

BACHELOROPPGAVE:

**"BYGGTEKNISKE, ENERGIØKONOMISKE
TILTAK I EKSISTERENDE BOLIGHUS"**

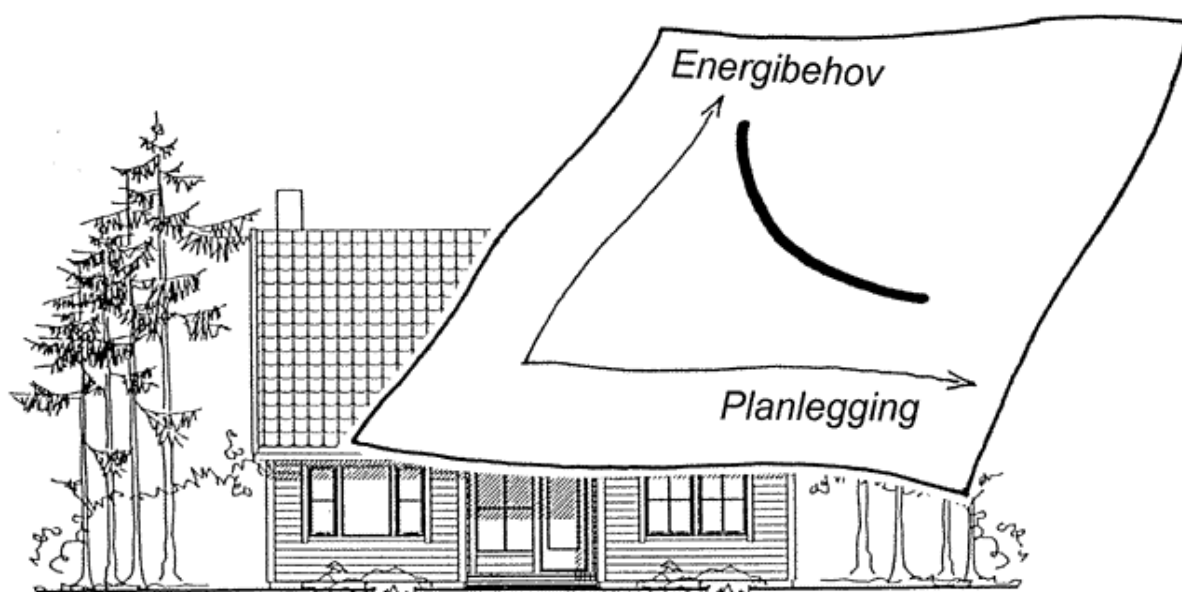
FORFATTERE:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Dato: 25. mai 2010



BACHELOROPPGAVE, VÅREN 2010, PROSJEKTSTYRING OG LEDELSE



”Byggtekniske, energiøkonomiske tiltak i eksisterende bolighus”

Rapporten er skrevet av: Bjørn Christian Bøe og Stian Mathisen



Forord

Denne rapporten tar for seg byggtekniske energi økonomiske tiltak i eksisterende bolighus. Dette er en avsluttende rapport ved Høgskolen i Gjøvik.

Valg av oppgave ble klar for oss begge, da det i oppstarten av bacheloroppgaven ble foreslått en oppgave med bruk av trykktesting og byggtermografering som metode av Jonny Nersveen. Vi har hatt emnet byggtermografering som valgfag tidligere, noe vi syntes var spennende og interessant.

Gruppe 11 ved Prosjektstyring og ledelse - Ingeniør bygg - Høgskolen i Gjøvik, har bestått av følgende deltagere:

- Bjørn Christian Bøe
- Stian Mathisen

Vi ønsker å gi en stor takk til Dr. Ing. Jonny Nersveen for veldig god veiledning, tilgjengelighet og ikke minst behjelpelighet ved utlån av utstyr.

Vi ønsker videre å takke SINTEF Byggforsk for tillatelse av bildebruk og illustrasjoner. SINTEF Byggforsk har gitt oss mye relevant litteratur i forbindelse med oppgaven.

Sist, men ikke minst så ønsker vi å rette en stor takk til Magnar Eikerol og Tormod Mathisen for at vi fikk bruke deres hus som "case" i bacheloroppgaven vår.

Bjørn Christian Bøe

Stian Mathisen

Gjøvik, 25. mai 2010



Innholdsfortegnelse

1 Sammendrag	1
2 Innledning.....	2
2.1 Bakgrunn	2
2.1.1 Nasjonale og internasjonale krav.....	2
2.1.2 Energimerkeordning for boliger.....	2
2.1.3 Energieffektivisering i boliger - miljøkrav – bærekraftig utvikling	2
2.1.4 Økonomisk innsparing for boligeierne og for samfunnet.....	4
2.2 Mål og begrensninger	5
2.2.1 Energieffektiviseringstiltak knyttet til klimaskjerm	5
2.2.2 Hva kan vi lære av Sverige.....	5
3 Teori.....	6
3.1 Energiforbruket i boliger.....	6
3.1.1 Energiforbruk i husholdninger	6
3.1.2 Energiforbruk pr. husholdning	6
3.1.3 Oppvarmingskilder i boliger	6
3.1.4 Energibruk i husholdninger 1930-2004.....	6
3.1.5 Energiforbruk i boliger etter byggeår.....	6
3.1.6 Potensial for energieffektivisering	7
3.2 EU/EØS/NORSKE KRAV TIL BOLIGER.....	7
3.2.1 Bygningsdirektivet.....	7
3.2.2 Fornybardirektivet	8
3.2.3 Eurokoder – Norsk Standard	8
3.2.4 Regjeringens Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012	8
3.2.5 Bygningslovgivningen i Norge – kort historisk oversikt	8
3.2.6 Ny byggesaksdel i plan- og bygningsloven.....	9
3.2.7 TEK – teknisk forskrift	10
3.3 Generelle konstruksjonsprinsipper for klimaskjerm til eldre hus	11
3.3.1 Klimaskjerm.....	11
3.3.2 Vindsperre	11
3.3.3 Dampsperre.....	12
3.3.4 Luftlekkasjer i boliger	12
3.3.5 Tetting	14
3.3.6 Kuldebro	14

3.3.7 Ytterveggenes utvikling - fra reisverk til dagens bindingsverk.....	16
3.3.8 Yttervegger.....	17
3.3.9 Gulv, etasjeskiller og loftsgulv.....	18
3.3.10 Materialer til tetning.....	19
3.3.11 Isolasjonsmaterialer.....	20
3.3.12 Stubbeloftsfyll.....	20
3.3.13 Mineralull.....	20
3.3.14 Generelt – Etterisolering av yttervegger.....	21
3.3.15 Generelt – Etterisolering mot kjeller og kryperom.....	21
3.3.16 Generelt – etterisolering av loftbjelkelag/etasjeskiller.....	21
3.4 Tiltak for utbedring av klimaskjerm i angjeldende boliger.....	22
3.4.1 Etterisolering – tunge bindingsverksvegger Etterisolering – innblåsning av isolasjon.....	22
3.4.2 Etterisolering – lette bindingsverksvegger.....	24
3.4.3 Etterisolering av trebjelkelag over Kryperom/kjeller.....	25
3.4.4 Etterisolering – Loftsbjelkelag med stubbeloftsfyll.....	27
3.4.5 Etterisolering - Loftsbjelkelag uten stubbeloft.....	29
3.5 Termografering.....	30
3.6 Trykktesting.....	32
3.7 Litt om energisystemene i Sverige og Norge – potensial for fornybar energi.....	34
3.8 Litt om svensk bygningslovgivning.....	35
3.9 Sentrale svenske energiøkonomiske tiltak.....	35
3.9.1 Bruk av fjernvarme i boliger i Sverige.....	35
3.9.2 Bruk av grunnvarme i boliger i Sverige og Norge.....	36
3.9.3 Utskifting av husholdningsmaskiner.....	36
4. Metode.....	37
4.1 Termografering.....	37
4.2 Trykktesting.....	37
5 Gjennomføring med resultater.....	39
5.1 Beskrivelse av bolig fra 1971.....	39
5.2 Gjennomføring av trykktesting i bolig fra 1971.....	41
5.3 Trykktesting av bolig fra 1971.....	44
5.4 Gjennomføring av termografering i bolig fra 1971.....	45
5.5 Termografering av bolig fra 1971.....	46
5.6 Tiltak for bolig fra 1971.....	51

5.7 Beskrivelse av bolig 1938.....	54
5.8 Gjennomføring av trykktesting av bolig fra 1938:	56
5.9 Trykktesting av bolig fra 1938.....	59
5.10 Gjennomføring av termografering i bolig fra 1938.....	60
5.11 Termografering av bolig fra 1938:	61
5.12 Tiltak enebolig i Gjøvik fra 1938	66
5.13 Hva har vi å lære av Sverige?	69
5.13.1 Svenske enøk tiltak	69
5.13.2 Resultater fra sammenlikning av norske og svenske forskriftskrav.....	70
6 Diskusjon	71
7 Konklusjon	72
8. Referanser	73
9 Vedlegg.....	77
9.1 Trykktesting	77
9.1.1 Test 1: Bolig fra 1938.....	77
9.1.2. Test 2: Bolig fra 1938.....	79
9.1.3. Test 1: Bolig fra 1971.....	81
9.1.4. Test 2: Bolig fra 1971.....	83
9.2 Tabeller for u-verdi	85
9.2.1 U-verdi - Tungt bindingsverksvegger	85
9.2.2 U-verdi - Lett bindingsverksvegger	85
9.2.3 U-verdi - Loftsbjelkelag med stubbeloft.....	86
9.2.4 U-verdi - Loftsbjelkelag uten stubbeloft	86
9.2.5 U-verdi - Bjelkelag mot kjeller/ kryperom.....	87
9.3 Prosjektplan	88
9.3 Møteinnkallinger og møtereferater.....	95
9.3.1 Møteinnkalling og møtereferat nr.1	95
9.3.2. Møteinnkalling og møtereferat nr.2	97
9.3.3. Møteinnkalling og møtereferat nr.3	99
9.3.4. Møteinnkalling og møtereferat nr.4	101
9.3.5. Møteinnkalling og møtereferat nr.5	103
9.3.6. Møteinnkalling og møtereferat nr.6	105
9.3.7. Møteinnkalling og møtereferat nr.7	107
9.4. Loggføring	109



1 Sammendrag

Tittel:	"Byggtekniske, energiøkonomiske tiltak i eksisterende bolighus"	Nr. :
		Dato : 25/5-2010
Deltaker(e):	Stian Mathisen Bjørn Christian Bøe	
Veileder(e):	Jonny Nersveen	
Oppdragsgiver:	Høgskolen i Gjøvik, HiG	
Kontaktperson:		
Stikkord (4 stk)	Etterisolering, Enøk, Trykktesting, Termografering	
Antall sider:112	Antall bilag:35	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen
<p>Rapporten tar for seg byggtekniske energiøkonomiske tiltak i eksisterende bolighus. Primært etterisolering av klimaskjerm.</p> <p>Det går et tidsskille fra midten av 1950 tallet for utførelse av bygningskonstruksjoner knyttet til klimaskjermen, da mineralullen kom som isolasjonsmateriale og plastfolie ble vanlig som dampsperre.</p> <p>Rapporten gir en generell beskrivelse av de ulike konstruksjonsprinsippene for perioden før og etter dette skillet. Vi har tatt for oss to boliger fra henholdsvis 1938 og 1971 som representanter for perioden før og etter ca. 1955. I vårt arbeid anvendt vi oss av trykktesting og termografering som metode for å finne feil og mangler i boligene.</p> <p>Vi fremmer forslag for utbedring av klimaskjerm ved etterisolering til angjeldende boliger.</p> <p>Vårt arbeid viser at prinsipielt sett er måten å energioptimalisere de valgte boligene på den samme, det vil si ved etterisolering.</p> <p>Det er lønnsomt med energieffektiviseringstiltak knyttet til klimaskjerm i boliger bygget både før og etter ca. 1955.</p> <p>Vi har også sett litt på svenske standarder og enøk tiltak. Det er vår oppfatning at vi har noe å lære av Sverige i enøk-sammenheng, spesielt ved satsing på fjernvarme og varme fra grunnen.</p> <p>Ved sammenlikningen av forskriftskrav i Norge og Sverige fant vi ut at det er lik u-verdi ved energitiltak til klimaskjerm for småhus.</p>		

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

2.1.1 Nasjonale og internasjonale krav

Klimaendringene er en stor samfunnsmessig utfordring. Kyoto- avtalen som ble underskrevet i desember 1997 i Kyoto, Japan, innebærer at 37 i-lands utslipp av klimagasser skal reduseres med 5,2 % i forhold til 1990-nivå frem til perioden 2008-2012.

