

Ettorevaluering av EKSBO- pilotprosjekt. Enebolig i Asker



SINTEF Notat

Michael Klinski, Eyvind Fredriksen, Kari Sørnes og Anna Svensson

Ettrevaluering av EKSBO-pilotprosjekt. Enebolig i Asker

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 23

Michael Klinski, Eyvind Fredriksen, Kari Sørnes og Anna Svensson

Ettrevaluering av EKSBO-pilotprosjekt. Enebolig i Asker

Emneord: evaluering, energieffektivisering, småhusbolig

Prosjektnummer: 102008414

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1546-2

Foto, omslag: SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2017

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.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf: 73 59 30 00

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Sammendrag

SINTEF Byggforsk har evaluert en enebolig i Asker som var pilot i NFR-prosjektet "Kostnadseffektive energikonsepter for eksisterende boliger", EKSBO, med energitiltak gjennomført i 2006 og 2009/10. Ikke alle opprinnelig foreslåtte tiltak ble gjennomført, huset har blitt utvidet og bruksmønsteret har endret seg (færre beboere og en del uoppvarmete rom). Balansert ventilasjon ble ikke installert i uoppvarmete rom i underetasjen, og denne ble heller ikke etterisolert. Energiforbruket har ikke gått ned så mye som eieren hadde forventet. Husbanken har gitt kompetansetilskudd til etterevaluering, og det skulle dessuten utredes hvorvidt balansert ventilasjon er hensiktsmessig i normalt bare delvis oppvarmete eneboliger.

Det ble gjennomført befaringer og samtaler med eieren for å avklare hva som i realiteten ble gjennomført og hvordan bruksmønsteret har endret seg. Det ble gjennomført formålsdelt energimåling samt måling av temperatur og luftfuktighet på utvalgte steder inne og ute. Videre ble det utført trykktest og termografering for å verifisere lufttettheten og oppdage kuldebroer og større lekkasjekområder. Basert på målinger og innhentet informasjon ble det gjennomført reviderte energiberegninger. Resultatene ble sammenliknet med klimajustert målt forbruk, og det ble simulert noen ulike løsningsvarianter. På basis av alle disse resultatene ble det gjort kvalitative vurderinger.

Lufttetthetsmålinger viser et lekkasjetall som bare er marginalt bedre enn det som ble målt før oppgraderingen. Termograferingen avdekket mange luftlekkasjer både i eksisterende bygningskropp og i utbedrete eller nybygde deler, bl.a. ved innfestningen av nye vinduer, mot etterisolert loft og i overgangen mot utvidet kjøkken. Målinger i oppvarmete rom viser temperaturer omtrent som forventet, mens uoppvarmete rom var varmere enn forventet. Årsaken er varmetilførsel fra uisolerte oppvarmingsrør og fra tilgrensende oppvarmete rom. Luftfuktigheten var aldri så høy at det var fare for kondens.

Energimålingene viser nesten 30 % redusert forbruk til oppvarming og 15 % redusert energi til varmtvann, lys og utstyr. Samtidig ble det avdekket et årlig sommerforbruk for varmekabler på rundt 700 kilowattimer. Målt forbruk, omregnet til et normalår, ligger nært opp til reviderte energiberegninger som er tilpasset reelle forhold i boligen etter oppgradering. Tatt i betraktning de usikkerhetene som er knyttet til beregningene, ser det ut som om målt energibruk til romoppvarming ligger omtrent på et nivå som er realistisk for den undersøkte eneboligen.

For å kunne se hvor mye noen enkelte endringer utgjør, har vi utført beregninger for flere varianter. Oppvarming av hele underetasjen ville gi stor økning av oppvarmingsbehovet, og også varianten med naturlig ventilasjon i hele huset ville øke oppvarmingsbehovet. Balansert ventilasjon i hele huset ville gi lavere oppvarmingsbehov, men høyere strømbehov til vifter, slik at totalen omtrent blir lik som det er i dag (med balansert ventilasjon i oppvarmet del og naturlig ventilasjon ellers).

De store luftlekkasjene med høyt lekkasjetall gjør et stort utslag på økt oppvarmingsbehov, men også ventilasjonssystemet er mindre effektivt enn forventet, mest på grunn av ugunstig valg av kanalføringer, men antakelig også på grunn av lavere varmegjenvinning. God planlegging og oppfølging ved utføring er derfor essensielt ved oppgradering.

Det vannbårne ettrørssystemet til romoppvarming jobber mye mindre effektivt når bare deler av huset er oppvarmet og denne delen i tillegg har mindre varmebehov enn tidligere. Dette medfører mye unødvendig sirkulasjon og store varmetap til ikke-oppvarmete deler av huset. Boligen har i underetasjen et stort areal som brukes forholdsvis lite, men som er likevel fullt oppvarmet. Dette gir liten nytte og ekstra varmetap mot uoppvarmete rom samt til dårlig

isolerte vegger og gulv. Ettersom hall og hovedetasje er knyttet sammen via åpen trapp, er denne sonen i praksis en del av det oppvarmete boarealet. Alt dette bidrar til at energibehovet per beboer er høyt, selv om målt energibruk til oppvarming per m² BRA ligger betydelig under det som energirammen i Byggeteknisk forskrift tilsier for nybygg.

Rapporten gir noen konkrete anbefalinger til de aktuelle eierne og konkluderer ellers at det ikke bør være et mål å bli boende i et altfor stort hus. Hvis man ikke vil flytte, kunne en del av huset leies ut, eller boligen kunne bli bygd om slik at den kan fungere for to separate boenheter. Dersom man vil bli boende og holde noen rom uoppvarmet, bør det vurderes å sørge for et klart skille mellom oppvarmet del, ikke oppvarmet del og soner som eventuelt kan ha moderat oppvarming.

English summary: Assessment of an EKSBO Pilot – Detached House in Asker

SINTEF has evaluated a single-family house in Asker that was a pilot in the NFR project "Cost-effective energy concepts for existing homes," EKSBO, with energy efficiency measures carried out in 2006 and 2009/10. Not all of the originally suggested measures were implemented, the house has been extended and the usage has changed (fewer residents and some unheated rooms). In the unheated rooms on the ground floor neither balanced ventilation was installed nor any insulation added in the walls. Energy consumption has not decreased as much as the owner had expected. The Norwegian State Housing Bank provided grants for evaluation; among the issues to be investigated was also whether balanced ventilation is appropriate for partially heated homes.

Site investigations and conversations with the owner were conducted to clarify which measures had been implemented in reality and how the usage pattern has changed. Detailed energy measurements were carried out as well as temperature and humidity measuring at selected locations indoors and outdoors. Furthermore, blower door test and thermography were conducted to verify airtightness and detect thermal bridges and major leakage areas. Based on observations and information obtained revised energy calculations were conducted. The results were compared with climate-adjusted measured consumption, and different solution variants were simulated. On the basis of these findings qualitative assessments were made.

The blower door test shows a leakage rate only marginally better than before upgrading. The thermography discovered many air leaks both in the existing building envelope and in renovated or newly constructed parts, including connections to new windows, the attic and the expanded kitchen. Measurements in heated rooms show temperatures as expected, while unheated rooms was warmer than expected. The reason is heat loss from uninsulated heating pipes and from adjacent heated rooms. The humidity was never so high that there was a risk of condensation.

Energy measurements show nearly 30 % reduced consumption for heating and 15 % reduced energy for hot water, lighting and equipment. It was also discovered an annual summer consumption for electric bath floor heating of around 700 kilowatt-hours. Measured consumption, converted to a normal year, is close to revised energy calculations adapted to actual circumstances in the home after upgrading. Considering the uncertainties associated with the calculations, it looks as if measured energy use for space heating is on a level that is realistic for the studied detached house.

To see the impact of individual changes, we have performed calculations for some variants. Heating the whole ground floor would give large increase in heating demand, and also the variant with natural ventilation throughout the house would increase the heating demand. Balanced ventilation throughout the house would result in lower heating demand, but higher energy demand for fan power, so that the total roughly becomes equal to as it is today (with balanced ventilation in the heated part and natural ventilation otherwise).

The large air leaks make a big impact on increased heating needs, but also the ventilation system is less effective than expected. This is mostly due to unfavourable choice of duct runs, but probably also because of lower heat recovery than assumed. Good planning and thorough monitoring when carrying out upgrading measures is hence essential.

The hydronic single-pipe heating system works a lot less effective when only a part of the house is the heated and this part additionally has less heating demand than previously. This causes much unnecessary circulation and large heat losses to the non-heated part of the

house. The home has downstairs a large area that is rarely used, but that is still fully heated. This provides little benefit and additional heat loss against unheated rooms as well as poorly insulated walls and floors. Because the hall and the main floor are connected via the open staircase, this zone is in practice a part of the heated living space. All of these issues contribute to the fact that the energy demand per occupant is high, although the measured energy use for heating per heated area is significantly below what the energy framework in the Technical Building Regulations indicates for new buildings.

The report provides some specific recommendations to the owners and concludes otherwise that it should not be a goal to remain in an overly large house. If one does not want to move, a part of the house might be rented out, or the dwelling might be rebuilt so that it can work for two separate housing units. If one wants to remain and keep some rooms unheated, it should be considered to make a clear distinction between the heated part, unheated parts and zones which may have moderate heating.

Innhold

SAMMENDRAG	3
ENGLISH SUMMARY: ASSESSMENT OF AN EKSBO PILOT – DETACHED HOUSE IN ASKER	5
1 BAKGRUNN, MÅL OG METODE	8
2 TILSTAND OG BRUKSMØNSTER ETTER OPPGRADERING	9
3 MÅLINGER	11
3.1 LUFTTETTHETSMÅLING OG TERMOGRAFERING	11
3.2 TEMPERATUR- OG FUKTMÅLINGER	12
3.3 STRØM-, VANN- OG VARMEMÅLINGER	14
4 ENERGIBEREGNINGER	17
5 VURDERINGER	20
5.1 OPPVARMINGSSYSTEMET	20
5.2 VENTILASJONSSYSTEMET	20
5.3 VENTILASJONSLØSNING	21
5.4 RESULTATER FRA MÅLINGER OG BEREGNINGER	21
6 ANBEFALINGER	24
6.1 ANBEFALTE TILTAK I PROSJEKTET	24
6.2 ANBEFALINGER FOR LIKNENDE PROSJEKTER	24
7 REFERANSER	26
VEDLEGG: BILDER FRA TERMOGRAFERING	27

1 Bakgrunn, mål og metode

Eneboligen i Asker kommune var pilot i NFR-prosjektet "Kostnadseffektive energikonsepter for eksisterende boliger", EKSBO, hvor det med tilskudd fra Husbanken ble utarbeidet forslag til ambisiøse energiltak¹. En stor del av disse tiltakene ble gjennomført i 2006 i sammenheng med utvidelse og endringer i stue og kjøkken. I 2009/10 fikk en del av boligen balansert ventilasjon, soveromfløyen ble ombygd og etterisolert, samt at hele loftet ble etterisolert. Imidlertid har ikke alle foreslåtte tiltak blitt gjennomført, og bruksmønsteret i boligen har endret seg. Eneboligen er i så måte ett av mange eksempler på bare delvis (eller trinnvis) rehabilitering/oppgradering, og et stort antall liknende boliger ble bygget mellom 1965 og 1985.

Eieren ønsket etterevaluering av tiltakene i lys av at energiforbruket ikke har gått ned så mye som forventet. Dessuten er det et mål å utrede hvorvidt balansert ventilasjon er hensiktsmessig i normalt bare delvis oppvarmete eneboliger. Husbanken har gitt kompetansetilskudd til denne etterevalueringen.

