse a home is thermally, the more economically the occupants tend to behave with respect to their space heating.” At det i eksisterende boliger før rehabilitering brukes *mindre* energi til oppvarming enn beregnet, kaller forfatterne ”the ’prebound’ effect”.

Effekten beskrives i en modell med matematisk formel, som også dekker at man i mer energieffektive boliger ofte ser det motsatte, nemlig at det brukes *mer* energi til oppvarming enn beregnet:

”In this model the ’prebound’ effect becomes zero where EPR is 50 kWh/m²a, and for EPR below this it is negative, i.e. the rebound dominates.”

Forfatterne finner ”Prebound”-effekten bekreftet i studier med boliger i Nederland, Storbritannia, Belgia og Frankrike. Artikkelen kan imidlertid i stor grad leses som et innlegg mot ”altfor strenge krav” i den tyske energiforskriften når det gjelder rehabilitering. Resultatene tyder på at energisparepotensialet i eksisterende tyske boliger i realiteten er lavere enn det myndighetene opererer med, samt at foreslåtte eller pålagte tiltak kan være mindre lønnsomt enn forventet.

Om tyske energikrav ved rehabilitering er altfor strenge, er etter vår mening ikke gitt bare på grunnlag av en slik analyse. Det er likevel riktig at energisparepotensialet ikke kan estimeres på grunnlag av beregnet behov, men må bygge på reelt målte tall. Dette er viktig både totalt for et helt land og i konkrete enkeltprosjekter. Eksempler i Norge har vi sett i forskningsprosjektene EKSBO og REBO, hvor enkelte pilotprosjekter ble mindre lønnsomt enn forventet fordi energibruken i praksis var lavere enn beregningen tilsa. I Hammerseng borettslag på Lillehammer var det f.eks. mange eldre beboere som holdt forholdsvis lav innetemperatur i leiligheten, eller som ikke varmet opp alle rom. En del av oppvarmingen ble dessuten dekket med vedfyring. I Nordre Gran borettslag i Oslo var blokkene vesentlig mer lufttett enn andre bygninger fra samme tid, slik at varmetapet var mindre enn normalt (se Haavik, 2009, og Kliniski, Schild mfl., 2012).

Sunnika-Blank og Galvin understreker at modellen for ”Prebound-” og ”rebound-”effekten ikke passer for passivhus.

”Dwellings rated below 100 kWh/m²a that have traditional heating systems tend to consume above their EPR but the average consumption in passive houses, which do not have such systems, is more likely to be within their EPR.”

Forfatterne konstaterer her at energiforbruk til oppvarming av passivhus er mer i overensstemmelse med beregningene. Årsaken diskuterer de imidlertid ikke nærmere, men antyder at det kan skyldes oppvarmingssystemet. Dette er etter vår oppfatning feil. Det er ingenting i tidligere studier som indikerer en slik sammenheng i forskjellen mellom passivhus med luftpåvarming og passivhus med mer tradisjonell oppvarming. Det spesielle som skiller passivhus og lavenergiboliger i denne sammenheng, er derimot at oppvarmingsbehovet i passivhus i henhold til konseptet til passivhusinstituttet må beregnes med verktøyet ”Passivhus-prosjekteringspakke” (PHPP). I PHPP brukes det en særskilt beregningsmetode som er mer realistisk og nøyaktig enn den metoden som brukes i henhold til den tyske energiforskriften.

PHPP ble utviklet nettopp fordi den vanlige tyske beregningsmetoden ikke er egnet til å estimere realistiske tall for energibehovet (se www.passivehouse.com). Energiberegninger for passivhus er derfor mer presise enn energiberegninger for andre bygg. Dessuten stilles det strenge krav til prosjektering, bygging og oppfølging av passivhus, slik at det ikke er overraskende at reell energibruk i passivhus ligger nærmere de forventede enn i ordinære bygg. Dette gjelder i prinsippet også i Norge, hvor det er et mål at energiberegninger i henhold til passivhusstandarden er så realistisk som mulig, bl.a. ved å bruke lokale klimadata. En diskusjon av den omtalte ”Prebound”-effekten kan imidlertid være relevant, spesielt i sammenheng med den norske energimerkeordningen, hvor energiattester for eksisterende bygg kan utstedes på grunnlag av svært forenklete antakelser.

Mens Sunnika-Blank og Galvin bruker resultater i studien som argument mot ”altfor strenge krav” ved rehabilitering i den tyske energiforskriften, så burde etter vår mening resultatene som helhet heller leses omvendt; at man i ”ordinære” energieffektive boliger ofte ser at det brukes *mer* energi til oppvarming enn beregnet, mens det er mindre avvik i passivhus, og at dette faktisk kan understøtte anbefalingen om å energieffektivisere best mulig, hvis en rehabilitering først er nødvendig eller ønskelig. Med oppgradering etter passivhusprinsippet vil man få både en mer realistisk energiberegning og en robust bygning, som tåler ulike beboervaner uten for store variasjoner eller tilleggsforbruk.

Hvis studien til Sunnika-Blank og Galvin holder stikk, kunne rehabilitering etter passivhuskonseptet være et tiltak nettopp for å begrense ”rebound”-effekten, mens man ved klattvis rehabilitering eller ved oppgradering med mindre ambisiøse mål risikerer at resultatet blir vesentlig høyere energibruk enn forventet.

6 Oppfølging av utvalgte norske passivhusprosjekter

6.1 Myhrerenga på Skedsmokorset. Oppgradering av blokker til nesten passivhusnivå



Figur 6.1.1 Viser sydvendt fasade før oppgradering
Foto: Arve Brekkhus/Byggeindustrien



Fig. 6.1.2 Viser syvendt fasade etter oppgradering med bl.a. utvidede balkonger.
Foto: SINTEF Byggforsk

6.1.1 Tidsrom for evaluering

Den første evaluering av Myhrerenga ble gjort etter første hele oppvarmingsperiode og dokumentert i to SINTEF Byggforsk-rapporter Klinski M et al (2012) og Hauge Å et al. (2011).

Oppgradering av Myhrerenga borettslag startet i februar 2010 og ble ferdigstilt i 2011. De syv blokkene fra 1960-tallet med til sammen 168 leiligheter ble oppgradert til "nesten" passivhusstandard. Myhrerenga er et av de første blokkprosjektene i Norge som er oppgradert etter passivhuskonseptet. En nesten 90 % reduksjon av oppvarmingsbehovet skulle oppnås. Ved bruk av solfangere og varmepumper skulle totalt levert energi reduseres til kun 30 % av målt energibehov før oppgraderingen.

Det var et mål at den ambisiøse oppgraderingen av blokkene på Myhrerenga ikke skulle bli dyrere enn en vanlig oppgradering ville vært med tilsvarende fasaderehabilitering beregnet i månedlige totale kostnader for energi, drift, vedlikehold og nedbetaling av lån.

Det endelige prosjektet resulterte i også en utvidelse av balkonger etter beboernes ønske i tillegg til den estetiske oppgraderingen av fasaden.

Evalueringresultater som legges fram i denne rapporten bygger på informasjon fra intervjuer med vaktmester/driftsansvarlig, utvalgte beboere i borettslaget og en styrerepresentant. Spørsmålene i oppfølgingsintervjuer har fokusert på erfaringer knyttet til de tekniske anleggene, beboeres erfaring i å bo i passivhus i en/to vinterperioder samt oppfølging av etterarbeid så langt.

6.1.2 Drift og innregulering

Det tekniske anlegget ble ferdigstilt i 2012 og det er, frem til intervjuene ble foretatt, gjennomført to innreguleringer på varmeanlegget og noen flere runder med innregulering av ventilasjonsanlegg. Det er fortsatt forhold ved ventilasjonsanlegget som har behov for ytterligere justering/oppfølging. Systemet med solfangerne rapporteres å fungere godt.

De nye driftssystemene innebærer flere og nye arbeidsoppgaver en tidligere, men er ikke mer omfattende enn at en person kan utføre dem. Noen av de nye oppgavene innebærer bl.a. snømåking rundt solfangerne som er plassert på tak. Jevnlig snørydding vinterstid er nødvendig for at anlegget skal fungere optimalt.

De tekniske anleggene har enkle styringsmekanismer og rapporteres å fungere godt. Hvorvidt anleggene kan justeres eller repareres av driftsansvarlig selv eller om det må tilkalles ekspertise avhenger av type feil som oppstår.

Ved intervjutidspunktet forelå det ingen serviceavtaler på de tekniske anleggene og det er ikke gjennomført opplæring med driftsansvarlig. Den skriftlige dokumentasjonen foreligger i form av brosjyrer. Driftsansvarlig har med bakgrunn i dette, selv lært seg å drifte anlegget.

Sammenlignet med tilstanden i borettslaget før oppgraderingen opplever driftsansvarlig at beboere stort sett er fornøyde. Leilighetene har jevnere innetemperatur enn tidligere og de fleste er fornøyd med temperaturen. Men det kommer noen klager til forhold som luftkvalitet, støy og lukt. Tilbakemeldingene går markant opp på vinterstid og det er kun et fåtall i den varme sommerperiodene. Klager i sommerperioden har vært få og f.eks. knyttet til manglende varme i gulv på badene.

Driftsansvarlig kan ikke huske at det kom noen klager fra beboere før oppgradering, men dette kan nok forklares med at beboerne selv måtte regulere utluftingen blant annet gjennom å åpne vinduer samt at de hadde trolig lavere forventninger.

Driftsansvarlig nevnte også at temperaturen på varmtvannet i varmeanlegget ble regulert etter utetemperatur, og dette fungerte ikke godt nok. Etter manuell overstyring ble forholdene utbedret.

I kuldeperiodene er det ikke uvanlig med 4 - 5 tilbakemeldinger/klager på ulike forhold ukentlig. De meldes inn gjennom e-post eller leveres skriftlig til driftsansvarlig for behandling. Han kjenner ikke til hvor mange klager som blir sendt direkte til styret. Forhold som det klages på vinterstid, er mest knyttet til støy i radiatorer og stigeledninger, hodepine, tett nese, støv og spredning av lukt fra andre leiligheter. Det har ikke kommet inn klager på tørr luft.

Erfaringene i oppfølgingen høsten 2012 stemmer godt overens med evalueringen etter oppgraderingen i 2011. Driftsansvarlig antok at problemene med dårlig luft i leiligheten løses ved at beboeren åpner vinduer og/eller terrassedør. Han har observert at vinduer i mange leiligheter står åpne både sommer og vinter.

6.1.3 Erfaringer og inntrykk fra beboere

Alle beboere som ble intervjuet hadde bodd i en oppgradert leilighet i en eller to hele kuldeperioder etter at prosjektet ble ferdigstilt i 2011. To dem flyttet ut av borettslaget i løpet av 2011. Ingen av dem som ble intervjuet hadde noen form for allergiske plager og enkelte tilbragte mye tid hjemme i leiligheten. Andre var yrkesarbeidende og tiden hjemme begrenset seg til helger og etter arbeidstid.

Alle opplevde store forbedringer etter oppgraderingen. Leilighetene er varmere, mindre trekkfulle og beboere opplever høyere komfort med jevn og stabile romtemperaturer både vinters- og sommerstid. Ingen av beboerne opplever at leiligheten blir for varm, verken vinters -eller sommerstid og de syntes det var enkelt å regulere temperaturen, enten ved å regulere den ene radiatoren som var plassert under stuevinduet eller åpne vindu/balkongdør. Ingen av beboerne som ble intervjuet hadde opplevd matlukt (den måtte eventuelt komme utenfra dersom en åpner vinduet, var det en som kommenterte). De meldte heller ikke at det var sjenerende støy fra det balanserte ventilasjonsanlegget.

En beboer opplevde leiligheten som for tett og mente at luften generelt "ikke var god". Beboeren klaget over dårlig nattesøvn og opplevde "tett luft" spesielt på nattestid og vinduet måtte stå åpent for å gi nok frisk luft. En annen beboer åpnet også vinduet på soverommet nattestid, men mente samtidig at luften var god nok. Det var enighet om at luften ble opplevd som bra eller veldig bra i varmere perioder/sommerhalvåret. En beboer merket ingen forskjell i luftkvaliteten mellom sommer- og vinter, men mente at forskjellene var større mellom natt -og dagtid. Beboere som mente at luften ble tørrere på vinteren merket dette bl.a. ved tørre hender og elektriske støt. Flere hadde merket seg at det samlet seg støv rundt tilluftsventilen i stuen. En av beboerne mente at det var mer støv i leiligheten etter oppgradering enn før og mente at dette hang sammen med det balanserte ventilasjonsanlegget.

Det er bare en radiator i hver leilighet. I treromsleiligheter, der et av soverommene brukes til annet formål, har beboerne måtte sette inn en ekstra varmekilde. I et av intervjuene var det minus 4-5 grader ute og dugg/rim utvendig på samtlige vinduer unntatt stuevinduene.

Alle badene er også rehabilitert (ikke en del av passivhusoppgraderingen) og vannbåren varme er lagt inn i gulvet. Rehabiliteringen av badene ble besluttet gjennomført da en først var i gang med de øvrige forbedringstiltakene. Enkelte påpekte at de fortsatt manglet varme i baderomsgulvene etter at arbeidene ble ferdigstilt i april i 2012. Andre beboere meldte også at baderomsgulvene ikke var varme nok.

I forhold til de forventninger beboerne hadde, sitter de fleste av beboerne igjen med positive erfaring. Jevn temperatur, lavere energiforbruk er noen av de største forbedringene, selv om det med tørr luft ble nevnt. Ikke på noe område mente de at forholdene var blitt verre enn før oppgraderingen.

Enkelte meldte at økonomien (husleien) var kommet nærmere grensen av det en kunne betale. Den første runden med nødvendig oppgradering som omfattet utskifting av dører, vinduer, tilleggsisolasjon i vegger og installasjon av tekniske anlegg osv. var som beregnet og slik de var forespeilet. Men etter vurdering av tilstanden på badene ble det også besluttet å rehabilitere badene.

Beboerne i undersøkelsen hadde ikke like forventninger til kostnadsbildet. En beboer opplevde at kostnadene ble som forespeilet og hadde satt seg godt inn i alle forhold. En annen svarer en at kostnadene ble noe høyere enn forventet, mens en av beboer har fått en husleie som lå helt på grensen av betalingsevnen. Alle mente at oppgraderingen var nødvendig og når anleggsarbeidene nå var over var, de godt fornøyd med resultatet og valgene som ble gjort.

De som hadde solgt leilighetene sine etter oppgraderingen var ikke fornøyd med prisen de fikk. De hadde ventet at "markedet" hadde respondert bedre, men det gjorde det ikke. En av dem var nødt til å gå ned på prisen i forhold til prisantydning.

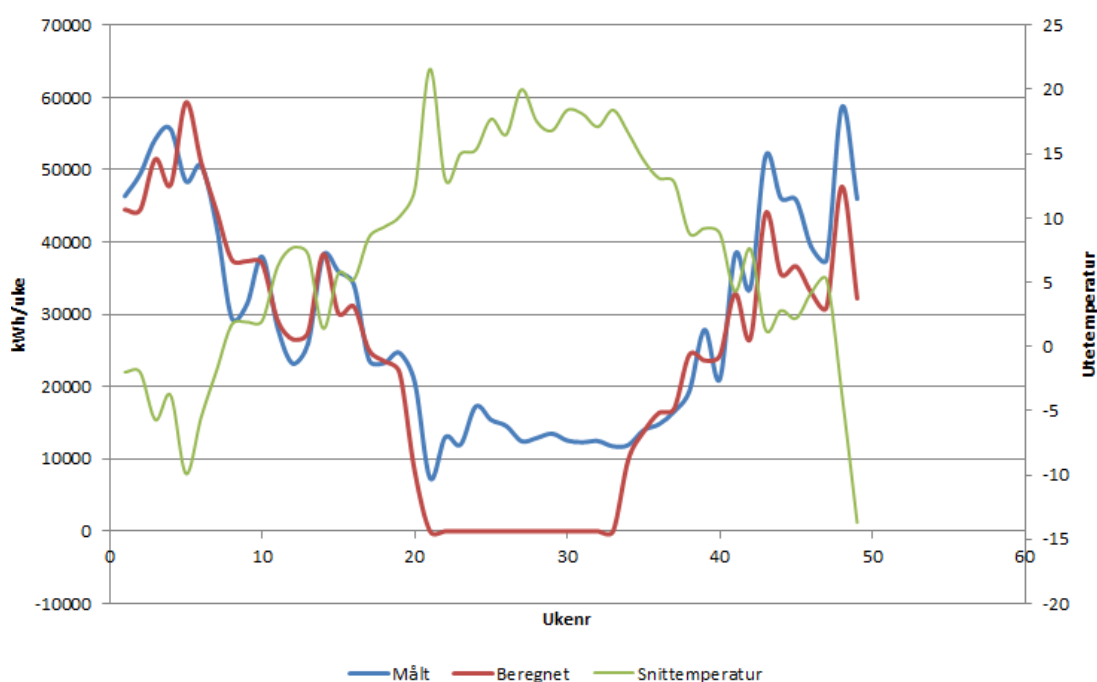
Forholdet mellom pris og annonsering av passivhus er drøftet i kapittel 6.11, der også to av leilighetene fra Myhrerenga var utlyst/solgt. I dette kapittelet tar vi med noe fra annonsering av en tilsvarende leilighet på finn.no (siste halvdel av oktober 2012), noe som nok gjenspeiler intervjuobjektets skuffelse over at utbedringene ikke ga mer igjen i salgsprisen.

6.1.4 Analyse av målt energibruk

Myhrerenga etter renovering har ennå ikke vært i fullstendig drift i et helt år, da blokkene ble ferdigstilt på ulike tidspunkt. De 7 lavblokkene med totalt 13 200m² oppvarmes fra en felles varmesentral. På grunn av kostnadsreduksjoner, ble det i prosjekteringsfasen besluttet at byggene ble utført med sentral ventilasjon. Kjellere er ikke omfattet av ventilasjonsanlegget.

Der er ennå ikke utført individuelle målinger på leilighetene. Styret på Myhrerenga opplyser at det sannsynligvis blir startet med individuelle målinger i de enkelte leiligheter i løpet av januar 2013.

Så langt foreligger det tall for den samlede energibruken til varmtvann og romoppvarming for alle 7 blokkene i 2012 (frem til uke 44).

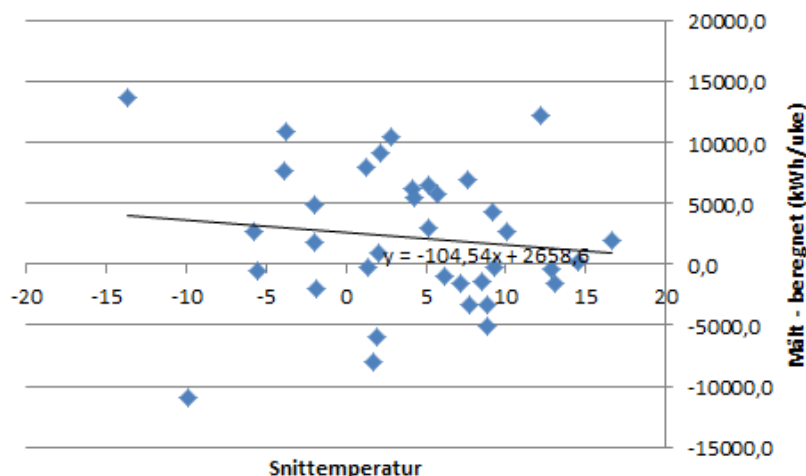


Figur 6.1.4.1 Målt energibruk til varmtvannsberedning og romoppvarming på Myhrerenga fra uke 1 til uke 44 i 2012.

Dersom man først ser på sommermånedene, er det et relativt stabilt forbruk som ligger rundt 12.000 kWh/uke. I energiberegningene er det antatt at det ikke er noe forbruk denne perioden, noe som trolig skyldes at solfangerne antas å dekke hele tappevannsforbruket. Hvor realistisk en slik forutsetning er, kan det nok stilles spørsmål til, men det er ikke tema i denne rapporten. I hht. NS 3031 beregner man et tappevannsbehov tilsvarende 30 kWh/ m² og år, noe som tilsvarer omtrent 7600 kWh/uke for hele Myhrerenga. Dette innebærer med andre ord at det er rundt vel 4000 kWh/uke som går til noe annet enn tappevann, noe som synes å være svært høyt selv om det er gulvvarme i badene. Forklaringer utover dette bør undersøkes nærmere.

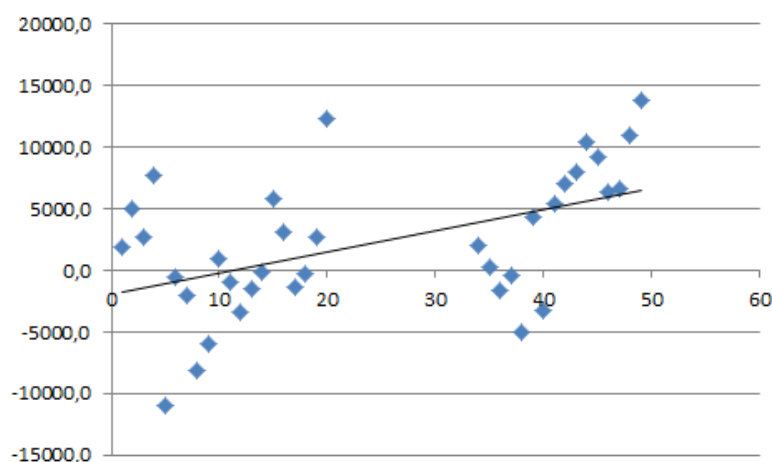
Videre vil det være interessant å se på avvikene i forhold til forventet beregnet energibehov. De beregnede verdiene er basert på reelle registrerte utetemperaturer (men det må påpekes at det er noe uklart hvilket energiberegningsprogram som er benyttet i beregningene).

Som grafen antyder er det et relativt godt samsvar mellom beregnet og målt forbruk. Ved å studere avviket mellom målt og beregnet energibehov sett i sammenheng med utetemperaturen er det en svak tendens til at avviket er noe større ved lave temperaturer enn med høye temperaturer.



Figur 6.1.4.2 Avviket mellom målt og beregnet oppvarmingsbehov sett i sammenheng med registrerte utetemperaturer på Myhrerenga fra uke 1 til uke 44 i 2012.

Vi har også sett om det er noen trender i utvikling av målt forbruk sammenlignet med beregnet energibehov.



Figur 6.1.4.3 Trender i avvik mellom utviklingen av energibruken sammenlignet med beregnet energibehov på Myhrerenga fra uke 1 til uke 44 i 2012.

Som figuren over viser, er det en viss trend i at avviket mellom målt og beregnet forbruk blir større utover året. Hva som er årsaken til dette, er uklar, men en teori kan være at beboerne endrer sine vaner utover året, eksempelvis ved at de lufte mer gjennom vinduene som tiden går. Et annen mulig forklaring kan være at driftsansvarlig tilpasser varmeanlegget gjennom året for å sikre at beboerne har et godt termisk inneklima,

noe som gir utslag på utviklingen av faktisk energibruk. Dette sammen med å se på årsakene til den relativt høye energibruken på sommerstid vil være interessant å følge opp nærmere.