I henhold til FNs klimapanel må klimagassutslippene reduseres med 50-80 % for å unngå farlige klimaendringer. Et viktig bidrag er i følge FN å redusere energibruken i bygg, bruke fornybar energi og bruke riktig energi til riktig formål.

I EU og i Norge/EØS er det en politisk målsetting å bidra til mindre energiforbruk i bygningsmassen. Dette knytter seg både til den eksisterende boligmassen og til nye boliger.

2.1.2 Energimerkeordning for boliger

Alle EU- og EØS landene innfører energimerkeordninger for bygninger. Det er i Norge lagt opp til at den enkelte huseier selv kan gjennomføre energimerkingen av sin bolig. Energimerket gir en karakter fra A til G hvor A er beste karakter.

- A og B: Lavenergibygninger og passivhus; dette er bygninger som er bygget bedre enn kravene til nye bygg.
- C-D: Nye bygninger som tilfredsstillers dagens byggeforskrifter
- E-G: Bygninger som er bygget under andre forskriftskrav enn dagens. Gamle hus som ikke er utbedret vil normalt få en dårlig karakter.

Karakteren settes på grunnlag av beregnet levert energi, dvs. hvor mye energi trenger boligen/bygningen pr. kvm for normal bruk. Beregningen av denne er basert på standarden NS 3031, som igjen er basert på de europeiske standardene laget for å gjennomføre bygningsenergidirektivet i Europa. Beregningene av energimerket skjer dermed etter de samme reglene som når man vurderer om TEKs (Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven) energikrav er oppfylt. Energimerket tar imidlertid varmesystemets virkningsgrad med i beregningen.

2.1.3 Energieffektivisering i boliger - miljøkrav – bærekraftig utvikling

Bygningsrettens lov og forskriftverk fastsetter bl.a. miljøkrav. I plan- og bygningsloven brukes miljøbegrepet flere steder. Det er naturlig å se miljøbegrepet i sammenheng med begrepet "bærekraftig utvikling". I NOU 2005:12 Mer effektiv bygningslovgivning II 25.2. defineres bærekraftig utvikling som "en utvikling som møter dagens behov og som samtidig bevarer naturen og utvider naturgrunnlaget slik at fremtidige generasjoner kan få dekket sine behov."

Ved oppføring, drift og også ved riving av bygg, står man overfor miljøbelastninger. Effekten av disse belastningene på miljøet kan knytte seg til blant annet energibruk og også utslipp av klimagasser. Det er i Kommunal og regionaldepartementets miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2005-2008 opplyst at:

- 10 % av klimagassutslippene i Norge kommer fra bygg- og anlegg
- 40 % av materialforbruket knytter seg til sektoren
- 40 % av alt avfall til deponi og sist men ikke minst
- mer enn 40 % av samfunnets energiforbruk

Vi har anslagsvis 1,4 millioner boligbygninger i landet. I tillegg er det noe i underkant av 400 000 hytter spredt rundt. Anslagsvis 70-80 % av de bygninger som er oppført i dag, vil fremdeles stå i 2050. Boligstørrelsen har økt de senere år fra et gjennomsnitt antall rom pr. bolig i 1980 på 3,6 rom til 4,1 i 2001. Også hyttene blir større og mer utstyrte, da bruken av disse blir stadig mer omfattende. Tiltross for at bygningskallene er blitt mer energieffektive de senere årene så har man et høyt energiforbruk. Det fortsatt høye forbruket av energi har en sammenheng med bl.a. annet større arealbruk pr. person og bruk av stadig flere tekniske innretninger. Forbruket i bygningssektoren bidrar til at Norge er blitt nettoimportør av kraft fra utlandet. Importen av energi fra utlandet knytter seg ofte til produksjon basert på fossile energikilder som igjen bidrar til høyere globale utslipp av CO₂.

Forbruket av energi i boliger var frem til for noen år siden økende. Politiske myndigheter har klart tilkjennegitt at en fortsatt økning ikke vil være forenlig med en bærekraftig samfunnsutvikling, jf. NOU 2005:12, 25.3.

All energiproduksjon har miljøkonsekvenser og av den grunn blir det viktig å redusere behovet for energi. SFT (2007) uttaler i Reduksjon av klimagasser i Norge: *En tiltaksanalyse for 2020* at det er et stort potensial for kostnadseffektive tiltak i bl.a. boligsektoren. De viktigste tiltakene angis som energieffektiv oppvarming, omlegging fra fossil til fornybar energi, samt målrettet informasjons- og kursvirksomhet på området. Enova har en målsetting om å realisere en betydelig mengde fornybar energi i form av bl.a. vindkraft og varmeproduksjon, men også gjennom energiøkonomisering.

2.1.4 Økonomisk innsparing for boligeierne og for samfunnet

For den enkelte boligeier ligger det en klar økonomisk egeninteresse i å vurdere gjennomført energieffektiviserende tiltak i egen bolig. Slike tiltak vil kunne gi en privatøkonomisk gevinst i flere relasjoner:

- Vi forbruker mye elektrisk energi i våre boliger og dette er en kostbar ressurs å anvende. Investeringer i energieffektiviseringstiltak vil ofte være svært lønnsomt når man ser investeringene i et lengre tidsperspektiv. Innspart energi vil etter en tid oppveie kostnadene til utbedring og etter hvert gi boligeieren en netto økonomisk gevinst.
- Svært mange boliger bruker alene elektrisk energi til oppvarming. En slik avhengighet av elektrisitet kan være ulønnsom ettersom prisen på strøm varierer og i perioder er veldig høy. Det er derfor viktig at boligene også utrustes med oppvarmingssystem som muliggjør bruk av andre energikilder enn elektrisitet eller strøm.
- I tillegg til at man totalt sett får lavere strømreregninger, fører disse tiltakene til en oppgradering av huset med en derav følgende verdiøkning for dette som konsekvens.
- Byggtekniske energiøkonomiske tiltak relatert til klimaskjerm i eksisterende eneboliger vil føre til bedre inn klima og varmekomfort.

Energiomleggingen som har funnet sted/finnes i Norge, har gitt resultater og energibruken i norske husholdninger og næringsbygg flater ut og viser en synkende tendens (Enovas byggstatistikk: Energiforbruk i norske bygninger i 2002 og 2006 i TWh).

Det er mye man kan gjøre for ytterligere å redusere energibruken i boliger i Norge. Dette knytter seg både til den eldre og til den nyere/nye boligmassen. Innføringen av en energimerkeordning vil bidra til at fokus på energieffektiviserende tiltak vil øke og man kan anta dette vil gi seg utslag i ytterligere reduksjon i energibruken i norske husholdninger.

Det ligger også samfunnsøkonomiske gevinster i det å foreta innsparinger på energibruk i boliger: Energieffektivisering er den minst forurensende måten å frigjøre energi på. Det bidrar ikke til inngrep i naturen eller til forurensende utslipp. I tillegg vil ofte en kWh spart være langt billigere enn å produsere en ny kWh fordi det ikke krever nye investeringer i infrastruktur.

2.2 Mål og begrensninger

2.2.1 Energieffektiviseringstiltak knyttet til klimaskjerm

Oppgavens tittel: "Byggtekniske, energiøkonomiske tiltak i eksisterende bolighus"

Vi har valgt å se på energieffektiviseringstiltak rettet inn mot den eksisterende boligmassen og da spesielt i forhold til varmetap i klimaskjermen. I dette ligger blant annet utbedringstiltak i form av tetting av luftlekkasjer, bedre isolering og utbedring av kuldebroer. Hovedfokuset vil være på disse tiltakene og mindre på dører og vinduer. Oppgaven omfatter primært etterisolering av boliger.

Byggtermografering og trykktesting i kombinasjon avslører feil og mangler i klimaskjermen. Metoden gir spesielt god dokumentasjon på varmetap i form av luftlekkasjer, kuldebro og isolasjon. Vi har byggtermografert og trykktestet en bolig fra 1938 og en bygd i 1971. Valget av byggeår for boligene er gjort på bakgrunn av de store endringene som fant sted byggteknisk fra midten av 1950 - tallet. Vi har således gjort målinger i boliger som er konstruert på forskjellig måte. I oppgaven beskrives generelle konstruksjonsprinsipper for klimaskjerm til eldre hus i forskjellige tidsperioder, og tiltak for utbedring av klimaskjerm i angjeldende hus.

Med dette som bakgrunn tar oppgaven for seg følgende hovedmål:

- Er måten å energioptimalisere den samme, uavhengig av byggeåret til boligen?

Med følgende delmål:

- Er det lønnsomt med byggtekniske energiøkonomiserende (Enøk)-tiltak for boliger bygget før og etter ca.1955?

2.2.2 Hva kan vi lære av Sverige

Sverige er medlem av EU og følger i utgangspunktet de standarder for tekniske krav som er nedfelt i EUs Bygningsdirektiv. Norge er med i EØS og omfattes også av de samme reglene.

Begge land har tekniske forskrifter knyttet til sin plan og bygningslovgivning.

Landene har noenlunde samme klima og relativt lik standard på boligene. Dette tilsier at man i begge land har et omfattende energibehov knyttet til lys og oppvarming m.m. i boliger.

Energieffektiviseringstiltak knyttet til varmeisolasjon og luftlekkasjer vil i prinsippet ikke adskille seg vesentlig i Sverige og Norge.

Vi har valgt å se på enkelte energitiltak i Sverige. Vi reiser spørsmål om:

- Har Norge noe å lære av Sverige i enøk – sammenheng?
- Hvordan er kravene til energitiltakene for klimaskjerm til boliger i de svenske tekniske forskriftene sett i forhold til de norske?

3 Teori

3.1 Energiforbruket i boliger

3.1.1 Energiforbruk i husholdninger

De nordiske landene har et tilnærmet likt totalt energiforbruk pr. person. Norge skiller seg ut ved å ha en meget stor andel strøm i energiforbruket sammenliknet med de andre landene i Norden (Rapport 2005/41, Energibruk i husholdninger 1930-2004 og forbruk etter husholdningstype SSB).

3.1.2 Energiforbruk pr. husholdning

De siste årene er strømforbruket i husholdningene gått ned tross for at boligene er blitt større. Dette kan blant annet forklares med økte energipriser og mer fokus på energisparing, bedre isolasjon og mer energieffektivt utstyr. Det er store regionale forskjeller i energibruken noe som har sammenheng med klimatiske forskjeller og ulik sammensetning i boligmassen (SSB 2006 Energiforbruk pr. husholdning).

3.1.3 Oppvarmingskilder i boliger

98 % av alle husholdninger har elektriske ovner og/eller varmekabler, men vedovn er det nest vanligste oppvarmingsutstyret. 69 % av alle husholdninger har vedovn eller peis, men da gjerne i kombinasjon med elektriske ovner. Ca 43 % har denne kombinasjonen, mens ca. 4,5 % har varmepumpe i tillegg til vedovn og elektriske ovner. Pellets - ovner er fortsatt lite utbredt. 13 % av husholdningene har åpen peis, men gjerne i kombinasjon med lukket vedovn (SSB 2006 Energiforbruk pr. husholdning).

3.1.4 Energibruk i husholdninger 1930-2004

Statistisk sentralbyrå har publisert Rapport 2005/41, Energibruk i husholdninger 1930-2004 og forbruk etter husholdningstype. Det fremgår av rapporten at sammensetningen av ulike energibærere brukt i husholdningene har endret seg mye siden 1930. I 1930 var strømforbruket i husholdningene ca 2000 kWh pr. år. Dette utgjorde bare en liten del av energibehovet i det mye var basert på ved, kull, koks og torv. I 1960 var strømforbruket ca 7000 kWh pr år og fra midten av 1980-tallet lå det på ca. 18000 kWh pr. år. Det totale gjennomsnittlige energiforbruket pr. husholdning har økt med ca. 20 % fra 1960 til 1970. Deretter har det flatet ut og ligget i størrelsesorden 23000 til 25000 kWh pr. år.

3.1.5 Energiforbruk i boliger etter byggeår

Ser man på energiforbruk i boliger etter byggeår, så er det ikke store forskjeller i det totale energiforbruket i boliger bygd i ulike tidsrom. Det brukes ofte mer energi i eldre boliger på grunn av dårlig isolasjon, men dette oppveies blant annet av mindre areal pr. bolig i de eldre sammenliknet med de nyere. Energiforbruk pr. m² var 202 kWh i boliger bygget før 1931, 206 kWh for boliger fra 1931-1954, 217 kWh for perioden 1955-1970, 205 kWh 1971-1980, 195 kWh 1981-1990 og 180 kWh 1990-2001 (Rapport 2005/41, Energibruk i husholdninger 1930-2004 og forbruk etter husholdningstype SSB.)