I sammenheng med søknaden om kompetansetilskudd og i startfasen av etterevalueringsprosjektet ble det gjennomført befaringer og samtaler med eieren for å avklare hva som i realiteten ble gjennomført og hvordan bruksmønsteret har endret seg (v/ Michael Klinski 30.1.2014, v/ Michael Klinski og Anna Svensson 20.9.2014). Eieren ga også informasjon om driftsopplegget for installasjoner og stilte til disposisjon bruksanvisninger o.l., så vidt tilgjengelig. Det ble gjennomført formålsdelt energimåling samt måling av temperatur og luftfuktighet på utvalgte steder inne og ute. Videre ble det utført trykktest og termografering for å verifisere lufttettheten og oppdage kuldebroer og større lekkasjeområder. Basert på målinger og innhentet informasjon ble det gjennomført reviderte energiberegninger. Resultatene ble sammenliknet med klimajustert målt forbruk, og det ble simulert noen ulike løsningsvarianter. På basis av alle disse resultatene ble det gjort kvalitative vurderinger.

¹ Rapportert og notater fra EKSBO, se under referanser.

2 Tilstand og bruksmønster etter oppgradering

Huset fra 1966 er en tidstypisk enebolig med hovedetasje og underetasje samt kaldt på opprinnelig 228 m² totalt oppvarmet bruksareal. Hovedetasjen (1. etasje) inneholdt stue, kjøkken, tre soverom, bad og dusj. I underetasjen fant man kjellerstue, kontor, to soverom, bad/vaskerom, samt hall og vindfang. I tillegg er det et lite gjestetoalett samt en liten uoppvarmet bod. Boligen har sentralvarmeanlegg for både varmtvann og romoppvarming med radiatorer. Allerede i 2003 ble oljefyren erstattet med dobbeltmantlet bereder med elektriske elementer. Huset hadde før oppgraderingen kun naturlig avtrekksventilasjon med ventiler. Fem personer (to voksne og tre barn) bodde i huset.

Etter utvidelsen og ombyggingen er kjøkkenet blitt større, mens to soverom er slått sammen til ett nytt rom (i det følgende betegnet som "kontor 1"). Også hovedsoverommet har blitt større. Bortsett fra to mindre deler av veggene i stua og ved trappa, er hele hovedetasjen blitt etterisolert (total isolasjonstykkelse 20 cm i veggene og 40 cm mot loft). Alle vinduer er trelags med isolert karm (NorDan NTech); balkongdører er også trelags, men har vanlig karm. Samtidig med kjøkkenet er underetasjen blitt utvidet med badstue i tilknytning til vaskerommet. I tillegg til tilbygget har også kjellerstue og hall fått NTech-vinduer. Inngangsdøra og vinduer i andre rom i underetasjen ble imidlertid ikke skiftet ut, men disse vinduene var av nyere dato (tidlig 2000-tallet) og hadde derfor allerede en forholdsvis god standard. Ytterveggene i underetasjen ble ikke etterisolert utover den (delvis forbedrede) standarden som de hadde fått tidligere. Bortsett fra ny badstue er planløsningen i underetasjen uendret. Ett av soverommene er imidlertid blitt trimrom og kontoret er omgjort til gjestesoverom. I dag bor det bare 2 personer i huset, unntatt på kortere perioder når de voksne barna er på besøk. Kjellerstue, sove- og trimrom i underetasjen er derfor normalt ikke oppvarmet.

Romoppvarmingen skjer i hovedsak gjennom et sentralt, el-basert og vannbårent ettrørssystem med to kretser og radiatorer i rommene. Radiatorene på stue og kjøkken har termostat, ellers ikke. Dessuten er det installert varmekabler på bad og dusj i hovedetasjen samt på bad/vaskerom og vindfang/hall i underetasjen. Varmekablene i de tre badene er i drift hele året, mens varmekablene i vindfang/hall er slått av på sommeren. I overgangstida (vår og høst), når radiatoroppvarming ikke er i drift, kan varmekablene i vindfang/hall fortsatt være slått på. Det er også varmekabler i trimrommet, men disse er normalt ikke i bruk. De to soverommene i underetasjen har elektriske panelovner. Systemet er ikke endret etter utvidelse og ombygging, og det ble heller ikke gjennomført ny innregulering av det vannbårne anlegget. Ifølge eieren er peisen sjelden i bruk. Bruk av ved er derfor ikke tatt med i beregninger og vurderinger.

I hovedetasjen er det blitt installert balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Aggregatet med roterende gjenvinner er plassert i skap i tidligere minste soverom vis a vis trapp (nå brukt til kontor, i det følgende betegnet som "kontor 2"). I underetasjen er avtrekk fra bad/vaskerom og WC tilknyttet ventilasjonen med overstrømming via hall og trapp. Andre rom i underetasjen (de som normalt er uoppvarmet) er ikke tilknyttet ventilasjonssystemet og har delvis tettelister i dørkarmen. I disse rom er det beholdt veggventiler som åpnes bare ved behov. I stua er også en veggventil beholdt og i kjøkken en ny montert i tilbygget. Hovedgrunnen til at balansert ventilasjon i underetasjen bare har to avtrekksventiler, mens tilluftskanaler ikke er ført ned til denne etasjen, er at det bygningsteknisk hadde vært svært vanskelig å gjennomføre. Beboerne sover med åpent vindu.

Tabell 1 gir en oversikt over tiltak foreslått i EKSBO og tilstanden som lå til grunn for energiberegning i 2006/08, sammenliknet med faktisk gjennomførte tiltak og faktisk tilstand i 2014/15.

I januar 2015 ble dessuten den opprinnelige, energikrevende sirkulasjonspumpa for romoppvarming erstattet med en mye mer effektiv frekvensstyrt pumpe. Dette skjedde etter drøftinger i prosjektet, men ble betalt av eieren ettersom utskiftingen bør være svært lønnsom i seg selv.

Tabell 1 Oversikt over foreslåtte og faktisk gjennomførte tiltak samt antatt og faktisk tilstand

Foreslåtte tiltak/antatt tilstand i 2006/08 (EKSBO-rapport med vedlagte notater)	Faktisk gjennomførte tiltak/faktisk tilstand i 2014/15	Øker (+)/minsker (-) energibehov
Etterisolering av taket (totalt 40 cm)	Er gjennomført	/
Etterisolering av ytterveggene i 1. et. (totalt 20 cm)	Er gjennomført, unntatt 2 mindre veggfelter	(+)
Trelagsvinduer i 1. et., U-verdi 0,8	Er gjennomført, men balkongdører U-verdi 0,9	(+)
(Ikke tatt hensyn til)	Nye hjørnevinduer i stua	+
(Ikke tatt hensyn til)	Utvidelse av kjøkkenet	+
Utvendig etterisolering for å redusere kuldebro	Ikke gjennomført	+
Etterisolering av ytterveggene i u-et. (totalt 20 cm)	Ikke gjennomført	+
Trelagsvinduer i u-et., U-verdi 0,8	Bare delvis gjennomført	+
(Ikke tatt hensyn til)	Utvidelse: ny badstue	+
Tetting rundt vinduer og bedre dampsperre; lekkasjetall 2,0 h ⁻¹	Delvis gjennomført, ikke tilfredsstillende; lekkasjetall 3,5 h ⁻¹ (se kapittel 0)	+
Balansert ventilasjon m/ varmegjenvinning	Bare delvis gjennomført	+
(Ikke tatt hensyn til)	Stue, sove- og trimrom i u-et. ikke oppvarmet	-
(Ikke tatt hensyn til)	Varmekabler på bad i drift hele året	+
(Ikke tatt hensyn til)	Beboerne sover med åpent vindu	+
5 beboere	2 beboere	+ (romoppvarming) - (annen energi)

3 Målinger

3.1 Lufttetthetsmåling og termografering

I sammenheng med EKSBO-prosjektet ble det den 9. juni 2006 gjennomført en lufttetthetsmåling med et resultat på $4,3 \text{ h}^{-1}$ ved 50 Pa trykkforskjell. Trykktesten ble foretatt før utvidelsen av bygningskroppen. I de opprinnelige energiberegningene i EKSBO ble det antatt at lekkasjetallet gjennom foreslåtte tiltak kunne forbedres til $2,0 \text{ h}^{-1}$. For å verifisere dette, utførte SINTEF Byggforsk v/ Sverre Holøs og Anna Svensson den 19. februar 2015 en ny tetthetsmåling (trykktest) og termografering. Det ble informert av beboer at det ikke var fokus på lufttetthet under utbyggingen og at etterisolering av loftet ble utført uten noen tiltak på lekkasje.

Ved undertrykk ble det målt tre ulike scenarioer, mens en fullskala måling med over- og undertrykk kun er utført for nr. 2 (se Tabell 2).

Tid: kl. 7-11

Innetemperatur i uoppvarmete rom: 15-16 °C

Utetemperatur: 2-6 °C

Vind: 3 m/s

Tabell 2 Resultater av lufttetthetsmålinger

Nr.	Beskrivelse	Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt
1	Teiping av kun ventilasjonsaggregat og peis	3,54		
2	Teiping av alle ventiler fra og til ventilasjonsanlegget	3,42	3,51	3,46
3	Med lukkede dører til uoppvarmete soner i underetasjen.	3,39		

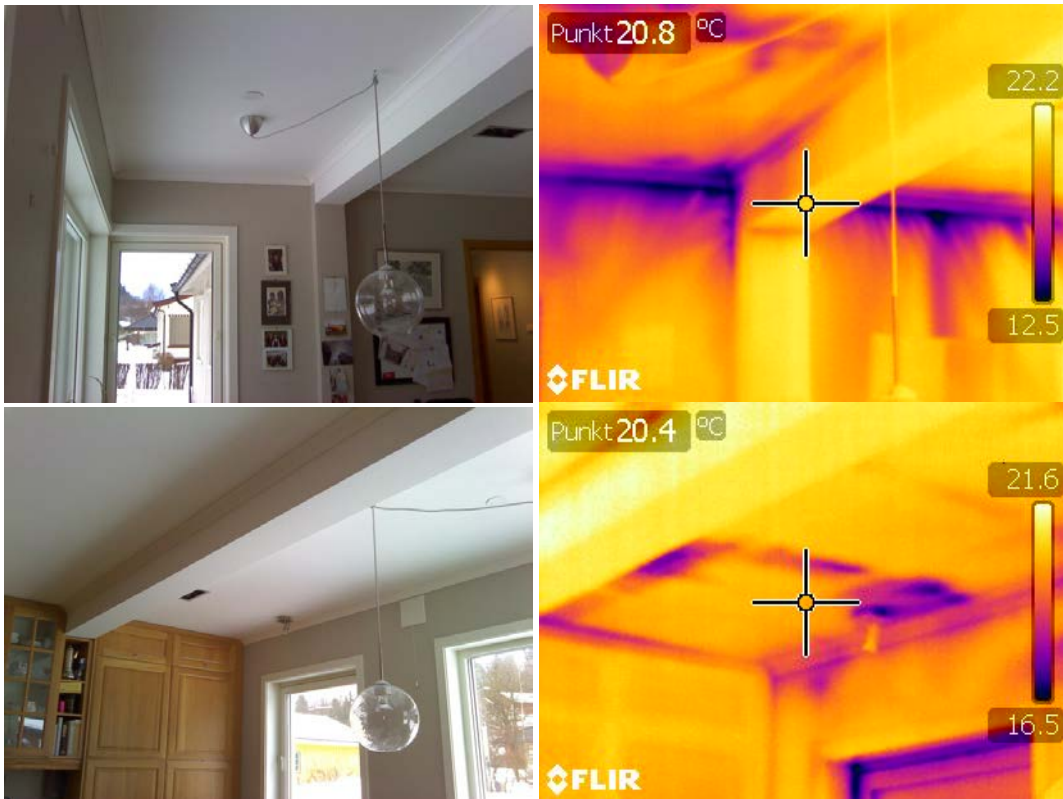
Boligen har etter tiltak fått et lekkasjetall på $3,5 \text{ h}^{-1}$, hvilket er en reduksjon på $0,8 \text{ h}^{-1}$. Lukkede dører mellom oppvarmete og ikke oppvarmete rom gir ikke et vesentlig annet resultat. Den i sin tid antatte store forbedringen til $2,0 \text{ h}^{-1}$ ble altså ikke oppnådd. Årsaken til det blir synlig når man ser på bildene fra termograferingen.