6.2 Eneboligen til Stein Stoknes i Oslo

Analyse av formålsdelte målinger over en større periode. Kort intervju om beboererfaringer, drift, vedlikehold. Evaluering etter to hele oppvarmingsperioder.

Bygget er ikke stort og dette stiller noe strengere krav for å nå betegnelsen passivhus. Regnestykket gikk godt opp likevel, men hvis eier skulle bygge igjen så hadde han brukt "litt mer glass", et par kvadratmeter ekstra vinduer for å få bedre kontakt med naturen/hagen utenfor.

Familien har bodd i huset i 3 år. Alle er ute om dagen, enten som yrkesaktive eller på skole. Stoknes er generelt fornøyd, trives godt i huset, er opptatt av energi og klima, jevn og god inneluft samt en behagelig temperatur. Hittil har det ikke vært noe å klage på mht. innemiljøet.

Beboerne har ikke merket endring i pollenallergi fra forrige bolig, verken på godt eller vondt. Dog mener Stoknes av luftkvaliteten er litt bedre enn der de bodde før.

Det er ikke trekk i huset, og det oppleves som positivt. Det kommer kaldere luft gjennom noen av ventilene, men eier ønsker selv å ha det litt kaldt i huset og er selv ikke plaget av dette.



Det var prosjektert solavskjerming på boligen, men dette ble aldri satt opp, og det har heller ikke vært behov for det. Hvis det har stått på sol om sommeren og temperaturen i huset er kommet opp i 26 grader eller høyere når de kommer hjem på ettermiddagen, har innetemperaturen blitt normalisert i løpet av 10 minutter ved å åpne vinduene. De har heller ikke opplevd dårlig luft om sommeren.

Figur 6.2.1 Enebolig på Skøyen i Oslo.

Foto: Elisabeth Sperre Alnes

Det er satt opp en fuktmåler i stuen. Målingene fra den er ikke loggførte, men ifølge Stoknes har luftfuktigheten vært innenfor det normale (det vil si mellom 40-70 % luftfuktighet, men ikke systematisk sjekket). Luftfuktigheten har gått ned i 30 % i kaldere perioder. Det er ikke installert luftfukter i huset.

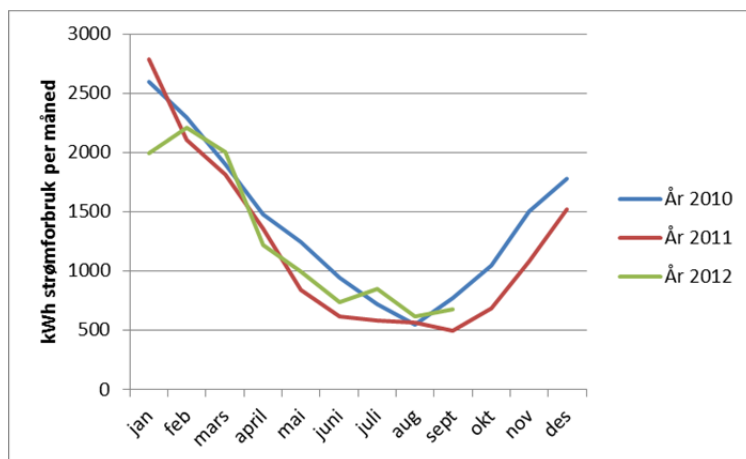
Angående innvendig støy, høres avtrekket inne på badet, ellers er det ikke sjenerende støy i huset. Dette gjelder også for støy utenfra. Dette er merkbart stillere inne i huset enn i boliger de har bodd i tidligere. Konstruksjonen med massivtre, demper nesten all lyd utenfra. Dette oppleves som positivt, og eier "åpner vinduer når en ønsker å få fuglesangen inn".

Stoknes opplever litt forskjell på varmfordelingen mellom rommene, og der var noen problemer med innkjøringen av anlegget. Dette ble løst med en enkel innjustering av eier selv. Det er en sovehems opp mot taket, med en ventil, og her blir det varmt om sommeren. Her kunne det, etter eiers mening, vært en bedre regulering.

Ifølge Stoknes var filtrene til ventilasjonsanlegget overraskende dyre. Nå bestiller han disse fra Sverige og de koster 300 kr/stk, inne og ute. De skal skiftes en gang i året, men han skifter oftere, når at han mener de har samlet "nok" smuss og støv.

Bygget har solfangere, men disse har ifølge Stoknes ikke fungert tilfredsstillende.

De planlegger å installere en vedovn før julen (2012), "for peiskosen og stemningens skyld", ikke på grunn av varmebehov, men dette forventes å redusere bruken av elektriske ovner.



Figur 6.2.2 Graf som viser strømforbruket i 2010, 2011 og fram til oktober 2012.

Det er en utleiedel i boligen og forbruket til denne er med i forbruket vist i figur 6.2.2.

Grafen viser en reduksjon av energiforbruket gjennom vinteren i 2011. Dette skyldes primært at januar i 2010 var svært kald, og derfor er reduksjonen som forventet.

Det måles ikke separat på varmtvann, og strøm til oppvarmingen av vannet inngår derfor i det samlede forbruket. Det er eiers opplevelse, at de nok brukes mere varmt vann en forventet.

Huset og utleiedelen har i gjennomsnitt vært bebodd av fire eller fem voksne og et barn. I forbindelse med høytider og ferier er leietaker ofte bortreist, men eier mener energiforbruket blir jevnt likevel, da eldre barn og gjester benytter utleiedelen i disse periodene.

6.3 Enebolig NorOne på Sørumsand⁵

"NorOne" er en relativ stor og tradisjonelt utformet enebolig med hovedplan og loftsetasje pluss utleieleilighet i underetasjen. Utleiedelen er på 80 kvm, og bygningens totale bruksareal er ca. 340 kvm (etter passivhusinstituttets arealregler med 322 m² oppvarmet areal).



Figur 6.3.1 Enebolig NorOne på Sørumsand. Foto: NorOne

Tilluft 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.

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

⁵ <http://www.norone.info> (30.11.2012)

6.3.1 Erfaringer med boligen

Opplysningene og resultatene i dette avsnitt stammer primært fra samtale med Harald Ringstad i november 2012, samt oversendt oversikt over energiforbruk.

Ringstad ser fortsatt på NorOne huset som et forskningsprosjekt, hvor målet er å få fram et hus som er selvforsynt med energi. Som nevnt mangler fortsatt solcelleanlegg, men da prisen på slike anlegg har gått kraftig ned, ser Ringstad at det kan la seg gjøre montere et anlegg når finansieringen kommer på plass. I tillegg ønsker han å montere vindkraft og evt. bytte varmeanlegget til et "kompaktanlegg", dersom han oppnår forskningsmidler/støtte til dette.

Ifølge Ringstad er energiforbruket nå noe høyere enn tidligere – da det har oppholdt seg flere personer i huset, både permanent, men også en del gjester, svarende til et økt forbruk på ca. 2-3 kWh/m²/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			m ³		264,0	236,0	283,0	
2009: Solfangeren var noen måneder på sommeren ute av drift								

Figur 6.3.1.1 Tabell over strømforbruket i passivhuset de fire siste årene, totalt og i forhold til m² boligareal (etter den tyske passivhusnormen), energi til oppvarming, energiproduksjon av solfanger og gråvannsgjenvinner. I 2011 ble det brukt 20,9 kWh/m² til oppvarming av huset; regnet etter norske regler for oppvarmet BRA, vil tallet være 19,8 kWh/m².

Ringstad har i ikke serviceavtale med noen av leverandørbedriftene og varmepumpeleverandøren har gått konkurs. Nå søker han service hos lokale teknikere for varmepumpen.

Ringstad sørger selv for bytte av filtrene i ventilasjonsanlegget. Det er merkbar forskjell i virkningsgraden når han kun renser filtrene i forhold til å bytte til nye. Virkningsgraden ved enkel rensing gikk ned i 35 %, for å gå opp til 50 % når filtret ble rengjort/vasket og opp til over 80 % når han byttet til nye.

Jordvarmeveksleren har til nå fungert vedlikeholdsfritt. Som tidligere rapportert, gir jordvarmeveksleren et svært godt bidrag til å forvarme luften om vinteren, opp til 38 kWh pr døgn. Veksleren gir også et kjølebidrag om sommeren. Rørene var helt rene og fine da de sist ble sjekket og viste ingen tegn til å trenge vedlikehold i nærmeste framtid. Ekstrakostnadene med å legge en jordvarmeveksler var i hovedsak et mindre gravearbeid og innkjøp av rør.

Luft-/vann varmepumpa har hittil ikke gitt energiinnsparinger i forhold til å bruke kun ren elkraft. Ringstad jobber med å finne årsaken til dette.

Inneklimaet i boligen er fortsatt svært godt og etter Ringstads mening, bedre enn i andre boliger. Om høsten er det et par dager med noe dugg på utsiden av vinduene, men dette forsvinner fort.

Kostnadene ved boligene ble høyere enn planlagt - både på grunn av at det ble gjort noe feil og hele varmeanlegget og ventilasjonsanlegget måtte skiftes ut. Da bygget skulle være et forskningsprosjekt brukte Ringstad selv mye tid til å følge opp det tekniske anlegget og gjøre målinger.

Våre kontrollberegninger med prosjekteringsverktøyet PHPP viser at netto oppvarmingsbehov i prosjektet vil øke med ca. 2 kWh/m² år, hvis reell gjennomsnittlig innetemperatur er 21,5 °C i stedet for 20 °C, som er standardtemperatur i PHPP. Beregnet oppvarmingsbehov ved sertifisering var 15,4 kWh/m² år⁶, slik at 1,5 grader økt innetemperatur alene tilsier et netto oppvarmingsbehov på ca. 17,5 kWh/m² år etter arealregler i PHPP og ca. 16,5 kWh/m² år etter norske arealregler for oppvarmet BRA.

6.4 Blokker på Løvåshagen i Bergen

I Løvåshagen er leilighetene dels oppført som passivhusleiligheter og dels som lavenergileiligheter. ByBo AS som sto for utbygging av Løvåshagen i Fyllingsdalen utenfor Bergen, støtter Høgskolen i Bergen med kr 100 000 i året i fire år, øremerket til forskning på energieffektive bygninger. Høgskolelektor Magnar Berge tar doktorgrad innen temaet ved ZEB i Trondheim og bruker bl.a. Løvåshagen som case for å få ny kunnskap



om hvordan brukeradferd i passivhus påvirker energibruk og inneklima.

Foreløpige resultater av en spørreundersøkelse blant beboere i både lavenergi- og passivhusleilighetene om inneklimaforhold er fremstilt i figur 6.4.2. Undersøkelsen er utført sommeren 2012. Svarprosenten på Løvåshagen (40 %) var noe lavere enn i referansematerialet (46 %) (Boverket 2009). Det ser ut til at det er mye klager på høy temperatur, varierende temperatur, tørr luft samt støv og smuss, mens det er svært lite klager på trekk, ubehagelig lukt og andres tobakksrøyk.

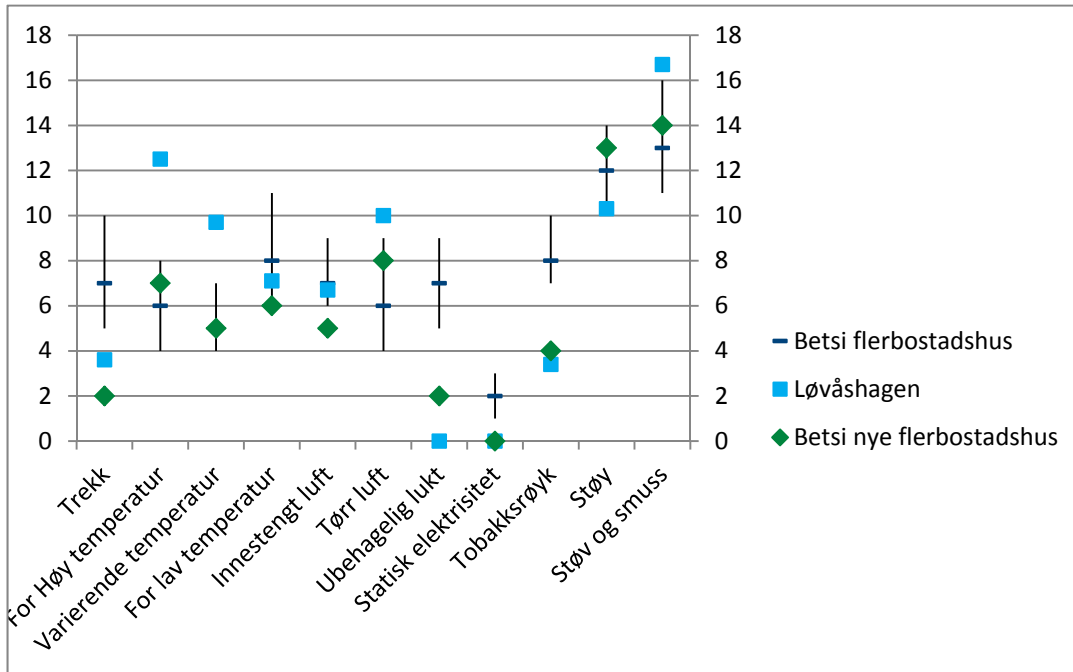
Tilfredshet med temperaturforholdene gir et interessant bilde, de fleste er fornøyd eller meget fornøyd, men noen er svært misfornøyd (figur 6.4.3.) Antallet som oppgir "inneklimasymptomer" er gjengitt i figur 6.4.4. Det mest slående er at antallet som oppgir at de ofte er trøtte er mye lavere enn i referansematerialet. Dette er den eneste forskjellen fra referansematerialet som er statistisk signifikant ($p=0,022$) Antallet som har svart (32) gjør at tolkningen av slike spørreundersøkelser er usikker.

Figur 6.4.1 Det etter hvert landskjente passivhusprosjektet Løvåshagen gjennomført i regi av ByBo AS i Bergen

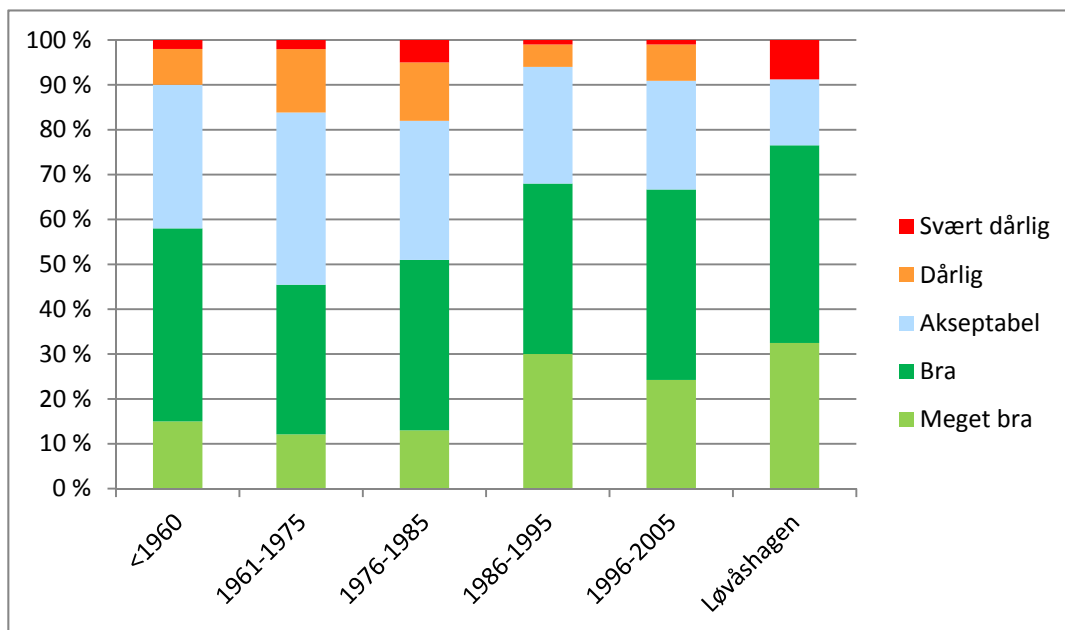
Det gjennomføres for tiden langtidsmålinger av inneklima (temperatur, relativ fuktighet og CO₂), formålsdelt energibruk og vindusåpningstid for vurdering av brukeradferd. Foreløpige resultater viser delvis høye CO₂-nivåer på soverom. Dette kan forklares med at tilluftsmengder på soverom er lavere enn det som kreves i TEK10, selv om samlet tilluftsmengde for boligen er iht. krav i TEK10. Utfordringen består dermed i rom- og tidvis fordeling av friskluft.

⁶ 15,4 kWh/m² år kvalifiserer for sertifisering etter Passivhusinstituttets reglement, fordi resultatet alltid avrundes til hele kilowattimer, det vil si kriteriet på maksimalt 15 kWh/m² år er oppfylt. Kriterier i norsk passivhusstandard NS 3700 opererer derimot med desimaler, selv om det i praksis ikke er mulig å beregne oppvarmingsbehovet så nøyaktig.

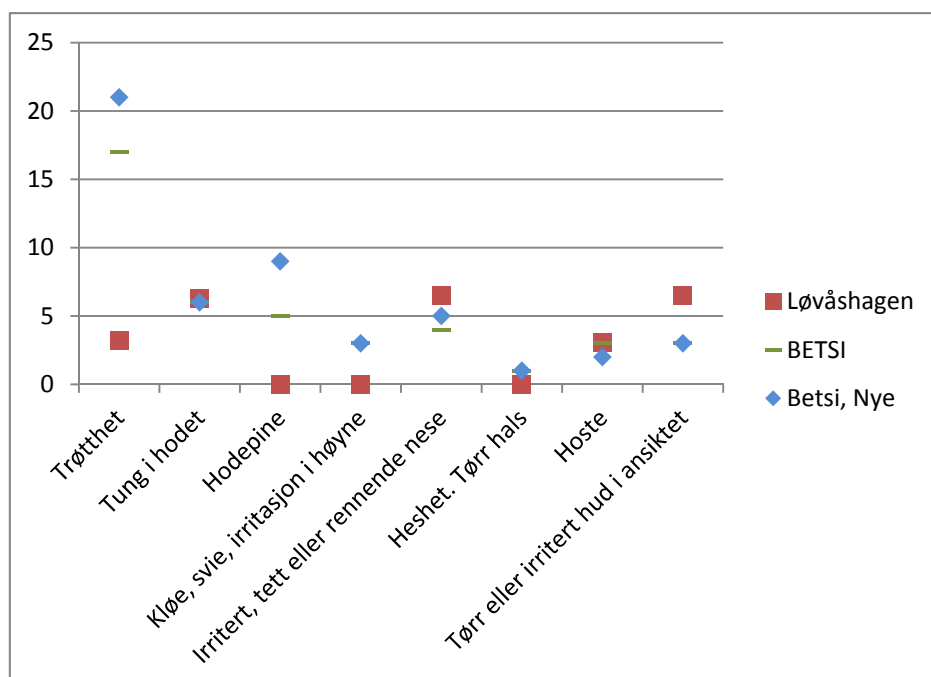
Klinski & al, 2012 omtaler at det var problemer med overoppheting kort etter innflytting, men at beboerne er fornøyd med temperaturforholdene ett år senere. Dette kan illustrere at enkeltbeboere kan oppleve situasjonen uakseptabel selv om dette ikke kommer fram ved intervju med utvalgte beboere.



Figur 6.4.2. Prosent av respondentene på Løvåshagen som ofte opplever ulike ubehag i innemiljø. Referansen er flerbolighus i BETSI (Boverket, 2009) med inntegnet konfidensintervall, og nyere (1996-2005) flerbolighus.

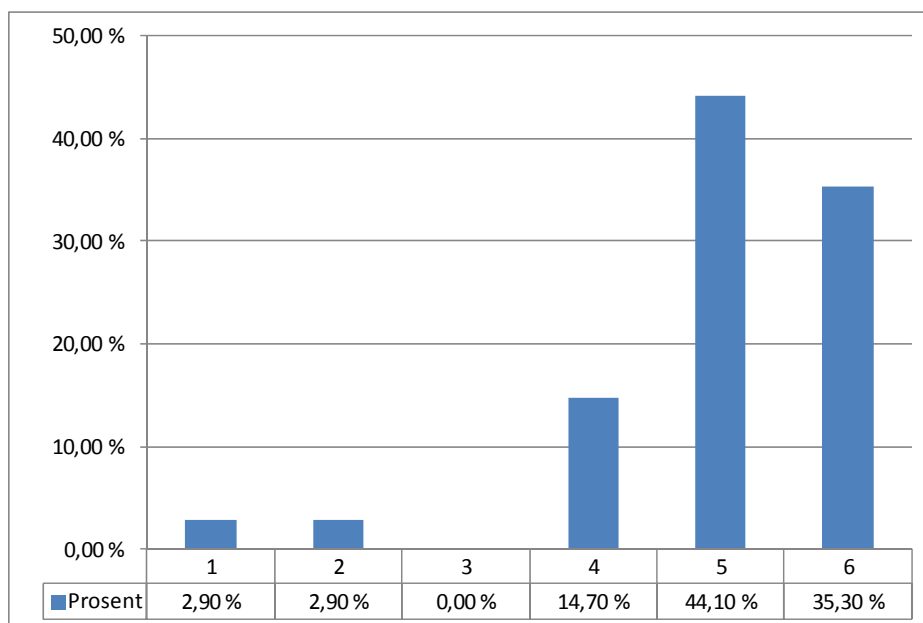


Figur 6.4.3. Tilfredshet med temperaturforholdene i Løvåshagen, sammenlignet med svenske flerbolighus (Boverket, 2009)



Figur 6.4.4. Inneklimasyntomer

Beboerundersøkelsen viser en høy generell tilfredshet med å bo i et lavenergi- eller passivhus. Omtrent 80 % av respondentene angir at de er tilfreds eller svært tilfreds. Noen få respondenter er lite eller svært lite tilfreds, hvor det som årsak til misnøye oppgis at forventninger til lavt energibruk, termisk komfort og luftkvalitet ikke er innfridd.



Figur 6.4.5 Generell tilfredshet med å bo i et lavenergi- eller passivhus på en skala fra 1 til 6, der 1 er svært lite tilfreds og 6 er svært tilfreds.

6.5 Passivhus i Grimstad

Arkitekt Bengt Michalsen har prosjektert og bygget to nesten helt like hus med pulttak i Grimstad. Husene er like i plan og eksteriør men med ulik teknisk installasjon. Begge husene er på 157 m² BRA over to etasjer. Husene har felles skillevegg, men boenhetene er forskjøvet mot hverandre, slik at sol- og skyggeforhold er noe forskjellig. Eksponert fasade most øst og vest er derfor også noe ulik. Gavlfasadene er direkte mot syd. Begge hus har like egenproduserte solfangere montert i fasade, og begge har kun én radiator sentralt på stua i 1. etasje. Dessuten er det gulvvarme på bad og i entré. Romoppvarming er vannbåren, i tillegg til mulighet for vedfyring. Bygningskroppen i husene er bygget som passivhus med utgangspunkt i Passivhusinstituttets standard, da det kun var den å forholde seg til når arkitekten startet planlegging i 2007-2008. Husene har vært bebodd siden 2009. Det ene huset er solgt og det andre eier arkitektfirmaet selv for utleie og oppfølging.