3.1.6 Potensial for energieffektivisering

Den norske bygningsmassen bruker totalt 82 TWh/år, hvorav 47 TWh i boliger og 35 TWh i næringsbygg. Det foreligger ulike anslag for teknisk sparepotensial i bygningsmassen i Norge. I NOU 2005:12 anslås fra 5 til 14 TWh. Til sammenlikning var for eksempel Norges import av kraft ca 8 TWh i 2003. I følge modeller SINTEF Byggforsk arbeider med, kan føringer for trinnvis nedtrapping av energibehovet i ny og eksisterende bebyggelse redusere energibehovet i bygningsmassen med 50-60 prosent innen år 2040. Energikravene som kom i TEK i 2007 reduserer energibehovet i nye bygg med 25 prosent sammenliknet med tidligere krav.

I Regjeringens miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012, side 30 uttales:

*"I denne miljøhandlingsplanen legges det til grunn at det skal vurderes om byggeforskriftene skal stille krav som er på nivå med passivhusstandard for alle nybygg innen 2020. En stor utfordring framover vil være å få redusert energiforbruket i den eksisterende boligmassen."*¹

EUs nye direktiver for energibruk innebærer utfasing av fossilt brensel og økt bruk av fornybar energi. I tillegg legger direktivet inn krav om innstramning av reglene om å minimere energibehovet i bygg. (Regjeringens miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012). I EU diskuteres for tiden endringer i Bygningsdirektivet bl.a. med henblikk på at alle nye bygg innen 2019 skal produsere like mye energi som de bruker. Man drøfter også krav til renovering av bygg og i den forbindelse oppfyllelse av minimumsstandarder: Dersom mer enn 25 % av fasaden skal renoveres er det foreslått at de nye kravene skal gjelde.

3.2 EU/EØS/NORSKE KRAV TIL BOLIGER

3.2.1 Bygningsdirektivet

EU har vedtatt Bygningsdirektivet (2002/91/EC) som gir et felles rammeverk. Det inneholder detaljerte føringer og spesifikasjoner for energieffektivisering i bygninger. Bakgrunnen for direktivet er at det finnes et potensial for energieffektivisering i bygningssektoren som kan bidra både til redusert utslipp av klimagasser og økt forsyningssikkerhet.

Direktivet består av fire hovedelementer:

- Felles metode for kalkulasjon av bygningers energibruk
- Definerte nasjonale energikrav for nye bygg og bygninger som renoveres
- Innføring av energisertifikat for nye og eksisterende boliger
- Periodisk inspeksjon av klimaanlegg og fyringsanlegg

¹ Regjeringens dokument: bygg for framtida. Miljøhandlingsplan for bolig og byggsektoren 2009 – 2012 (tverrdepartemental plan), KR D, side 30.

3.2.2 Fornybardirektivet

EU har også vedtatt Fornybardirektivet (2009/28/EC) som har som formål å fremme bruken av fornybar energi i EU. Direktivet omfatter bruk av elektrisitet, bruk av energi til oppvarming og kjøling samt energi brukt til transportsektoren.

3.2.3 Eurokoder – Norsk Standard

Norge har tatt aktivt del i utviklingen av et felleseuropeisk sett av standarder for prosjektering av konstruksjoner, kalt Eurokoder. Eurokodene er felles i 30 europeiske land, men skal samtidig gi rom for nasjonale bestemmelser knyttet til sikkerhet, bestandighet, klimatiske og enkelte andre nasjonale forhold. Alle Eurokoder av betydning ved prosjektering av bygninger er nå på plass. Dette innebærer at fra 01.04.10 er det bare Norsk Standard i Eurokode – serien som er gyldig (Informasjon 25.03.10 fra Statens Bygningstekniske etat).

3.2.4 Regjeringens Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012

Regjeringen har i Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012 Bygg for fremtida (Kommunal- og regionaldepartementet) konsentrert seg om følgende fem satsingsområder:

- Redusere klimautslippene
- Redusere behovet for energi i bygningsmassen
- Kartlegge og minimere bruken av helse- og miljøfarlige stoffer i bygningsmassen
- Godt inneklima i bygg
- Hindre at avfall oppstår, og øke ombruk og materialgjenvinning av byggematerialer²

Det er forutsatt at Norge i fremtiden bygger nye bygninger med lavt energi- og oppvarmingsbehov. Bygninger skal tilrettelegges for bruk av andre varmeløsninger enn elektrisitet og/eller fossilt brensel. Elektrisitet, olje, gass, koks og parafin bør i utgangspunktet ikke brukes til oppvarming av boliger.

3.2.5 Bygningslovgivningen i Norge – kort historisk oversikt

I Norge har vi hatt lovregulering knyttet til bygg fra før Landsloven til Magnus Lagabøter (1276). Vår første alminnelige bygningslov kom i 1845. Den hadde en rekke detaljerte tekniske bestemmelser. Denne loven ble avløst av ny bygningslov i 1896 som gjaldt frem til bygningsloven av 1924 trådte i kraft. Denne loven hadde sammenheng med blant annet elektrisitet, nye byggemåter og betong som bygningsmateriale. I 1928 ble det fastsatt byggeforskrifter til loven. Dette lovverket ble avløst av bygningsloven av 18. juni 1965. Bakgrunnen for denne loven var blant annet nye bygningsmaterialer og metoder i byggevirksomheten. Det ble i 1969 fastsatt omfattende forskrifter til denne loven med bl.a. henvisninger til Norsk Standard. Etter hvert ble byggeprosessene stadig mer kompliserte og byråkratiske og i 1978 ble det vedtatt en rekke lovendringer.

Vi fikk ny plan- og bygningslov i 1985 med byggeforskrifter i 1987 hvor man blant annet inntok krav om energiøkonomisering. Denne loven ble så endret i 1995 (i kraft 1997). Lovendringen hadde som hovedformål å sikre en bedre kvalitet på det som ble bygget.

² Regjeringens dokument: bygg for fremtida. Miljøhandlingsplan for bolig og byggsektoren 2009 – 2012 (tverrdepartemental plan), KR.D. Side 21, 29, 39, 45, 49

3.2.6 Ny byggesaksdel i plan- og bygningsloven

Stortinget vedtok 08.05.2009 byggesaksdelen til plan- og bygningsloven. Endringene skal tre i kraft 01.07.2010.

I proposisjonen (Ot. prp. nr.45, 2007 – 2008) understreker Regjeringen at loven skal gi effektive rammer for en bærekraftig utvikling ved bl.a. å legge opp til at man gjennom redusert energibruk i bygg får reduserte klimautslipp³.

I lovens kapittel 29 omtales krav til tiltaket. I § 29-5 har man inntatt de tekniske krav. Det fremgår av bestemmelsene at:

Ethvert tiltak skal prosjekteres og utføres slik at det ferdige tiltaket oppfyller kravene til sikkerhet, helse, miljø og energi og slik at vern av liv og materielle verdier ivaretas.

Bygning med oppholdsrom for mennesker skal prosjekteres og utføres slik at krav til forsvarlig energibruk, planløsning og innemiljø, herunder utsyn, lysforhold, isolasjon, oppvarming, ventilasjon og brannsikring mv. blir oppfylt.

For å sikre at ethvert tiltak får en forsvarlig og tilsikret levetid, skal det ved prosjektering og utførelse tas særlig hensyn til geografiske forskjeller og klimatiske forskjeller på stedet.

Departementet kan i forskrift gi utfyllende bestemmelser om tekniske krav til tiltak herunder om krav til energiløsninger.⁴

Første ledd i bestemmelsen omfatter de seks grunnleggende krav som følger av EUs byggeveredirektiv. Det understrekes samtidig at kravet til forsvarlig energibruk vil være et viktig bidrag til målsettingen om reduksjon i klimagassutslipp. Siste ledd (avsnitt) i bestemmelsen er den sentrale hjemmelen for teknisk forskrift (TEK).

³ (Ot.prp. nr. 45 2007-2008 Om lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)).s.13

⁴ <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/all/nl-20080627-071.html#29-5>

3.2.7 TEK – teknisk forskrift

Forskrifter om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK) har som virkeområde:

”gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77 og for gjennomføringen av Norges forpliktelser etter EØS – avtalen for krav til byggverk og produkter til byggverk”. (TEK § 1-1).⁵

I forskriftenes kapittel 8 er det fastsatt regler for energibruk herunder energikrav og krav til energieffektivitet. (TEK §§ 8-2 og 8-21). Det følger av bestemmelsene at en bygning skal utføres slik at den fremmer lavt energibehov og at den er så energieffektiv at den tilfredsstiller gitte krav til energiltak. Bygninger skal enten oppfylle spesifikke krav gitt i pkt. a i § 8-21 eller kravene til samlet netto energibehov fastsatt i pkt. b. I § 8-21 pkt. c oppstilles minstekrav som ikke skal overskrides.^{6 7}

Kapittel 8 i forskriftene har også regler om at en vesentlig del av varmebehovet i en bygning skal dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. (TEK §§ 8-22 og 8-23) om fjernvarme i form av ”varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes” der kommunen har lagt opp til dette.^{8 9}

Sammenlikner man dagens forskriftskrav til U-verdi med kravene i tidligere byggeforskrifter, ser man i tabell1 at kravene er skjerpet i meget stor grad. Endringene i teknisk forskrift for småhus betyr i praksis følgende isolasjonstykkelser og krav til vinduer, se tabell 2.

Forskriftskrav til U-verdi (W/(m ² K))				
Type/år	1949	1969	1987	Dagens krav
Yttervegg	0,7-1,1	0,41	0,3	0,18
Tak	0,7-1,1	0,41	0,2	0,13
Gulv	0,7	0,46	0,2	0,15

Tabell 1 - Sammenlikning av U-verdi krav fra forskrifter av 1949 - dagens forskrifter

<p>For småhus betyr endringene blant annet:</p> <ul style="list-style-type: none">- 250 mm isolasjon i yttervegger- 300–350 mm isolasjon i tak- 200–250 mm isolasjon i gulv på grunnen- vanlige vinduer med trelags ruter eller vinduer med isolert karm/ramme og tolags ruter <p>Ved omfordeling er det mulig å bygge med f.eks:</p> <ul style="list-style-type: none">- yttervegger med 200 mm isolasjon- vanlige vinduer med tolags ruter- mer enn 20 % vindusareal

Tabell 2 - Dagens krav i teknisk forskrift for småhus

Nå gjeldende forskrifter stiller krav om lekkasjetall på 2,5 luftvekslinger per time ved 50Pa trykkforskjell for småhus.

⁶ <http://www.lovdatab.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-2>

⁷ <http://www.lovdatab.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-21>

⁸ <http://www.lovdatab.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-22>

⁹ <http://www.lovdatab.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-23>

3.3 Generelle konstruksjonsprinsipper for klimaskjerm til eldre hus

Energisparende tiltak i bygningskonstruksjonen innebærer hovedsaklig etterisolering av en eller flere ytterflater i boligen, eller at man utbedrer/skifter ut vinduer. En kombinasjon av begge deler kan ofte være aktuelt i eldre boliger. Luftlekkasjer og kuldebroer blir som oftest tettet ved å utføre slike tiltak, dette fører til at energibehovet i boligen blir senket.

Boliger bygd før ca 1955:

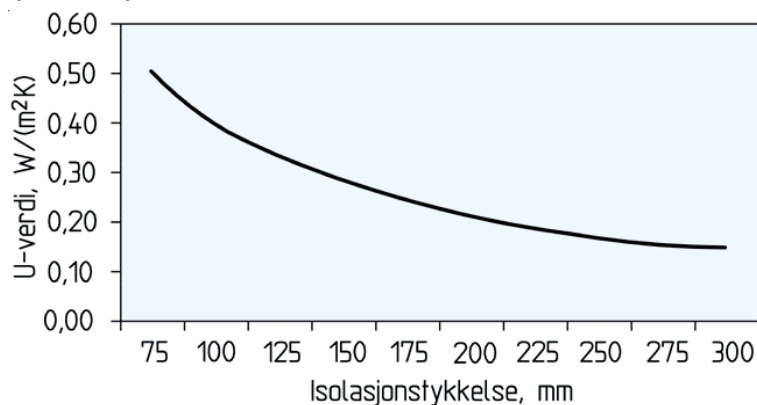
Boliger bygd før ca 1955 er ikke isolerte og tettet godt nok med moderne materialer som vi bruker i dag. Tap av varme igjennom ytterkonstruksjonene er av den grunn mye høyere enn hva man finner i nyere boliger. Det er derfor veldig lurt å vurdere etterisolering i slike hus, dette fordi etterisoleringen vil bidra til en stor reduksjon i energiforbruket.