Termograferingen påviste bl.a. en del lekkasjer ved innfestningen av nye vinduer og balkongdører, se Figur 1 for eksempel.



Figur 1 Lekkasje mellom nyinnsatte vinduer og veggen (stue).

Det er også lekkasjer i hjørnet ved tilbygget mot trapperom og loft og dårlig isolert ved gjennomføringer for belysning i samme del (utvidet kjøkken), se Figur 2.



Figur 2 Lekkasje og dårlig isolering i tilbygget (utvidet kjøkken).

Termograferingen viser dessuten flere lekkasjer i overgangen mot loft og enkelte vegger. I underetasjen er det (som forventet) dokumentert mange lekkasjer og kuldebroer. En omfattende sammenstilling av termografibildene er gitt i vedlegget.

3.2 Temperatur- og fuktmålinger

Det ble logget temperaturer og relativ luftfuktighet på 15 plasseringer fra november 2014 til mai 2016. Ti Tinytag-loggere ble plassert forskjellige steder inne i huset, fire målere i forskjellige deler av ventilasjonsaggregatet og én måler ute på balkong for å registrere utetemperatur, se Tabell 3. Det eksisterer dessverre ingen tegninger over planløsningene etter utvidelse og ombygging. Vi har derfor valgt å bare liste opp tabellarisk hvor loggeutstyret er plassert, uten å illustrere dette på tegninger som kunne virke misvisende ettersom planløsningene er endret.

Det var feil med dataene fra tre av målerne: i kontor 1 i hovedetasjen, i hall i underetasjen samt utetemperaturmåleren installert på balkongen. For beregninger hvor det har vært bruk for utetemperatur, har målingene fra ventilasjonsaggregatet før varmeveksler (måler nummer 11) blitt benyttet. Det medfører en liten usikkerhet å bruke denne verdien ettersom luften kan ha blitt varmet opp gjennom kanalstrekking til aggregatet. Kontroll mot Meteorologisk institutts klimadata viser at logget verdi er i gjennomsnitt 1,2 °C høyere enn laveste døgntemperaturer for Asker for vinteren 2014-2015. Dette kan like gjerne skyldes lokale variasjoner mellom målestasjon i Asker og husets konkrete beliggenhet og betraktes ikke som en stor usikkerhet.

Tabell 3 Plassering av loggeutstyr

Nr.	Måleutstyr	Plassering	Kommentar
	Tinytag #		
1	5798	Kjøkken	
2	607535	Stue	
3	607532	Soverom	
4	5750 (1)	Kontor 1 (tidligere soverom)	Feil med data
5	5747	Kontor 2 (tidligere soverom)	
6	597888 (4)	Bad	
7	5922 (6) <i>plus2</i>	U-etasje soverom i tidligere garasje	
8	5352 (7)	U-etasje hall	Feil med data
9	5751	U-etasje kjellerstue	
10	5749	U-etasje gjesterom bak kjellerstue	
11	5742 <i>plus2</i>	Ventilasjonsaggregat: Tilluft før varmegjenvinning	
12	5743 <i>plus2</i>	Ventilasjonsaggregat: Tilluft etter varmegjenvinning	
13	5744 <i>plus2</i>	Ventilasjonsaggregat: Avtrekk før varmegjenvinning	
14	3597882 U2	Ventilasjonsaggregat: Avtrekk etter varmegjenvinning	
15	5453	Ute på balkong	Feil med data

Resultater

Målingene for de *oppvarmede rommene* viser verdier omtrent som forventet. Disse verdiene er brukt inn i noen av energisimuleringene. På soverommet, som ikke har aktiv oppvarming utover gjenvunnet varme i ventilasjonslufta og som ifølge eier normalt har åpent vindu på natta, blir temperaturen aldri lavere enn 14 °C, hvis vi ser bort fra noen perioder på dagtid hvor det antakelig ble luftet over lengre tid og med vidåpent vindu og/eller balkongdør.

Gjennomsnittstemperaturen over døgnet i perioden 1. oktober 2015 til 1. april 2016 ble målt til 17,4 °C på soverommet, mens målinger i de andre rommene på hovedetasjen viste gjennomsnittstemperaturer på 20,8 (kontor 2), 21,6 (kjøkken), 21,8 (stue) og 22,6 grader (bad).

Målingene i de *uoppvarmede rommene* i underetasjen viser at temperaturen bare sporadisk er under 10 °C, og at nivået på relativ luftfuktighet er aldri bekymringsverdig høyt. Det var med andre ord aldri noen fare for kondens og medfølgende fuktproblemer i måleperioden.

Temperaturen i de *uoppvarmede rommene* viser seg å være høyere enn antatt gjennom vinteren 2014-2015 og også videre i 2015/16, til tross for at det ikke er gjort tiltak for å redusere varmetapet i disse sonene utover nye vinduer i kjellerstua. Også disse verdiene er brukt inn i energisimuleringene. Gjennomsnittstemperaturen over døgnet i perioden 1. oktober 2015 til 1. april 2016, unntatt 21.-31. desember hvor rommene har vært oppvarmet, ble målt til 17,3 (gjesterom bak kjellerstue), 16,2 (kjellerstue) og 13,6 grader (soverom i tidligere garasje). De høye temperaturene i uoppvarmede rom har antagelig sammenheng med at uisolerte rør til varmedistribusjonssystemet går igjennom de to første rommene, samt at varmetapet fra andre deler av huset er høyere enn antatt. Dessuten var vinteren 2014-2015 og også oktober-desember 2015 mildere enn dimensjonerende forhold (seinere tall enn for desember 2015 er foreløpig ikke tilgjengelig).

Beregninger basert på målte temperaturforskjeller før og etter varmegjenvinning viser en *gjenvinningsgrad* på 69 %, mens det i den opprinnelige energiberegningen i EKSBO var antatt 82 % varmegjenvinning. Beregningen bygger imidlertid på usikre forutsetninger, blant

annet plassering av temperaturloggere i ventilasjonsanlegget. Reell varmegjenvinning kan derfor godt ligge noe høyere, dog antakeligvis ikke like høyt som antatt i EKSBO.

3.3 Strøm-, vann- og varmemålinger

Boligen har ikke tidligere hatt noen formålsdelt måling av energien, det har derfor ikke vært mulig å avdekke energibruket til kun oppvarming. Den 21.11.2014 ble det montert kursmålere på elektriske kurser som går på oppvarmingen, det vil si varmekabler til vindfang/hall i underetasjen, stort bad i hovedetasjen og bad/vaskerom i underetasjen (varmekabler til dusjrommet i hovedetasjen kunne ikke måles direkte; forbruket må derfor estimeres separat). Disse samt en måler for strøm til ventilasjonsanlegget ble montert direkte ved bryter i rommene. For måling av oppvarmingssystemet ble det på el-tavla instrumentert en kursmåler hver på kursene til el-kjelen og til tilhørende sirkulasjonspumper.

For å måle nettoenergibehovet og fordelingen mellom vannbåren varme og varmtvann ble det instrumentert en flowmåler av type ISTA på tappevann-kretsen og en energimåler av type Kamstrup 402 på radiatorkretsen.

Målerne måtte leses av manuelt. Eieren fikk tildelt et skjema og leste av målerne hver uke, samt hver dag for en typisk vinter-, vår-, sommer- og høst-uke.

Resultater

I perioden mellom 20. november 2014 og 20. november 2015 ble det målt et *totalt strømforbruk* på 24 028 kilowattimer. I tidligere årsperioder har totalforbruket ligget på henholdsvis 21 224 kWh (2013/14), 24 714 kWh (2012/13) og 23 278 (2011/12) kWh. Tallene ligger på omtrent samme størrelsesorden, med vanlige variasjoner mellom ulike år som kan ha sin årsak i temperaturforskjeller, ferie i ulike deler av året og liknende. Vi antar derfor at et totalt strømforbruk på 24 000 kWh per år er representativt. I rapporten i EKSBO-prosjektet ble det tatt utgangspunkt i målte forbrukstall for 2006 til 2008, som gir et gjennomsnittlig årsforbruk på rundt 30 000 kWh før oppgradering og utvidelse (Mysen 2008).

Temperaturforholdene i Asker (uttrykt i graddagstall) i perioden 2014-15 har vært tilnærmet de samme som i perioden 2006-2008. Dette gjør at vi direkte kan sammenlikne målt forbruk i periodene, uten å korrigere for ulik klima. Et årsforbruk på 24 000 kWh utgjør en reduksjon på 20 prosent, sammenliknet med et årsforbruk på 30 000 kWh før oppgradering og utvidelse.

Målingen av varmt tappevann og av varmen i radiatorkretsen for romoppvarming har dessverre ikke gitt brukbare resultater. Spesielt energimåleren for radiatorkretsen viser ekstremt lave, urealistiske tall. Årsaken ble ikke nærmere undersøkt, men vi antar at montasjefeil ligger til grunn for de lave tall på romoppvarming. Vi var derfor nødt til å estimere nettoenergibehovet og fordelingen mellom vannbåren varme og varmtvann på grunnlag av de øvrige målte verdiene.

Tabell 4 viser målt strømforbruk totalt og fordelt på energiposter.

Tabell 4 Målt strømforbruk i perioden 20.11.2014 – 20.11.2015 [kWh]. Deler av enkeltposter er estimert, se postene i tabellen

Totalt målt strømforbruk	24 028
Varmekabler (entré, vaskerom, bad målt; dusj estimert)	5 000
Ventilasjon	796
Sirkulasjonspumpe varmtvann	210
Sirkulasjonspumpe radiatorkrets (ca. 10 måneder målt, 2 måneder estimert)	174
El-kjele (varmtvann + romoppvarming)	11 518
Annet (belysning og utstyr; beregnet = totalt målt forbruk – alle poster ovenfor)	6 330

For å kunne estimere andelene av målt strømforbruk til el-kjelen som går til henholdsvis varmtvannsberedning eller romoppvarming, ser vi på målt forbruk til el-kjelen i utvalgte perioder utenfor oppvarmingssesongen. I gjennomsnittet gir dette et forbruk til vannoppvarming på 11 kWh per døgn. For hele året kan vi derfor anslå et strømforbruk til *varmtvannsberedning* på 4 000 kWh. Dette tallet kan vi trekke fra målt strøm til el-kjelen (11 518 kWh). Som resultat får vi et anslag for strømforbruk til vannbåren romoppvarming på 7 518 kWh. En stor del av romoppvarmingen dekkes imidlertid av varmekabler (5 000 kWh). Tilsammen gir dette et årlig strømforbruk til *romoppvarming* på 12 518 kWh. I rapporten i EKSBO-prosjektet ble det anslått et romoppvarmingsbehov på ca. 17 000 kWh før oppgradering og utvidelse. Sammenliknet med det, er romoppvarmingsbehovet nå redusert med ca. 26 % (eller nærmere 30 % hvis man justerer for pumper og varmekabler). For *varmtvann, belysning og utstyr i sum* hadde EKSBO-rapporten anslått et strømbehov på ca. 13 000 kWh. Summen av postene etter oppgradering og utvidelse blir 10 330 kWh (6 330 + 4 000). Dette er en reduksjon på ca. 20 % (eller bare 15 %, hvis man justerer for pumper og varmekabler). På den andre siden er strømforbruk for vifter og pumper økt med ca. 800 kWh for *drift av ventilasjonsanlegget* (tallet inkluderer antakelig noe strøm til ventilasjonsvarme; dette kunne ikke måles separat). Tabell 5 sammenstiller energiforbruk før og etter oppgradering og utvidelse.