Hus mot øst (hus B) se figur 5.6.1 er solgt og har naturlig ventilasjon og en egendesignet gråvannvarmegjenvinner. Forvarming av inntaksluft skjer gjennom et drivhus designet for dette og en kulvert i bakken. Kulverten ligger nesten 2 meter under bakken og er ca. 20 meter lang. Kanalsystemet i huset er utformet som for et vanlig ventilasjonsanlegg med tallerkenventiler, overstrømsspalter i dører og avtrekk fra våtrom. Spjeld er CO₂-styrt, slik at luft kan prioriteres dit det trengs. I tillegg er det tidsstyring,



slik at luft prioriteres til soverom nattetid. Avtrekk er bare naturlig med en liten ”propell” som skaper noe undertrykk når det er vind. Total energiforbruk for de to første år (med to svært kalde vintre på Sørlandet) ligger på 89 kWh/m² år. Hus mot vest (hus A) har mekanisk balansert ventilasjon med varmegjenvinning og den første av OSOs gråvannvarmegjenvinnere. Energiforbruk totalt etter andre år ser ut til å ligge på 65 kWh/m² år. (Michalsen, 2012)

Figur 6.5.1 Til venstre (vest): Hus A med balansert ventilasjon. Til høyre (øst): Hus B med naturlig ventilasjon. Begge med solfangere til venstre på gavlfasaden mot sør. Foto: Eivind Thorstvedt.

Prosjektet var forberedt for omfattende instrumentering/energioppfølging. Med noe støtte fra Enova ble installasjonen ferdigstilt, og målingene ble igangsatt mot slutten av 2011. Målingene vil gå over 2-3 fulle sesonger. Måledata vil evalueres som bacheloroppgaver fra studenter ved Universitetet i Agder.

En første rapport ble ferdigstilt mot slutten av 2012 og skal omfatte evaluerte måledata fra 1.12.2011 fram til våren 2012.

Studentgruppa, bestående av Vegard Prestegård, Eivind Thorstvedt og Ronny Sunde, startet evalueringen, men måtte snart konstatere at det var

”mange hull i måledataen som skyldes at GSM-senderen ble flyttet, samt (at) det er dårlig forbindelse med mobilmasten der den står i dag.” Studentene ”fant ut at det var noen måleinstrumenter som registrerte feil målinger” og ”valgte å se vekk i fra de målingene som var feil og konsentrere oss om de målingene som var riktige.”

I rapporten analyseres det derfor bare data for inneklime for en større sammenhengende periode i november 2011 (CO₂) og en uke i februar 2012 (temperatur og luftfuktighet), samt at det presenteres resultater fra beboerintervjuer. Brukbare formålsdelte målinger for energiforbruk over lengre tid foreligger dessverre ikke, men ifølge Michalsen skal dette nå være sikret, slik at årets studentgruppe kan bruke disse for mer

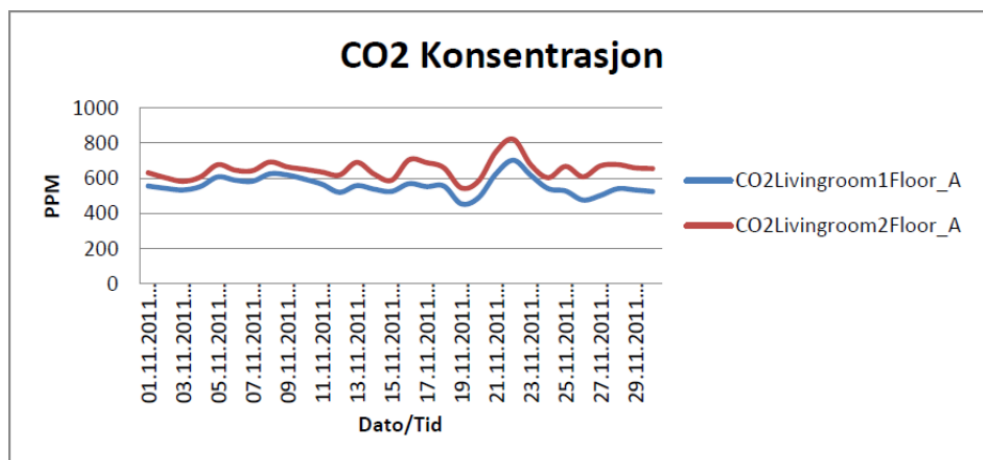
omfattende analyser for perioden 2012-2013. I det følgende refererer vi noen resultater fra studentrapporten (Prestegård mfl., 2012).

CO₂-konsentrasjonen i hus A med balansert ventilasjon svinger rundt hhv. 600 ppm på stua i 1. etasje og 700 ppm på stua i 2. etasje og kommer aldri vesentlig over 800 ppm. Dette er svært gode verdier, godt under den anbefalte øvre grensa på 1000 ppm. Verdiene indikerer et godt inn klima og ligger lavere eller tett opp til verdier som studentene har simulert i egne beregninger. Beboerne vurderer luftkvaliteten som veldig bra i forhold til andre boliger som de har bodd i.

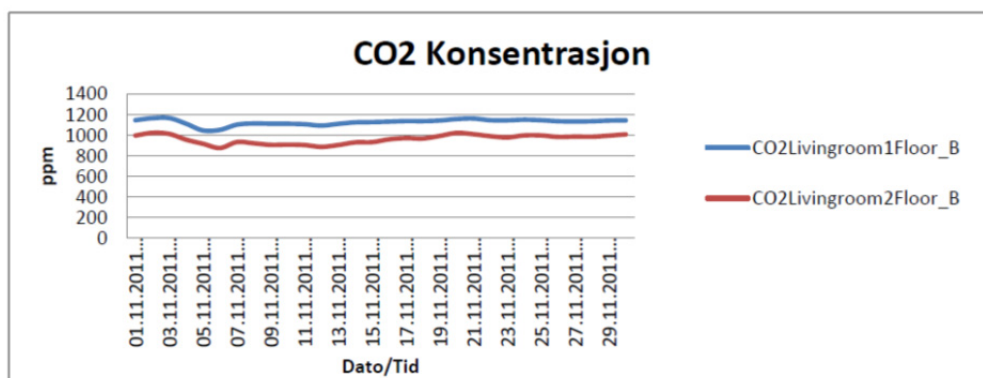
CO₂-konsentrasjonen i hus B med naturlig ventilasjon ligger i gjennomsnitt på 1150 ppm i 1. etasje og 1000 ppm i 2. etasje (studentene skriver det motsatte, men grafene viser det slik vi gjengir verdiene). Her er det altså noe større forskjell mellom etasjene, og spesielt verdiene i 1. etasje er for høye. Dette indikerer dårligere luftkvalitet enn i hus A, og målingene i 1. etasje viser også noe høyere CO₂-konsentrasjon enn studentenes simuleringer for hus B. 1000 og 1150 ppm er likevel *ikke* dårlige verdier. Tallene ligger lavere enn ved en del målinger som er gjennomført i boliger med vanlige ventiler direkte mot det fri, og betydelig lavere enn i boliger med bare vindusventilasjon i Mellom-Europa. På grunn av CO₂- og tidsstyring er det også mulig at verdiene er bedre enn gjennomsnittet når rommene er i bruk. Beboerne sier at oppholdsrommene har hatt innestengt luft, men at det hjalp med åpne spjeld. Det ønskes bedre sirkulasjon, og beboerne uttaler:

”vi bodde tidligere i et gammelt hus som hadde vesentlig bedre luftkvalitet enn det vi har i dag.”

At det var lavere CO₂-konsentrasjon i 2. enn i 1. etasje kan kanskje forklares med at 2. etasje sjeldnere blir brukt, samt at beboerne sover med åpent vindu. Brukbare målte data fra soverom foreligger ikke. Målt CO₂-konsentrasjon på stua i hus A og hus B er vist i figurene 6.5.2 og 6.5.3.



Figur 6.5.2. Målt CO₂-konsentrasjon på stua i hus A i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i november 2011. Hus A har balansert ventilasjon med varmegjenvinning.

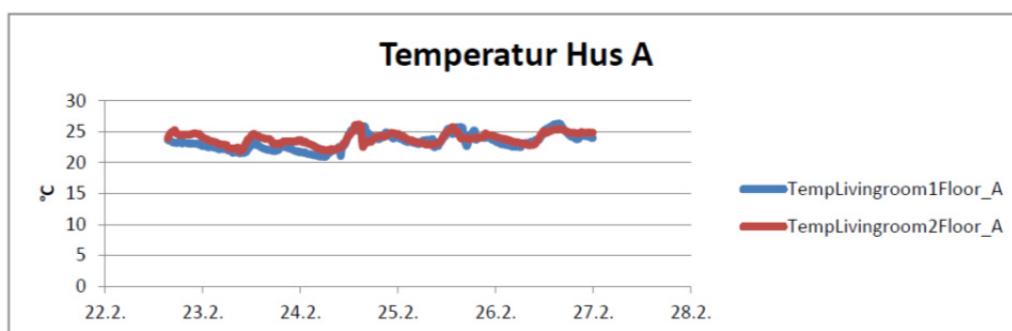


Figur 6.5.3. Målt CO₂-konsentrasjon på stua i hus B i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i november 2011. Hus B har naturlig ventilasjon.

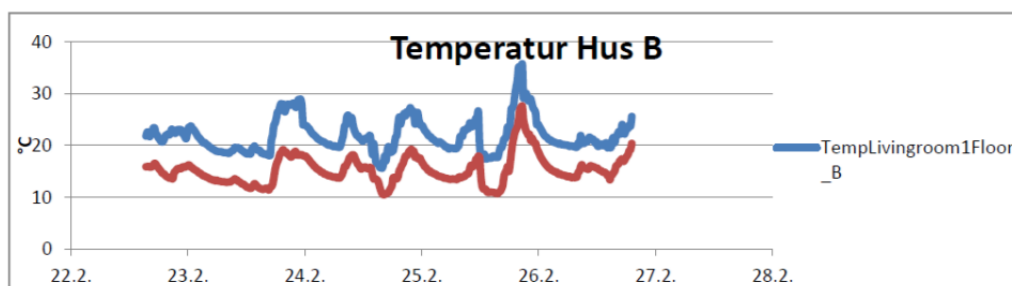
Temperaturen i hus A med balansert ventilasjon ligger i fem dager i februar, i gjennomsnitt på 25 °C i begge etasjer, med små forskjeller mellom disse, og også med små differanser mellom ulike tidspunkter og perioder. Beboerne sier imidlertid at temperaturen var bra i 1. etasje, mens det i 2. etasje bare var 18 °C om vinteren (gjelder generelt, ikke relatert til de målte dager). Her har de ”brukt elektrisk varme til tider” for å oppnå ønsket temperatur.

Temperaturen i hus B med naturlig ventilasjon ligger i samme periode i februar i gjennomsnittet på 24 °C i 1. etasje og 19 °C i 2. etasje. I tillegg til denne store forskjellen er det også store differanser utover dagen og mellom ulike dager. Totalt varierer temperaturene mellom 10 °C (2. et.) og 34 °C (1. et.). En så høy temperatur virker på første blick overraskende i februar, men har antakelig sammenheng med vedfyring, som beboerne ikke sier noe om; temperaturer over 25 grader ble målt flere dager på kveldstid, noe som passer inn i et mønster med vedfyring, og som ikke er uvanlig i norske boliger. Beboerne sover med åpent vindu og sier at de sjeldent hadde bruk for suppleringsvarme. ”Det hender med temp ned mot 20 grader at vi bruker varme i 2. etasje.” Det kan tolkes slik at de ikke ønsker høye temperaturer i denne etasjen. Studentene skriver at det ”kan være grunnet i at de velger å ikke bruke oppholdsrom i 2. etasje”. Med ujevn naturlig ventilasjon og tilknyttet større varmetap er det også forklarlig at det er større temperaturforskjeller i løpet av dagen.

Målt temperatur på stua i hus A og hus B er vist i figurene 6.5.4. og 6.5.5.



Figur 6.5.4. Målt temperatur på stua i hus A i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i februar 2012. Hus A har balansert ventilasjon med varmegjenvinning.

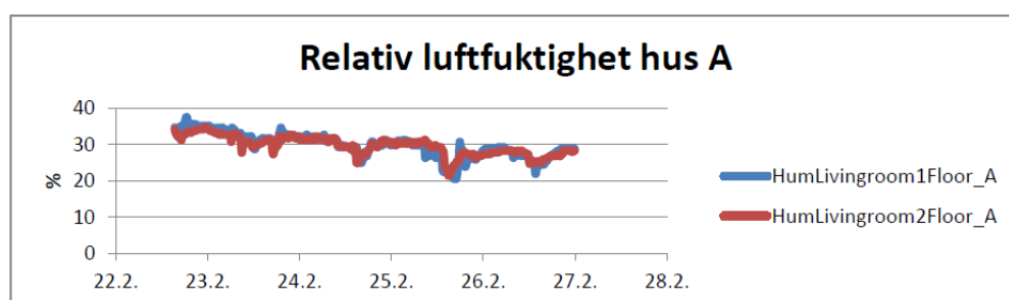


Figur 6.5.5. Målt temperatur på stua i hus B i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i februar 2012. Hus B har naturlig ventilasjon.

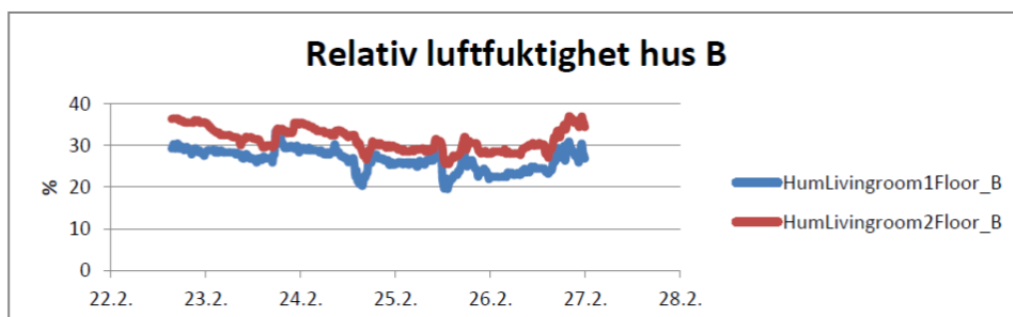
Relativ luftfuktighet i hus A med balansert ventilasjon, ligger de samme 5 dager i februar mellom 20 og 40 prosent, uten større forskjeller mellom etasjene. Lav relativ luftfuktighet ned mot 20 % kan oppleves som ubehagelig med irritasjon på hud og slimhinne. Beboerne mener selv at lufta var "litt tørr".

Relativ luftfuktighet i hus B med naturlig ventilasjon ligger de samme 5 dager i februar også mellom 20 og 40 prosent, men med større forskjeller mellom etasjene. At det er høyere RF i 2. etasje kan ha sammenheng med at det på denne etasjen også er lavere temperatur, slik at relativ fuktighet i lufta automatisk bli høyere.

Målt relativ luftfuktighet på stua i hus A og hus B er vist i figurene 6.5.6 og 6.5.7.



Figur 6.5.6. Målt relativ luftfuktighet på stua i hus A i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i februar 2012. Hus A har balansert ventilasjon med varmegjenvinning.



Figur 6.5.7. Målt relativ luftfuktighet på stua i hus B i 1. etasje (blått) og 2. etasje (rødt) i februar 2012. Hus B har naturlig ventilasjon

Beboerne i hus A med balansert ventilasjon nevner ikke noe om problemer om sommeren, mens beboerne i hus B med naturlig ventilasjon opplever at det om sommeren hender at huset kan bli i det varmeste laget. En forklaring kan være at hus B er noe mer soleksponert enn hus A. Begge hus har i dag fast solskjerming av horisontalt monterte aluminiumlameller, men disse var ikke på plass da intervjuene ble gjennomført.

Studentene har følgende konklusjon:

”Ut fra inneklimate dataen kunne vi se at det var bedre inneklimate i huset med balansert ventilasjon i forhold til det huset med naturlig ventilasjon. Dette kunne vi se ved at det var lavere CO₂ konsentrasjon, jevnere og bedre temperatur i huset med balansert ventilasjon. Dette fikk vi bekreftet ut i fra spørsmålene som ble stilt til beboerne av boligene.”

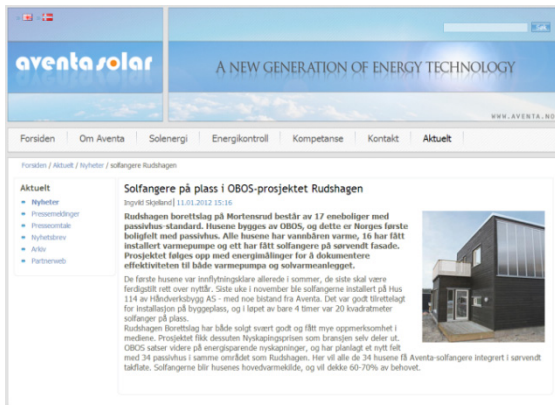
Som studentene selv skriver, er datagrunnlaget mangelfullt. Målinger for inne-temperatur og luftfuktighet omfatter bare fem dager, og disse ligger ikke i samme periode som målinger for CO₂-konsentrasjon. Måleresultatene er dessuten bare fra ett rom i hver etasje. Resultatene kan derfor bare gi en indikasjon og ikke et grunnlag for sikre konklusjoner (dette gjelder uansett med en sammenlikning mellom kun to boenheter). Resultatene viser imidlertid ganske tydelig at balansert ventilasjon gir bedre inneklimate.

Målt totalt energiforbruk fra tidligere år med et merforbruk på 24 kWh/m² år i hus B tilsvarer også omtrent det som kan forventes på grunn av manglende varmegjenvinning fra ventilasjonsluft. Resultatet indikerer imidlertid at et gjennomtenkt og nøye prosjektert system med behovsstyrt naturlig ventilasjon kan levere resultater som er bedre enn i hus med kun ordinære spalte- eller klaffeventiler mot det fri. Samtidig indikerer beboerutsagn i hus A og målinger i hus B at bare én radiator per etasje pluss gulvvarme på bad kan være noe knapt, når 2. etasje er lite brukt og det er svært kaldt ute. Med naturlig ventilasjon er det større varmetap selv med en godt isolert og lufttett bygningskropp, slik at denne forenklete oppvarmingsløsningen normalt ikke anbefales.

6.6 Eneboligfelt på Rudshagen i Oslo

OBOS gjennomførte en QuestBack undersøkelse av boligene i Rudshagen i august 2012. I tillegg gjøres det en oppfølging av to identiske passivhus for å få sammenlignet energiforbruket mellom dem, det ene med varmepumpe, det andre med solfanger. Dette er det bl.a. nevnt i OBOS-bladet i november 2012⁷. I denne utgaven av bladet med settes det fokus på "Miljø som tema".

⁷ Se artikkel i OBOSBLADET nr 8 november 2012 http://project.vbook.no/project.asp?version_id=1046&page=36#zp9
Bla i presentasjonen til ønsket side (s34, 35 og 36 om Rudshagen).



Figur 6.6.1 Aventa Solar om Rudshagen og solfangere på sin Aventa Solars hjemmeside.

De første registreringer i de to boligene på Rudshagen viser at det fra 25. januar til 5. september 2012 er brukt 4890 kWh til vann og romoppvarming i huset med varmepumpe. I huset med solfangere er strømforbruket ca. ti prosent lavere. Begge familiene består av to voksne og et mindre barn.

Resultatene er ikke korrigert for vannforbruk og innetemperatur og tiden familien har vært bortreist. Dette vil bli gjort og målingene fortsette fram til gjennom kommende fyringsperiode. Målingene følges opp av forsker Michaela Meir i Aventa AS/Universitetet i Oslo.

Fra artikkelen i OBOS-bladet sakser vi også at en av beboerne på Rudshagen nevner noe om fordeler og ulemper med passivhuset etter det første ¼ året:

"Vi tenker ikke så mye over det. Det er god lydisolasjon, og vi opplever generelt inneklimaet som godt. Men i sommer syntes vi det ble for varmt. Det skyldes nok delvis at vi ikke har hengt opp solskjerming på vinduene mot sør".

Han legger til at oppvarmingen kommer bare via varmluft i stua, i tillegg til vannbåren gulvvarme i gangen og de to badene.

"Det ble litt for kaldt i andre etasje i vinter. Kanskje vi neste vinter kommer til å sette inn en panelovn på barnerommet" ..

Uten at vi her vil gjengi detaljer fra QuestBack kundetilfredshetsundersøkelse tar vi med et par utdrag. Skalaen er seksdelte:

1 Svært fornøyd, 2 Fornøyd, 3 Litt fornøyd, 4 Litt misfornøyd, 5 Misfornøyd og 6 Svært misfornøyd.

På spørsmålet "Hvor fornøyd er du/dere med boligens tekniske løsning for vannbåren oppvarming" svarte 6 av 9 at de var Fornøyd, 2 at de var Svært fornøyd og 1 Svært misfornøyd.

På det samme spørsmålet om "ventilasjon", var svarene mer spredt; 1 av 10 Svært fornøyd, 4 Fornøyd, 3 Litt fornøyd, 1 Litt misfornøyd og 1 Svært misfornøyd.

For "vann/sanitær" formulert som ovenfor, svarte 4 av 10 Svært fornøyd, 4 fornøyd, 1 Litt fornøyd og 1 Svært middfornøyd.

Fordelingen av voksen og barn i boligene var en voksen i en, og to i hver av øvrige ni. Det var to barn i tre av husene, og et barn i to. Kun voksne i de øvrige. 8 av de 10 flyttet fra leilighet og 2 fra enebolig.

Den generelle undersøkelsen som OBOS alltid gjør, fanger egentlig ikke opp det særegne ved boliger som skiller seg vesentlig fra boliger generelt i OBOS. Vi må derfor avvente mer rettede undersøkelser der kvalitetene eller utfordringene ved passiv- og/eller lavenergiboliger blir belyst.

6.7 Feltutbygging på Granås i Trondheim

Heimdalgruppens utbygging på Granåsen i Trondheim er utførlig beskrevet i SINTEF Byggforsk rapport 90-2012. Det foregår ikke systematiske målinger registrert av forfatterne av denne rapporten. Salget pågår for fullt, se kapittel 7.3.