Boliger bygd etter 1955:

Etterisoleringstiltak i boliger bygget i 1955 kan være fornuftig. Hus i denne perioden kan også få redusert energiforbruket sitt vesentlig bare ved at man foretar seg etterisoleringstiltak. For begge perioder så anbefales det for å redusere kostnadene at man ved etterisoleringstiltak også tar hensyn til vedlikeholdstiltak, som f.eks. utskifting av Utvendig kledning eller taktekning.

3.3.1 Klimaskjerm

For at en bolig skal være mest mulig energieffektiv, så forutsetter det en god isolert klimaskjerm. En klimaskjerm innebærer alle ytterkonstruksjoner som vegger, tak, gulv, vinduer og dører. Ved å isolere klimaskjermen enda bedre enn de gitte kravene i teknisk forskrift, kan man oppnå lavere energiforbruk. Isolasjon i yttervegger, tak og gulv kan man få i flere tykkelser. Varmeisoleringssevnen (u-verdi) avtar med bruk av tykkere isolasjon (se figur 2). Av den grunn så er det begrensinger for hvor tykk isolasjon man bør bruke.



Figur 1- Isolasjonstykkelse kontra U-verdi (W/m²K)

3.3.2 Vindsperre

En vindsperre har som formål å forhindre varmetap på grunn av luftlekkasjer den bidrar med å holde kald luft ute av boligen (anblåsning). Den har som hovedhensikt å bevare effekten til isolasjon slik at den kalde luften ikke trenger inn i eller bak isolasjonen. Den er også veldig viktig for å beskytte husets yttervegger mot eventuelt regnvann som skulle trenge inn. Til vindtetting så brukes det rullprodukter eller bygningsplater. Det er viktig at vindsperren er montert riktig, spesielt ved skjøter. Der hvor det er vanskelig å tette, kan man velge å bruke brettbare rullprodukter. For eksempel i hjørner.

3.3.3 Dampsperre

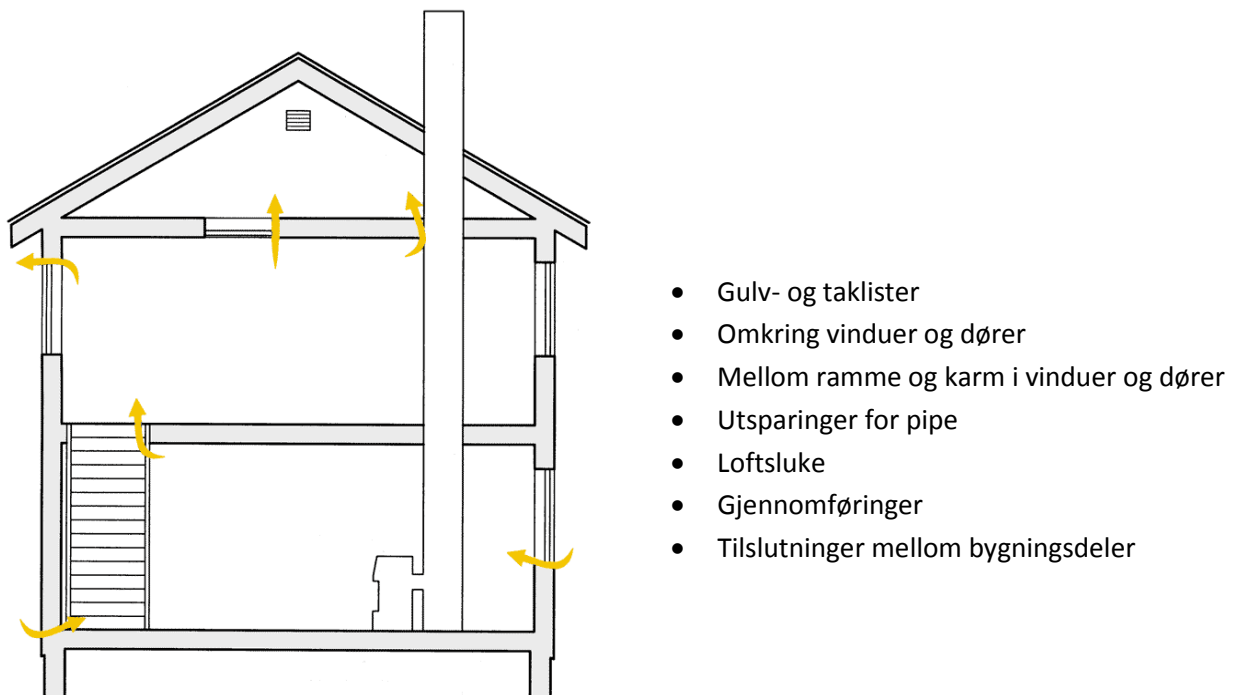
En dampsperre har flere funksjoner. Den skal forhindre luftlekkasjer, slik at det ikke forekommer trekk og varmetap. Den har også som oppgave å forhindre at fukt fraktes innenfra og ut i veggens kalde ytre del, slik at det ikke dannes kondens. Polyetylen er den mest brukte dampsperretypen som brukes i yttervegger og tak av bindingsverk.

I bindingsverksvegger så er oppgaven til dampsperra å sikre nødvendig lufttetthet. Det er avgjørende for boligens luttetthet å montere dampsperra riktig, spesielt ved skjøter og gjennomføringer. Ved færre skjøter og større heldekkende dampsperre er sannsynligheten større for at det blir tett.

3.3.4 Luftlekkasjer i boliger

Luftlekkasjer fører til en økning i energibehov for boliger. Boliger med luftlekkasjer har en unødvendig ventilasjon som krever mye energi. Man må kompensere med mye energi for å få et tilfredsstillende innneklima ved kalde og vindfulle høst- og vinterdager.

I henhold til TEK07 gis det krav om at nye småhus skal tilfredsstillende et luftlekkasjetall på 2,5 ($n_{50}=2,5$) og et minstekrav på 3,0 ($n_{50}=3,0$) luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell. Eldre boliger er ikke bygget etter det ovennevnte kravet, og har derfor som regel et mye høyere lekkasjetall. I boliger så er det generelt noen steder man bør være oppmerksom på luftlekkasjer, se (fig 2).



Figur 2 – Områder hvor luftlekkasjer som oftest opptrer

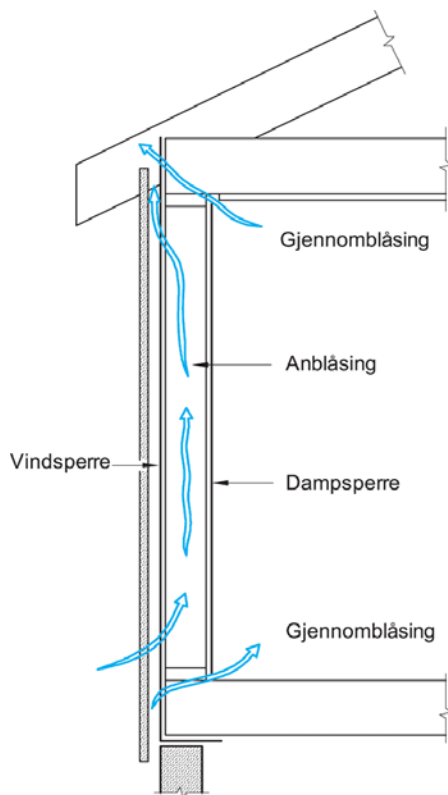
Ovennevnte illustrasjon gjelder ved rolig, kaldt vær. Den kalde luften vil trekke inn i bygningen gjennom utettheter i klimaskjermen. Varm luft vil stige opp i høyden, og kaldluft vil trekke inn nedenfra.

Det er to former for luftlekkasjer: Anblåsing og gjennomblåsing, se (fig.3) nedenfor.

Luftstrøm som passerer både igjennom vindspærre og dampspærre er gjennomblåsing. Anblåsing er luft som kun passerer igjennom vindsperra og inn i isolasjonen. Deretter fortsetter luften ut gjennom et annet åpent sted. Begge tilfeller er anvist i tabellen ovenfor. Anblåsing vil føre til varmetap fordi kald luften vil bidra til å kjøle ned isolasjonen. Derfor så er det nødvendig å ha montert vindsperra helt riktig og tett slik at varmetapet ikke finner sted.

Dampsperra er ikke alltid like lett å montere helt tett. Spesielt ved mellombjelkelag så kan det være utettheter. Hvis ikke dampsperra er tett så vil vindsperra være det eneste tettesjiktet for å motstå gjennomblåsing.

Luftlekkasjer i klimaskjermen kan oppstå ved trykkforskjeller mellom inne og ute, men kan også opptre ved sterk vind, temperaturforskjeller og ventilasjonsvifter.



Figur 3 – Anblåsing og gjennomblåsing

Ved luftlekkasjer kan fukt transporteres innenfra som vanndamp gjennom utettheter og dårlige skjøter i dampsperra. Når vanndampen har passert dampsperra så vil den møte kaldluft. Dette fører til at vanndampen kondenserer og skaper fuktighet ytterst i veggen.

3.3.5 Tetting

Ved bygg og rehabilitering av bygg så er det veldig viktig å velge enkle byggtekniske løsninger. Dette for å oppnå god lufttetthet. Luftlekkasjer igjennom klimaskjermen (ukontrollert infiltrasjon) fører til en økning av energibehovet i bygninger. Enkle tiltak som tetting av disse lekkasjene kan bidra til en stor reduksjon i boligens energibehov.

Det er veldig viktig at overganger mellom vegg/gulv, vegg/tak, rundt vinduer, dører og gjennomføringer er godt tettet. For utbedring av luftlekkasjer så vil de enkleste tiltakene være å tette lekkasjen ved hjelp av tette lister og fuger. Enkelte lekkasjer og utettheter krever større tiltak. For eksempel ved utettheter mellom bygningsdeler i yttervegg og tak, er som regel store tiltak den eneste utvei. Utbedring av slike lekkasjer gjøres ved etterisolering.

Ved etterisolering for å oppnå et lavt varmetap i en bolig, kan det forekomme problemer i forbindelse med tettingen. I slike områder kan det være aktuelt å bruke skum, fugemasse, etc. for å skape en helt tett klimaskjerm.

Ved tetting med tettelister eller ved utskiftning av vinduer kan man oppleve at det blir mangel på ventilasjon i bygningen. Derfor bør man etter slike tiltak montere ekstra ventilasjonsluker, veggventiler eller foreta en oppgradering av ventilasjonen på en annen måte.

Tetting og etterisolering kan bidra til fuktskader. Fuktskader kan oppstå først og fremst i eldre boliger som er ømfintlige for fuktvariasjoner og som kanskje allerede har vansker med fukt fra før. I slike hus bør man vise forsiktighet ved tetting og etterisolering. Det er først og fremst ved innvendig etterisolering at fuktskader oftest opptrer.

3.3.6 Kuldebro

Da varmegjennomgangstall ble gitt som krav i byggeforskrifter av 1969, ble boliger bygd med større fokus på kuldebroer. Boliger bygd før dette kan av den grunn være mer utsatt for kuldebroer. I enkelte tilfeller har boliger blitt etterisolert på innsiden av yttervegger. Dette kan ha ført til at kuldebrosituasjonen har blitt enda større enn hva den var fra før. Det oppdages også i nyere boliger at det ikke har blitt tatt hensyn til kuldebroer under oppføringen av bygget. Det er primært i forbindelsen mellom de ulike bygningsdelene at den opptrer.

En kuldebro gir nedsatt overflatetemperatur noe som kan føre til sverting eller kondens på overflater innendørs. Hvis dette oppstår bør kuldebroen utbedres. Kondensen kan gi grunnlag for at mugg og råtesopp kan oppstå, noe som vil bidra til at ytterkonstruksjoner vil bli enda mer svekket enn kun ved kuldebroen.

Kuldebroer vil føre til lavere temperaturer lokalt i et bygg. Dette vil bidra til at boligens komfort reduseres. Det er oftest i gulvet man merker at temperaturen er vesentlig lavere.

Ved utbedring av kuldebroer så er man alltid avhengig av å finne ut hvordan de er utformet. Det vanligste å gjøre ved utbedring er å få isolert bort kuldebroen lokalt eller foreta full etterisolering av vegg, tak, etc. Ved utvendig etterisolering, så er sjansen for å eliminere bort kuldebroen vesentlig større enn ved innvendig etterisolering.

Innvendig etterisolering for å forbedre kuldebroer er ofte aktuelt når man ikke vil gjøre noe utvendig på grunn av byggets utseende eller lignende. Gulv kan da isoleres fra innsiden ved at man leker opp

gulvet fra dekket. Yttervegger som blir etterisolert på innsiden vil bli kaldere lenger ut i veggen. Dette kan føre til at mugg og råte kan dannes over tid.

Hvis det ikke er aktuelt å etterisolere utvendig på grunn av boligens fasade, kan man foreta seg andre enklere tiltak. Et enkelt tiltak for å forbedre kuldebroer er å erstatte varmetapet ved å plassere varmekilder så nær de største varmetapspunktene som mulig. Dette vil bidra til at komforten i huset vil øke, men vil være meget energislukende.