Tabell 5 Sammenlikning av målt strømforbruk før og etter oppgradering og utvidelse [kWh/år]. I kolonnen "justert" er anslått forbruk av sirkulasjonspumper omfordelt til egen post (med antatt lik forbruk som målt i 2014/15). Dessuten er antatt 700 kWh for sommerforbruk av varmekabler overført fra varmtvann, lys, utstyr til romoppvarming (forbruket ble avdekket i målingen, se teksten nedenfor).

Energipost	Før oppgradering og utvidelse		Etter oppgradering og utvidelse		Endring +/-
	Målt	Justert	Målt	Avrundet	
Totalt	30 000	30 000	24 028	24 000	- 20 %
Romoppvarming	17 000	17 500	12 518	12 500	- 29 %
Varmtvann, lys, utstyr	13 000	12 100	10 330	10 300	- 15 %
Vifter og pumper	(inkl. i andre poster) 0	400	1 180	1 200	+ 200 %

Som eieren hadde informert om, er varmekablene på badene slått på hele året. Dette ble bekreftet av målingene. Mellom 8. juni og 7. september 2015 ble det målt 275 kWh strøm til varmekablene i vaskerommet og 219 kWh til badet. Hvis vi for dusjrommet antar et forbruk i samme størrelsesorden, kan vi estimere et *sommerforbruk for varmekabler* på rundt 700 kWh. Dette er unødvendig forbruk på grunn av komfortønsker og ikke på grunn av reelt oppvarmingsbehov. Sommerdrift av varmekabler eller vannbåren varme på bad er derfor ikke inkludert i standardiserte energibehovsberegninger.

Målt energibruk til *romoppvarming innenfor fyringssesongen* var altså ca. 11 800 kWh. Av dette hadde radiatorsystemet en andel på ca. 7 500 kWh, mens 4 300 kWh ble levert av varmekabler (5 000 – 700). Det innebærer at bare 64 % av oppvarmingsbehovet ble dekket av vannbåren varme, mens mer enn en tredjedel ble dekket av direktevirkende elektrisitet (36 %). I tillegg inkluderer posten for belysning og utstyr noe strøm til elektriske panelovner i to soverom i underetasjen. Ettersom disse rommene sjeldent er i bruk, er andelen imidlertid ubetydelig.

Forbrukstall for *vifter og pumper* (1 200 kWh) er noe høyere enn estimert i den opprinnelige energiberegningen i EKSBO (916 kWh i et normalår), men inkluderer antakelig noe strøm til varmebatteriet i ventilasjonsanlegget. Størrelsesordenen er derfor på et akseptabelt nivå. Målingene bekrefter at den nye, frekvensstyrte pumpe i radiatorsystemet bruker svært lite strøm. Målinger for den opprinnelige pumpe er imidlertid ikke gjort, slik at det ikke er mulig å sammenlikne gammel og ny pumpe.

Utover de nevnte momentene viser målingene ikke uvanlig høy energibruk til enkelte formål.

4 Energiberegninger

Ikke alle energieffektiviseringstiltak som var forutsatt i energiberegningene i EKSBO-prosjektet, ble gjennomført. Dessuten er huset blitt utvidet og bruksmønsteret er endret ved at det er færre beboere enn tidligere. Det var derfor nødvendig å utføre nye energiberegninger. Som i EKSBO, skulle også de nye beregningene baseres på mest mulig reelle antakelser og inndata. Beskrivelsen av tilstand og bruksmønster i kapittel 0 samt resultatene fra de ulike målingene i kapittel 0 er derfor lagt til grunn for energiberegningene. I tillegg til korrigerte tall for arealer, U-verdier osv. i samsvar med realiteten, har vi delt opp bygningsmodellen i en permanent oppvarmet del (to soner i hhv. hoved- og underetasje) og en del som normalt ikke er oppvarmet (én sone i underetasjen). Videre har vi trinnvis tilpasset inndataene i henhold til observasjonene for å komme til en mest mulig realistisk simuleringsmodell. Tabell 6 gir en oversikt over foretatte tilpasninger av inndata.

Beregningene ble utført med programmet SIMIEN. Det må understrekes at driftsforholdene i en bare delvis oppvarmet bolig, som dessuten har to ulike ventilasjonssystemer, ikke lar seg avbilde fullgodt i vanlige simuleringsprogrammer som SIMIEN. Resultatene kan derfor bare betraktes som mer eller mindre realistiske tilnærminger i en sannsynlig størrelsesorden. Avvik fra målte verdier vil ikke være overraskende, og usikkerheten er enda større enn ved beregninger av hus med mer vanlig bruksmønster.

Tabell 6 Tilpasning av inndata i simuleringsmodellen.

Inndata-tilpasning	Kommentar
Oppvarmet del: Settpunkt-temperatur for oppvarming 19 °C i driftstid / 17 °C utenfor driftstid	I samsvar med reelt målt temperatur (settpunkt valgt noe lavere enn målt gjennomsnittstemperatur)
Uoppvarmet del: Settpunkt-temperatur for oppvarming 18 °C i driftstid / 5 °C utenfor driftstid	Valgt veldig lavt settpunkt utenfor driftstid for å simulere at det ikke er aktiv oppvarming.
Effektbehov til varmtvann satt til 2,21 W/m ²	65 % av standardverdi i NS 3031
Ventilasjon: Varmegjenvinningsgrad satt til 69 %	Vinter-virkningsgrad basert på målte temperaturer
Vifteeffekt: SFP-Faktor 2,5 kW/(m ³ /s)	Antatt pga. noe lange kanalføringer
Luftmengde utenfor driftstid i uoppvarmet del satt til 0,3 m ³ /hm ²	Ventiler i uoppvarmet del er stengt utenfor driftstid.
Internlaster er kun slått på to uker ved jul på uoppvarmet del (= driftstid uoppvarmet del)	Skal simulere at det er besøk i disse to uker, ellers er ingen personer tilstede i uoppvarmet del.

Energiberegninger tar utgangspunkt i et normalår. For å kunne sammenlikne målt forbruk med beregninger, må vi justere den delen av målt energi som går til romoppvarming, i henhold til reelt klima i den målte perioden. Vi har derfor gjennomført en såkalt graddagsjustering av målte verdier.

Resultater

En oversikt over beregningsresultater, sammenliknet med graddagsjusterte målinger, er gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Energibudsjett: Sammenlikning av beregningsresultater, målinger og målte verdier omregnet til et normalår [kWh/år]. Målte tall er avrundet. Omregning til et normalår er gjort etter graddagsmetoden.

Energipost	Resultat i SIMIEN	Målt 2014/15	Omregnet til normalår
Totalt	25 337	24 000	25 770
Romoppvarming inkl. ventilasjonsvarme	15 427	11 800	13 570
Varmtvann	3 344	4 000	4 000
Vifter	1 198	800	800
Pumper	373	400	400
Belysning, utstyr inkl. sommerbruk varmekabler	4 995	7 000	7 000

Vi ser at målte verdier, omregnet til et normalår, ligger relativt nær opp til SIMIEN-resultatene. Tatt i betraktning de usikkerhetene som er knyttet til beregningene, ser det ut som om målt energibruk til romoppvarming ligger omtrent på et nivå som er realistisk for den undersøkte eneboligen. Også strøm til vifter og pumper ligger i nærheten av det som ble beregnet. Det samme gjelder varmtvann, belysning og utstyr, spesielt når en er bevisst på at belysning og utstyr inkluderer ca. 700 kWh sommerforbruk for varmekabler. En bør også være klar over at våre tall fra SIMIEN gjelder beregnet *netto* energibehov, som ikke tar hensyn til effektivitetstap i oppvarmingssystemet. Behov for *levert* energi til oppvarming kan derfor ligge 20-30 % høyere enn nettoresultatene (vi nevner her ikke tall for beregnet levert energi fordi det er stor usikkerhet knyttet til disse på grunn av boligens kompleksitet med oppvarmingsrør gjennom uoppvarmede rom).

For å kunne se hvor mye noen enkelte endringer utgjør, har vi utført beregninger av seks varianter, se oppsummering i Tabell 8.

Tabell 8 Energibudsjett: Sammenlikning av beregningsresultater for ulike varianter [kWh/år]. I hver variant er bare den faktoren endret som er nevnt i kolonne-overskriften. Hver variant kan so sammenliknes med utgangspunktet i kolonnen "som bygget".

Energipost	Som bygget (utgangspunkt)	Lekkasjetall 2,0	Varmegjenvinning 82 %	SFP-faktor 1,5	Med oppvarmet underetasje	Balansert ventilasjon overallt	Naturlig ventilasjon overallt
Totalt	25 337	24 099	24 701	24 527	29 397	25 242	26 285
Romoppvarming inkl. ventilasjonsvarme	15 427	14 206	14 791	14 989	19 415	15 016	17 526
Varmtvann	3 344	3 344	3 344	3 344	3 344	3 344	3 344
Vifter	1 198	1 198	1 198	845	1 198	1 564	0
Pumper	373	356	373	355	446	324	420
Belysning, utstyr	4 995	4 995	4 995	4 995	4 995	4 995	4 995

Som vi ser, ville oppvarming av hele underetasjen medføre en stor økning av oppvarmingsbehovet (ca. 4 000 kWh per år). Balansert ventilasjon i hele boligen (også i uoppvarmet del) ville gi litt lavere oppvarmingsbehov, men også litt høyere strømbehov til ventilasjonsvifter. I sum blir totalt energibehov omtrent likt. Naturlig ventilasjon i hele boligen ville også gi høyere oppvarmingsbehov (ca. 2 000 kWh per år) og dessuten innebære mindre komfort i den bebodde delen (åpne ventiler eller vindusåpning er nødvendig også på veldig kalde dager for å opprettholde luftkvaliteten). I praksis ville det antakelig også være behov for mekanisk avtrekk fra rom uten vindu, slik at det tilkommer energibehov for vifter (som i beregningseksempelen ikke er tatt med).

I tillegg til nevnte oppvarmings- og ventilasjonsvarianter har vi simulert utgangsvarianten med endrede inngangsdata for lufttetthet og ventilasjonssystemet. Vi ser at boligen med lufttetthet som forutsatt i energiberegningene i EKSBO (lekkasjetall 2,0 istedenfor 3,5 h⁻¹ som målt) ville ha behov for 1 200 kWh mindre oppvarmingsbehov per år. Med varmegjenvinningsgrad på 82 %, som i EKSBO var antatt som realistisk, istedenfor 69 % som estimert på basis av målinger, ville oppvarmingsbehovet synke med ca. 600 kWh per år. Bedre vifteeffektivitet (SFP-faktor på 1,5 kW/(m³/s) som antatt oppnåelig i EKSBO) ville gi både lavere oppvarmingsbehov og lavere energibehov for viftedrift; i sum ville SFP-faktor 1,5 istedenfor 2,5 gi en reduksjon på ca. 800 kWh/år. Vi ser at de mange luftlekkasjene har den største innvirkningen på energibehovet, men også dårligere varmegjenvinning og vifteeffektivitet har betydelig innflytelse på resultatet. Hvis alle disse tre faktorene hadde blitt oppnådd som antatt i EKSBO, kunne vi kanskje regne med 2 000 kWh mindre energibehov (total besparelse vil være noe mindre enn summen av alle tre hver for seg).

5 Vurderinger

5.1 Oppvarmingssystemet

Det eksisterende vannbårne ettrørssystemet med to radiatorkretser er ikke blitt endret etter energieffektivisering og utvidelse. Bruks- og driftsmønsteret er imidlertid sterkt forandret, med betydelig mindre varmebehov i hovedetasjen og flere normalt ikke oppvarmete rom. Dette tilsier at hele systemet burde innreguleres på nytt, tilpasset de endrede forholdene i boligen; rørstrekk i uoppvarmete rom burde isoleres. For å kunne balansere de to rørkretsene mot hverandre, burde det før innreguleringen monteres en strupeventil i hver av disse. Dette ble foreslått i prosjektet, men måtte droppes fordi rørkretsene blir delt i etasjeskilleren, slik at de ikke uten videre er tilgjengelig for ventilmontasje. Den gamle, lite effektive pumpa ble likevel erstattet av en ny, høyeffektiv og frekvensstyrt sirkulasjonspumpe.