6.8 Erfaringer/målinger i andre prosjekt

Det pågår et større prosjekt – EBLE (Evaluering av Boliger med Lavt Energibehov) i regi av Lavenergiprogrammet, hvor det inngår instrumentering og måling av fukt i konstruksjoner, inn klima m.m. Vi tar med noen tidlige data/erfaringer fra et av casene – **Fjogstadhus sine eneboliger på Rossåsen i Sandnes/Figgjo**. Målinger gjennomføres på to av husene. Det er loggedata for ett år 22.08.2011 til

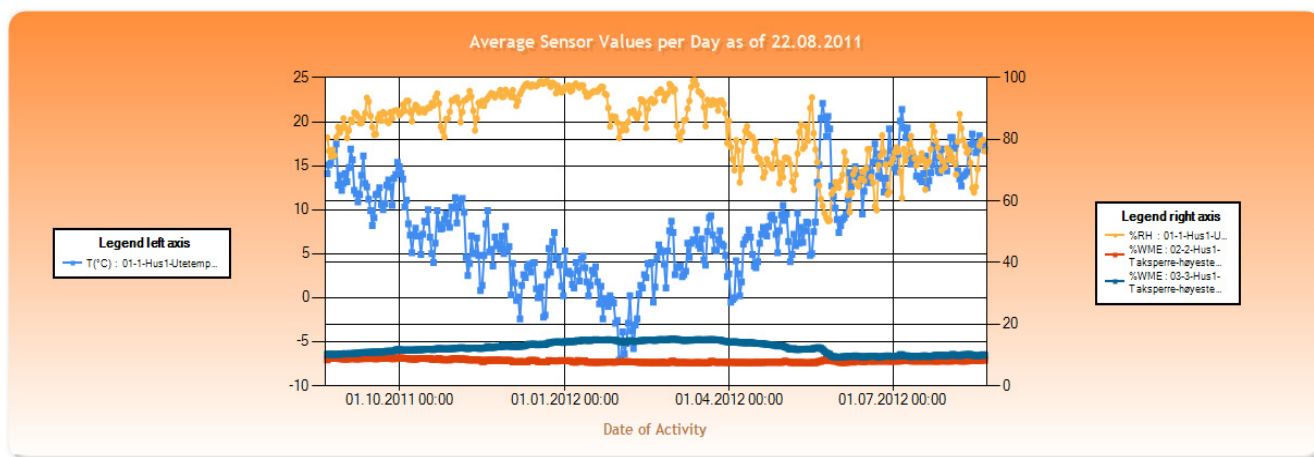


21.08.1012. Måleresultatene for trefukt i begge husene er vist for hver logger- plassering.

Diagrammene som vises er ikke fullstendige analysert og korriggert, men vi velger likevel å gjengi enkelte av dem da disse foreløpige resultatene viser generelt lave og ukritiske verdier i målepunktene. Det har jevnt over vært stabil trefukt i løpet av det første året. Unntaket er i takkonstruksjonen der det har vært en omfordeling av fukten i perioder av året. Resultatene tyder også på generelt lite innebygget byggfukt og at materialene har vært uttørket før lukking av bygget.

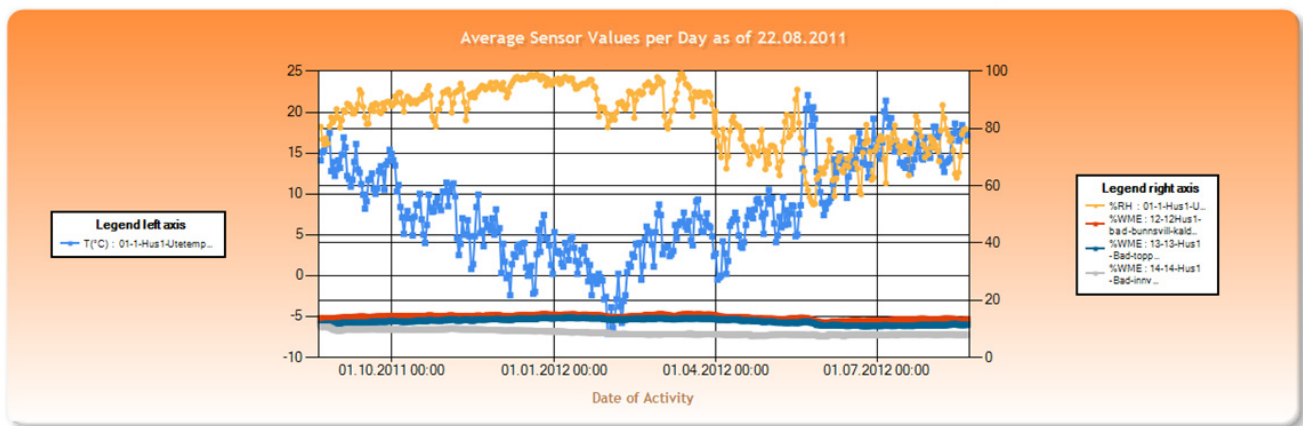
Figur 6.8.1. Eneboligene til Fjogstadhus på Sandnes/Figgjo

Diagrammene viser trefuktighet i konstruksjonene sammen med temperatur og RF i uteluften. Temperatur og relativ fuktighet i uteluften er vist øverst i diagrammene med henholdsvis prikkete blå og gul linje. Trefuktighetene i vekt % er vist med linjer nederst i diagrammene med en forklaring av farger i overkant av hvert diagram.



	T(°C) : 01-1-Hus1-Utetemperatur	%RH : 01-1-Hus1-Utetemperatur	%WME : 02-2-Hus1-Takspærre-høyeste punkt-varm side	%WME : 03-3-Hus1-Takspærre-høyeste punkt-kald side
min	-7,1	53,5	7,4	9,2
max	22,1	99,2	9	15,2

Figur 6.8.2 Diagram som viser trefuktighet i takspærrenes høyeste punkt på hus 1. Trefuktighet i % på varme side av sperren (rød strek) og på kald side (blå strek). Diagrammet viser en omfordeling av fukt i perioder av året.



	T(°C) : 01-1-Hus1-Utetemperatur	%RH : 01-1-Hus1-Utetemperatur	%WME : 12-12Hus1-bad-bunnsvill-kald side	%WME : 13-13-Hus1-Bad-topp stender-kald side ytre vange	%WME : 14-14-Hus1-Bad-innv påføring dusj
min	-7,1	53,5	12,1	10,9	7,4
max	22,1	99,2	15,1	13,9	10,7

Figur 6.8.3 Diagram som viser trefuktighet i yttervekker på bad hus 1. Trefuktighet i bunnsvill % på kald side (rød strek), i toppsvill på kald sid (blå strek) og i innvendig påføring (g strek). Diagrammet viser en rask uttørking av påføringen. Marginalt høyere trefukt om vinteren i forhold til sommeren. Lite uttørking i løpet av det første året.

En av kjøperne/beboerne av **Skanskas passivhus på Myra i Arendal** har fulgt byggeprosessen og lagt sine erfaringer ut på en blogg – www.passivhusbloggen.no (Sept 2012). Fra denne sakser vi:

.....

Til slutt valgte vi å satse på et helt nytt hus som var under oppføring og som ikke ville bli ferdig før i juni 2012. Tilfeldighetene ville at dette ble et passivhus, bygget av Skanska.

Fordi passivhus er noe relativt nytt i Norge, og fordi det er få som blogger om det ble denne bloggen opprettet, for å fortelle historien om huset vårt, slik at vi kan mimre litt i etterkant, og kanskje lære videre noen av de erfaringene vi gjør underveis.



Fra kjøpsituasjonen:

Utsolgt!

Det tok kanskje litt lenger tid enn vi forventet da vi skrev vår kontrakt i desember i fjor (2011), men nå er alle passivhusene som Skanska bygger i Østensbulia i Arendal solgt. I alle fall hvis vi skal dømme etter finn.no, der annonsen nå er satt passiv og ikke lenger er søkbar. Det er godt å vite, av flere grunner. Det er i alle fall godt å vite at det blir naboer i alle de syv andre tomannsboligene og at vi ikke blir nødt til å leve på en byggeplass lenger enn vi ønsker, noe som kanskje kunne skjedd om husene ikke ble solgt, og hvis Skanska ville vente med å bygge til alt faktisk var solgt. Nå slipper vi det, og alt tyder vel på at alle husene i rekka blir ferdig i løpet av høsten. Eneboligene som ligger på motsatt side av gata er ikke solgt alle ennå, så her vil byggingen ta noe lenger tid, men det får vi heller leve med.

Jeg skal innrømme at vi ble litt skeptiske da det ikke var flere hus som ble solgt etter at vi skrev kontrakt. Var det noe galt med passivhus kanskje, noe vi ikke hadde fått med oss, og hadde vi blitt lurt på en måte? Man blir jo litt bekymret når man er den eneste nesten som kjøper passivhus.

Fra innflyttingen:

Da er den store dagen kommet. Vi skal endelig overta huset. I dag skal vi vandre rundt i huset og sjekke at alt er som det skal før vi går i gang med nedvask og innflytting. All ære til Skanska for de klarte å holde tidsfristen de selv satte i kontrakten, til tross for at både de og vi kom med endringer underveis. Spesielt vi var ikke alltid i ute god tid med våre endringsønsker, men der strakte Skanska seg langt og viste seg utrolig fleksible innenfor det som var mulig å få til. Ikke bare Skanska, men også underentreprenørene, bare så det er



sagt.

Å bo i passivhus - første erfaringer:

Det er grytidlig søndag morgen. For vel to uker siden overtok vi passivhuset vårt og flyttet vi inn for godt. Så langt er det nok litt tidlig å trekke noen bastante konklusjoner, men noen erfaringer har vi gjort allerede. Overgangen fra 7 år i en 1980-blokkleilighet til et 2012-passivhus er ganske stor, men jeg tror ikke boopplevelsen i et passivhus er så forskjellig fra et vanlig hus bygget i 2012, alt er jo nytt uansett, men noe er kanskje annerledes likevel. Så mens resten av familien sover skal jeg oppsummere noe av det jeg har merket meg så langt.



Huset er ikke for varmt. Når sant skal sies så har vi ikke hatt noe særlig sommervarme mens vi har bodd her, slik at vi ikke har fått testet huset ordentlig, men selv med ettermiddagssola stekende inn gjennom stuevinduene har det aldri vært mer enn 23 grader inne. For når sant skal sies så kan ikke sola steke om den er aldri så varm, for energiglassene er veldig gode til å holde solvarmen ute; det er faktisk ikke mye varme å kjenne når man står i sola foran vinduet, så de glassene er i hvertfall gode. Det skal bli interessant å se om de er like gode til å holde varmen inne om vinteren. Og fordi det ennå er sommer og lyst om kvelden og morgenen har vi heller ikke fått testet hvor mye varme som tilføres gjennom belysningen inne.

Ventilasjonen støyer litt. Nåja, støyer er nok feil uttrykk, det suser i hvert fall godt fra innluftsventilen på soverommet. Ikke nok til å forstyrre nattesøvnen, men nok til å gi meg følelsen av å være på hotell eller kontor eller båt et annet sted der slike anlegg er vanlige. Årsaken til at soverommet har mest sus er nok fordi det er nærmest ventilasjonsaggregatet og har kortest veg å gå, for i de andre rommene er det knapt sus å høre, så jeg tror jeg skal ta en prat med ventilasjonsentreprenøren for å høre om alt er som det skal være her.

Luften er frisk. Selv på soverommet, etter en natt med vinduer og dører lukket føles luften behagelig og god å puste i, og jeg føler ikke noe trang til å sove med vinduet åpent for å sikre frisk soveluft.

Det er godt å ha store vinduskarmer. Med 22cm kan man plassere blomster, bøker, pyntegjenstander, hva som helst uten å måtte tenke på at det kanskje er for smalt eller monter ekstra blomsterbrett. Det er i alle fall veldig praktisk.

Som sagt, dette er de første tankene som faller meg inn etter å ha bodd her i to uker. Ellers har jeg jo også noen tanker om Skanska og arkitekten som tegnet huset og entreprenørene som bygget dette, noen gode tanker og noen ikke fullt så gode tanker, mest gode, men de skal jeg holde for meg selv.

Utvendig kondens på vinduer:

I går morges opplevde jeg for første gang det jeg håper ikke skal bli et gjentakende problem i passivhuset vårt, nemlig utvendig dugg eller kondens på vinduene. Nå er ikke utsikten fra stuevinduene all verden, bare skog og trær, men uansett er det jo litt kos å sitte med morgenkaffen å se ut, men her så jeg ikke skogen for bare dugg. Irriterende. Og det tok faktisk ganske lang tid før duggen forsvant, for dette er husets skyggeside til godt ut på formiddagen. I dag skjedde det igjen, men med hjelp av det allvitende internettet fant jeg fort ut av det: Årsaken er de superduperisolerende energiglassene.

Jeg merket jo ganske tidlig at glassen ikke slapp mye solvarme igjennom. Vanligvis kan man jo stå ved et vindu og bli ganske så overopphetet når sola står på, men her kjente jeg knapt at det varmet, og det selv med en svart t-skjorte, så isoleringen den veien var i alle felle i orden, tenkte jeg. Men, den virker jo selvsagt andre vegen også, glassene blir veldig kalde på utsiden, og ved klarvær om natta og høy luftfuktighet ute kan det føre til kondens på utsiden av vinduet.

Faktisk er fenomenet så plagsomt at NorDan finner det nødvendig å informere om utvendig dugg på vindu på sin hjemmeside:

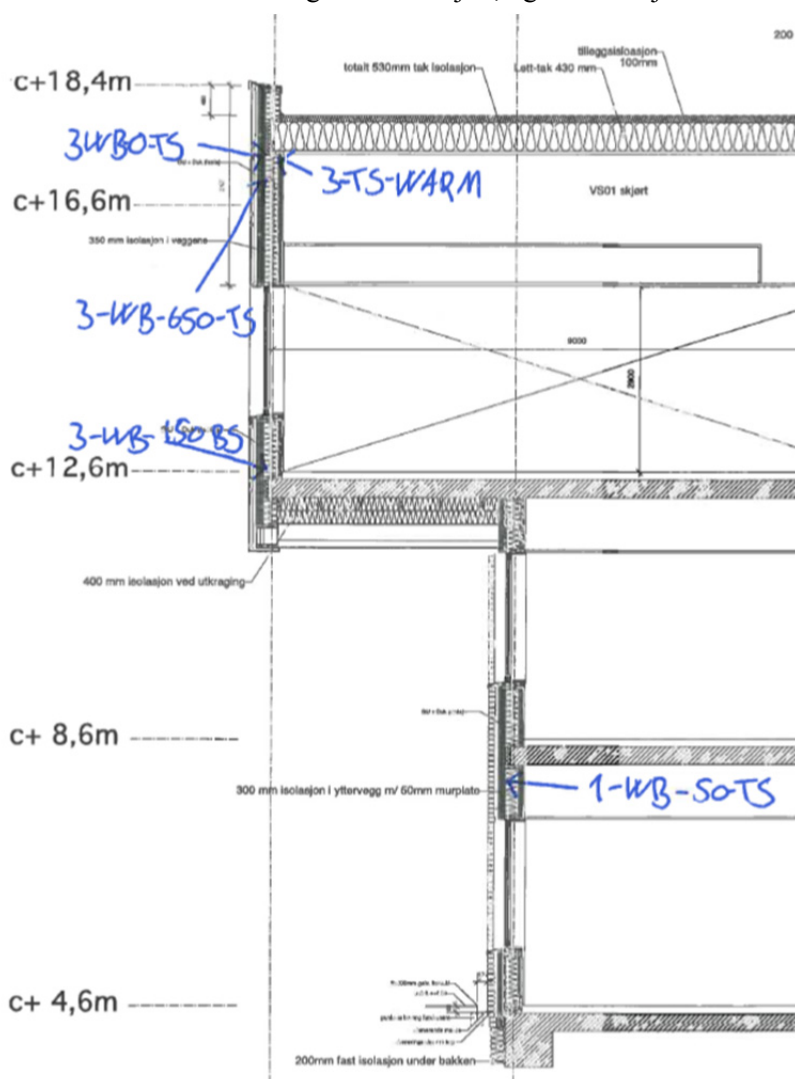
"På dager med kalde og klare netter med høy luftfuktighet kan det oppstå kondens på utsiden av glasset på vinduer og dører. Utvendig kondens har medført at kunder, som mener de har gjort et fornuftig valg ved å investere i godt isolerte vinduer, har blitt både overrasket og misfornøyd når morgenkaffen skal inntas ved et ugjennomsiktig kjøkkenvindu. Dette skjer særlig på høsten eller tidlig vinter."



6.9 Marienlyst skole i Drammen

Marienlyst ungdomsskole i Drammen er Norges første skolebygg med passivhusstandard og ble tatt i bruk i august 2010. Innenfor forskningsprosjektet Zero Emission Buildings (ZEB) foregår det et arbeid hvor man følger opp fuktinnhold i ytterveggene over lengre tid. Rapporten med målingene vil ikke bli ferdigstilt i 2012, men Magnus Vågen i SINTEF Byggforsk i Trondheim har stilt resultater fra utvalgte sensorer til disposisjon, og han har også gitt noen foreløpige kommentarer. Selv om Marienlyst ikke er et boligbygg, har ytterveggene tilnærmet samme oppbygging som i mange boliger, slik at fuktproblematikk og muggvekstpotensial likevel er relevant å diskutere.

Målinger av fukt og temperatur i veggkonstruksjoner har pågått siden mai 2011. Av ukjente årsak er det imidlertid store hull i datagrunnlaget. Loggeren har tydeligvis ikke alltid mottatt data fra sensorene. Det har ikke blitt logget verdier i periodene september – november 2011, januar – april 2012 og mai – august 2012. Resultatene kan derfor bare gi en indikasjon, og i konklusjonene må det tas med forbehold om dette.



Figur 6.9.1 Plassering av utvalgte sensorer i ytterveggen på Marienlyst skole.

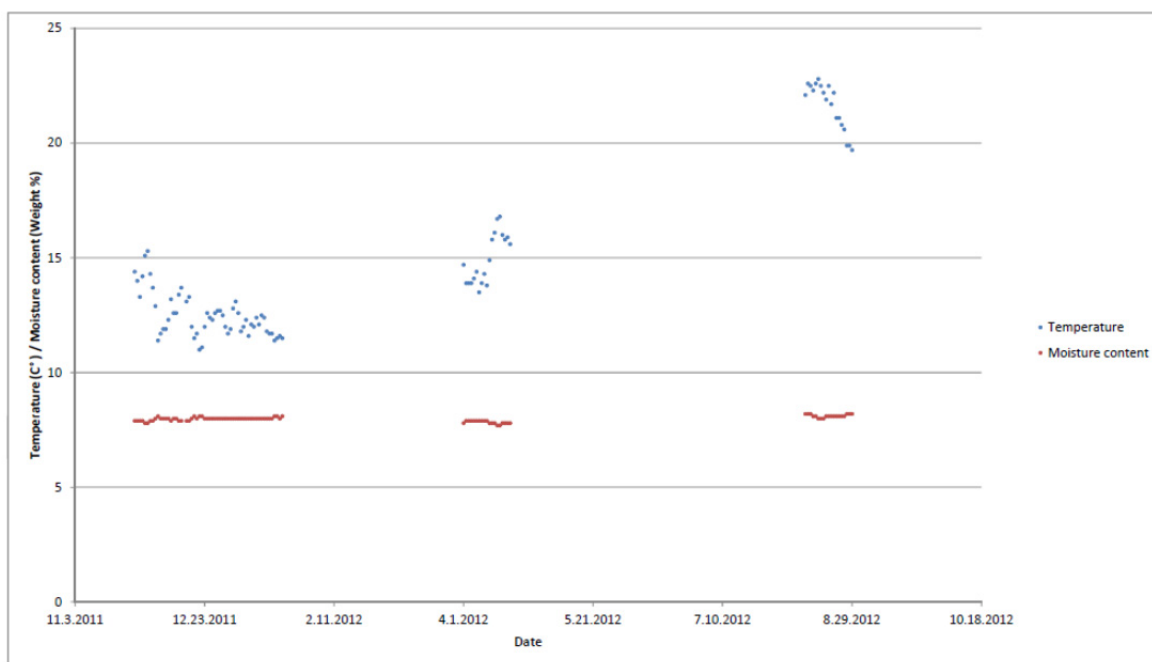
1-WB-50TS: Ved vindspærre øverst i 1. et. *3-WB-150BS*: Ved vindspærre nederst i 3. et. *3-TS-WARM*: Ved dampspærre øverst i 3. et. *3-WB-0TS*: Ved vindspærre øverst i 3. et. *3-WB-650TS*: Ved vindspærre 65 cm under toppsvill.

Ytterveggen er bygget opp som en konvensjonell bindingsverksvegg med 20 cm isolasjon, men har 5 cm isolert påføring både innvendig og utvendig. I tillegg er det isolert med 5 cm murplate bak luftet kledning av hhv. tegl eller pussete plater. Veggene har kontinuerlig lufttetting både innvendig (konvensjonell dampspærre) og utvendig (svært diffusjonsåpen vindspærre).

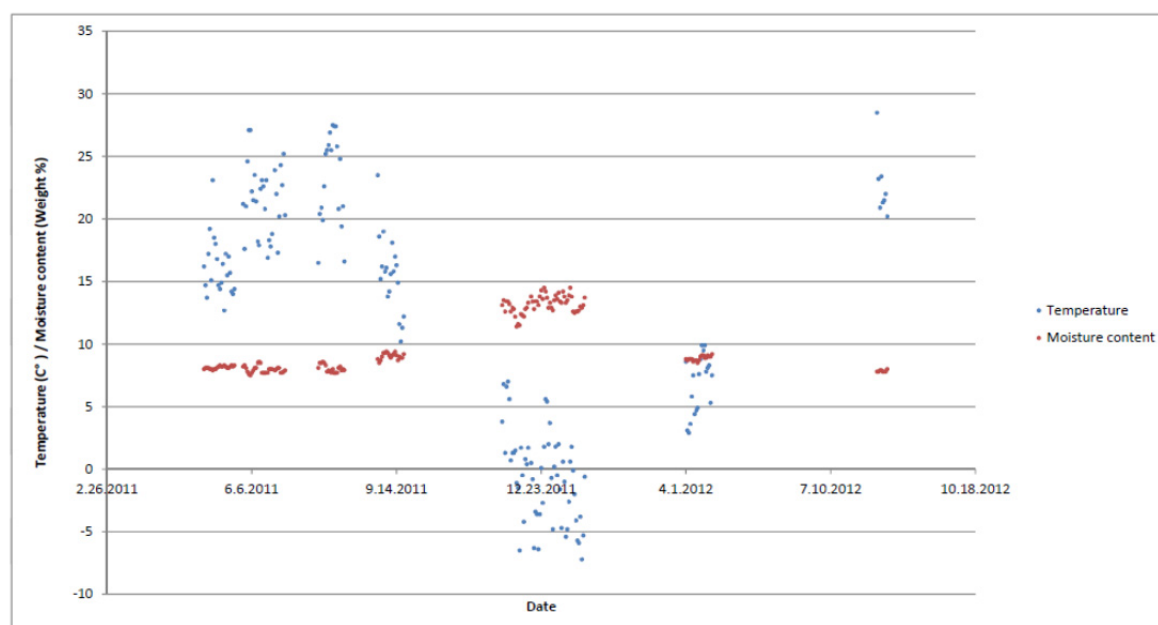
I ZEB-prosjektet ble det installert sensorer i ulike deler av bygget. I det følgende presenterer vi resultater fra utvalgte sensorer. Snittet i figur 6.9.1 viser hvor disse er plassert. For foreliggende rapport ble det valgt gjennomsnittsverdier for hver dag loggingen har fungert. Vi har fått tall for temperatur, relativ og absolutt luftfuktighet og duggpunkt samt fuktinnhold i tilgrensende treverk. (Vågen, 2012)

Målingene ved dampspærre øverst i 3. etasje viser alltid relativ luftfuktighet (RF) under 58 prosent, og fuktinnhold i treverket svingte rundt 8 vektprosent. Tilsvarende var RF ved vindspærre nederst i 3. etasje alltid under 76 %, mens tilgrensende treverk hadde fuktinnhold på 7-9 %, som økte til 11-14,5 % på vinteren for så å synke igjen til under 9 og 8 %.