3.3.7 Ytterveggen utvikling - fra reisverk til dagens bindingsverk

Reisverk ble utført i Norge i perioden fra slutten av 1700 tallet til begynnelsen av 1950 årene.

Reisverk er en rammekonstruksjon av stolper og sviller hvor mellomrommet ble kledd med vertikale planker eller stopler.

Reisverksvegger var veldig vanlig i perioden 1850- 1900 i småhus. Selve konstruksjonen gikk ut av bruk i slutten av 1920 årene. Den ble da erstattet av laftevegger fordi disse var mer materialbesparende og krympet ikke like mye i lengderetningen av stolpene og plankene.

Bindingsverk er en rammekonstruksjon av stolper (stendere), sviller (topp, bunn), losholter (spikerslag) og skråbånd. Hulrommet i selve bindingsverket kalles for fakk eller fag. For å skape en veggkonstruksjon så trenger bindingsverket å fylle opp hulrommene (fagene eller fakk): dette gjøres enten ved kledning på en eller begge sider.

Utvending bordkledning av bindingsverk har i mange år vært en vanlig bærekonstruksjon i kalde uisolerte bygninger og bygningsdeler. På 1800tallet fikk uisolert bindingsverk sin største utbredelse. Etter hvert ble bindingsverk også tatt i bruk i bolighus. Helt i begynnelsen med utmuring av teglstein. På 1800 tallet ble det mer vanlig å bygge bærekonstruksjoner i form av uisolert bindingsverk med bordkledning på begge sider og utmuring eller isolasjonsmateriale i fakkene. Mot slutten av 1800 tallet ble det mer og mer vanlig å bruke bygningspapp til vindtetting. Derfor ble det også mer vanlig å oppføre boliger med bindingsverk uten utfylling i fakkene, såkalt åpent bindingsverk.

- Tungt bindingsverk:

Det var ikke før bygningsloven av 1924 og dens tilhørende forskrifter av 1928 at det ble lov å bygge boliger med vegger av åpent bindingsverk. En av forutsetningene for dette var tilgang på rimelig veggpapp.

- Lett bindingsverk:

Ved nye byggeforskrifter som kom i 1941 og 1949 så ble det åpnet for bruk av lett bindingsverk. Småhus ble i midten av 1950 årene og fremover bygget med lette bindingsverksvegger med enkeltsvill. I denne perioden så var dette en enerådende byggemetode. På slutten av 1960 årene så kom bindingsverk med dobbeltsvill eller plattformkonstruksjon. Denne varianten er fremdeles enerådende som konstruksjonsprinsipp i Norge.

3.3.8 Yttervegger

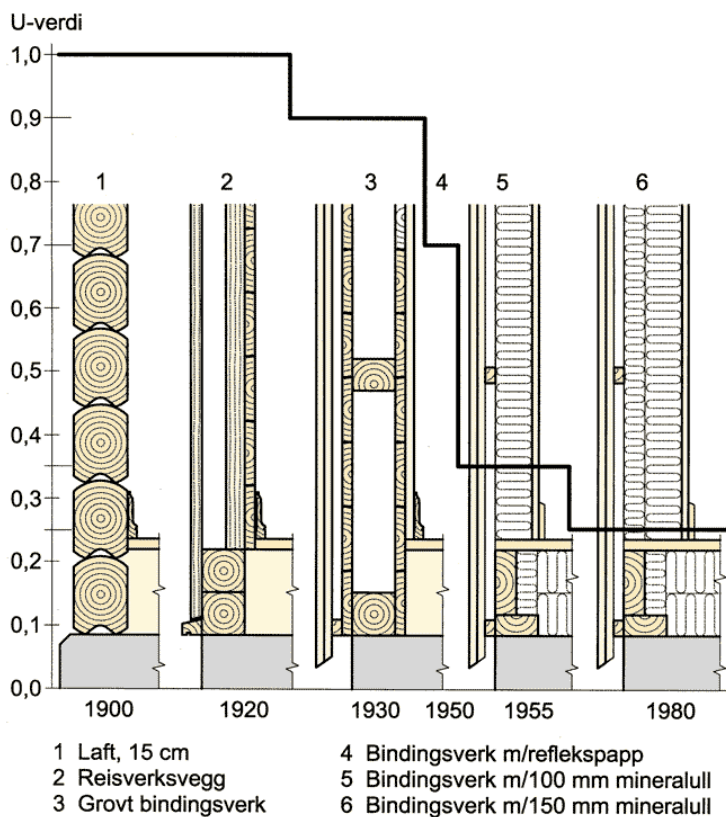
Yttervegger har blitt konstruert på forskjellige måter med stadige forbedringer gjennom årenes løp. Da mineralull og lette bindingsverksvegger kom som byggetype i boliger, ble dette den beste metoden til å konstruere yttervegger. Det er fortsatt samme prinsipp vi bruker for konstruksjon av yttervegger i dag. Før slike vegger ble tatt i bruk, utførte man yttervegger med hulrom eller med massivt treverk.

Byggeforskriften fra 1928 hadde eksakte krav til materialdimensjoner i yttervegger for boliger. Hulrommet i veggene kunne være varmeisolert på mange forskjellige måter.

I byggeforskriftene 1949, kom endringer for vegger av reis- og bindingsverksvegger. Regler for dimensjonering, tetting og isolasjon av bindingsverksvegger ble innført som følge av maks. varmegjennomgangstall. Nedenfor kan man se yttervegger oppført etter forskrifter fra 1949.

Byggeforskriftene i 1969 var preget av funksjonskrav. Detaljerte krav om oppbygging av yttervegger av tre fantes ikke lenger i forskriftene. Lette bindingsverksvegger ble den dominerende utførelsen av yttervegger i tre. Ytterveggene ble bygd med mineralull i veggene som standard. Isolasjonstykkelsen var ikke på langt nær det den er i dag. 100mm isolasjon og senere 150mm var vanlig tykkelse.

Oversikt over ytterveggskonstruksjoner fra ulike tidsperioder vises nedenfor i fig.4.



Figur 4 - Ytterveggenes utvikling

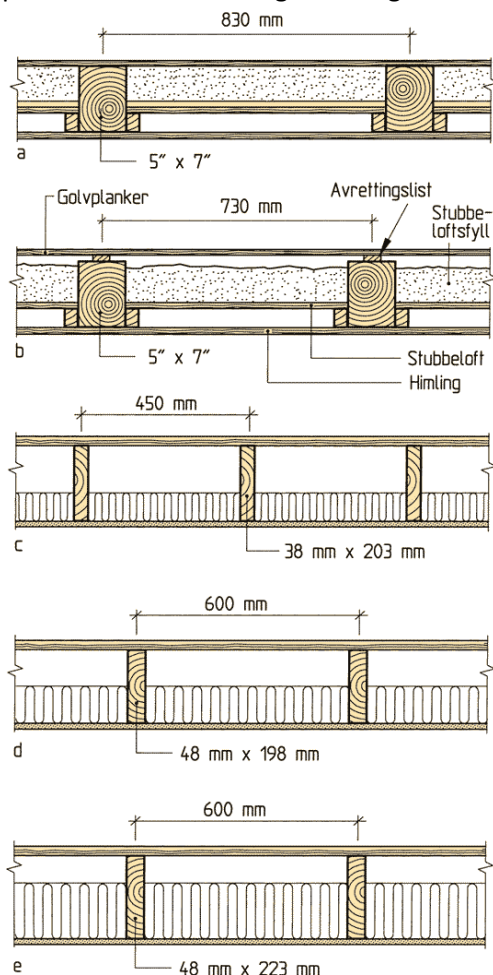
3.3.9 Gulv, etasjeskiller og loftsgulv

Etasjeskiller eller loftsgulv med stubbeloft ble vanlig i byer fra slutten av 1800 tallet. Stubbeloftet ble vanligvis fylt med leire. I begynnelsen av perioden ble det brukt fuktet leire som ble stampet. Senere så ble det mer aktuelt med tørr, pulverisert leire. Denne tørre leiren økte isolasjonsevnen.

Byggeforskriftene av 1928 hadde ingen bestemte regler for varmeisolering av bjelkelag. Hovedsaklig i byene der loven om bygningsvesenet fra 1924 gjaldt, så kunne bygningsrådet kreve utførelse av isolasjon og hva slags materiale som skulle brukes. Det vanligste i denne perioden var at stubbeloft mellom bjelkene ble fylt enten med pulverisert leire eller kiselgur. Tykkelsen på materialet var som regel ca. 100mm. Denne måten å isolere på medførte at bjelkelaget fikk stor egenlast, noe som igjen førte til at bjelkene som skulle bære gulvet måtte ha store dimensjoner.

Mineralull ble mer vanlig å bruke som isolasjonsmateriale på slutten av 50 tallet og begynnelsen av 60 tallet. De nye forskriftene av 1969 var i større grad mer funksjonskrav enn tidligere forskrifter. Bruk av annet isolasjonsmateriale enn mineralull var allerede fra dette tidspunkt lite aktuelt.

Fig.5 nedenfor viser hvordan trebjelkelag i perioden 1924-1987 ble konstruert. Endringene i denne perioden er hovedsaklig bedre og lettere isolasjonsmateriale.



Figur 5 - Bjelkelag fra 1924 til 1987

- a: Utførelse av bjelkelag etter forskriften av 1928
- b: Utførelse av bjelkelag etter forskriften av 1949 - helt frem til ca.1955 var det vanlig å isolere enten med stubbeloftsfyll av leire, kiselgur, tangmatter, sagflis osv.
- c: Utførelse av bjelkelag etter forskriften av 1949, men etter at mineralullen kom i bruk i Norge (ca i midten av 1950 tallet.)
- d: Utførelse av bjelkelag etter forskriften av 1969
- e: Utførelse fra 1970 tallet og senere - økt dimensjonering av isolasjon¹⁰

¹⁰ 614.016 Byggebestemmelser 1924 - 1996. Krav til utførelse

3.3.10 Materialer til tetning

Papp ble på slutten av 1800-tallet et viktig tetningsmateriale for vegger og tak. Tabell 3 nedenfor, gir en oversikt over ulike papptyper brukt i ulike perioder til tetning i form av dampsperre og vindsperre.

Materiale	Mest brukt (ca. år)	Bruksområde
Avispapir	1850–1920	Innvendig underkledning
Forhudningspapp (ullpapp og cellulose-papp impregnert med tjære eller asfalt), se pkt. 632	1870–	Utvendig på reisverk, bindingsverk og laft med utvendig kledning
Uimpregnert ullpapp, se pkt. 633	1870–1920	Innvendig på reisverk, bindingsverk og laft som var panelt innvendig
Uimpregnert cellulosepapp, se pkt. 633	1870–1950	Innvendig på reisverk og bindingsverk
Reflekterende papp (aluminiumsfolie limt til den ene siden av pappen), se pkt. 633	1940–1965	Innvendig på reisverk og bindingsverk
Tjærepapp, se pkt. 621	–1920	Taktekning
Asfaltpapp, se pkt. 622	1920–	Taktekning
Plastfolie, se pkt. 64	1955–	Damp- og fuktsperre

Tabell 3 - Oversikt over papptyper i forskjellige perioder

Veggpapp ble vanlig å bruke til tetning og isolasjon med reisverksvegger og etter hvert bindingsverksvegger mot slutten av 1800 - tallet. Impregnert papp ble også brukt imellom stubbeloftsgulv og stubbeloft.

Det ytterste laget med papp i bindingsverksvegger skulle være av impregnert papp. Uimpregnert papp ble hovedsaklig brukt som et lufttettende og isolerende lag innvendig. I løpet av 1950 årene så ble det vanlig å bruke papp som dampsperre. Frem til i midten av 1950 årene ble det brukt ett eller to lags forhudningspapp eller cellulose papp impregnert med asfalt som utvendig vindtetting. Pappen ble lagt med åpne skjøter på et underlag av rupanel. I samme tidsperiode kom trefiberplaten på markedet. Trefiberplaten var ikke vindtett i begynnelse og av den grunn ble den dekket med minst ett lag forhudningspapp for lufttetning. Innvendig imot isolasjonen brukte man diffusjonstett papp. Reflekspapp ble brukt mot hulrom i bindingsverket for å øke varmeisolasjonsevnen.

Det var ikke før mineralullen kom som isolasjonsmateriale på midten av 1950 tallet at polyetylenfolier (plastfolie) også ble vanlig å bruke som dampsperre og fuktsperre. Plastfolien har endret tykkelse med tiden. I begynnelsen var den kun på 0,04mm tykk, men senere ble den opptil 0,15mm tykk. I dag kan man få den helt opp til 0,20mm tykk. Denne form for dampsperre har mye bedre lufttetthet enn tidligere materialer.