En frekvensstyrt pumpe sørger for sirkulasjon i den grad som det er behov, altså når et radiatorventil åpnes. Pumpa bruker derfor vesentlig mindre driftsenergi enn eldre, ikke frekvensstyrte pumper. Vi har ingen målte tall for energibruk til opprinnelig pumpe, men det burde ikke være tvil om at den nye pumpa er vesentlig mer effektiv, både når det er etterspørsel etter varme (åpent ventil på én eller flere radiatorer) og når det ikke er varmebehov (alle ventiler stengt). I et ettrørssystem sirkulerer imidlertid alltid noe vann, også når alle ventiler er stengt. Dette er systembetinget og kan ikke endres, så lenge ettrørssystemet som sådan skal beholdes. For å hindre unødvendig sirkulasjon, burde pumpa derfor utenfor fyringssesongen stenges manuelt, noe som også ble gjort i måleperioden.

Som nevnt, burde anlegget helst innreguleres på nytt. Det er imidlertid usikkert hvor mye energi en kunne spare gjennom en slik innregulering. Det finnes ingen erfaringstall fra små anlegg med ettrørssystem i Norge. God lønnsomhet er derfor ikke nødvendigvis gitt, spesielt når rørkretsene er vanskelig tilgjengelig. Effektiviseringspotensialet i den aktuelle boligen er dessuten mindre fordi mer enn en tredjedel av oppvarmingsbehovet ikke blir dekket av vannbåren varme, men av direktevirkende elektrisitet. Denne delen av energiforbruket ville ikke bli påvirket av bedre innregulering.

Etrørssystemer kan i seg selv medføre en del unødvendig energibruk. I den aktuelle boligen er dette spesielt ugunstig ettersom uisolerte varmerør går gjennom uoppvarmete rom i underetasjen, med noe sirkulasjon selv om det ikke er varmebehov i andre rom. Etter oppgraderingen er oppvarmingsbehovet i hovedetasjen mye mindre, mens store deler av underetasjen ikke skal oppvarmes i det hele tatt. Dette gjør at andelen varme som sirkulerer i systemet uten å kunne nyttiggjøres, er vesentlig større enn før.

Også gjennomgående drift av varmekabler på badene innebærer nå, etter oppgraderingen, en større andel energibruk som ikke kan nyttiggjøres for dekking av varmebehov i boligen. Dette gjelder spesielt på sommeren, men også innenfor fyringssesongen vil det være perioder hvor boligen ikke har behov for varmetilførsel. I tillegg kan varmekabler bidra til overoppvarming på varme dager. Selvsagt øker varmekablene komforten på badene, men dette utnyttes i realiteten bare på relativt korte perioder, sammenliknet med total tid over hele året når varmekablene er slått på.

5.2 Ventilasjonssystemet

Kanalføringen ble ikke utført som anbefalt i rapporten i EKSBO-prosjektet. Systemet har blitt mer komplisert og fått lengre kanalføringer. Vi har derfor antatt dårligere vifteeffekt (høyere SFP-faktor). Luftinntak og -avkast har også fått betydelig lengre kanaler fra gavlfasade istedenfor fra langfasade. Dette medfører større varmetap mot disse kalde kanalene. Videre ser det ut som om varmegjennvinningsgraden i ventilasjonsaggregatet er lavere enn antatt. Målingene er imidlertid usikre. En mulig årsak for den dårligere gjenvinningsgraden kan være at det stadig ledes noe luft fra kjøkkenhetta forbi gjenvinneren.

Dette potensielle feilen kunne imidlertid ikke verifiseres i prosjektet. Generelt kan det sies at ventilasjonssystemet har mindre effekt for energisparing enn man kunne anta fordi det er mange luftlekkasjer i bygningskroppen, noe som medfører at en mindre del av ventilasjonslufta går gjennom ventilasjonsaggregatet.

5.3 Ventilasjonsløsning

Hovedgrunnen for at det ikke ble installert balansert ventilasjon i de i dag uoppvarmete delene av huset, har vært vanskelig teknisk gjennomførbarhet. I tillegg kan det stilles spørsmålsteget ved om det er formålstjenlig å installere balansert ventilasjon i normalt ikke oppvarmete soner. Eieren vurderer det ellers som u hensiktsmessig å ventilere soverommet med oppvarmet luft der det normalt er åpent vindu. I den konkrete boligen er det i tillegg ugunstig at nedkjølt soveromluft strømmes videre til et tilknyttet dusjrom hvor det er avtrekk og hvor det er ønsket høyere temperatur (dusjrommet er bare tilgjengelig fra soverommet, men har vindu).

For dagens situasjon med flere ikke-oppvarmete rom i underetasjen vurderer vi det som hensiktsmessig at denne delen ikke er tilknyttet balansert ventilasjon. Tilknytningen ville ha medført større kostnader, som ikke kunne nedbetales med tilstrekkelig mye sparte energikostnader. Vi ser også at temperaturene i praksis ikke blir så lave at det er fare for kondens. Våre beregninger indikerer imidlertid også at balansert ventilasjon i hele huset ikke nødvendigvis ville medføre mye større energibehov, selv ikke i dagens situasjon med mange uoppvarmete rom. Dette tilsier at man i tilfeller der ubebodde rom i deler av underetasjen bare er tenkt for en overgangsperiode, kunne vurdere å installere balansert ventilasjon i hele boligen, uten å risikere høy energibruk mens rommene ikke er i bruk. I slike tilfeller burde det være mulig å styre forskjellige soner etter ulike mønstre (minimale luftmengder i ubebodde, normal ventilering i resten av huset).

Et ønske om kaldt soverom ble ikke uttrykt da rapporten i EKSBO ble utarbeidet. I tilfelle det hadde vært drøftet, ville det vært mulig å utvikle en bedre tilpasset løsning. En mulighet hadde vært å forberede ventilasjon av soverommet, men ikke ta i bruk ventilen foreløpig (da ville soverommet få luft via overstrømning mellom gang og dusj, men ikke fått tilført direkte varme). En annen mulighet kunne ha vært å forsyne dusjrommet med både tilluft og avtrekk, slik at det ikke må strømmes luft gjennom soverommet. Videre ville det vært mulig å lede tilluftskanalen mot soverommet uisolert gjennom det større badet, slik at soverommet får tilført litt avkjølt luft, mens badet får tilført mer varme². Dessuten kunne det ha blitt vurdert å droppe (eller bare forberede) mekanisk ventilasjon i dusjrommet, som jo har vindu som kan åpnes. I så fall kunne både dusj og soverom ventileres naturlig, uten bruk av mekaniske systemer. Forøvrig kunne det ha blitt vurdert å installere et tilpasset ventilasjonsaggregat under himlingen på det større badet istedenfor på det lille kontoret der aggregatet er plassert nå. På badet ville støy fra aggregatet bli mindre sjenerende enn på kontoret (som i EKSBO-rapporten var forutsatt å bli teknisk rom).

I tilfeller der framtidige ønsker om kaldt soverom/åpent vindu på soverom ikke er kjent, kan det være en hensiktsmessig løsning å forberede både soverom og tilknyttet dusj/bad for balansert ventilasjon, men gi mulighet for utelukkende naturlig ventilasjon der det passer (dersom dusj/bad ikke har vindu, må det i så fall få både tilluft og avtrekk, eller gjennomstrømning fra andre rom).

5.4 Resultater fra målinger og beregninger

Målt *totalt årsforbruk*, omregnet til et normalår og delt på hele potensielt oppvarmet bruksareal på 242 kvadratmeter, utgjør 106,5 kWh/m² BRA. Dette ligger ca. 20 kWh/m² under energirammen for nybygg som er tillatt i Byggteknisk forskrift (TEK 10). Spesifikk forbruk til *oppvarming* (56 kWh/m²) er ca. 10 kWh/m² lavere enn TEK 10 tilsier. Hvis vi

² Se f.eks. Schnieders (2004)

deler målt årsforbruk bare på bevisst oppvarmet bruksareal på 170 m², ligger både totalt forbruk (ca. + 20 kWh/m²) og forbruk til oppvarming (ca. + 10 kWh/m²) høyere enn TEK 10 tilsier. Dette ville imidlertid være en skeiv sammenlikning ettersom også de uoppvarmete rommene i realiteten til en viss grad er oppvarmet, som målingene viser.

Målt forbruk inkluderer alt systemtap og uttrykker derfor levert energi, mens TEK 10 har rammer for netto energibehov. Det betyr at målt energi til oppvarming av den aktuelle boligen ligger enda tydeligere under rammen gitt i TEK 10. Målt energi til oppvarming er også lavere enn våre beregningsresultater i SIMIEN. Det må derfor konstateres at resultatet slett ikke er dårlig.

Når dette er sagt, er det likevel interessant å se nærmere på enkelte energiposter samt mulige årsaker for høyere energibruk enn man i utgangspunktet kanskje kunne forvente.

Energibruk til *varmtvannsberedning* er lavere enn standardverdiene som brukes i energiberegninger i henhold til TEK 10, også når en relaterer forbruket bare til den bevisst oppvarmete delen. Målt energibruk til *belysning og utstyr* (utover tekniske installasjoner) er derimot omtrent på nivået som legges til grunn i TEK 10, selv om det bare bor to personer i huset. Tallet inkluderer ca. 3 kWh/m² BRA for sommerforbruk til varmekabler, men også utover det burde det være noe sparepotensial.

Oppsummert ser vi følgende hovedfaktorer som bidrar til høy energibruk:

- Bygningskroppen har fortsatt mange luftlekkasjer pga. dårlig utførelse ved ombygging og utvidelse og fordi det ikke er gjort etterisoleringstiltak i underetasjen. Av samme grunn har kuldebroene i underetasjen ikke blitt forbedret. Dårlig lufttetthet alene utgjør hvert år mer enn 1 000 kWh ekstra varmebehov.
- Reelt er det i uoppvarmete rom høyere temperaturer enn forventet. Årsaken er varmetilførsel fra uisolerte oppvarmingsrør og fra tilgrensende oppvarmete rom.
- Det vannbårne ettrørssystemet til romoppvarming jobber mye mindre effektivt når bare deler av huset er oppvarmet og denne delen i tillegg har mindre varmebehov enn tidligere. Dette medfører mye unødvendig sirkulasjon og store varmetap til ikke-oppvarmete deler av huset.
- Gjennomgående drift av varmekabler på badene innebærer etter oppgraderingen en større andel energibruk som ikke kan nyttiggjøres for dekking av varmebehov. Dette gjelder spesielt sommerforbruket, som alene utgjør ca. 700 kWh og som har, relativt sett, nå større betydning for totalt energibruk enn tidligere.
- Ventilasjonssystemet er mindre effektivt enn forventet, mest på grunn av ugunstig valg av kanalføringer, men med en viss sannsynlighet også på grunn av lavere varmegjenvinning.
- Beboerne sover med åpent vindu på soverommet. Innflytelsen kunne ikke måles, men vi ser at romtemperaturen likevel ikke blir veldig lav. Vi antar at konsekvensene for energibruk holder seg på et beskjedent nivå³.