Andre sensorer ved vindsperra viser ikke tilsvarende kortvalig økning. Dette kan tyde på en luftlekkasje i nærheten av sensoren, men kan også ha andre årsaker. Årsaken ble ikke nærmere undersøkt. Uansett er ikke nivået kritisk med hensyn til muggvekstrisiko. Ved vindsperra øverst i 1. etasje var RF alltid under 65 %, og treverkets fuktinnhold lå mellom 8 og 10 %. Resultater for målt temperatur og fuktinnhold i tilgrensende treverk ved hhv. dampsperra øverst i 3. etasje og vindsperra nederst i 3. etasje er vist i figurene 6.9.2 og 6.9.3. nedenfor.

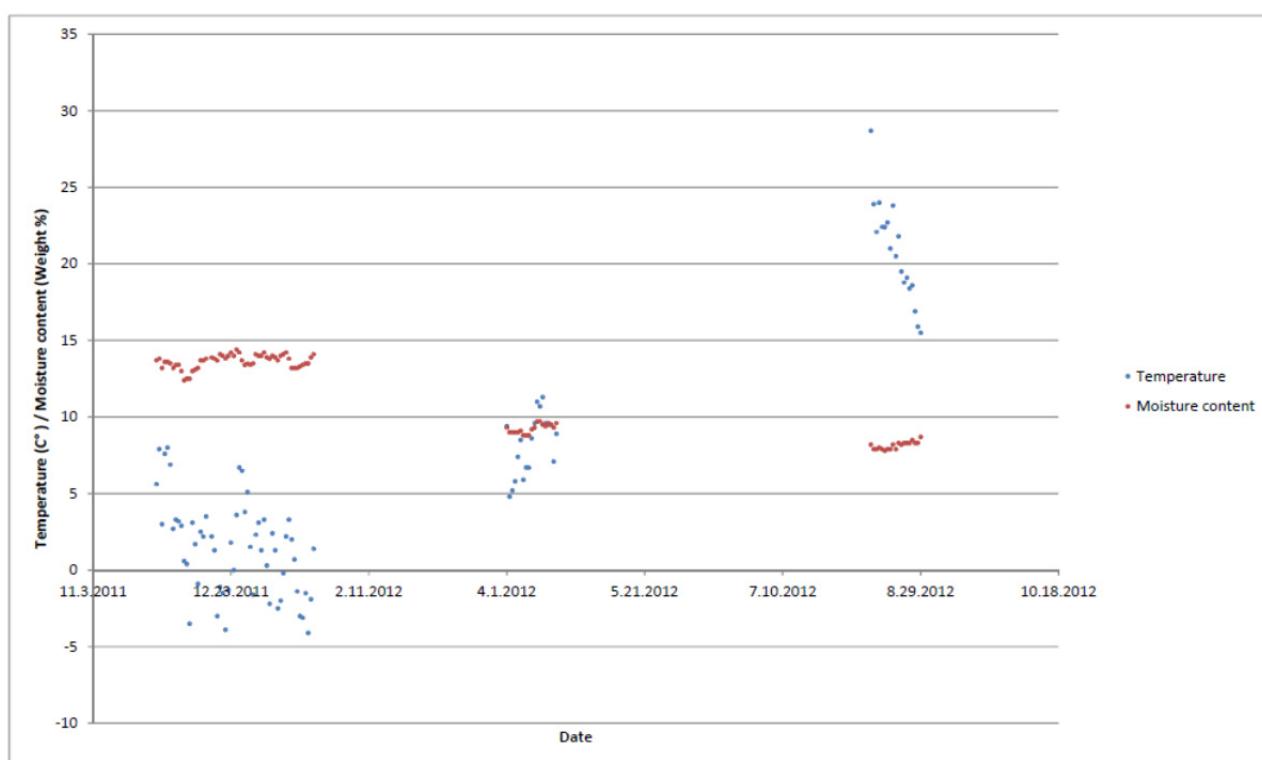


Figur 6.9.2. Målte temperaturer [°C, blått] og fuktinnhold i tilgrensende treverk [vektprosent, rødt] ved dampsperra øverst i 3. et. (sensor *3-TS-WARM*).



Figur 6.9.3. Målte temperaturer [°C, blått] og fuktinnhold i tilgrensende treverk [vektprosent, rødt] ved vindsperra nederst i 3. et. (sensor *3-WB-150BS*).

De to siste målingene viser noe høyere verdier. Dataene bekrefter antakelsen om at det fuktigste stedet i veggene (av de punktene som ble målt) er øverst i 3. etasje rett ved vindsperra. Her var gjennomsnittlig RF 71,4 % med et maksimum på 92,8 %. I perioden desember 2011 – januar 2012 var gjennomsnittlig RF i dette punktet oppe i 86 %, men da var temperaturene så lave at muggvekstrisikoen kan anses som minimal. Maksimal dagsverdi på 92,8 % ble f.eks. oppnådd ved -3 °C, hvor det ikke er fare for muggvekst. Fuktinnholdet i treverket holdt seg mellom 12,2 og 14,4 % i denne perioden, mens det i de to seinere målte perioder var sunket til rundt 9 og 8 %. Ingen av disse verdier er kritiske. Resultater for målt temperatur og fuktinnhold i tilgrensende treverk er vist i figur 6.9.4. Målingene ved vindsperra 65 cm under toppsvill viser et liknende bilde, med noe lavere verdier for RF og fuktinnhold i treverk. Her var maksimal dagsverdi for RF 82,2 % ved -2,2 °C. Fuktinnholdet i treverket var 11,1 – 13,5 % på vinteren, mens det var sunket til under 9 og 8 % i seinere måleperioder.



Figur 6.9.4 Målte temperaturer [°C, blått] og fuktinnhold i tilgrensende treverk [vektprosent, rødt] ved vindsperra øverst i 3. et. (sensor 3-WB-OTS).

For å konkludere, må en ta forbehold om at det ikke foreligger sammenhengende målinger over tilstrekkelig lang tid. Ut fra det som er målt og analysert, er det ingen indikasjoner på større muggvekstpotensial i ytterveggene på Marienlyst skole. Ved overskridelse av 80 % relativ luftfuktighet var temperaturene alltid under 4 plussgrader og som oftest betydelig lavere enn det, slik at det ikke er risiko for muggvekst. Grafene tyder på at totalt fuktinnhold i treverket enten synker over tid eller holder seg stabilt lavt.

7 Bransjeaktører om kostnader, priser og produksjonsopplegg

Det er nå bygget flere bygninger (boliger) etter passivhus-standard eller til et passivhusnivå. Vi går ikke inn i diskusjonen om detaljer rundt hva bygging etter standarden eller nivå innebærer her, da det er få som har produsert tilstrekkelige serier for å få fram reelle forskjeller i produksjonsopplegg og kostnader.

Mht til priser på passivhus i forhold til hus bygget etter TEK-10 er det (som alltid) vanskelig både å finne sammenligningsgrunnlag og merkostnaden for kjøper. Med de markedsforhold som er de fleste steder i Norge i dag, er det markedsprisen på boligen – og i mindre grad produksjonskostnaden som avgjør prisen. Da det fortsatt er noe usikkerhet rundt kvalitetene ved et passivhus i forhold til TEK-10-hus, vil det være vanskelig å kunne øke prisene på et passivhus i samme område/ved samme utbygging.

7.1 OBOS. Erfaringer Rudshagen



Erfaringene med eneboligene på Rudshagen, Mortensrud i Oslo, er utførlig beskrevet i Klinski et al 2012.

OBOS har ikke funnet det riktig å prioritere eneboliger i neste omgang, men er i full gang med salg av rekkehusene i Stenbråtlia, også det på Mortensrud.

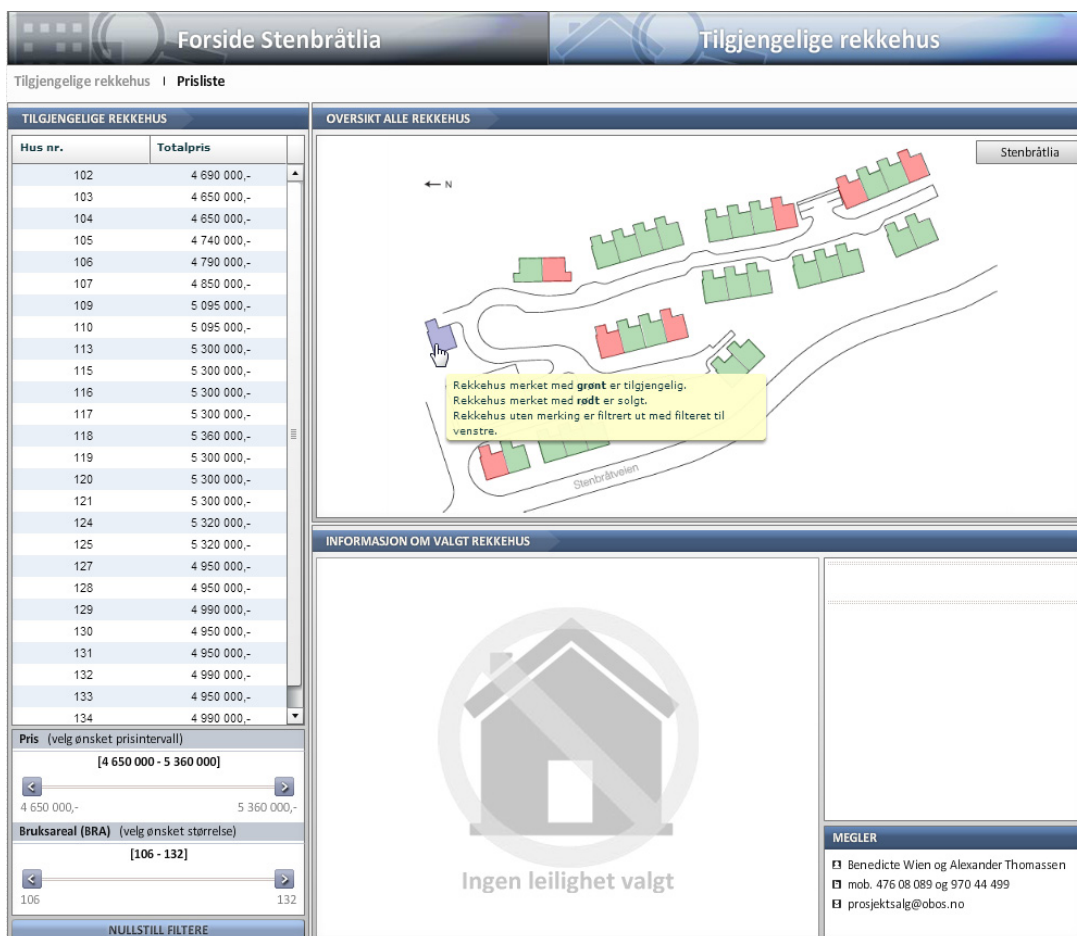
Det var en byggmester i Mesterhuskjeden som sto for utbyggingen av Rudshagen, men pga nye krav om garantistillelse ville ikke samme firma kunne delta i konkurransen om utbyggingen av Stensbråtlia. Det ser ut til at dette forsterker inntrykket av at det er de større utbyggings- og entreprenørfirmaene som øker sin markedsandel (se kap. 7.2).

Figur 7.1.1 Passivhusboligene på Rudshagen ble utsolgt i begynnelsen av 2012.

Det som er også interessant ved OBOS og Rudshagen er utfordringene "nye" konsept som lavenergi/passivhusstandard stiller for utbyggere/selgere av slike boliger/bygg. Vi tok erfaringene opp med sentrale personer i OBOS som bekreftet at kjøperne hittil ikke legger avgjørende vekt på lavenergi/passivhusstandard når de søker boliger i boligsekskapet. Men spørsmålet er sentralt og de arbeider med profileringen – bl.a. gjennom markeringer i OBOS-bladet som utgis i et opplag nesten 300 000! De påpeker at det er utfordrende å få Passivhus-stempelet på boligbyggene OBOS tilbyr og de avventer derfor en klargjøring av begreper og kravene myndighetene vil sette. (Definisjon av "passivhusnivå" bruken og tolking av NS3700:2010 m.m.)

For det neste passivhus-/ lavenergi prosjektet som nå er lagt ut til salg "rammes" av at kvalitetene med passivhus/lavenergihus ikke blir etterspurt i markedet enda. Det mangler fortsatt en del på å komme opp i 50-60 % solgte enheter før prosjektet realiseres.

Når denne rapporten skrives (desember 2012) er 8 av 34 leiligheter solgt, og det må opp mot 20 enheter før prosjektet realiseres.



The screenshot shows the OBOS website interface for real estate listings. At the top, there are navigation tabs for 'Forside Stenbråtlia' and 'Tilgjengelige rekkehus'. Below this, the page is titled 'Tilgjengelige rekkehus | Prisliste'. The main content is divided into three sections:

- TILJENGELIGE REKKEHUS:** A table listing house numbers and total prices.

Hus nr.	Totalpris
102	4 690 000,-
103	4 650 000,-
104	4 650 000,-
105	4 740 000,-
106	4 790 000,-
107	4 850 000,-
109	5 095 000,-
110	5 095 000,-
113	5 300 000,-
115	5 300 000,-
116	5 300 000,-
117	5 300 000,-
118	5 360 000,-
119	5 300 000,-
120	5 300 000,-
121	5 300 000,-
124	5 320 000,-
125	5 320 000,-
127	4 950 000,-
128	4 950 000,-
129	4 990 000,-
130	4 950 000,-
131	4 950 000,-
132	4 990 000,-
133	4 950 000,-
134	4 990 000,-
- OVERSIKT ALLE REKKEHUS:** A map showing the layout of the row houses. A yellow tooltip explains the color coding: green for available, red for sold, and unmarked for filtered out. A blue house icon is highlighted on the map.
- INFORMASJON OM VALGT REKKEHUS:** A section with a house icon and the text 'Ingen leilighet valgt'. To the right, there is a 'MEGLER' section listing contact information for Benedicte Wien and Alexander Thomassen.

At the bottom left, there are filter options for 'Pris (velg ønsket prisintervall)' with a range of [4 650 000 - 5 360 000] and 'Bruksareal (BRA) (velg ønsket størrelse)' with a range of [106 - 132]. A 'NULLSTILL FILTERE' button is also present.

Figur 7.1.2 OBOS sin annonsering av rekkehus på Stenbråtlia med priser. Når denne rapporten skrives er 8 av 34 leiligheter solgt, og salget må opp mot 20 enheter før prosjektet realiseres.

7.2 Kostnader/pris og konstruksjons- og produksjonsmåte

I andre prosjekter SINTEF Byggforsk deltar i blir kostnader, priser og årsaker til forskjeller, undersøkt og diskutert. Helt sentralt i diskusjonen står forhold som:

- Kostnader med bygging av – i prinsippet like bygg – varierer både på grunn av
 - produksjonsmåte,
 - seriestørrelse
 - arbeidsstyrkens erfaring (og trening)
 - innkjøpsordninger og rabatter på materialer og komponenter
 - kompetanse og erfaring hos underentreprenører og leverandører
 - pris underentrepriser og leveranser

Når vi spør sentrale byggforetak om kostnader ved byggingen av passivhus sammenlignet med hus etter dagens forskrift, får vi derfor gode begrunnede svar om at "det er vanskelig, for ikke å si umulig å kunne si". Momentene listet opp ovenfor vil enkeltvis og/eller samlet kunne stå for en variasjon i kostnadsbildet, som utgjør de andeler eller faktiske kostnader som verserer.

Vi finner det derfor i denne rapporten ikke riktig å forsøke å angi kostnadstall, men følge den fremgangsmåten som er lagt til grunn bl.a. av Dokka et al (2009) for estimering av merkostnader. De anslo

estimerte merkostnader for nybygg av boliger oppgrader fra TEK 07 til passivhusnivå på mellom kr 1 200,- og 1 500,- pr m². For en bolig på 160 m² gir dette et tillegg på ca kr 190 000,- eller 240 000,-

Treteknisk Institutt sitt prosjekt Entré (Clements et al 2011 s 125) ser nærmere på det vesentligste kostnadselementet i passivhuset - ytterveggen. Med bakgrunn i analyser av passivhus med dette som utgangspunkt anslo de merkostnaden for passivhuset til å ligge mellom 13 og 16 % enn et Tek10-hus.

I de kostnadsberegninger SINTEF Byggforsk gjør samtidig med utarbeidelse av denne rapporten, ser det ut til, avhengig av valgte løsninger, at kostnaden per m² vil ligge vesentlig lavere enn de tidligere stipulerte 1 200-1 500 kr/m². Beregningene har vært ute til gjennomgang hos entreprenører/boligprodusenter og når en tar hensyn til besparelser som redusert oppvarmingssystem og ovn/pipe, ligger kostnadsøkningen rundt 800 kr/m² for en enebolig og rundt 450 kr/m² for leilighetsbygg. Kostnadsberegningene er en del av et prosjekt der SINTEF Byggforsk sammen med Multiconsult AS, på oppdrag for Direktoratet for Byggkvalitet, har gjennomført forskjellige analyser av bygge- og oppgraderingskostnader. Rapporten ble overlevert DIBK 1. desember 2012.

Produksjonsmåter og kostnader

Kjedebedrifter som **Mesterhus** står ansvarlig for utviklingen av hustyper, konstruksjonsløsninger, og til dels innkjøpsordninger. Men byggene produseres og settes opp av lokale byggmestere. Sjelden gjøres det i større serier, og variasjonen/tilpassing til hver enkelt kunde er det vanlige. Dersom en får gjennomført produksjonen etter de samme metoder og prinsipper "hver gang" kan byggmestrene både greie å oppnå en rasjonell og en kostnadseffektiv prosess. Men sjansene er store for at ulike forhold som ønske/krav om endringer fra byggherren, forsinkelser pga. endringer eller feil i leveranser osv. bryter opp den rasjonelle prosessen, er alltid til stede. Slike forhold må det enten tas høyde for i prisene (innregnes i kostnadene) eller gå på bekostning av dekningsbidraget. Forhold som dette har ført til at stadig flere forsøker å få kontroll med de uforutsigbare elementene som "alltid" vil kunne forstyrre byggeprosjekter.

Mht. til produksjonsnivå – dvs. en rasjonell og effektiv byggeprosess, viser samtaler/intervju med bl.a. utbyggere som **Block Watne AS** at en gradvis forbedrer standarden på sine utbyggingsprosjekter fra et TEK-10 nivå mot et passivhusnivå. De oppgraderer kunnskapen i sine planleggings- og prosjekteringsteam, utvikler konstruksjonsdetaljer og produksjonsopplegg i tråd med kvalitetskravene som må oppfylles. På samme måte oppgraderer de kunnskaper og ferdigheter hos arbeidsstyrken ute i prosjektene og hos sine samarbeidspartnere/underentreprenører/leverandører. Dette kan de gjøre da de har kontroll over alle ledd i prosjektkjeden – fra det å erverve tomer, regulering/tilpassing til bygg/-boligtyper som de produserer effektivt med "riktig" kvalitet.

Produksjonsopplegget er helt avgjørende for produksjonskostnadene når arbeidet med å tilpasse prosjektering, material- og komponentvalg er gjennomført og innarbeidet. Sentrale personer i Block Watne ser derfor utfordringen i å videreutvikle og tilpasse passivhusproduksjonen til sine produksjonskjeder, som det har tatt år å utvikle/perfeksjonere.

Utbyggere søker likevel å få dekket inn merkostnadene ved standardhevingen til passivhusnivå, også Block Watne.

Block Watne er en av flere bedriftene som i løpet av de siste 10-årene har gått fra salg til enkeltkunder til å bli en stadig mer profesjonell feltutbygger. De har i alle år utviklet boligfelt, men nå er dette helt dominerende og med produksjonsprosessene (produksjonskjeder) i sentrum. Prosessene er nå så spesialisert og perfeksjonert at Block Watne går ut med opplegget i sin markedsføring – også på sine websider. Fra disse har vi tatt med noen klipp som beskriver prosessene.

Block Watne og kjedeproduksjon – som de kaller "Strømlinjeformet byggeprosess" beskrives på følgende måte⁸:

*Vi oppfører våre boliger i fire faser; **Reisverk, Fasade, Interiør I og Interiør II.***

I hver av fasene jobber tømmerlag som er spesialisert på å levere kvalitet i sitt ledd i byggeprosessen – til kortest mulig tid. Ved å bruke standardiserte materialer og byggedetaljer – kombinert med velprøvde byggemetoder og rutiner – sikrer vi fremdrift, kvalitet og lønnsomhet i byggeprosjektene. Alle våre tømre har god kjennskap til tidsskjemaet for sin fase i byggingen. Det betyr at man sekunder seg selv i løpet av prosessen, og sørger for å bli ferdig til avtalt tid. Tømmerne er alle fast ansatt i Block Watne.



1: Reisverk

Etter at grunnarbeidene er ferdige, setter våre tømmerlag i gang med fase én i produksjonen: Å bygge de bærende konstruksjonene for vegger, golv og tak. Ingen av våre boliger lages av ferdige elementer, men baserer seg på trekonstruksjoner bygget fra bunnen av på byggeplassen – med andre ord; tradisjonelt håndverk.



2: Fasade

I fase to kommer et nytt spesialisert tømmerlag for å montere panel, tak, vinduer og dører. Vi har etablert gode rutiner for materiallogistikk og samarbeid mellom de forskjellige tømmerlagene. Slik sørger vi for effektiv fremdrift og lite venting for tømmerne.



3: Interiør I

Tømmerne som har spesialisert seg på fase tre av byggeprosessen står for innvendig isolering, oppsetting av devegger og gipsplater. De klargjør for rørlegger- og elektrikeropplegg som monteres av underleverandører. Nå er huset klart for innvendig maling og flislegging av bad.



4: Interiør II

Tømmerlaget i fase fire av byggeprosessen, monterer kjøkken, bad, garderobeskap, trapper, parkett og lister. Kundene kan velge mellom standardiserte løsninger og tilvalgs løsninger. Slik sikrer vi både en effektiv montering og at kunden får satt preg på sitt nye kvalitetshus.

Skanska Bolig velger en noe annen tilnærming i sin utbygging på Skarpnes i Arendal. På det 24 mål store boligområdet Fagerli bygges det 20 frittliggende eneboliger, 20 leiligheter i 3 etasjers bygg og 3 kjedete boliger⁹.



Figur 7.2.1. Rambølls leilighetsskisse for utbyggingen på Skarpnes

Hovedfokus har vært energibesparelse, og det blir minimum passivhus standard:

"Vi har mye grunnleggende prosjektering og et komplisert energiregnskap igjen før vi kan sette spaden i jorda for dette spesielle boligområdet. Vi må blant annet finne ut om vi skal hente energien fra sola, Nidelva, gjenbruk av gråvann eller en kombinasjon av flere passive energikilder"

sier prosjektleder i Skanska Bolig, Roald Rasmussen.

⁸ <http://www.blockwatne.no/Aktualiteter/Stroemlinjeformet-byggeprosess> (Sept 2012)

⁹ Kilde: <http://www.agderwood.no/fagerli-1> (Sept 2012)

Skanska er prosjekteier, planlegger, utbygger og skal selge boligene selv. Det blir tradisjonell trehus-bebyggelse hvor så mye som mulig av energi og materialer hentes lokalt.