3.3.11 Isolasjonsmaterialer

Kunnskapen og interessen for varme- og lydisolasjon var liten, langt inn på 1900 tallet. Lover og forskrifter i denne perioden ga få spesifiserte krav til isolasjon. Da ny bygningslov kom i 1924 stiltes det krav til stubbeloftsfyll med 100mm fyll av "uandtenkelig stoff" i bjelkelag. Ikke før byggeforskriftene fra 1949 ble det satt tallfestede krav angående varmeisolasjon. Veldig mange vegger som ble bygd uten isolasjon har i ettertid blitt etterisolert ved at man har blåst granulert mineralull inn i hulrommet. Det er også blitt brukt Karbamidskum. Det var ikke før i midten av 1950 årene at steinull og mineralull ble vanlig å bruke som isolasjon i vegger. Denne form for isolasjon brukes også i dag. Nedenfor gis en oversikt over ulike isolasjonsmaterialer i forskjellige tidsperioder, se tabell 4.

Pkt.	Materiale	Tykkelse mm	Termisk konduktivitet (varmeledningsevne) W/(mK)	Mest brukt ca. år
321	Stubbeloftsleire	Løs/stampet	0,2/0,5	–1950
322	Koksgrus	Løs	0,2	1840–1950
323	Kiselgur	Løs	0,12	1840–1950
324	Sagflis og kutterflis	Løs	0,08–0,12	–1950
331	Tangmatter	12, 16, 20	0,045	1900–1950
332	Filtmatter	15, 20, 30	0,035	1900–1950
334	Sydde mineralullmatter	15, 20, 30	0,04	1935–
	Elastiske mineralullplater/matter		0,036–0,039	1950–
341	Ekspanderte korkplater	10–120	0,04–0,05	1905–1955
342	Treullplater	10–100	0,10–0,15	1930–1955
	Halplater	50	ca. 0,06	1930–1960
343	Porøse fiberplater		0,05–0,06	1932–1960
344	Ekspandert polystyren		0,036	1960–
345	Gassbetong (porebetong)		0,15–0,30	1930–1970
	Lettklinkerbetong		0,38–0,70	1925–

Tabell 4 - Oversikt over isolasjonsmaterialer brukt i ulike perioder

3.3.12 Stubbeloftsfyll

Stubbeloftsleiren var ment å øke brannmotstanden, tettheten og virke som varmeisolasjon. I starten så ble leiren lagt rett på stubbeloftsbordet. Senere så ble det lagt et lags papp for å forhindre dryssing av den tørre, løse leiren. Etter andre verdenskrig så gikk denne isolasjonsmetoden fort ut av bruk.

3.3.13 Mineralull

Fra og med 1935 ble glassvatt produsert i Norge. Dette ble solgt i ruller med løst papirlag som mellomlag. Denne produksjonen ble avløst av en ny produksjonsprosess i 1963 (glassull). Dette ble også produsert som elastiske matter og plater. Produksjonen av steinull kom i gang rundt 1945. Fra 1950 ble steinullen produsert som elastiske plater. Mineralull ble sydd med to lag kraftpapir de første årene fra 1950.

3.3.14 Generelt – Etterisolering av yttervegger

Ved etterisolering av yttervegger så må man alltid se dette i sammenheng med andre energiøkonomiske tiltak for å redusere varmetapet og energibehovet. Eksempler på dette er etterisolering av gulv, tak og utskifting av vinduer. Det er spesielt viktig å stoppe luftlekkasjer, som fører til at boligen mister unødvendig varme på grunn av kaldluft som trekker inn igjennom boligens ytterkonstruksjon. God ventilasjon i boliger er vesentlig. Ved etterisolering, tetting, installasjon av nye vinduer og montering av dampspærre eller vindspærre blir huset mye tettere. Det er derfor veldig viktig at man sørger for god ventilasjon. Ved for dårlig ventilasjon kan det oppstå fukt og råte og inneklimate i boligen kan bli veldig dårlig.

Etterisolering av yttervegger uten å foreta seg andre tiltak er sjeldent økonomisk lønnsomt. Derfor er det viktig å planlegge etterisolering ved at man kombinerer dette ved for eksempel utskifting av kledning ut- eller innvendig. Ved etterisolering kan det oppstå flere kompliserte forhold man må ta hensyn til som for eksempel balkonger, terrasser, trapper, skjult elektrisk anlegg, radiatorer, etc. For å avgjøre hvilken etteriseringsmetode man skal foreta seg så er det avgjørende på forhånd å undersøke hvordan ytterveggene i boligen er konstruert og hvilket klima boligen befinner seg i. Når man har kartlagt ytterveggenes oppbygning er, kan man med det som bakgrunn velge riktig metode. De mest brukte isolasjonsmaterialene for etterisolering er mineralull, glassull eller steinull.

3.3.15 Generelt – Etterisolering mot kjeller og kryperom

Energimessig så er det ikke så mye å hente ved å etterisolere bjelkelaget mot en kald kjeller. Et slikt tiltak kan også medføre fare for frostskafer. Det er hovedsaklig mer vanlig å etterisolere mot kryperom og bjelkelag mot det fri. Ved innredning av oppholdsrom i eksisterende kjeller er etterisolering et godt tiltak. Etterisolering av kjeller kan også være et godt tiltak for å bedre gulvtemperaturen i etasjen ovenfor.

Det anbefales at etterisoleringen gjøres på kald side av bjelkelaget, dette for at soppkafer ikke skal oppstå, samt at bjelkelaget vil holde seg tørrere. Det er viktig å vurdere nødvendigheten for ytterligere ventilasjon ved etterisolering av etasjeskiller. Dette for og reduserer eventuell luftfuktighet som kan oppstå.

Mineralull er det vanligste materialet å bruke som isolasjon ved etterisolering av kjeller og kryperom.

3.3.16 Generelt – etterisolering av loftbjelkelag/etasjeskiller

Etterisolering i loftsbjelkelag er veldig ofte et enkelt tiltak. Som oftest kan man bare rulle ut isolasjonen mellom bjelkene eller rett på loftsgulvet. Et annet alternativ er å blåse isolasjonen rett inn i bjelkelaget. Begge alternativer er rimelige og veldig effektive. Det er selvfølgelig avgjørende for lønnsomhet av begge tiltak, hvor mye isolasjon som befinner seg der fra før. Men som regel er etterisolering ved å rulle ut isolasjon lønnsomst for de fleste boliger bygget frem til ca 1980 tallet.

3.4 Tiltak for utbedring av klimaskjerm i angjeldende boliger

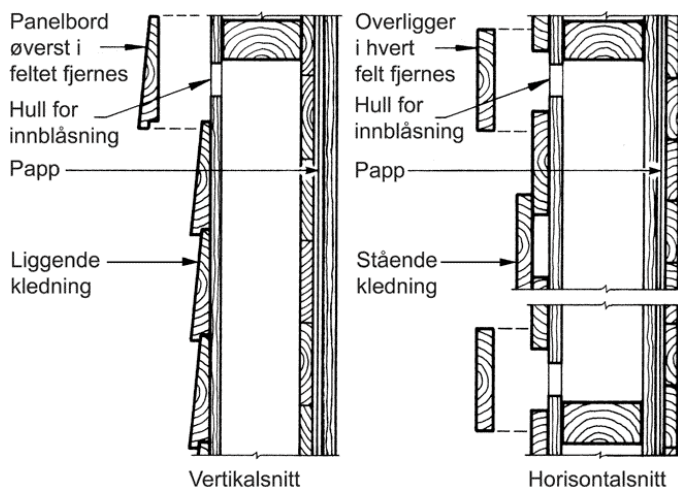
3.4.1 Etterisolering – tunge bindingsverksvegger

Etterisolering – innblåsning av isolasjon

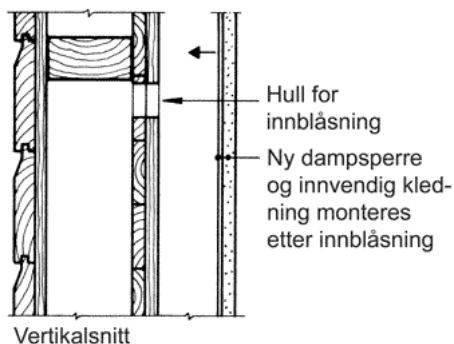
Eldre bindingsverksvegger er veldig godt egnet for innblåsning av isolasjonsmateriale. De fleste eldre bindingsverksvegger er som regel 100mm tykke i hulrommet, noe som gjør etterisolering ved innblåsning veldig aktuelt som metode. Innblåsning av isolasjon er en lønnsom etteriseringsmetode. Metoden kan utføres både fra utsiden og innsiden av boligen. Alt man kan finne av luftlekkasjer i husets klimaskjerm, for eksempel rundt vinduer og dører, bør være tettet og utbedret på forhånd.

Innblåsning av isolasjon fra utsiden er vanligvis mye mer praktisk for beboere i huset. Ved utvendig innblåsning så er det vanlig å fjerne et enkelt bord for å sprøyte inn isolasjonen igjennom underkledningen. Dette vil hindre synlige hull i kledningen. Hullet plugges man igjen etter at isolasjonen er sprøytet på plass. Fig. 6 viser hvordan isolasjon kan blåses inn i veggen fra utsiden.

Ofte er det mest aktuelt å foreta etterisolering ved innblåsning fra innsiden. Dette for å ta vare på den utvendige kledningen ved ikke å lage hull. Innvendig innblåsning er en metode man kan utføre sammen med oppussing innvendig. Ny dampsperre og kledning monteres etter at isolasjon er på plass. Fig.7 viser hvordan innblåsning kan blåses inn i veggen fra innsiden.



Figur 6 - Hull for utvendig innblåsning av isolasjon



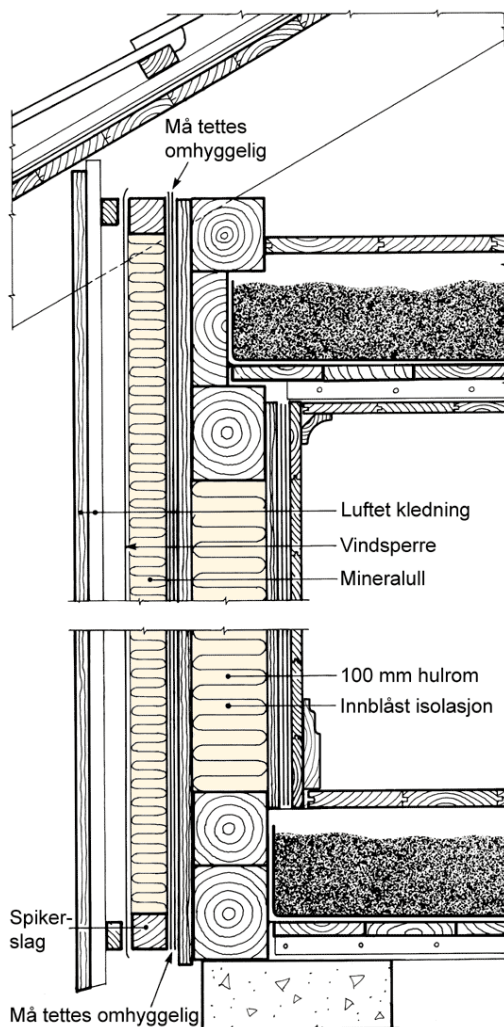
Figur 7 - Innblåsning av isolasjon fra innsiden

Etterisolering – Utvendig og innvendig

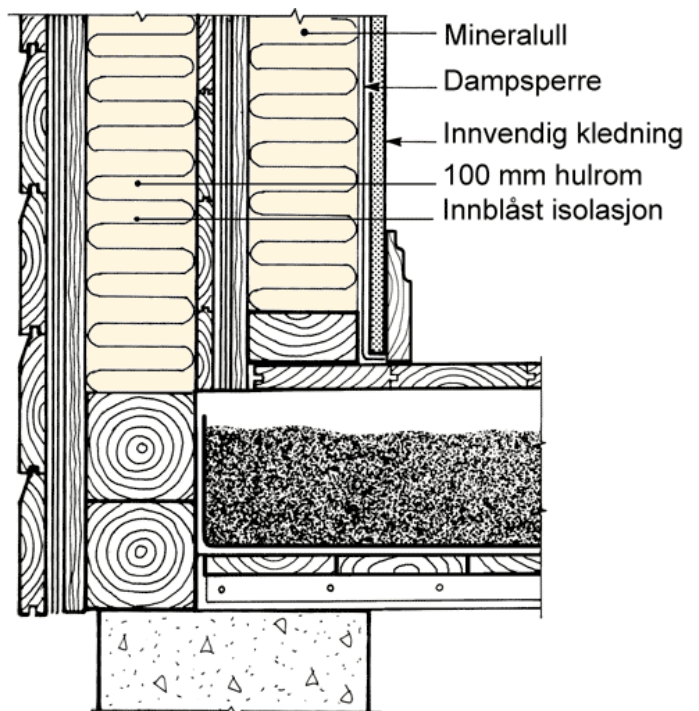
Ved utvendig etterisolering av eldre bindingsverk, (fig.8), er det en fordel å fjerne den eksisterende utvendige kledningen. Dette vil gi et jevnt underlag å jobbe på og man vil lettere oppnå tetting i topp og bunn av vegg. Man kan legge lekter for utfôring både horisontalt og vertikalt, dette avhenger av om boligen har liggende eller stående kledning fra før.