Hvis vi ser på *energiebruk per person* og ikke per kvadratmeter bruksareal, er forbruket uansett høyt. Dette er i hovedsak et resultat av bruksmønster og planløsning i et småhus med hoved- og underetasje, som gir begrensede muligheter for energieffektiv drift dersom det er kun få beboere. For to personer gir hovedetasjen alene (121 m²) et bruksareal i nærheten av det som er gjennomsnittet i Norge. I tillegg kommer et stort område i underetasjen som også varmes opp (49 m²). Selv om en del av underetasjen normalt ikke varmes opp aktivt (72 m²), er det en viss indirekte oppvarming også i disse rommene. Et stort areal rundt vindfang/hall, vaskerom og badstue brukes forholdsvis lite, sammenliknet med boarealet i hovedetasjen,

³ I en studie om temperaturdifferensiering i passivhus ble det beregnet økt årlig oppvarmingsbehov pga. kaldt soverom på 2-7 kWh/m². Samtidig ble det vist til at de høyere verdiene (opptil 7 kWh/m²) i praksis ikke ble målt (Feist 2004).

men er likevel fullt oppvarmet. Dette gir liten nytte og ekstra varmetap mot uoppvarmete rom samt til dårlig isolerte vegger og gulv. Ettersom hall og hovedetasje er knyttet sammen via åpen trapp, er denne sonen i praksis en del av det oppvarmete boarealet. Et lukket trapperom ville gitt mulighet for å skille etasjene fra hverandre og tillate å ha lavere temperatur i inngangssonen, noe som også ville gi mindre varmetap mot vegger, gulv og uoppvarmete rom. En slik løsning ville imidlertid kreve større inngrep i planløsningen og ville ikke være enkelt å få til.

6 Anbefalinger

6.1 Anbefalte tiltak i prosjektet

Det bør vurderes å utbedre *lufttetting* og eventuelle hull i isolasjonen ved de store lekkasjene i hjørnet ved tilbygget mellom kjøkken, trapperom, ventilasjonssjakt og loft (se termografibilder i kapittel 3.1). Når det er behov for endringer som utskifting av kledninger, vinduer, dører osv., bør det samtidig gjøres tiltak for bedre lufttetting, samt eventuell etterisolering der det passer.

I uoppvarmete rom i underetasjen bør alle tilgjengelige rørledninger i radiatorsystemet isoleres, også bak himlinger hvis det ikke er for krevende å komme til. Sirkulasjonspumpa i *oppvarmingsssystemet* bør stenges av når det er lengre perioder uten oppvarmingsbehov. Utover disse tiltak er effektiviseringspotensialet av ettrørssystemet relativt liten, også tatt i betraktning at større deler av det reelle oppvarmingsbehovet dekkes av direktevirkende elektrisitet, uavhengig av det vannbårne systemet. Det vil ikke være lønnsomt å installere en varmpumpe tilknyttet dette systemet. Et vanlig torørssystem som dekker mest mulig av oppvarmingsbehovet (inkludert badene) ville være mye mer effektivt, kunne styres bedre og ville være bedre egnet for tilknytning av en varmpumpe, men en tilsvarende ombygging ville neppe være lønnsom. Ved endt levetid av berederen, radiatorene og/eller rørrnett kunne det derimot vurderes å gi opp vannbåren oppvarming og gå over til elektriske panelovner. Dette ville stoppe unødvendig sirkulasjon og gi mye mindre unyttig varmetilførsel til uoppvarmete rom. For *varmtvannsberedning* kunne det i så fall vurderes solvarme, se utredning i EKSBO-rapporten. Enova gir tilskudd til solfangeranlegg. Kapasiteten burde da tilpasses utvidet behov ved normalt antall beboere i slike hus; lønnsomheten ville derfor være lavere så lenge det bare bor to personer i boligen.

Det bør vurderes å stenge av *varmekabler* på bad når det over lengre perioder ikke er behov for romoppvarming. Det kan dessuten vurderes å slå av varmekablene i vindfang/hall i overgangstida eller generelt, så lenge dette ikke medfører uakseptabelt lave innnetemperaturer. Varmetilførselen her er lite effektiv og medfører store varmetap.

Det bør undersøkes om det eventuelt kontinuerlig ledes noe luft fra avtrekkshette forbi gjenvinneren (kanskje på grunn av en minimal åpning over kjøkkenhetta eller lekkasje). Som en enkel tilpasning av *ventilasjonssystemet* kunne det vurderes å stenge tilluftventilen på soverommet, slik at tilluft kommer inn via overstrømning fra gangen. Det bør i så fall sjekkes om lufttilførselen totalt i andre deler av huset må justeres, samt om overstrømning er mulig i tilstrekkelig grad. Hvis det er akseptabelt med ventilasjon gjennom vinduet, kan det også vurderes å stenge avtrekksventilen på dusjrommet. Det medfører behov for justert innregulering, men overstrømning mellom gang og soverom er ikke nødvendig (begge rom ventileres da gjennom vinduer).

6.2 Anbefalinger for liknende prosjekter

I praksis er det ikke uvanlig at eierne blir boende i store eneboliger etter at barna er flyttet ut. Dessverre synker ikke energibehovet i takt med antall beboere, spesielt ikke behov for energi som er går til oppvarming av boligen. Velger man å ikke oppvarme rom som normalt ikke er i bruk, fører det ikke til energisparing i samme grad som forskjellen mellom "fullt oppvarmet" og "ikke oppvarmet" skulle tilsi. Avhengig av boligens konkrete utforming, oppvarmings- og planløsning samt bruksmønster kan det bli store mengder energi som indirekte går til oppvarming av rom som ikke trenger denne varmen. Problemet er spesielt stort i boliger over to etasjer med åpen forbindelse og/eller med vannbåren oppvarming basert på et ettrørssystem. En større andel ubebodde/uoppvarmete rom minsker også energieffektivitetspotensialet og lønnsomheten av tiltak som installasjon av varmpumpe eller balansert ventilasjon. Etterisolering av ubebodde rom er også lite lønnsom.

Hovedanbefalingen er derfor å ikke bli boende i et altfor stort hus. Alternativer til å flytte til en mindre bolig kan være å leie ut en del av huset (hvis eksisterende planløsning er egnet eller lett kan tilpasses), eller å bygge om boligen slik at den kan fungere for to atskilte boenheter. På basis av slike helhetlige løsninger kan energieffektivisering og oppgradering av hele huset utføres etter behov og ønsker. Ombygging av et eksisterende ettrørssystem til et torørssystem kunne i så fall vurderes som alternativ, f.eks. for å kunne utnytte varmepumper.

Gitt at eierne ikke ønsker å flytte og heller ikke vil overlate en del av huset til andre, er det hensiktsmessig å ikke oppvarme rom som ikke er i bruk. I så fall burde oppvarmingssystemet sjekkes nærmere. Vannbårne ettrørssystemer med rørledninger gjennom uoppvarmete rom er svært lite egnet. Avhengig av tilstanden i systemet, gjenstående levetid og hvordan oppvarmingen er løst i hele huset (f.eks. eksisterende varmekabler, panelovn), kan det være et alternativ å gå over til direktevirkende elektrisk oppvarming, kanskje i en kombinasjon med luft-til-luft varmepumpe eller bio-baserte løsninger. Oppvarmingsrør gjennom uoppvarmete rom må isoleres, og anlegget bør innreguleres på nytt etter større endringer i varmebehovet. Det bør også vurderes muligheter for å skape et klart skille mellom bebodd, fullt oppvarmet del, uoppvarmet del og soner som kan ha moderat oppvarming, slik at store entréarealer f.eks. i underetasjen ikke må oppvarmes fullt ut. I uoppvarmete rom må det sikres at temperaturen ikke blir så lav at det er fare for kondens. Varmekabler bør bare være i drift når det er reelt oppvarmingsbehov.

Prosjektseksempelet har vist at installasjon av balansert ventilasjon i hele boligen kan være energimessig forsvarlig, men det vil ikke være kostnadssvarende. Hvis normal bruk av alle rom ikke er tenkt på sikt, bør derfor balansert ventilasjon bare installeres i den bebodde delen. Dersom ubebodde rom derimot kun er tenkt å ha i en overgangsperiode, kan det i tilfelle behov/ønske for større oppgradering likevel vurderes balansert ventilasjon i hele boligen. I så fall bør det være mulig å styre luftmengdene i de ulike sonene på en tilpasset måte. For å ha tilstrekkelig fleksibilitet for ulike ønsker i framtida, bør soverommet inkluderes i ventilasjonssystemet, med mulighet for å stenge av tilluftventilen hvis ønskelig. Dersom et bad har bare tilgang fra soverommet, kan det vurderes at badet får egen tilluftventil for å unngå at tilluft blir nedkjølt gjennom et kaldt soverom.

For etterisolering, ny innsetting av vinduer og andre oppgraderingstiltak i bygningskroppen er det svært viktig at god lufttetting er ivarettatt og at kuldebroer blir redusert, så langt det er realistisk. Utføringen må derfor planlegges i detalj og følges opp nøye. Det samme gjelder ventilasjonssystemet, der det bør tilstrebes enkle og korte kanalføringer.

7 Referanser

Rapporter og notater fra EKSBO:

Mads Mysen. *Energireduserende tiltak i Husarveien 26. Energisystemer*. Oppdragsrapport, SINTEF Byggforsk 29.10.2008.

Trine Dyrstad Pettersen og Tor Helge Dokka. *Energiberegninger for Husarveien 26*. Notat, SINTEF Byggforsk 9.8.2006, rev. 29.10.2008.

Håkon Einstabland. *Tekniske løsninger for Husarveien 26*. Notat, SINTEF Byggforsk 31.10.2006.

Materialet er tilgjengelig på prosjektsiden til EKSBO på

<http://www.sintef.no/Projectweb/Eksbo/Forbildeprosjekter/Husarveien-26/>.

Feist, Wolfgang (2004). *Konsequenzen für die Planung*. I: Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase III, Protokollband Nr. 25, Darmstadt.

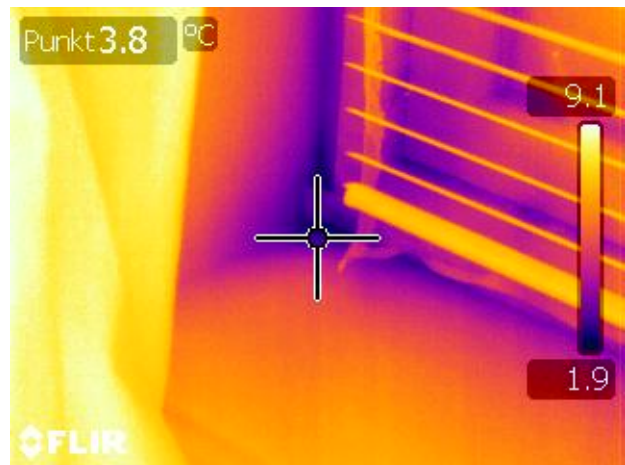
Schnieders, Jürgen (2004). *Temperaturdifferenzen gezielt herstellen – wie geht's?* I: Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase III, Protokollband Nr. 25, Darmstadt.

Vedlegg: Bilder fra termografering

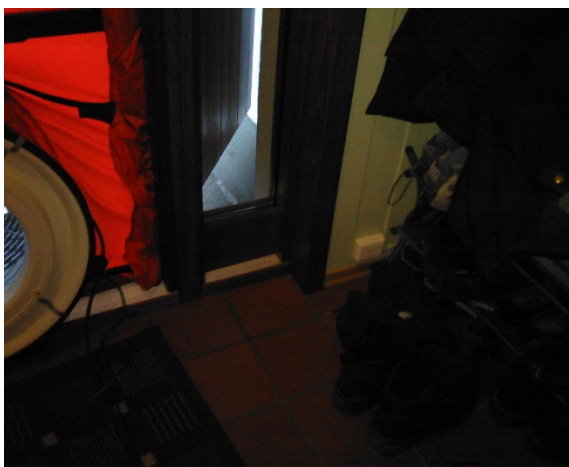
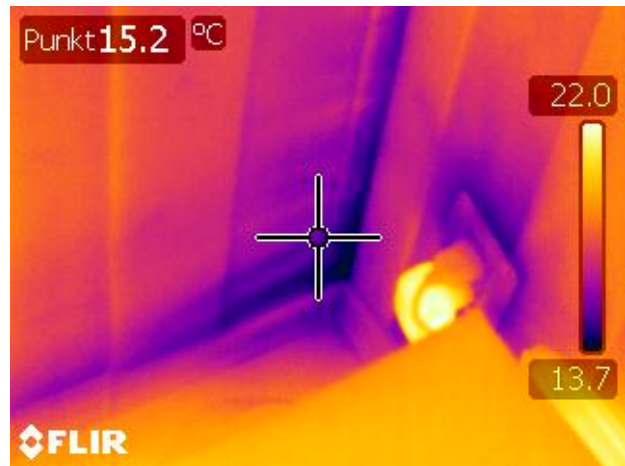
Bildene er tatt 19.2.2015, se kapittel 0.