"Vi kjøper alltid så mye vi kan fra regionen så vi ikke forårsaker unødvendige miljøutslipp fra langtransport. Det er selvfølgelig også et prisspørsmål. Dessuten ønsker vi i Skanska å være tidlig ute med framtidige byggekrav, og har en egen miljøpolicy som sier at alt vi bygger etter 2014 skal være passivhusstandard eller bedre" forteller Roald Rasmussen.

Skanska har foretatt økonomiske tester for å se hva området koster å bygge som passivhus. Med referanse fra noen tomannsboliger på Myra i Arendal med TEK10 standard og som skal selges for 2,2 millioner kroner, viser regnestykket at pristillegget for en slik bolig som passivhus ville blitt cirka 130.000 kroner. Av denne merkostnaden dekker Enova nesten 50 prosent, noe Skanska ønsker å dele med de som vil kjøpe boligene på Skarpnes.

Alle Skanskas boliger oppføres som plassbygde. Det vil også gjøres for passivhusene. Det gjenstår å se utfallet av klimaregnskapet, men Rasmussen tror det ikke vil by på store overraskelser.

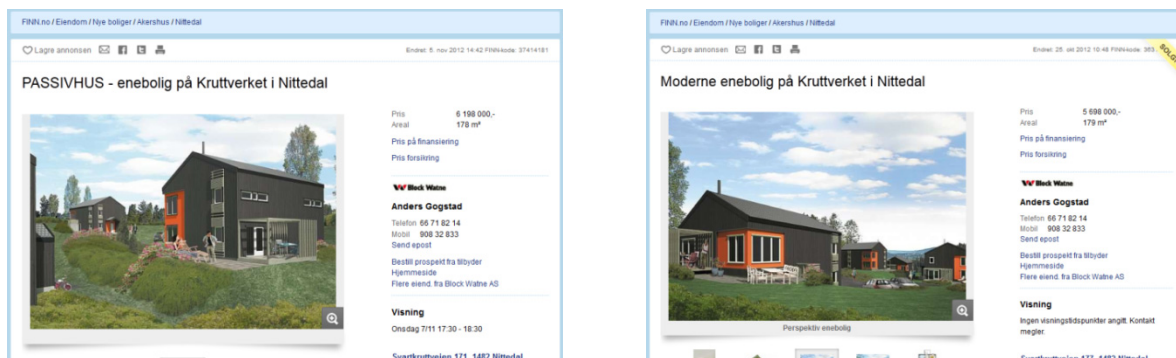
"Vår erfaring er at plassbygging er rimeligere og kvalitetsmessig godt nok. Det går to til tre uker å reise et utvendig tett hus, og isoleringen skjer etterpå, så fukt skal ikke bli noe problem. Det er først når fukten får satt seg i isolasjonen man må til med uttørring. Bygging i hall mener vi er et produksjonsledd som gjør prosjektet dyrere og mer krevende" mener prosjektlederen.

Skanskas Marit Tyholt presenterte Skarpnes-prosjektet som et ZEB-prosjekt med ambisjoner ut over passivhusnivå på den internasjonale konferansen Passivhus Norden i Trondheim 21.-23 oktober 2012 (se vedlegg 12.2).

7.3 Refleksjoner rundt fukt og produksjonsprosess

I denne rapporten har vi ikke fokusert spesielt på prinsipper for "fukstikker bygging" et temaet som har vært forsket på og drøftet i andre sammenheng. Vi vil imidlertid holde fast ved at BA-nærings utfordringer mht. byggkvalitet og byggefeil nok ikke blir løst "bare" gjennom økt satsing på bygging av svært energieffektive bygg/passivhus. Pilotprosjektene bekrefter imidlertid at et det er fullt mulig å prosjektere og bygge svært gode bygg, effektivt og uten store ekstra kostnader. Men vi har i pilotprosjektene bygherrer/foretak som er høyt kvalifiserte, motiverte og med en svært god gjennomføringsevne. Utfordringene vil ligge i å sikre samme kvalitet og praksis når byggingen øker i omfang, under det vanlige tids- og kostnadspresset. Sikringen av at det tas tilstrekkelig hensyn til det norske varierende klimaet, med nødvendige og praktiske metodene for kontroll, må derfor på plass, og fungere i alle prosjekter – og i BA-nærings hverdag.

7.4 Salgskonsept og priser



Figur 7.4.1 Annonsering av "nesten like" eneboliger – et passivhus og et TEK10 i Nittedal

I **Svarkrutt veien i Nittedal** ble det annonsert eneboliger av **Block Watne**, som vi velger å sammenligne mht til standard, pris og annonsert prospekt, det ene et TEK10 hus og et svært likt Passivhus. Selv om annonsene ikke lenger er aktive kan de lastes opp på følgende adresser:

<http://www.finn.no/finn/realstate/newbuildings/object?finnkode=33095018&sort=3&keyword=block+watne&areald=20003> (Sept. 2012) for passivhuset og

<http://www.finn.no/finn/realstate/newbuildings/object?finnkode=36314733&sort=3&keyword=block+watne&areald=20003> (Sept. 2012)

Annonsert prisforskjellen på de to er kr 300 000,-.

De få forskjellene i annonseringen er uthevet og merket med grønt. Boligene avviker noe pga. inngang i underetasje i Tek10-huset og Passivhuset er en toetasjes enebolig. Tek10-huset med inngang i underetasjen, har kjøkken/stue i 1. etasje med utgang til terreng fra stuen og skiller seg fra Passivhuset som har kjøkken/stue i første etasje/inngangsplanet. Ellers er beskrivelsene i salgsannonsen svært like:

Moderne enebolig på Kruttverket i Nittedal	PASSIVHUS - enebolig på Kruttverket i Nittedal
<p>Beskrivelse</p> <p>På solrike tomter, Kruttverket på Rotnes i Nittedal, skal vi bygge enebolig med underetasje. Boligen bygges etter ny teknisk forskrift som gir reduserte fyringskostnader.</p> <p>Med sin moderne utforming og høye Block Watne standard vil huset tiltale den moderne familie som vet å sette pris på god kvalitet. Dessuten; Slipp ungene løs, Nordmarka er rett utenfor stuedøra!</p> <p>Areal: BRA: 179 m² // P-ROM: 170 m²</p> <p>Nærhet til butikksenter, barnehager, skoler, turløyper, marka, idrettsanlegg og Varingskollen alpiner</p> <p>Solrike tomter med god utsikt</p> <p>Spennende planløsninger</p> <p>Fire soverom, to bad, vaskerom og kjellerstue</p> <p>Legg merke til den herlige stue- og kjøkkenløsningen!</p> <p>Carport med sportsbod</p> <p>Innhold underetasje: Entré, vaskerom, tre soverom, kjellerstue, bad og bod, trapp opp til 1. etasje. Utgang til hage fra kjellerstuen.</p> <p>Innhold 1. etasje: Stor, delvis åpen stue-/kjøkkenløsning på nær 65 m², et soverom, bod, gang og dusj/wc. Utgang til hage med pergola fra stue/kjøkken.</p> <p>Boligen leveres med høy standard, og vi kan nevne:</p> <p>Malt utvendig kledning</p> <p>Hvite innerdører, hvitt glatt listverk</p> <p>Vegger og tak leveres ferdig malt</p> <p>Parkett i alle boligrom</p> <p>Hvit trapp med heltre eiketrinn og stålpiler</p> <p>Bad og gang leveres flislagt og med varmekabler</p> <p>Balansert ventilasjon med varmegjenvinning</p> <p>Hvit, moderne kjøkkeninnredning fra HTH</p> <p>Baderomsinnredning til hovedbad med speil og heldekkende servant</p> <p>Vegghengte toaletter</p> <p>Dusjhjørne på begge bad</p> <p>Innvendig vannledninger som rør-i-rør system</p> <p>Securitas alarmanlegg – varsler innbrudd, brann og med Waterguard vannstoppersystem</p> <p>Utvendig tappekran</p> <p>Trådløs vannstopper</p> <p>Komplett sentralstøvsuger</p>	<p>Beskrivelse</p> <p>På Kruttverket på Rotnes i Nittedal, skal vi bygge enebolig som passivhus. Boligen bygges etter ny teknisk forskrift som gir reduserte fyringskostnader, og med Passivhus-standard vil det gi ytterligere kvaliteter og ikke minst miljøgevinst.</p> <p>Med sin utforming og høye Block Watne standard vil huset tiltale den moderne familie som vet å sette pris på god kvalitet. Dessuten; Slipp ungene løs, Nordmarka er rett utenfor stuedøra!</p> <p>Areal: BRA: 178 m² // P-ROM: 168 m²</p> <p>Nærhet til butikksenter, barnehager, skoler, turløyper, marka, idrettsanlegg og Varingskollen alpiner</p> <p>Solrike tomter med god utsikt</p> <p>Spennende planløsninger</p> <p>Fire soverom, to bad, vaskerom og loftstue</p> <p>Carport med sportsbod</p> <p>Innhold 1. etasje: Åpen stue-/kjøkkenløsning på nær 50 m², entré, et soverom, vaskerom, bod og dusj/wc. Utgang til hage med pergola fra stue/kjøkken.</p> <p>Innhold 2. etasje: Tre soverom, loftstue, bad og bod, trapp. Hovedsoverommet har walkin-closet.</p> <p>Boligen leveres med høy standard, og vi kan nevne:</p> <p>Malt utvendig kledning</p> <p>Hvite innerdører, hvitt glatt listverk</p> <p>Vegger og tak leveres ferdig malt</p> <p>Parkett i alle boligrom</p> <p>Hvit trapp med heltre eiketrinn og stålpiler</p> <p>Bad og gang leveres flislagt og med varmekabler</p> <p>Balansert ventilasjon med varmegjenvinning</p> <p>Hvit, moderne kjøkkeninnredning fra HTH</p> <p>Baderomsinnredning til hovedbad med speil og heldekkende servant</p> <p>Vegghengte toaletter</p> <p>Dusjhjørne på begge bad</p> <p>Innvendig vannledninger som rør-i-rør system</p> <p>Securitas alarmanlegg – varsler innbrudd, brann og med Waterguard vannstoppersystem</p> <p>Utvendig tappekran</p> <p>Trådløs vannstopper</p> <p>Komplett sentralstøvsuger</p>

Vedovn m/stålp Grovplanert hage Leveres med carport Flis m/varmekabler i ent	Vedovn m/stålp Grovplanert hage Leveres med carport Flis m/varmekabler i entré <i>Varmepumpe for oppvarming av forbruksvann i passivhusene</i>
---	--

Utbygger/selger velger ikke å spesifisere ytterligere forskjeller mellom byggene enn at den ene "bygges etter ny teknisk forskrift" og den andre etter "Passivhus-standard" og med "varmepumpe". Ut over dette er det bare mindre forskjeller.

Prise inkl tom for Block Watnes eneboliger i Nittedal		
Utlyst pris 178 m ² bruksareal	kr 5 998.000,-	(passivhus-standard)
Utlyst pris/bruksareal	kr 33.697,-	(passivhus-standard)
Utlyst pris 179 m ² bruksareal	kr 5 698.000,-	(Tek10-standard)
Utlyst pris/bruksareal	kr 31.832,-	(Tek10-standard)
Prisdifferanse mellom eneboligene med passivhusstandard og Tek10-standard kr 300.000,- og kr 1.864,-/m ² , en prisøkning på 5,27 %.		

Meglerne benytter ikke – eller ser ikke hensikten i å argumentere med de fordelene passivhus har mht miljøfaktorer og muligheten til å møte fremtidige krav om lav energibehov og/eller prisøkning på energi.

For de åtte passivhus-tomannsboligene **Skanska Bolig** bygger på **Myra i Arendal** har salget gått raskere enn for andre nye hus som Skanska har bygget etter dagens minstekrav TEK10¹⁰.



Hver av boligene har en salgspris på cirka 2.400.000 kr, oppvarmet BRA er 104 kvm, tomtestørrelsen og beliggenheten på Østenbulia feltet på Myra er helt ordinær. Boligene har meget god ventilasjon og halvparten så stort energiforbruk sammenlignet med et hus bygget etter dagens tekniske forskrift TEK10.

Figur 7.4.2 Tomannsboliger på Myra i Arendal

Oppvarmingen av tappevann og komfortvarme er det en luft-til-vann varmepumpe som håndterer. I tillegg holder den tette og godt isolerte bygningskroppen en stabil innetemperatur "på egenhånd".

Prosjektleder i Skanska Arendal, Roald Rasmussen sier kundene ikke har vært skeptiske til passivhus.

"Ikke i det hele tatt. Selv om hver bolig koster 70-80.000 kr ekstra etter at Enova tilskuddet er trukket fra, har kundene kjøpt villig og raskere enn på andre prosjekter vi har. Det lave energiforbruket har telt mye for dem. Strømregninger er tydeligvis noe folk flest er opptatt av" sier Rasmussen.

Når det er første gang man bygger noe som er bedre enn det man pleier, knyttes det ekstra spenning til resultatet.

"Det er ikke noe problem å bygge passivhus. Tetthet og enkelte løsninger er mer utfordrende enn før, men veldig overkommelig. Vi traff innenfor kravet på første trykktesting. Det kreves skikkelig håndverk som husbygging alltid bør gjøre sammen med bistand fra konsulenter på energisiden" sier Rasmussen.

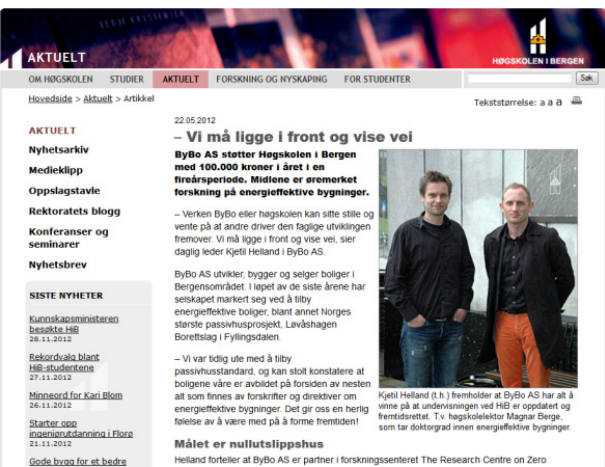
¹⁰ Kilde: <http://agderwood.no/2012/5/28/passivhus-selges-raskere-enn-andre> (Sept. 2012)

Prise inkl tom for Skanskas vertikaldelte tomannsboliger i Arendal

Utløst pris 104 m ² bruksareal	kr 2 400 000,-	(passivhus-standard, når Enova-tilskuddet er trukket fra)
Utløst pris/bruksareal kr/m ²	kr 23 076,-	(passivhus-standard)
Utløst pris 104 m ² bruksareal	kr 2 330 000,-	(Tek10-standard)
Utløst pris/bruksareal kr/m ²	kr 22 403,-	(Tek10-standard)

Prisdifferanse mellom eneboligene med passivhusstandard og Tek10-standard kr 70.000,- og kr 673,-/m², en prisøkning på 3,0 %.

ByBo AS som sto for utbygging av Løvåshagen i Fyllingsdalen utenfor Bergen, støtter Høgskolen i Bergen med kr 100 000 i året i fire år øremerker til forskning på energieffektive bygninger. Høgskolelektor Magnar Berge tar doktorgrad innen temaet ved ZEB i Trondheim.



Vi klipper følgende fra "Aktuelt" på høgskolens hjemmeside¹¹:

Bra for undervisningen

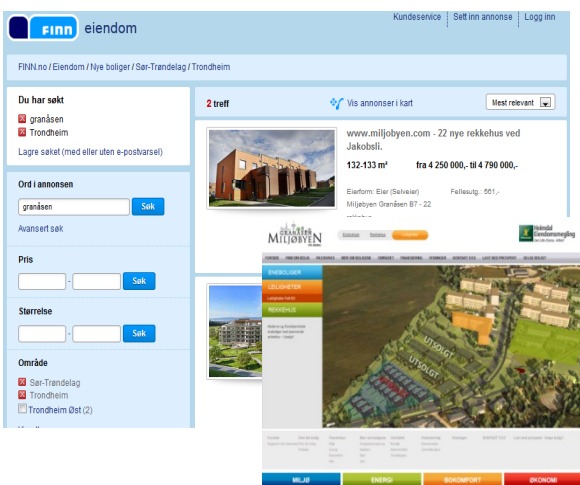
– For oss betyr det mye at HiB har tette relasjoner til ZEB. Vi trenger et bindeledd mellom det tunge fagmiljøet i Trondheim og mer anvendt forskning.

– Dessuten ser vi på det som en stor fordel at Magnar Berge fortsetter å undervise i Bergen samtidig som han holder på med doktorgraden. På denne måten bidrar han til at ingeniørstudentene på HiB får ta direkte del i den nyeste forskningen uten forsinkelser.

– Vi har alt å vinne på at undervisningen er oppdatert og fremtidsrettet, poengterer Kjetil Helland i ByBo AS.

Figur 7.4.3. Utsnitt av Høgskolen i Bergen sin hjemmeside

ByBo AS' neste store løftet blir 500 miljøboliger på Ådland i Ytrebygda sør for Bergen. Reguleringsarbeidet er i gang og det arbeides med å finne frem til de beste løsningene for å sikre at utbyggingen når målet om nullutslipp – i tillegg til å skape et godt bomiljø.



I **Miljøbyen Granåsen** i Trondheim er alle eneboligene er solgt, også de fleste leilighetene og rekkehusboligene. Allerede i prosjektrapport 90 ble det konstatert at kjøperne bortsett fra de mest interesserte ikke la spesiell vekt på energieffektivitet og/eller passivhus/lavenergibygging. Heimdal Eiendomsmegling, gjennom sin megler la derfor mer vekt på de tradisjonelle fortrinn som kjøpere etterspør. Dette går klart fram i annonseringen på finn.no. Men sentralt i den samlede annonsering, utleggingen på egen hjemmeside også i annonsene markeres prosjektet som "Miljøbyen" med vekt på miljøforhold som, "Innholdsrike boliger med masse lys og store gode rom. Moderne tekniske løsninger med fokus på godt innneklima", grønne aktivitetsområdet og kort vei til marka.

Figur 6.4.4. Utdrag av annonseringen av boliger i "Miljøbyen på Heimdal" i Trondheim

¹¹ <http://www.hib.no/aktuelt/nyheter/2012/05/bybo.asp> (30.11 2012)

8 Passivhus og markedet (høsten 2012)

Utfordringene med annonsering og salg av passivhus/lavenergiboliger er noe drøftet i eksemplene foran, men for å få et bilde av omfanget av passivhus/lavenergihus annonsert og/eller brukt som argument i omsetning av nye eller oppgraderte boliger, gjorde vi et søk i finn.no's oversikt over eiendommer – "boliger til salgs" 28.10.2012.

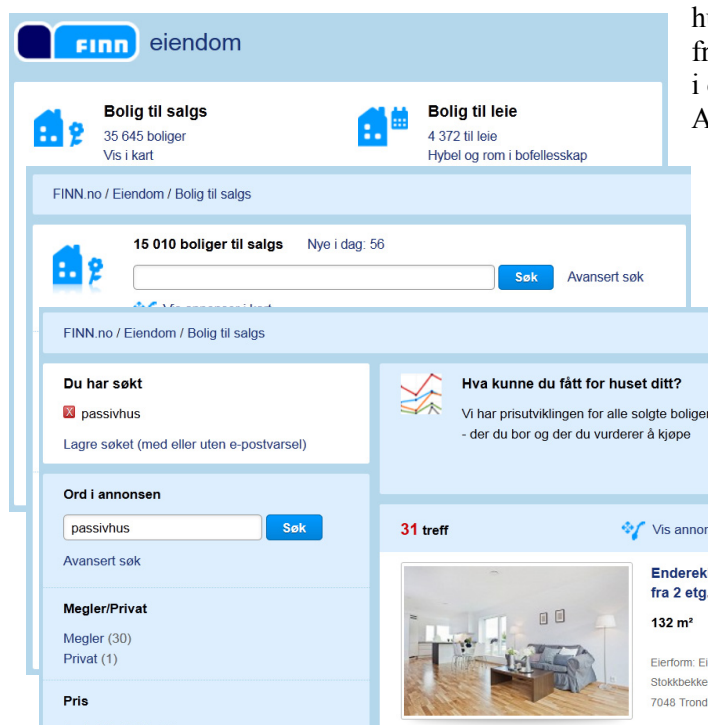
Det var lagt ut 35 645 boligeiendommer til salgs på nettstedet. Ved å klikke på antallet boliger kommer neste bilde opp med 15 010 boliger. Årsaken til halveringen av antall objekter er ikke undersøkt.

I basen på 15 010 boliger ble det lagt et søk på ordene **Passivhus og/eller lavenergi** og/eller **TEK10** i annonsene. Med alle tre begrep kombinert, kom det opp 321 treff; kombinerte vi passivhus og lavenergi, gikk tallet ned i 64 og ytterligere ned til 31 for kun passivhus. Legges et søk på "Nye boliger" ligger antallet annonser på ca 2600.

Av disse 31 er 2 fjernet, da passivhus kun er nevnt i annonseringen uten at boligene er passivhus/har passivhusstandard. 7 av enhetene ligger på samme boligfelt og antallet forskjellige annonser kommer dermed ned i 22. Utvalget omfatter boliger fra ca 50 m² opp til over 150 m². Men i de 22 annonsene er det 264 boenheter! Ser vi her en bekreftelse på utsagn vi får fra flere produsenter av "ferdighus/bolig" at en nå er inne i en tydelig overgang fra salg/produksjon av enkelte hus til en konsentrasjon i feltutbygging?

Denne avgrensede gjennomgangen bekreftet at passivhus nå tilbys i markedet over store deler av landet, dog knyttet til feltutbygging eller oppsetting av flere boliger samlet.

På neste side vises oversikten, og vi ser den samme store variasjon i m²-prisene på passivhus som på vanlige hus som tilbys i markedet. Prisene i utvalget ligger fra 18 000 til 50 000 kr/pr m². Prisen går raskt opp i over 40 000 i eller ved de større byene (også i Alta) og rundt 30 000 og nedover i distriktene.



De større boligene (eneboligene) får en lavere m²-pris, litt over/under 30 000, sammenlignet med de mindre eneboligene/rekkehusene og leilighetene, der flere ligger over 40 000.

Det pågår flere undersøkelser av kostnader ved bygging av passivhus for tiden, både på initiativ fra Lavenergiutvalget (EBLE-prosjektet), men også på initiativ fra Direktoratet for byggkvalitet DIBK.

Når vi velger å presenterer dette eksemplet er det for å legge noen ferske tall bak "det alle vet" at det i hovedsak er andre forhold enn passive tiltak i boligene som "selger" og at tomtekostnader og presset i boligmarkedet veier tungt.

Figur 8.1. Bilder fra søk/utvelging av "passivhus" på Finn.no

Kanskje interessant å sammenligne to (relativt) like prosjekter som skal bygges noen km fra hverandre i Elverum kommune, det ene med en utbudspris på 2 990 000 i Sørskogbygda og det andre 3 490 000 sentralt i Elverum. Det er lagt inn store rabatter i annonseringen, men det er neppe trolig at de gjennomfører prosjektet med tap. Boligene er begge på 166 m² BRA. Prisene pr m² ligger på respektive 18- og 21 tusen og gir det en

antydning på "hva en kan komme ned i" når tunge faktorene som tomtkostnad og press i boligmarkedet ikke spiller en avgjørende rolle?