Vindsperre monteres på isolasjonen enten ved bruk av vindtetteplater eller rullprodukter. For at kald luft ikke skal trekke inn bak isolasjonen så er det viktig at skjøter mellom den nye vindsperren og den gamle veggen tettes godt. For å oppnå en god etterisolering så anbefales det at man i tillegg til den utvendige etterisoleringen også foretar en innblåsning av isolasjonsmateriale inn i hulrommet i veggen. En annen metode er å plukke ut eventuelt gammel isolasjon i hulrommet og deretter isolere med ny isolasjon i hulrommet i tillegg til ny isolasjon utvendig.

Innvendig etterisolering, (fig.9), skjer ved å fjerne innvendig kledning og dampsperre. Hulrommet bør etterisolereres ved innblåsning i tillegg til påføring med ny isolasjon innover. Når ny isolasjon er på plass, monteres ny dampsperre og kledning.



Figur 8 - Utvendig etterisolering av eldre bindingsverksvegg



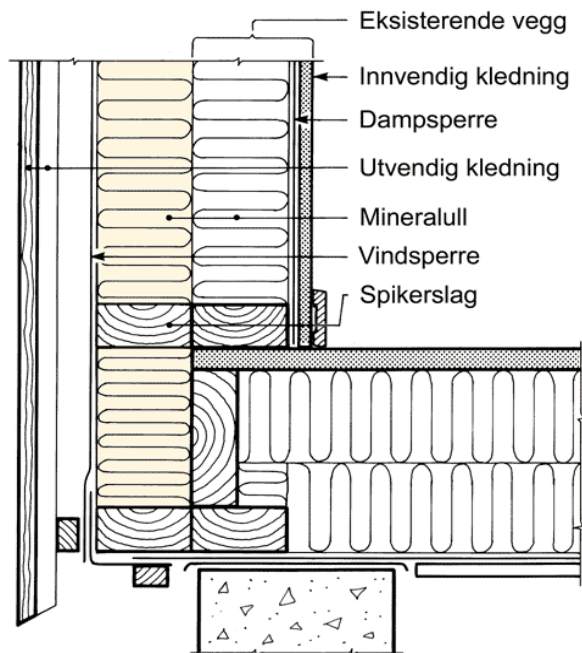
Figur 9 - Innvendig etterisolering av eldre bindingsverksvegg

3.4.2 Etterisolering – lette bindingsverksvegger

For vegger med nyere og bedre isolasjonsmateriale som mineralull, er det hovedsaklig etterisolering fra ut- eller innsiden av boligen som er aktuelt.

Etterisolering – Utvendig

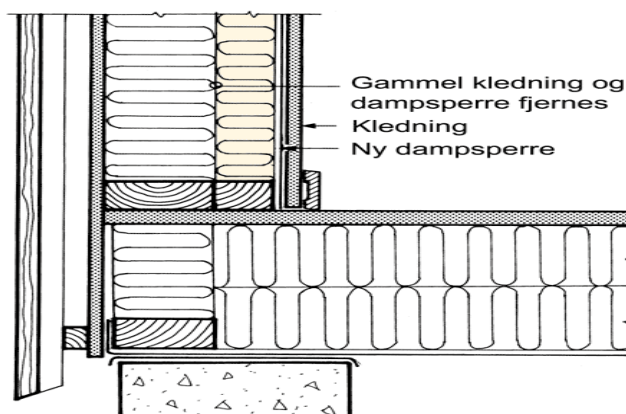
Ved utvendig etterisolering bør man fjerne alt av gammel kledning og vindsperre før man fôrer ut veggene med ny isolasjon. Ny vindsperre og kledning legges på etter at vegg er fôret ut og ny isolasjon er på plass. Se fig nr 10.



Figur 10 - utvendig etterisolering av lett bindingsverksvegg

Etterisolering – Innvendig

Ved innvendig etterisolering bør man ha tre ganger så tykke isolasjon på kald kontra varm side av dampsperran. Dette for å hindre at det dannes kondens på dampsperra. Før ny isolasjon legges på plass må man fjerne eksisterende kledning og dampsperre. Etter ny isolasjon er lagt på plass og vegg er fôret ut, monterer man ny dampsperre og kledning. Se fig nr 11.

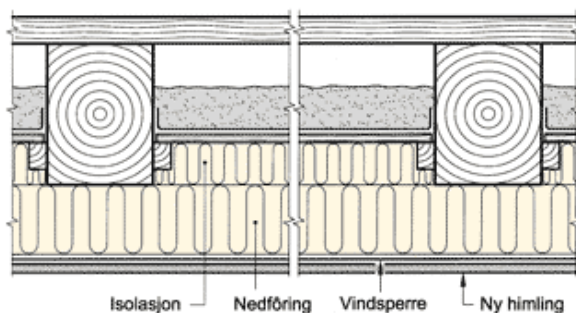


Figur 11 - Innvendig etterisolering av lett bindingsverksvegg

3.4.3 Etterisolering av trebjelkelag over Kryperom/kjeller

Etterisolering – undersiden av trebjelkelag

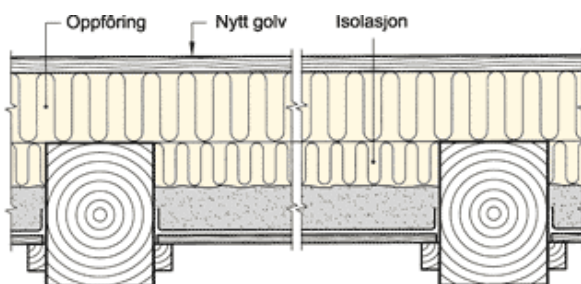
Etterisolering fra undersiden er gunstig der det ikke er montert noen himling under gulvbjelkene. Hvis himling eksisterer må denne fjernes før ny isolasjon legges på plass. Det anbefales å føre ned isolasjon fra underkant av loftsbelegget og deretter legge ny himling nederst. Det er viktig å ta hensyn til overganger mellom vegg og etasjeskiller slik at dette blir tett. Se nedenfor i fig 12.



Figur 12 - Etterisolering fra undersiden av trebjelkelag mot kjeller/kryperom

Etterisolering – overside av trebjelkelag

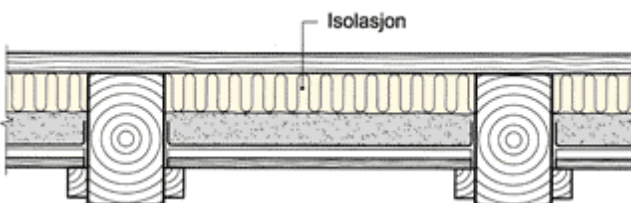
Den vanligste måten å gjøre dette på, er først fjerne gulvet, føre opp, legge på plass ønsket mengde ny isolasjon for deretter å legge gulvet tilbake. Det eksisterende stubbeloftsfyllet kan erstatte med ny isolasjon. Se nedenfor i fig 13.



Figur 13 - Etterisolering fra oversiden av trebjelkelag mot kjeller/kryperom

Etterisolering – innblåsning av isolasjon i trebjelkelag

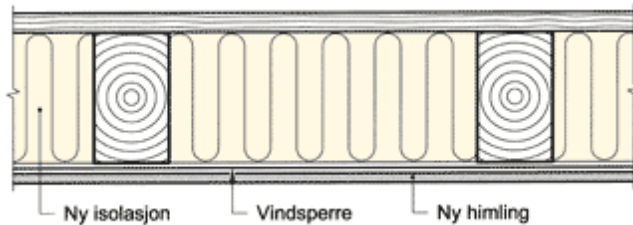
Denne metoden anbefales hvis det ikke finnes noen mulighet for å etterisolere verken fra over- eller undersiden. Metoden utføres ved at man blåser inn isolasjon i hulrommet mellom eksisterende stubbeloftsfyll og undergulv. Det må være tilstrekkelig med plass i trebjelkelaget for at innblåsning kan være aktuelt. Det forutsettes en høyde i hulrommet mellom stubbeloftsfyllet og undergulvet på minimum 50mm. Se nedenfor i fig.14.



Figur 14 - Etterisolering ved innblåsning i trebjelkelag mot kjeller/kryperom

Etterisolering – fjerne stubbeloftsfyll

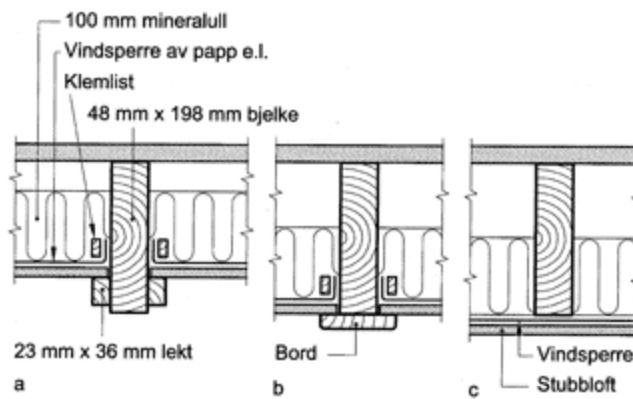
Hvis det er ønskelig eller liten plass til ny isolasjon, kan man velge å fjerne fyll i stubbeloftet helt. Stubbeloftsfyllet erstatter man med ny isolasjon. Det er også mulig å erstatte stubbeloftsfyllet og i tillegg føre ned med mer isolasjon. Se nedenfor nr 15.



Figur 15 - Etterisolering ved å fjerne eksisterende stubbeloftsfyll

Etterisolering av nyere trebjelkelag mot kjeller/kryperom

Ved etterisolering av trebjelkelag mot kjeller og kryperom bygget etter forskrifter fra 1969, følges samme prinsipp for etterisolering som beskrevet ovenfor fra fig 12- 15. Trebjelkelag fra denne perioden har også stubbeloft og har primært bedre isolasjon i form av mineralull. Nedenfor i fig.16 vises nyere trebjelkelag med stubbeloft uten noen form for etterisolering.