U-et.: soverom i tidligere garasje, vindu i yttervegg mot sørøst

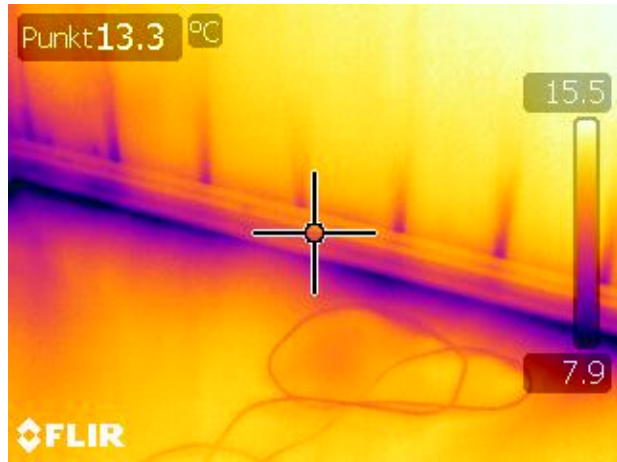


U-et.: hall, yttervegg mot sørøst/skillevegg mot vindfang

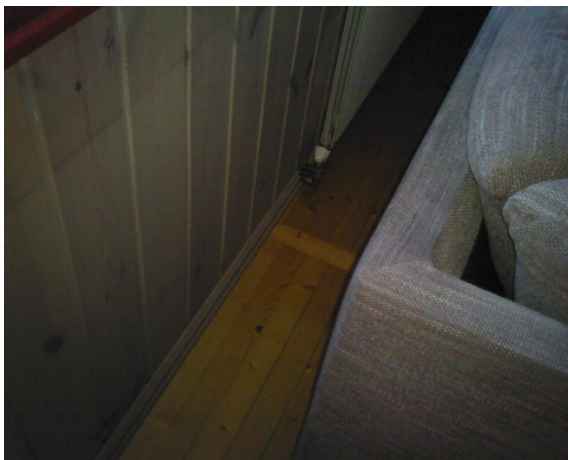


U-et.: vindfang mot inngangsdør

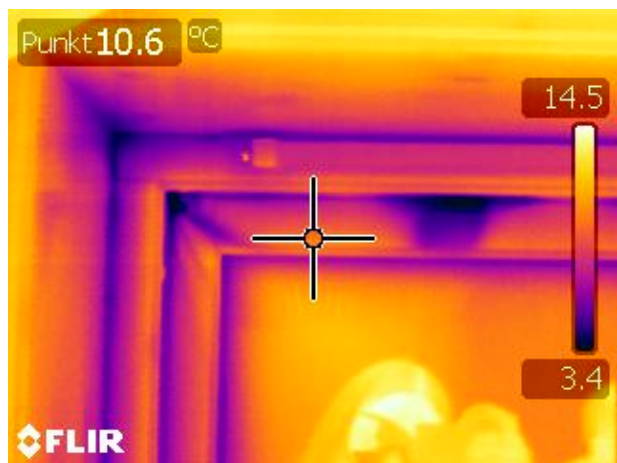




U-et.: kjellerstue, yttervegg mot sørøst/yttervegg mot inngang



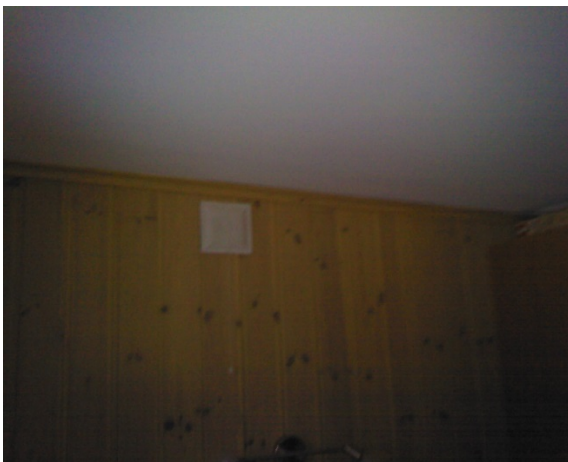
U-et.: kjellerstue, yttervegg mot sørøst



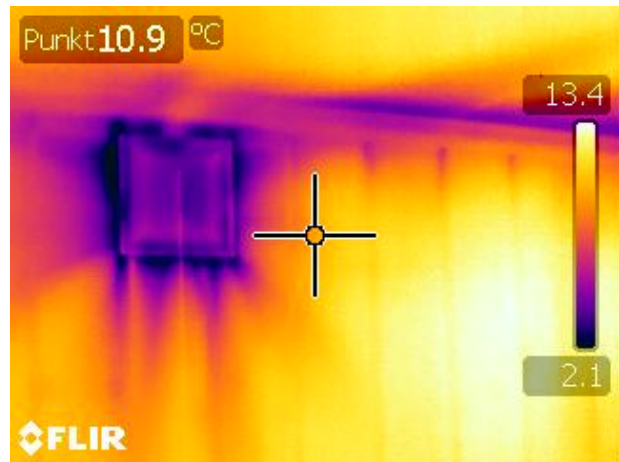
U-et.: gjesterom bak kjellerstue, vindu mot sørøst



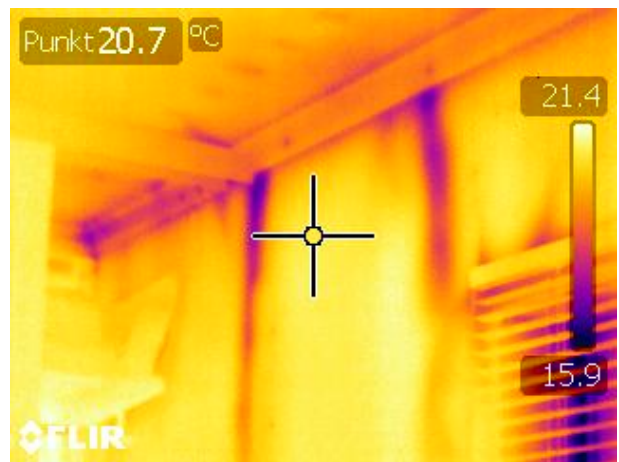
U-et.: gjesterom bak kjellerstue, vindu mot sørøst

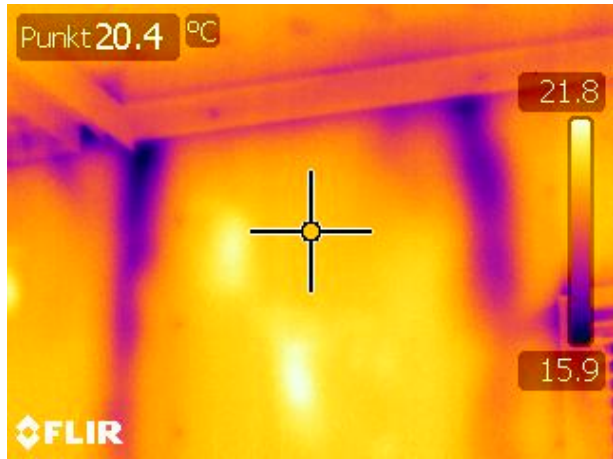


U-et.: gjesterom bak kjellerstue, ventil i yttervegg mot sørvest/etasjeskiller mot 1. et.

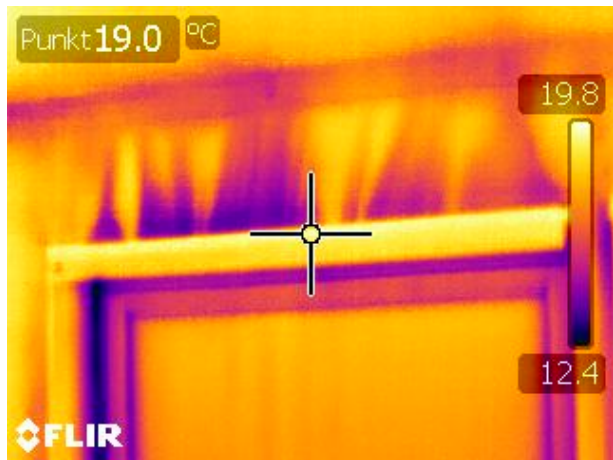
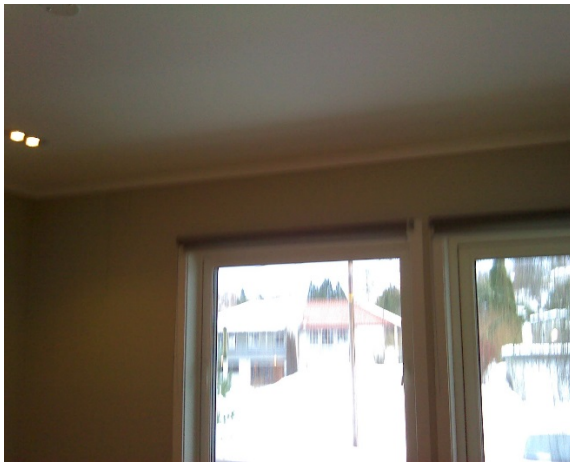


1. et.: kontor 1, yttervegg mot nordvest/skillevegg mot trapperom/etasjeskiller mot loft

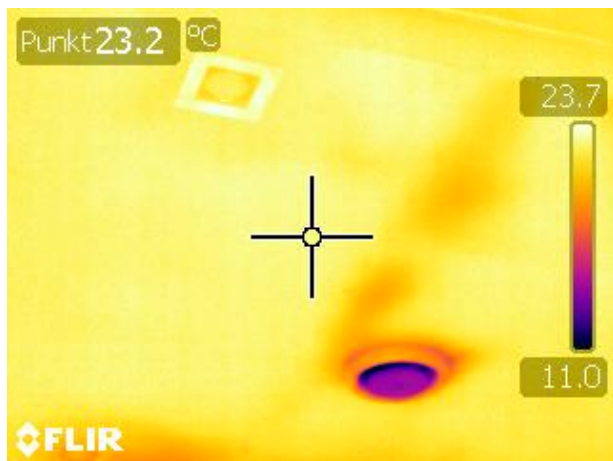
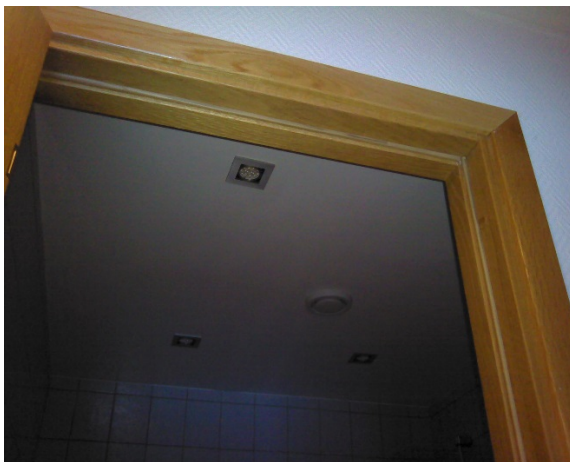