Tabell 8.1 Utvalg av "treff" med søkeordet "Passivhus" på www.finn.no i uke 44 og 47 i 2012. Tabellen viser alle boligannonser – 28 (forskjellige) med passivhus nevnt i annonsen, på finn.no 28. november 2012. De 28 annonsene representerer 301 boliger og er gruppert etter leilighetstype.

Anm.:

1) Boligen er tatt med (i tillegg) for å vise variasjonen i størrelse, pris og m²-pris på en bolig i utbyggingsområdet som er med gjennom et annet eksempel/annonse.

	Sted	Eieform	Type	BRA m2	Utbudspris	Pris/m2	Antall enh.	Anm
2412	Sørskogbygda	Selveie	Enebolig	166	2 990 000	18 012	2	
2409	Elverum	Selveie	Enebolig	166	3 490 000	21 024	3	
7500	Stjørdal	Selveie	Enebolig	242	5 900 000	24 380	1	
5918	Frekhaug	Selveie	Enebolig	122	3 650 000	29 918	2	
3179	Åsgårdstrand	Selveie	Enebolig	276	9 350 000	33 877	1	
1482	Nittedal	Selveie	Enebolig	178	6 198 000	34 820	3	
4015	Stavanger	Selveie	Enebolig	200	8 990 000	44 950		1)
4015	Stavanger	Selveie	Enebolig	200	9 490 000	47 450	3	
2020	Skedsmokorset	Borettslag	Leilighet	53	1 050 000	19 811	1	
2020	Skedsmokorset	Borettslag	Leilighet	63	1 450 000	23 016	1	
2072	Dal	Selveie	Leilighet	113	2 630 000	23 274	4	
7670	Inderøy	Selveie	Leilighet	54	1 690 000	31 296		1)
7670	Inderøy	Selveie	Leilighet	117	3 990 000	34 103	11	
5914	Isdalstø	Andelsleilighet	Leilighet	50	1 715 000	34 300	5	
5914	Isdalstø	Andelsleilighet	Leilighet	80	2 935 000	36 688		1)
4656	Hamresanden	Selveie	Leilighet	71	2 670 000	37 606	1	
7048	Trondheim	Selveie	Leilighet	74	2 990 000	40 405		
1283	Oslo	Borettslag	Leilighet	132	5 395 000	40 871	34	
9511	Alta	Selveie	Leilighet	67	2 800 000	41 791		1)
5145	Fyllingsdalen	Borettslag	Leilighet	85	3 593 783	42 280	1	
5081	Bergen	Selveie	Leilighet	60	2 575 000	42 917		1)
9511	Alta	Selveie	Leilighet	114	5 000 000	43 860	10	
1283	Oslo	Borettslag	Leilighet	106	4 650 000	43 868		1)
4005	Stavanger	Selveie	Leilighet	90	3 990 000	44 333	66	
5081	Bergen	Selveie	Leilighet	94	4 200 000	44 681	13	
4656	Hamresanden	Selveie	Leilighet	72	3 290 000	45 694	1	
7048	Trondheim	Selveie	Leilighet	178	8 800 000	49 438	42	
284	Oslo	Selveie	Tomannsbolig	170	7 990 000	47 000	2	
7048	Trondheim	Selveie	Rekkehus	141	4 175 000	29 610	1	
7048	Trondheim	Selveie	Rekkehus	141	4 380 000	31 064	1	
7048	Trondheim	Selveie	Rekkehus	132	4 250 000	32 197	22	
7048	Trondheim	Selveie	Rekkehus	132	4 250 000	32 197		1)
2008	Fjerdingby	Selveie	Rekkehus	116	3 750 000	32 328		1)
1285	Oslo	Selveie	Rekkehus	122	4 280 000	35 082	5	
2008	Fjerdingby	Selveie	Rekkehus	82	2 890 000	35 244	43	
7048	Trondheim	Selveie	Rekkehus	133	4 790 000	36 015	22	
4005	Stavanger	Selveie	Rekkehus	154	6 390 000	41 494		1)

Som nevnt i et tidligere kapittel ble noen av leilighetene i Myhrerenga solgt høsten 2012 og to av dem ble "fanget inn" av vår undersøkelse av finn.no i november. Forskjellen i annonseringen er påtagelig og gjenspeiler trolig noe av forskjellen i utbudsprisen. Den ene, en 2-roms ble annonsert som et oppussingsobjekt, riktignok med en fyldig beskrivelse av alle tiltak som var gjort boligblokken. Den andre ble introdusert på en "aktiv positiv måte". Se figurene 8.2 og 8.3.

FINN.no / Eiendom / Bolig til salgs / Akershus / Skedsmo

Lagre annonsen

Endret: 2. nov 2012 12:53 FINN-kode: 378-**SOLGT**

SKEDSMOKORSET - 2-roms oppussingsobjekt med solrik balkong. - Nytt bad - V.v og fyring inkl. -Ny fasade -Barnevennlig.

Fakta Prisstatistikk



Asenhagen 5 A, 2020 Skedsmokorset

Prisantydning	1 050 000,-
Solgtpris	Ikke oppgitt
Fellesgjeld	458 123,-
Totalpris	1 508 123,-
Primærrom	53 m ²
Boligtype	Leilighet
Eleform	Andel
Rom	2
Soverom	1
Etasje	3.

Pris på finansiering

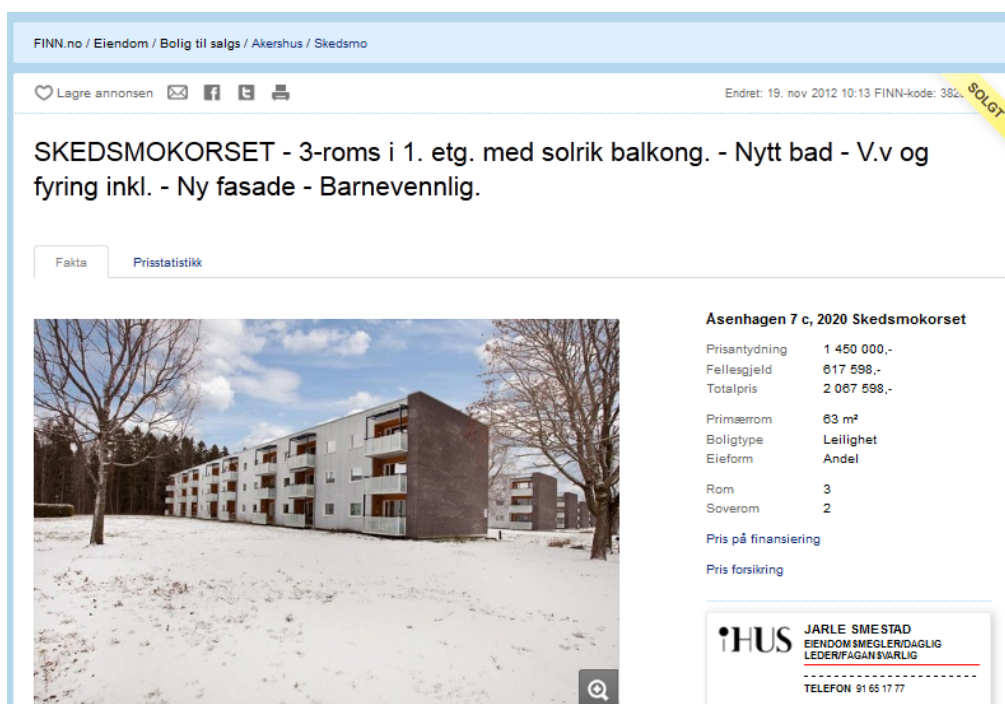
Pris forsikring

IHUS FERNANDO GOMEZ PARTNER / MEGLER MNEF
TELEFON: 81 85 17 78

Figur 8.2 Faksimile fra salgsannonse på finn.no, 2-romsleilighet på Myhrerenga

Vi gjengir også med noe av teksten i annonsen:

Prisdetaljer			
Prisantydning	1 050 000,-	Fellesformue	15 355,-
Fellesgjeld	458 123,-	Verditakst	1 100 000,-
Totalpris	1 508 123,-	Låneverdi	980 000,-
		Felleskostnader	4 279,-
Areal og byggeår			
Primærrom	53 m ²	Byggeår	1967
Bruttoareal	58 m ²	Energimerking	A
Bruksareal	53 m ²		
Tomt	23 872 m ² eiet		
Standard:			
Boligen har nytt bad/wc/vaskerom, men opprinnelig kjøkken og ellers behov for oppgradering.			
<i>Påkostninger:</i>			
Utvendig og innvendig oppgradering til passivhus.			
Nytt sikringsskap og noe oppgradert el-opplegg.			
Nytt bad med soil og sluk. Eldre innredning.			
Ikke funnet indikasjon på unormal fukt i våtrom ved søking.			
Behov for oppgradering.			
Gamle radiatorer kan fjernes.			
Borettslaget gjennomgikk en energirehabilitering i 2010/2011, hvor det ble etterisolert, byttet fasadeplater og vinduer, installert balansert ventilasjon, vakumsolfangere, varmpumper etc. Rehabiliteringen ble gjort med passivhuskomponenter, med fokus på å minimere luftlekkasjer og varmetap. Linker til mer informasjon på borettslagets hjemmesider: www.myhrerenga.no . Borettslaget foretok full rehabilitering av alle våtrom i 2011/2012, med utskifting av soilrør, og rørstammer, samt installasjon av vannbåren gulvvarme. Prosjektet blir ferdigstilt i april/mai 2012.			
Oppvarming med solcellepanel, varmpumpe (ved behov også strøm og olje).			



FINN.no / Eiendom / Bolig til salgs / Akershus / Skedsmo

Lagre annonsen

Endret: 19. nov 2012 10:13 FINN-kode: 382. **SOLGT**

SKEDSMOKORSET - 3-roms i 1. etg. med solrik balkong. - Nytt bad - V.v og fyring inkl. - Ny fasade - Barnevennlig.

Fakta Prisstatisikk

Asenhagen 7 c, 2020 Skedsmokorset

Prisantydning	1 450 000,-
Fellesgjeld	617 598,-
Totalpris	2 067 598,-
Primærrom	63 m ²
Boligtype	Leilighet
Eieform	Andel
Rom	3
Soverom	2

Pris på finansiering

Pris forsikring

IHUS JARLE SMESTAD
EIENDOMSMEGLERDAGLIG
LEDER/FAGAN SVARLIG
TELEFON 91 65 17 77

Figur 8.3 Faksimile fra salgsannonse på finn.no, 3-romsleilighet på Myhrerenga

Prisdetaljer			
Prisantydning	1 450 000,-	Fellesformue	19 0565,-
Fellesgjeld	617 598,-	Verditakst	1 450 000,-
Totalpris	2 067 598,-	Låneverdi	1 200 000,-
		Felleskostnader	5 312,-
Areal og byggeår			
Primærrom	63 m ²	Byggeår	1967
Bruttoareal	72 m ²	Energimerking	F
Bruksareal	66 m ²		
Tomt	32 558 m ² eiet		
Standard:			
Lys og trivelig leilighet med noe moderniseringsbehov.			
Borettslaget gjennomgikk en energirehabilitering i 2010/2011, hvor det ble etterisolert, byttet fasadeplater og vinduer, installert balansert ventilasjon, vakumsolfangere, varmpumper etc. Rehabiliteringen ble gjort med passivhuskomponenter, med fokus på å minimere luftlekkasjer og varmetap. Linker til mer informasjon på borettslagets hjemmesider: www.myhrerenga.no . Borettslaget foretok full rehabilitering av alle våtrom i 2011/2012, med utskifting av soilrør, og rørstammer, samt installasjon av vannbåren gulvvarme. Prosjektet blir ferdigstilt i april/mai 2012. Oppvarming med solcellepanel, varmpumpe (ved behov også strøm og olje).			

I utdrag fra teksten i annonsen ser en at 3-romsleiligheten kun har nevnt "noe moderniseringsbehov", og som etter vår vurdering, stemmer som beskrivelse av tilstanden på leiligheten. En ser også at teksten i annonsen forøvrig er identisk, selv om det er to forskjellige meglere.

Litt oppsiktsvekkende at det i annonsen for 2-romsleiligheten var oppgitt energimerke A, mens det i 3-romsleiligheten var oppgitt F! Her mangler nok både meglere og selgere innsikt og erfaring i hva en energimerking egentlig står for.

Vi skal ikke trekke erfaringer basert på annonseringen av disse to leilighetene for langt, men finner at prissetting, annonsering, vektlegging av de positive sidene ved passivhusoppgradering ikke ser ut til å gi de store utslag enda, eller er det geografisk/lokal beliggenhet som også her er utslagsgivende?

"Undersøkelsen" gir kun indikasjoner på tilbud og annonsering av passivhus i markedet. For å kunne få et mer fullstendig bilde av hva som eventuelt bidrar til at hus-/leilighetskjøpere velger lavenergi/passivhus fremfor andre, kan nå starte da tilbudet har økt den senere tiden. Det ser ikke ut til bare å være valget til de spesielt interesserte eller dem med klart fokus på energisparing/miljøgevinst.

Det vår undersøkelse bekrefter er at en i pressområdene har såpass store marginer mellom produksjonskostnader for en bolig og salgsprisen, at mange utbyggere vil ha fokuset på utvikling av områder og salg så raskt som mulig, mer enn fokus på energisparing og kvaliteter som bl.a. ligger i passivhuskonseptet.

9 Konklusjoner

"Lessons learned"

Mange av de første passivhusprosjektene har vært omfattet med betydelig interesse både fra beboere, utbyggere og forskningsmiljøer. Likevel har det vært utfordrende å finne data som gir grunnlag for sikre konklusjoner. Følgende forhold bidrar til dette:

- Energioppfølging skjer på ulike måter, med og uten formålsdeling og med felles eller individuell avlesning.
- Prosjektering og energiberegning med PHPP og NS 3031 gir ulike tall for beregnet energibruk. Reelle tall må graddagskorrigeres for å være sammenlignbare, men dette er heller ikke konsekvent utført. Dermed sammenlignes målt forbruk med eller uten nødvendig korrigering med to ulike beregningsstandarder. Dette er ikke nødvendigvis oppklarende.
- Oppfølging av inn klima skjer med ulike metodikk. Det er metodiske problemer med å undersøke brukererfaringer, og til dels også fysiske målinger.
- Oppfølging av energibruk og inn klima gjøres ikke konsekvent på samme tidspunkter, noe som ytterligere vanskeliggjør sammenligning mellom prosjekter. Det tar noe tid å tilpasse tekniske anlegg og bruk. Det er derfor interessant å undersøke både kort etter overlevering og etter en innkjøringsperiode på ett år eller flere.
- Boligpriser er markedsstyrt og ikke kostnadsstyrt. Dermed blir salgspriser lite relevante for kostnadsvurderinger. Tradisjonelt er det nokså svak sammenheng mellom teknisk tilstand og pris, men store variasjoner knyttet til beliggenhet og "attraktivitet" for øvrig. Byggekostnader varierer også mye mellom prosjekter....

Øvrige konklusjoner/oppsummeringer er lagt i sammendraget og dels i kapittel 10 Veien videre.

10 Veien videre

Det er først nå (i 2012) omfanget av passivhus øker i antall i Norge, slik at bredden i erfaringsinnsamling kan økes. Skepsisen til konseptet kan fortsatt ligge som en demper på etterspørselen og utbygges interesse for å satse på passivhusprosjekter, før det eventuelt kommer som forskriftskrav. Det vil derfor være viktig å følge både den tekniske og produksjonstekniske utviklingen, ikke minst på småhussektoren da markedet for småhus fortsatt vil være stort, geografisk spredt og byggingen preget av de mange mindre byggforetak.

Prosjekter som EBLE er sentrale som følgeforskningsprosjekt, og her er det andre fokus enn bare dem som dette prosjektet omfatter. Stikkord kan være opplæring og trening av fagarbeidere, grunnlag for opplæringsplaner i skoleverket m.m. Med det omfanget av utenlandsk arbeidskraft som ikke har norsk småhusproduksjon som sin erfaringsbase bør det også legges opp læringsarenaer som bringer disse opp på et godt faglig nivå.

Innbygging av fukt vil kunne slå kritisk ut for passivhus (også godt isolerte hus etter TEK-10-krav). Av de prosjektene som er beskrevet/rapport i dette arbeidet er de fleste gjennomført under spesielt oppsyn og av godt kvalifiserte yrkesutøvere. Produksjonsmåter og prinsipper som forebygger fuktpåvirkning i byggetiden er derfor avgjørende for en rasjonell og kostnadseffektiv produksjon av passivhus. Dette bør studeres og analyseres nærmere – og særlig når en velger tradisjonell produksjon uten å bygge under tak/i telt.

De senere årene har utfordringene med oppvarming og ventilasjon stadig blitt mer teknisk preget og ofte vanskelig å forstå/betjene både for vaktmestere/driftsansvarlig, og ikke minst for eiere av eneboliger/småhus. Når oppgradering etter passivhuskonseptet for eksisterende boliger i tillegg til de nybygde, øker i omfang, vil trolig risikoen for feil innregulering øke samt at det vil stille økte krav om oppfølging og vedlikehold. Enkle brukervennlige innreguleringer tilpasset brukernivå bør utvikles og følges/evalueres.

Forskning, erfaringsutveksling og spredning blant "spesielt interessert og engasjerte" er nå kommet til et nivå der tiltak må til for å nå den store bredden aktører i BA-næringen. Kunnskap og erfaringene innarbeides nå bl.a. i Byggforskserien, som en oppfølging/erstatning av eksisterende anvisninger samt at det lages flere nye – siste publisering i desember 2012. Dette som svar på næringens ønske/krav om anvisninger for bruk til prosjektering, produksjon og opplæring.

Sammenhengen mellom de ulike tekniske installasjonene i boligene er mangelfull i dag. Her må BAE-næringen gå sammen med leverandører og installatører for både å utvikle/installere system som "selv far" kan forstå og betjene. En må ikke, slik det skjer på flere andre områder, levere avanserte system som enten har for kort levetid, ikke fungerer optimalt i sammenhengen eller er for krevende å betjene. Når dette vil gjelde oss alle i vår hjem, bør det settes inn en innsats for å finne fram til slike robuste løsninger.

Godt isolerte boliger har naturlig nok et lavt behov for tilført oppvarmingseffekt. Små internlaster eller noe soltilskudd kan være nok til å dekke hele oppvarmingsbehovet. Dette gjelder også på relativt kalde dager i vinterhalvåret. Har man et oppvarmingssystem som ikke regulerer raskt og presist i forhold til behov, vil oppvarmingssystemet avgi varme når behovet ikke er tilstede. Konsekvensen er både økt energibruk og risiko for perioder med ubehagelig høye innetemperatur. Det er derfor helt avgjørende at man i godt isolerte boliger har oppvarmingssystemer som responderer raskt og presist i forhold til behov. Særlig gulvvarme har vist seg å være utfordrende fordi de ikke regulerer raskt nok ned, når oppvarmingsbehovet ikke lenger er tilstede. Det er videre viktig å isolere rundt bad og våtrom, fordi man ønsker en høyere temperatur i slike rom og gjerne bruker gulvvarme. Mangelfull utført isolasjon vil føre til uønsket oppvarming av omliggende rom, unødvendig høy energibruk og risiko for ubehagelig høy innetemperatur. Dette er noe det bør fokusere på i videre oppfølging/erfaringsutveksling av passivhus/hus bygget etter Tek10.

I denne rapporten pekes det på forskjellen mellom prisen på boligene i markedet og kostnadene ved en kvalitativ, god produksjon av boligbygg. Skal de ambisiøse mål om et redusert energiforbruk nås, vil trolig ikke markedet og etterspørsel være tilstrekkelige drivkrefter. Myndighetene bør derfor fortsette arbeidet med å finne balansen mellom krav og stimulerende tiltak. Denne og andre rapporter bekrefter at teknologien og produksjonskunnskapen nå ser ut på å komme på plass, ikke bare for "fyrårnbedrifter", men et større antall boligprodusenter.

11 Referanser

321.521 Passivhus. Eksempler på bygninger i Norge. SINTEF Byggforsk 2012

472.435 Passivhus i tre. Eksempler på detaljer for varmeisolering og tetting. SINTEF Byggforsk 2012

Andersson, Kjell og Göran Stridh. 2012. *ELIB, BETSI – Innemiljön i svenska bostäder*
Inomhusklimat Örebro 2012.

Arnstad, E. (2010). *Energieffektivisering 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-orenergieffektivisering-av-bygg.html?id=612776>

Boverket (2009 A). *Så mår våra hus – redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning mm.* Lastet ned fra www.boverket.se

Boverket (2009 B). *Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa – resultat från projektet BETSI.* Lastet ned fra www.boverket.se

Bryn, Ida H., Arnkell J. Petersen og Line R. Karlsen (2012). *Tiltak mot høye temperaturer i passivhus. Del I – Teori, erfaringer, anbefalinger og case-studier. Del II – Litteraturstudie, forslag til regelverk og standarder samt videre arbeider.* Oslo: Erichsen & Horgen AS.

Emenius, G., R. Corner, et al. (2009). *Vad skiljer bra och dåliga flerbostadshus? -resultat från en fältstudie.*

Haavik, Trond (2009). *Housing cooperative – renovation project.* “Marketing story” om Hammerseng borettslag i subtask A i IEA SHC task 37.

Janson, Ulla (2010). *Passive houses in Sweden. From design to evaluation of four demonstration projects.* PhD Doctoral Thesis, Lund University. Sitert i Bryn mfl. (2012).

Larsen, T. S. (2011). *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri: med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri.* Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet. Sitert i Bryn mfl. (2012).

Larsen, T. S. og Bruunsgaard, C. (2010). *Komforthusene: udvikling af passivhuskonceptet i en dansk kontekst.* Sitert i Bryn mfl. (2012).

Klinski, Michael, Peter Schild, Bjørn-Roar Krog, Pål Harstad og Anna Svensson (2012). *Energikonsept for Nordre Gran borettslag.* Oslo: Rapport, SINTEF Byggforsk.

Klinski, Michael, Judith Thomsen, Åshild Lappegard Hauge, Sidsel Jerkø og Tor Helge Dokka (2012). *Systematisering av erfaringer med passivhus.* Oslo: SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 90.

Michalsen, Bengt Gunnar (2012). Informasjon per e-post, sendt til Michael Klinski 14.1.2012 samt flere i august/september 2012.

Norlén Urban og Kjell Andersson K (red) (1993). Bostadsbeståndets inneklimat, ELIB-rapport nr 7, TN:30, Statens institut för byggnadsforskning,

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, Søren (2012). *Luftqualität und Lüftungsverhalten*. Tagungsband 16. Internationale Passivhaustagung 4.-5. Mai 2012. Darmstadt og Innsbruck: Passivhausinstitut.

Peper, Søren, Jürgen Schnieders og Wolfgang Feist (2011). *Monitoring Altbausanierung zum Passivhaus. Verbrauch, Raumluftqualität, Kellerfeuchte. Messtechnische Untersuchungen an den Sanierungsbauten Tevesstraße Frankfurt a.M.* Darmstadt: Passivhausinstitut.

Prestegård, Vegard, Eivind Thorstvedt og Ronny Sunde (2012). *Bearbeiding og analyse av måledata av to passivhus på Fevik*. Prosjektrapport for ENE 304, studentoppgave ved Universitetet i Agder. Grimstad, 29. mai 2012.

Sunnika-Blank, Minna og Ray Galvin (2012). "Introducing the rebound effect: The gap between performance and actual energy consumption." *Building Research & Information*, 40:3, 260-273

Vågen, Magnus (2012). Utvalgte loggedata fra Marienlyst skole i Drammen. Excel-fil, tegninger og korte kommentarer, sendt til Michael Klinski på e-post 7. og 18. september 2012. Målingene er foretatt av SINTEF Byggforsk, avdeling Byggematerialer og konstruksjoner, innenfor forskningsprosjektet Zero Emission Buildings.

12 Vedlegg. Utvalgte abstracts fra "Passivhus Norden2012"

Utvalget av papers og de øvrige godkjente til konferansen kan lastes ned fra konferansens hjemmeside¹².

12.1 Erfaringer med passivhus – et systematisk overblikk

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

SINTEF Byggforsk har laget en rapport som gir en systematisk oversikt over erfaringer med passivhusboliger, både i Norge og i andre land. Bakgrunnen er at det eksisterer relativt få evalueringer av bygde norske passivhusprosjekter, og at erfaringer fra andre land heller ikke foreligger i opparbeidet systematisert form. Utredningen bygger på en gjennomgang av eksisterende litteratur, samt nærmere analyse av noen utvalgte norske prosjekter. Dette inkluderer bl.a. dybdeintervjuer med beboere, utbyggere og utførende, samt drøfting av egne erfaringer i bygde prosjekter.

Det er få passivhusboliger i Norge som per i dag er evaluert, og disse har ikke kunnet bli fulgt opp over lang tid ettersom passivhus er relativt nytt i Norge. Rapporten tar imidlertid for seg svært mange studier av prosjekter i Mellom-Europa og også noen studier som sammenligner prosjekter i flere land, selv om bare få av disse er offentliggjort i vitenskapelige tidsskrifter. Rapporten belyser tema som erfaring fra prosjektering og byggeprosess, byggsaker og helserisiko, beregnet og målt energibruk, brukervennlighet, markedsføring, kostnader og egnethet for volumproduksjon. Det blir dessuten diskutert hvilke utfordringer som er spesielt knyttet til passivhus, og hva som gjelder alle nye boliger eller alle bygninger generelt. I tillegg blir det drøftet om det finnes spesielle utfordringer knyttet til nordisk bokultur. Det er ønskelig å følge opp noen av de norske prosjektene over lengre tid. Avslutningsvis drøftes framtidige forskningsbehov, hvor bl.a. forskning relatert til inneklima og helse anses som viktig.

Rapporten konkluderer med at passivhus i hovedsak har de samme utfordringene som andre nyere boliger etter Byggeteknisk forskrift. Passivhus som et helhetlig, stedstilpasset konsept medfører imidlertid større kvalitetssikring ved prosjektering og bygging, og konseptet er mer robust og dermed bedre egnet til å takle ulike brukervaner. I Norge er forskjellen mellom aktuelle forskriftskrav og krav til passivhus mye mindre enn i Mellom-Europa, slik at konseptet lettere bør kunne tas i bruk av vanlige aktører i bransjen. Studier fra andre land viser f.eks. at konsentrasjon av muggsopp er lavere i passivhus enn i konvensjonelle bygg. Disse funnene henger tett sammen med bruken av balansert mekanisk ventilasjon. Noen studier refererer også bedring i selvrapportert helse hos beboerne. Norske og utenlandske brukerevalueringer av passivhus viser at inneklima er godt, og rapportert som bedre enn i konvensjonelle boliger.

Utredningen ble gjort på oppdrag fra Husbanken. I sammenheng med videre oppfølging av prosjektet vil det etter sommeren foreligge mer detaljerte målings- og evalueringsresultater fra noen norske prosjekter. Disse vil inngå i en presentasjon på konferansen.

12.2 The Skarpnes Residential Development

Marit Tyholt, Tor Helge Dokka and Roald Rasmussen

The zero-energy project Skarpnes residential development in Arendal in Norway consists of a total of 40 dwelling units. The energy goal of the buildings is net zero-energy on a yearly level. In addition, the greenhouse gas emissions (GHG) related to the operational energy of the buildings shall also be zero on an annual basis. There is also an aim achieving low embodied energy and GHG emissions related to the buildings materials and products. The thermal demand of the buildings will be covered by heat pumps and thermal solar collectors. To reach the zero energy/emission goal, the roofs are partly covered by PV. Current simulation indicates that around 30 m² PV-area is needed to achieve the zero energy/emission goal for a single family house. The production of solar electricity in summer will exceed the demand of the buildings, and export of energy to the grid will be necessary.

¹² <http://www.tapironline.no/tidsskrift/omtidsskrift/32>

12.3 Marienlyst school – Comparison of simulated and measured energy use in a passive house school

Tor Helge Dokka and Geir Andersen

Marienlyst is a lower secondary school (8 to 10th grade) situated in Drammen, 40 km west of Oslo. It is approximately 6450 m² (heated floor area), and houses around 550 pupils.

It was finished and taken into use in august 2010. Marienlyst is the first school in Norway with passive house standard, according to preliminary criteria. Drammen have much the same climate conditions as Oslo, with an annual mean temperature of 6,3 °C, and annual horizontal irradiation of 964 kWh/m²a.

The school has typical passive house specification with high degree of air tightness, a very good insulated buildings fabric, super insulated windows and a ventilation system with high efficiency heat recovery.

Energy efficient fans, pumps and lighting systems are applied to reduce the electricity demand as much as possible. The remaining small heating demand, after these passive measures, is met by a low temperature hydronic floor heating system.

Simulated net energy use for the school is 63 kWh/m²a, and delivered energy (taking into account system losses) is 67 kWh/m²a. The simulated space heating demand is 13,4 kWh/m²a.

Measured net energy use during the second operational year (July 2011 – June 2012) is 61 kWh/m²a, hence very close to the simulated demand. Measured space heating is 17,8 kWh/m²a, somewhat higher than simulated, but still very low compared to conventional schools. Energy use for domestic hot water (3,1 kWh/m²a) is lower than the predicted demand (10,1 kWh/m²a). All measured energy use is temperature corrected, and adjusted for system losses in the heating system.

The high energy performance aimed at in the design of the school seems to be verified by the measured energy performance.

12.4 Verification of energy consumption in eight Danish passive houses

Ole Daniels, Tine Steen Larsen and Rasmus Lund Jensen

Energy savings in the residential area are essential in order to achieve the overall goal for energy savings outlined in the recast of the Energy performance of buildings directive from 2010, where all new buildings should be "nearly-zero energy buildings" by the end of 2020. The residential area is responsible for approx. 30% of the combined energy consumption, and, therefore, holds great potential. In recent years, this has resulted in several experimental buildings and development projects with focus on developing low energy houses for different types of contexts. In Skibet located in Vejle, Denmark, 8 passive houses were built in 2008 as a pilot project in order to achieve experience with this type of building and its performance in a Danish context. This paper will treat the measured energy consumption in 8 of these houses and compare it with the calculated consumption found from the PHPP-tool. A significant difference is discovered between the two, observing only the raw data. In order to make a valid comparison, one of the data sets has to be adjusted in order to have similar conditions. An adjustment is conducted for the calculated energy consumption, where weather data and the indoor air temperature, original set to 20 °C, are corrected to fit with the measured values. These parameters are chosen on the basis of results from earlier work and experiences, proving these parameters to have great influence. Comparing the corrected PHPP results with the measured values showed that most of the houses have a good agreement between the measured and adjusted calculated values.

The same tendency is observed for both energy consumption, for space heating and for total primary energy consumption. There have, however, been some difficulties in some houses, causing the electrical consumption to increase significantly, making them perform very poorly.

The great influence on the energy consumption found from the indoor air temperature and the outdoor weather conditions is clearly shown in this paper. It is also emphasised that results from the PHPP-calculation can only be used as an indication for the predicted energy consumption – it can never be used as a true value for the energy consumption in the building, because the occupant behaviour can vary vastly

which affects the energy consumption. Furthermore, problems with insufficient heating in multiple rooms in some houses have been registered. This raises the topic of designing the heating system with some excess capacity in order to ensure sufficient heating in all rooms.

12.5 Living in some of the first Danish Passive Houses

Camilla Brunsgaard

The pilot project, named Comfort Houses, aims to show the industry that it is possible to construct traditional Danish houses as passive houses and promote them as comfortable houses. For this to be a success in the future, it is necessary to fulfil the occupants' wants and needs. This study aims to communicate how the occupants of the Comfort Houses experience living in a passive house and illustrate how their behaviour affect the performance of the house. This is done through qualitative interviews with the occupants compared with quantitative measurements of the performance of the Comfort Houses. A total of 3 residential units have been examined and the results show that the occupants' everyday lives have changed – some as a result of the architectural and structural solutions, others as a result of the technology integrated in the houses. The study determines the importance of considering the occupants behaviour and everyday lives already in the design process to be able to fulfil the wishes of the occupants and to fulfil the desired performance of the Comfort House.

12.6 Overheating in passive houses compared to houses of former energy standards

Arvid Dalehaug, Siri Birkeland Solheim and Stig Geving

Investigation of maximum indoor temperatures in passive houses compared to houses built according to Norwegian building code of 2010, 1997 and 1985.

Simulation by SIMIEN of a standard passive house where window area and orientation are varied. The same calculations are done on houses with the same geometry, but with varying insulation and windows according to normal performances for the actual year.

A single family house with the variations listed above is checked. The house is divided into several zones to be able to find and compare the maximum temperature in the living room and in the main bedroom.

Influence from different solar shading measures is tested. Finally simple temperature measurements of temperatures in already built passive houses are measured from April to middle of June to see how the low solar angle in the spring influences the indoor temperature. The differences between houses of different energy standards are less than what was expected

Houses of passive house standard becomes slightly more overheated during summer than older houses under the same shading conditions.

12.7 Improvement of traditional clamped joints in vapour- and wind barrier layer for passive house design

L. Gullbrekken, J.C. Bergby, S. Uvsløkk, S. Geving and B. Time

The harsh Norwegian climate requires buildings designed to high standards. An airtight building envelope is critical to achieve an energy efficient building and to avoid moisture problems.

Use of clamped joints is a traditional way to make airtight joints in the wind- and vapour barrier in Norway and other countries. In houses designed according to passive house standards the air tightness of the building envelope is critical. It may be questioned whether this traditional method is sufficient, and how it may be improved without applying extra sealants such as adhesive tape.

The air tightness of clamped joints depends on several parameters and some of them have been investigated in a laboratory study. The resistance to penetration of air through pinched joints in the wind- and vapour

barrier was tested in accordance with EN 12114. The test samples were made by clamping two sheets of PE-foil with specific size between a batten and a stud. The samples were mounted in a test rig in order to measure the air leakage. The measurements were conducted with different thicknesses of the batten, different sizes of nails or screws and various center distances of the nails or screws. Measurements were conducted at delivery moisture content of approximately 0,17 kg/kg, and after drying to approximately 0,07 kg/kg. Before drying out most of the test samples were very air tight. The air leakage increased considerable after drying. This shows the importance of maintaining a dry building process, something which for example can be achieved by use of prefabricated wooden elements. Results from the measurements were used to calculate and estimate leakage numbers for two case buildings. The research has been performed within the smartTES project (www.smartTES.com)

12.8 Passive house with timber frame of wood I-beams – moisture monitoring in the building process

Kristine Nore, Audun Øvrum and Atle Jonny Waltila

As a part of product innovation, Byggma has built a full scale passive house by use of mainly self produced products. Byggma produces several building components, but in this paper the wood I-beams are of main interest. The building process started in May 2011, and the house was occupied in the end of May 2012. Temperature and moisture sensors are mounted in walls and roof to follow the development of moisture and energy losses through the construction.

10 % of new buildings suffer from failures in the building process. Passive house building requires improved workmanship. With a close control of the building process, one may follow the development of weather influence or unforeseen episodes like a tarpaulin blowing off or prolonged drying-out periods for concrete slabs. Such control ensures building quality and gives a healthy future building.

Recordings from some of the measurement sensors mounted in the building period are shown in this paper. Temperature and wood moisture content (MC) are measured throughout the period. The measurement sensors will monitor for one more year, to ensure secure drying of the possible rest of built-in moisture. During the building period, no critical conditions have been shown, apart from one period wetting the roof construction in October, and wetting of the bottom sill in September and October. The moisture came from precipitation. However, these incidents all dried out within four weeks. This building process was closely followed by the building owner.

12.9 Vad behövs för ett marknadsgenombrott av nybyggnation och renovering till passivhus - Analys från seminarier

Åsa Wahlström, Kristina Käck, Anneli Permer and Pär Åhman

Västra Götaland har tagit täten i Sverige av byggande av lågenergibygnader. Trots den rejält ökade takten av nybyggnation av passivhus och lågenergibygnader så behövs ett mycket större marknadsgenombrott för att nå de nationella målen med en 20 % minskad energianvändning till 2020. Men vad är det som kan få fart på byggandet och framförallt ombyggnad av vår befintliga bebyggelse lokalt i Västra Götaland?

Idag finns verktyg för stimulering av utvecklingen genom LÅGAN och Västra Götalandsregionens program för energieffektiva byggnader som möjliggör stöd för erfarenhetsåterföring och kunskapsutveckling vid demonstrationsprojekt. Samtidigt undersöker Energimyndigheten möjligheter till större främjandesatsningar för lågenergibygnader och har börjat jobba med en målsättning på 500 demonstrationsbyggnader till 2016.

För att samla aktörers syn på den framtida utvecklingen, vilka behov de har och vilket stöd som behövs har en seminarierie genomförts i Västra Götaland. I juni 2012 hölls tre seminarier med workshop där samhällsplanering, goda exempel, stödmöjligheter och kompetens för lågenergibyggande i den lokala närheten presenteras.

Resultatet visar att det är flera faktorer som måste till för att marknadsgenombrott för lågenergibyggnader ska komma tillstånd. Huvudsakligen behövs; bättre kunskap för alla branschaktörer (beställare, konsult, arkitekt, hantverkare, beslutsfattare, finansiärer, m.m.); skarpare och tydligare byggregler, styrmedel och politiska beslut; ett mer energieffektivt beteende hos brukaren; bättre samverkan och erfarenhetsåterföring både i byggprojekt (beställare, entreprenör, konsult) och förvaltning (driftpersonal, brukare, driftledning) och uppföljning med mätning av energianvändning och utvärdering av projekt samt erfarenhetsåterföring och informationsspridning. Många av dessa hinder och möjligheter kan lösas lokalt genom samarbete inom den egna regionen men det behövas också en hel del stöd för utvecklingen.

12.10 Build Up Skills Norway: Competence level on energy efficiency among building workers

Guro Hauge and Gunnar Grini

Build Up Skills Norway is the national follow up of the Intelligent Energy Europe project Build Up Skills (www.buildupskills.eu). The purpose of the project is to identify measures to raise the level of competence in the area of energy among those active in the building industry. Building workers have been defined as a key working group with regard to achieving energy efficiency and the use of renewable energy in buildings. A status quo analysis is now finished, and this paper is based on that report [Lavenergiprogrammet 2012]. This paper gives a short description of the Norwegian building industry and competence level in the field of energy among the various working groups active in the building industry.

12.11 NS 3701 Criteria for passive houses and low energy buildings

Thor Endre Lexow and Tor Helge Dokka

Passive House is a concept introduced by Passivhaus Institut in Germany. Passive houses has become widespread and a success in Germany, Austria and later in several other European countries. Strict requirements for design and constructions in these countries has led to passive houses is recognized as environmentally friendly buildings with very high quality, with good indoor air quality and extremely low energy need.

The need to provide an official Norwegian definition of passive houses and low-energy buildings is based on the following:

- the terms are not clearly defined for Norwegian conditions and given different contents – the terms are used in applications for government grants
- the government wants to increase the demand of buildings with low energy requirements and there is a need for a clarification of the passive house concepts in communication
- the term may be used in future regulatory requirements, and energy and environmental labeling schemes

Because of differences in climate, solutions for construction design and building traditions it is made national adaptations to the German passive house definition. The standard contains a Norwegian definition of passive house and low-energy buildings with requirements for energy demand for heating, cooling, lighting, and in addition a set of minimum requirements for the heat loss and components. The standard can be used for certification and documentation of requirements for non-residential buildings that can be classified as low energy buildings and passive houses. NS 3701 is based on the same concept as NS 3700 which covers residential buildings. The non-residential buildings covered by NS 3701 are kindergartens, offices, schools, buildings for cultural purpose (e.g. cinema, concert hall, museum), hospitals, nursing home, hotel, sports center, shops, light industrial buildings and workshops.

NS 3701 gives requirement on the heat loss from the building envelope due to heat transmission and infiltration, energy need for heating, cooling and lighting. These requirements are adjusted for the annual mean temperature where the building is located, the building size and the building category.

With the two standards NS 3700 and NS 3701 Standards Norway is the first member of the European

Committee for Standardization (CEN) to have a national standard with criteria for Passive Houses covering all building categories defined in the national building code.

NS 3701 was published in September 2012. The standard is a practical utility in the planning, construction and evaluation of non-residential buildings with very low energy demand.

12.12 SS 24 300: A Swedish Standard for Energy Classification of Buildings

Åsa Wahlström

Energy use in buildings is one of the construction and property sector's most important environmental awareness areas: in most buildings, there is substantial potential for reducing their quantity of energy use. Public authorities, property-owners, contractors, equipment manufacturers, consultants and scientists are working together to develop a standard for the energy performance and classification of buildings. The intention is that buildings should be rated on a scale from A to G, in the same way as is already done for refrigerators and freezers. The final target is that clear marking of the energy performance of a building should act as a driving force towards the development of more energy-efficient buildings.

The EU's Energy Performance of Buildings Directive [EPBD 2002] already specifies requirements for energy declarations of buildings. Two European standards have been developed so that the directive can in due course be implemented as an overall European system for energy classification of buildings. For these standards to be applied at national levels, they need to be complemented by national guidelines that accommodate the requirements of national building regulations and rules concerning the energy performance of buildings. These guidelines have been produced in the form of a Swedish standard series (SS 24300 series – Energy Performance of Buildings).

This Swedish standard classifies four aspects: power classification of heating requirements, classification of energy use, classification of environmental impact, and classification of energy for domestic or business activity purposes. Energy marking aims to confirm and concentrate the attention of developers and property-owners on energy aspects, and to provide buyers and occupants with information on what the developers and property owners aim to achieve. This means that classification will therefore provide an incentive for more energy efficiency improvement measures to be implemented. A passive house should achieve a Category A classification.

12.13 Utvalgte presentasjoner fra "Passivhus – myter og fakta" 11.6.2011

12.13.1 Fuktrisiko i bygg med høyisolerte konstruksjoner, lite luftlekkasjer og balansert ventilasjon.

Sivert Uvsløkk, SINTEF Byggforsk¹³



Oppsummering
Passivhus kan bygges med **lavere risiko** for fuktskader og dårlig innelima enn vanlige hus takket være:

- God ventilasjon
- Bedre lufttetthet
- Bedre isolerte vinduer og varmere glassflater

Andre viktige tiltak:

- Ta kontroll over byggfukten
trefuktighet < 15 vekt-% før isolering og lukking
- Bruk vindsperrer og undertak med lavest mulig dampmotstand og best mulig uttørkningsevne

SINTEF SINTEF Byggforsk 18

¹³ For hele presentasjonen: http://www.futurebuilt.no/?nid=222936&lcid=1044&iid=286770&pid=FB-FB_Article-Files.Native-InnerFile-File&attach=1

12.13.2 Inneklima og sommerkomfort i passivhus

Sverre Holøs og Tor Helge Dokka, SINTEF Byggforsk¹⁴

<p>Passivhus og inneklima Konklusjoner (1/3)</p> <ul style="list-style-type: none">■ Kan stort sett bygges med velkjent og utprøvd teknologi. Ingen grunn til å frykte "nye og ukjente" problemer.■ Noen eksisterende utfordringer blir større, andre blir mindre.■ Dagens praksis er ikke god nok, og mange forhold ikke tilstrekkelig kjent → passivhus løser i seg selv ikke dette! <p>SINTEF Byggforsk 37</p>	<p>Konklusjoner (2/3): hvordan får vi godt inneklima?</p> <ul style="list-style-type: none">■ Prosjekttere termisk inneklima (internlast, varmegjenvinning, solskjerming, termisk masse, vinduslufting..)■ Legge til rette for effektivt renhold med lite kjemikaliebruk■ Legge til rette for riktig drift og vedlikehold■ Rene, tørre, solskjermede luftinntak■ Støysvak, effektiv ventilasjon (med serviceavtale?)■ Bygge rent, tørt og fuktskadesikkert■ Unngå luftlekkasjer, også fra grunnen■ Unngå materialer, inventar og utstyr med mye avgassing <p>SINTEF Byggforsk 38</p>
<p>Konklusjoner (3/3): hvordan får vi godt inneklima?</p> <ul style="list-style-type: none">■ Sørge for bedre uteluft!■ Stille krav til bygget (Leietaker → eier → byggherre → prosjekterende → entreprenører → materialleverandør, etc.)■ (Og da må vi tåle å betale noe for det)■ Etterprøve at kravene er oppfylt■ Stille krav også til drift og vedlikehold■ Lære opp■ Utvikle■ Og naturligvis:■ Forske mer! <p>SINTEF Byggforsk 39</p>	

12.14 Alle foredrag fra konferansen "Passivhus - myter og fakta"

Lenke til Futurebuilds hjemmeside for konferansen:

<http://www.futurebuilt.no/?nid=222936&lcid=1044>

12.15 Anvisninger med relevans for passivhus publisert i desember 2012

SINTEF Byggforsk publiserer følgende anvisninger med relevans for passivhus. De to øverste i oppstillingen er eksisterende anvisninger hvor en bare har tatt ut verdier og figurer for de konstruksjonsdelene som er revidert og som blir gitt ut som egne anvisninger.

471.012 U-verdier. Vegger over terreng

471.017 Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier

471.231 U-verdier for vegger over terreng. Grunnlag for beregninger

¹⁴ http://www.futurebuilt.no/?nid=222936&lcid=1044&iid=286771&pid=FB-FB_Article-Files.Native-InnerFile-File&attach=1

- 471.401 U-verdier. Vegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere
- 471.411 U-verdier. Vegger over terreng med bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon
- 471.463 U-verdier. Vegger over terreng av murte lettklinkerblokker med plastisolasjonskjerne
- 472.051 Kuldebroverdier for tilslutninger mellom bygningsdeler. Grunnlag for beregninger
- 472.101 Kuldebroverdier. Isolert ringmur med betong, bindingsverk av tre og betonggolv på grunnen
- 472.304 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av betong
- 472.306 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av lettklinker
- 472.307 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre og dekke av porebetong
- 472.326 Kuldebroverdier. Bindingsverk av tre med kontinuerlig utvendig isolasjon og dekke av betong

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.