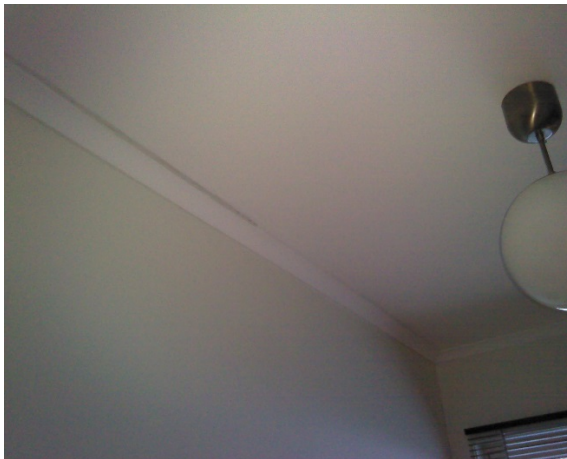
1. et.: kontor 1, yttervegg mot nordvesttrapperom/etasjeskiller mot loft



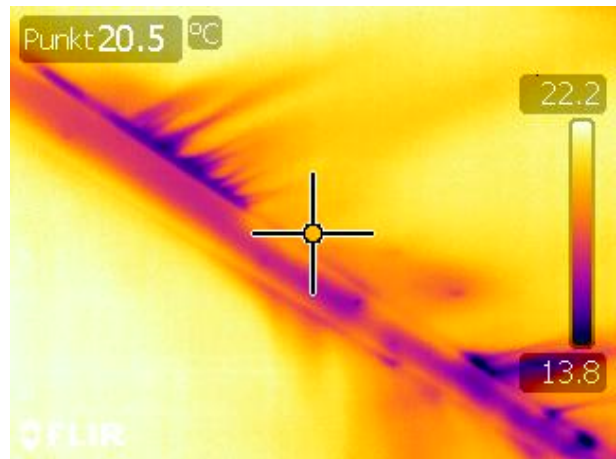
1. et.: soverom, vindu i yttervegg mot sørøst/etasjeskiller mot loft



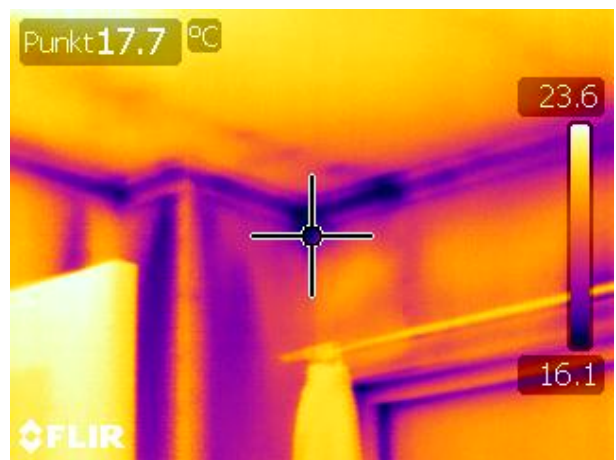
1. et.: dusj, avtrekksventil i etasjeskiller mot loft



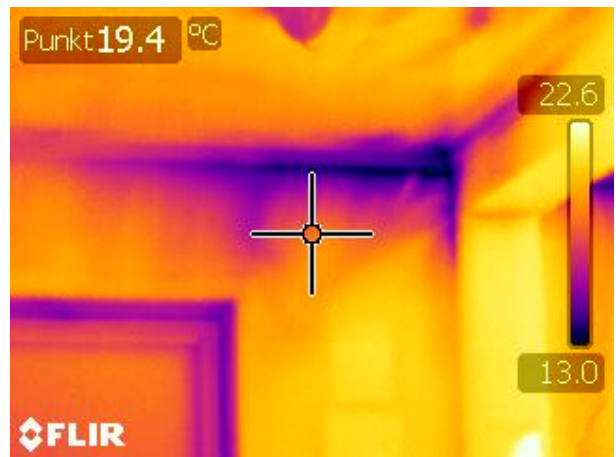
1. et: kontor 2, skillevegg mot dusj/etasjeskiller mot loft/yttervegg mot sørøst



1. et.: trapperom, skillevegg mot kjøkken/yttervegg mot nordvest, etasjeskiller mot loft

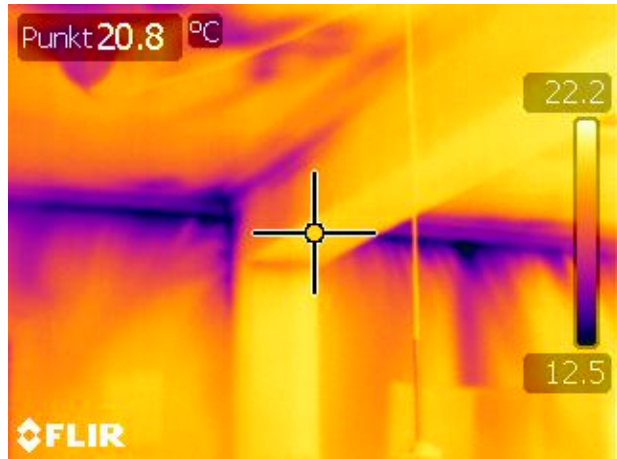


1. et.: kjøkken, tilbygg mot nordvest-nordøst/skillevegg mot trapperom/etasjeskiller mot loft

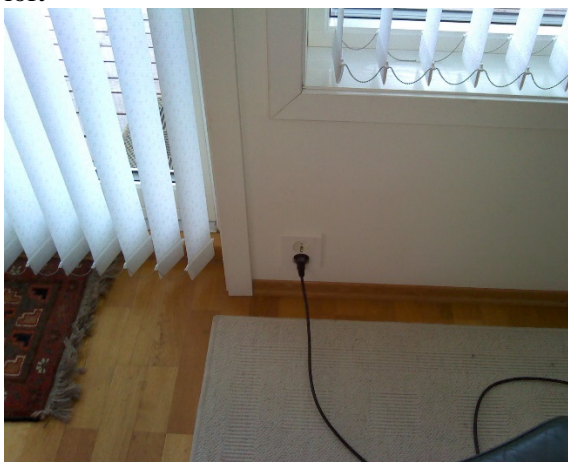
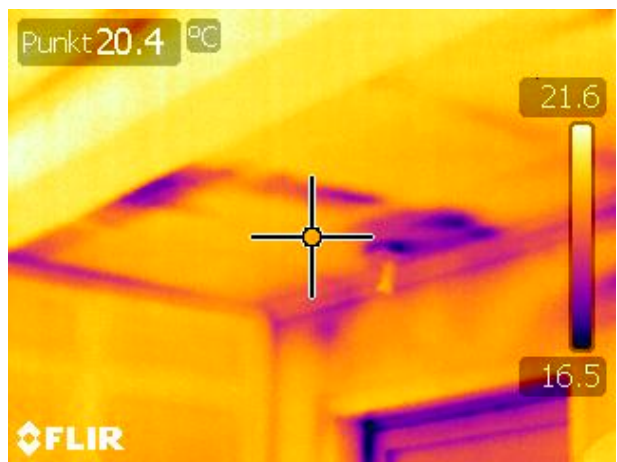




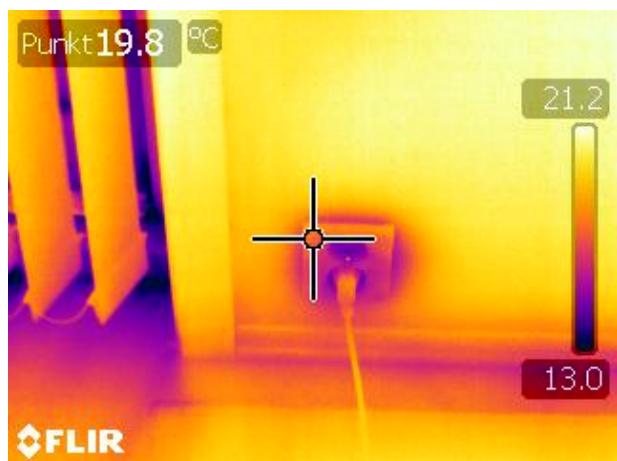
1. et.: kjøkken, tilbygg mot nordøst/skillevegg mot trapperom/etasjeskiller mot loft

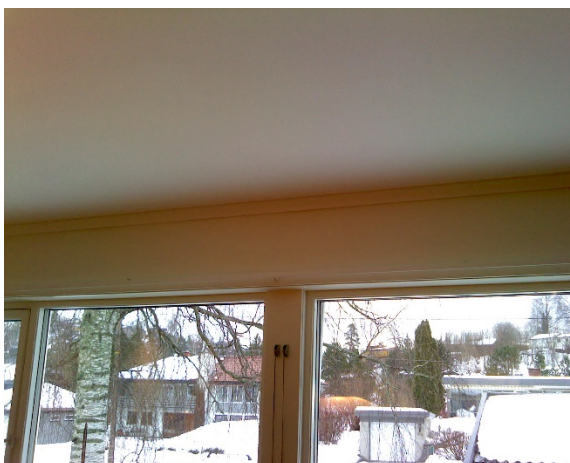


1. et.: kjøkken, tilbygg mot sørvest-nordvest/skillevegg mot stue/etasjeskiller mot loft

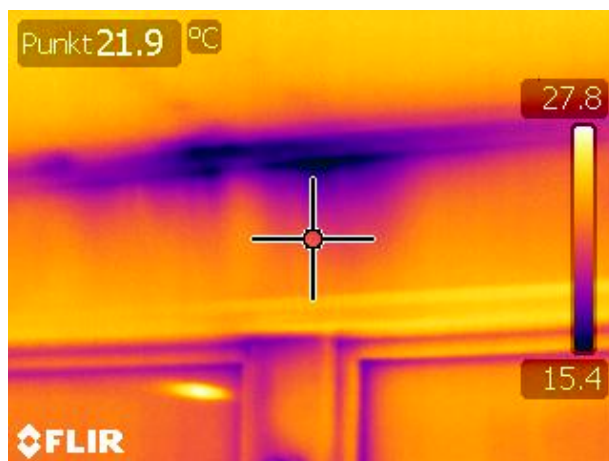


1. et.: stue, gulv/yttervegg og terrassedør mot sørvest

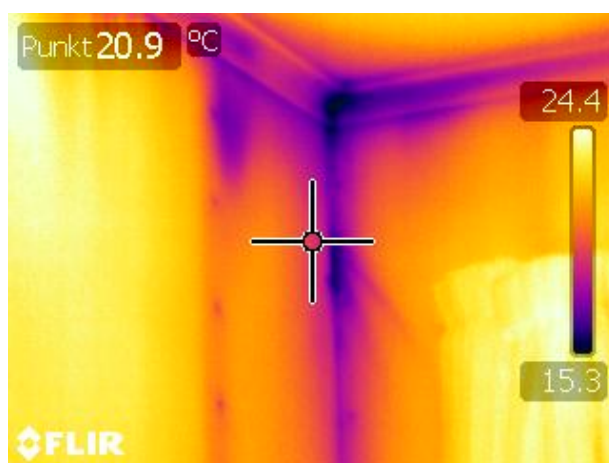




1. et.: stue, vinduer i yttervegg mot sørøst/etasjeskiller mot loft



1. et.: stue, vinduer i yttervegg mot sørøst/yttervegg mot balkong/etasjeskiller mot loft



Etterevaluering av EKSBO-pilotprosjekt. Enebolig i Asker

Denne rapporten gjør rede for resultatene fra evaluering av en enebolig i Asker. Huset var pilot i NFR-prosjektet "Kostnadseffektive energikonsepter for eksisterende boliger, EKSBO". Boligen er et tidstypisk hus fra 1966. I huset var det gjennomført utvidelser og energiltak, og bruksmønsteret har endret seg i senere år. Tiltakene var dels basert på tiltak foreslått i en EKSBO-rapport .

Det ble blant annet foretatt energimåling, temperaturmåling, lufttetthetsmåling og termografering. Basert på målingene og innhentet informasjon ble det gjennomført energiberegninger, og ulike løsningsvaranter ble simulert. På denne bakgrunnen anbefaler SINTEF Byggforsk tiltak for den aktuelle boligen, og også for liknende prosjekter der voksne barn har flyttet ut.