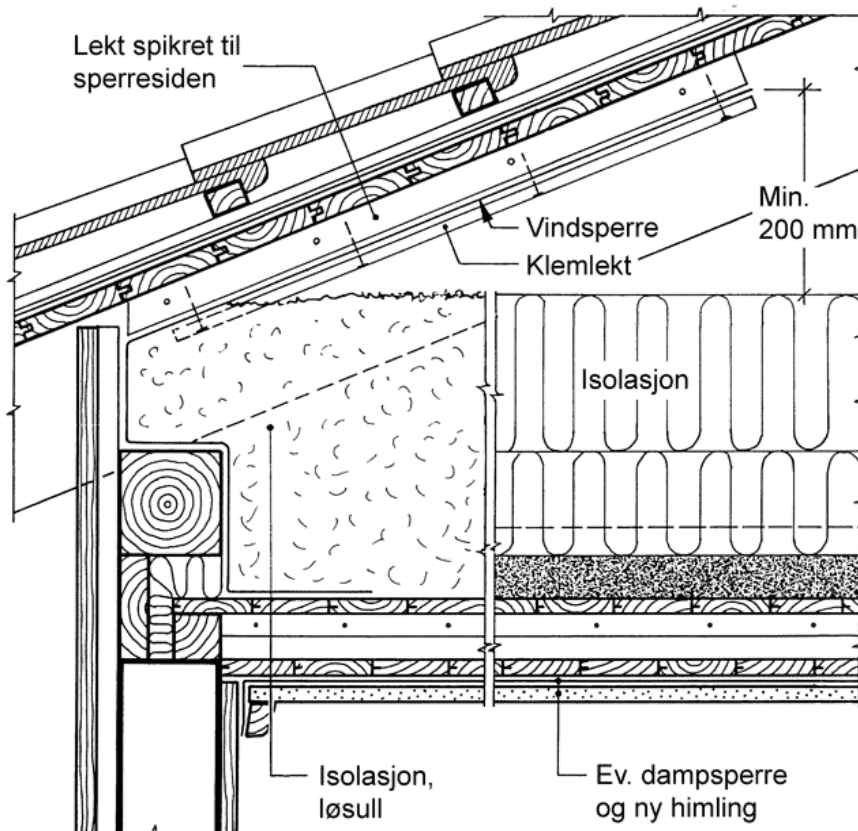


Figur 16 - Nyere trebjelkelag med stubbeloft

3.4.4 Etterisolering – Loftsbjelkelag med stubbeloftsfyll

Etterisolering – Oversiden av loftsbjelkelag

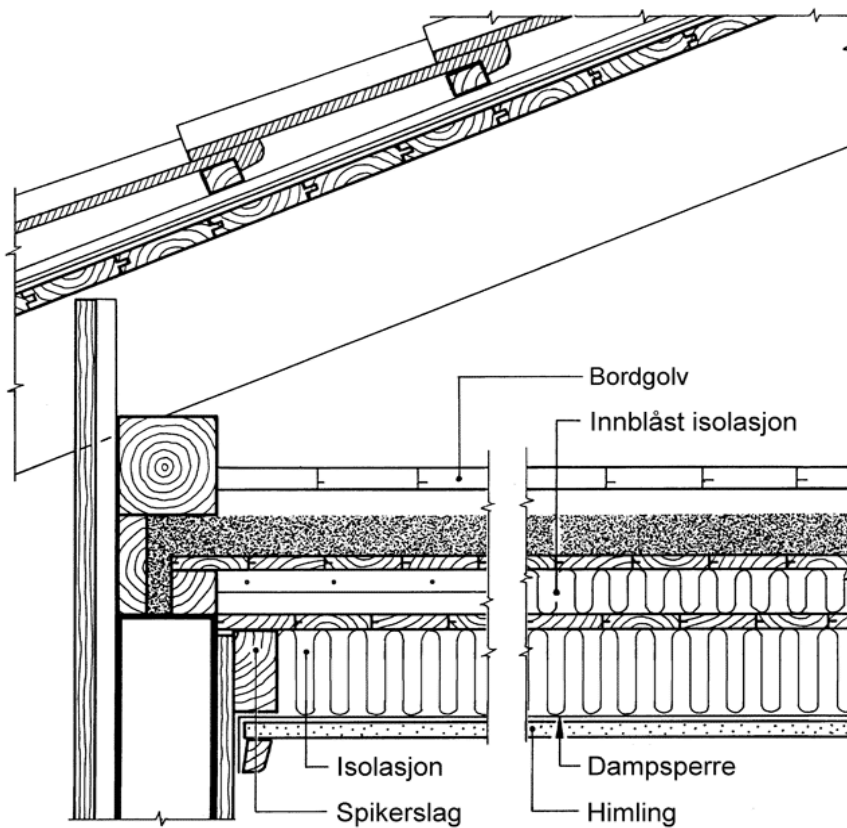
Etterisolering fra oversiden av bjelkelaget vil forhindre at himlingen på undersiden blir forandret. Ny isolasjon anbefales å legge rett på eksisterende stubbeloftsfyll. Gulvbord bør fjernes. Hvis ikke bør man tette igjen langs kantene mellom ytterkonstruksjon og gulvbord slik at luftstrømmer ikke trenger inn i ny isolasjon. Luftstrømmer kan bidra til å redusere isolasjonsevnen hvis det ikke blir tettet godt nok. Eksisterende stubbeloftsfyll kan fjernes og bli erstattet med ny isolasjon. For å redusere kuldebroer mest mulig, anbefales det å legge isolasjons i hele takets bredde. Ved blåsing av løssullisolasjon så er det viktig å blåse ut mer isolasjon enn antatt. Dette anbefales fordi isolasjonen vil synke og sette seg sammen over tid. Det anbefales å montere ny dampsperre og eventuelt ny himling ved mistanker om utettheter. Se fig.17 nedenfor for illustrasjon av etterisolering fra oversiden av loftsbjelkelag med stubbeloftsfyll.



Figur 17 – Etterisolering – oversiden av loftsbjelkelag

Etterisolering – Undersiden av loftsbjelkelag

Ved etterisolering fra undersiden må man fjerne eksisterende dampsperre. Deretter plasseres ny isolasjonen mellom spikerslagene. Man avslutter jobben ved å montere ny dampsperre og eventuelt ny himling. Hvis avstanden mellom stubbeloftsbordene og gammel himling er over 50mm kan det være aktuelt å blåse inn ytterligere isolasjon i hulrommet. Se fig.18 nedenfor for etterisolering på undersiden av loftsbjelkelag.



Figur 18 - Etterisolering av undersiden av loftsbjelkelag

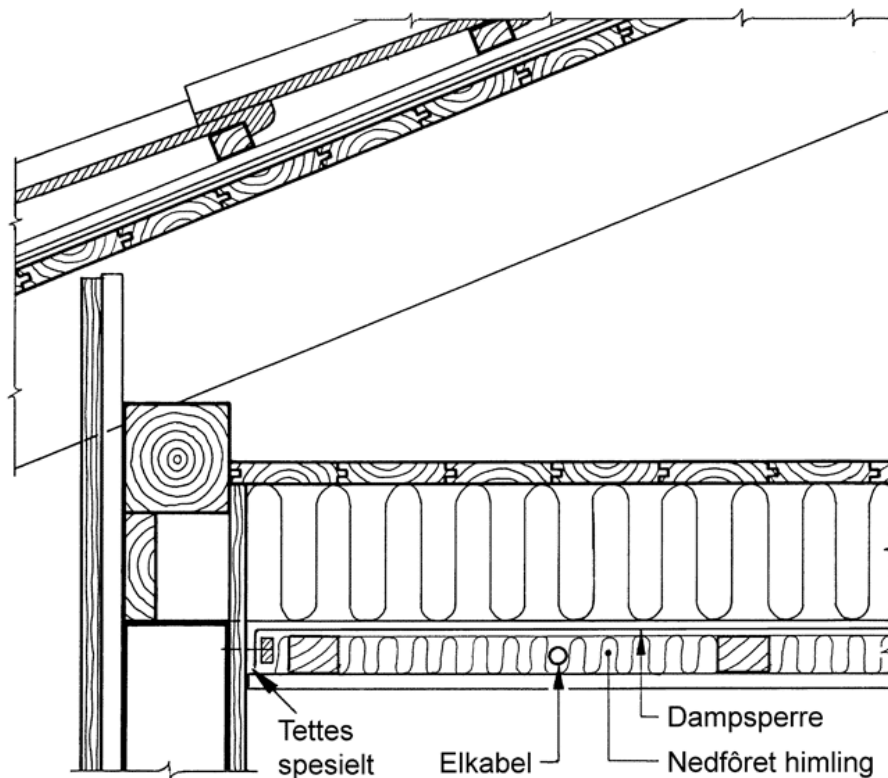
3.4.5 Etterisolering - Loftsbjelkelag uten stubbeloft

Etterisolering – Oversiden av loftsbjelkelag

Denne typen loftsbjelkelag utføres etter samme prinsipp som for etterisolering fra oversiden av loftsbjelkelag med stubbeloft, (fig.17). Det anbefales også her å montere ny tett dampsperre som dekker hele over hele takets bredde.

Etterisolering – Undersiden av loftsbjelkelag

Ved etterisolering fra undersiden fører man ned himlingen. Isolasjonen legger man i klem mellom bjelkeklaget. Isolasjonen vil henge av seg selv, hvis man har gjort jobben riktig. Vanlig isolasjonsmateriale er isolasjonsplater eller matter. Skjult elektrisk anlegg ved nedføring kan uten problemer legges inn i isolasjon uten at det vil ødelegge dampspennen. Fig.19 nedenfor viser etterisolering av loftsbjelkelag fra undersiden.



Figur 19 - Etterisolering fra undersiden av loftsbjelkelag uten stubbeloft

3.5 Termografering

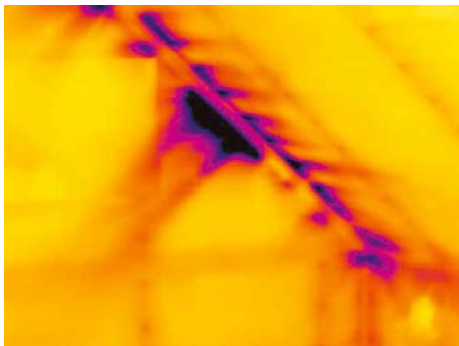
Definisjon:

”Bestemmelse og gjengivelse av fordelingen av overflatetemperaturen ved å måle IR-strålingens tetthet fra en overflate, inkludert tolking av tilfeldige mekanismer som danner uregelmessigheter i varmebildene”.¹¹

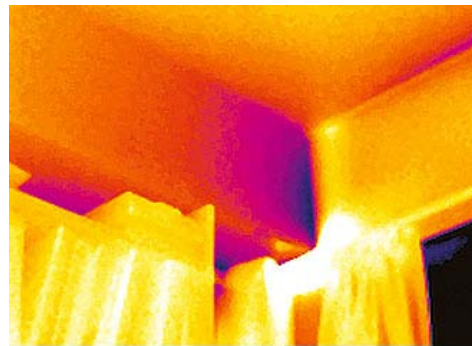
Termografering er et allsidig hjelpemiddel til bruk innenfor mange områder som for eksempel byggbransjen, elektronikk, medisin, VVS, landbruk, etc. Som metode innenfor byggebransjen så brukes kameraet hovedsaklig til å kartlegge varmetap ved kuldebroer, fuktskader, luftlekkasjer og isolasjon. Varmekameraet kan også brukes til å studere installasjoner i bygninger som for eksempel varmekabler, elektriske installasjoner, etc.

Ved termografering så kan man avdekke og dokumentere varmeisoleringssevne og luftlekkasjer. Termografering som metode egner seg veldig godt for å kontrollere bygningers termisk og energimessige egenskaper. Man kan ikke få en nøyaktig beskrivelse av varmeisoleringssevne, U-verdier eller størrelsen på luftlekkasjer med termografering. Men ved å analysere varmekameraets bilder kan man avsløre feil eller mangler ved konstruksjonen.

Luftlekkasjer kan man gjenkjenne ved at de viser seg som små mørke ”flammer”, ”fingrer” eller ”tunger” i termogrammet, se fig 20. De har ofte en uregelmessig form og ujevne kanter. For best mulig resultat, så anbefales det å ta varmebilder ved undertrykk i boligen.



Figur 20 – Luftlekkasje ved taklist



Figur 21 – Kuldebro i betongbjelke

Kuldebroer opptrer med reduserte temperaturer på innendørs overflater og hevet overflatetemperaturer utendørs. Nedenfor ser man en kuldebro i en betongbjelke. Kuldebroen viser seg ved at den gir sterke tydelige linjer, se figur 21.

¹¹ NS-EN 13187:1998 Bygningers termiske egenskaper. Kvalitativ metode for å oppdage termiske uregelmessigheter i bygningers klimaskjerm. Infrarød metode

Termograferingskameraets egenskaper og oppbygning:

Alle objekter med en temperatur som er over det absolutte nullpunkt (- 273,2) sender ut stråling som kan registreres av et varmekamerakamera. Strålingen som kameraet registrerer er elektromagnetisk.

Linsen i et varmekamera er ikke laget av glass. Linsen er laget av germanium, dette fordi glass er transparent for varme.

Det man ser i et varmkamera er varmestrålingen fra overflaten til et eller flere objekter. Et varmekamera har flere innstillinger som er avgjørende for sluttresultatet. Hovedfaktorenes betydning er som følger:

Emissivitet/emisjonsfaktor – Denne faktoren er materialavhengig. Emisjonsfaktoren er vanlig å sette til 0,90 ved termografering etter luftlekkasjer.

Reflektert temperatur – Dette er energien som blir reflektert fra et materiale når man retter strålingen fra varmekameraet mot det.

Atmosfærisk temperatur – Dette er temperaturen til omgivelsene, for eksempel i rommet hvor man utfører målingen.

Avstand – Luft å absorbere energi. Dette betyr at jo lenger unna man befinner seg et objekt, jo lavere vil temperaturen bli registrert. Avstander innvendig på 1-6m har liten betydning.

Luftfuktigheten – Ved store avstander så er det viktig å ta hensyn til denne. En relativ luftfuktighet på 60 % er vanlig å velge ved termografering etter luftlekkasjer.

Enkelte varmekameraer har funksjon for valg av paletter. Dette er et hjelpemiddel for å visualisere de ulike temperaturområdene man er ute etter. Paletter kan velges i forskjellige farger og gråsoner i kameraet og senere i programvaren på en pc.

Ved bruk av termograferingskameraet for å avdekke luftlekkasjer så er det kun temperatur forskjellen mellom materialene som er interessante. Objektets emisjonsfaktor, luftfuktighet, og avstand er primært de viktige dataene å taste inn i kameraet før man begynner avdekkingen av luftlekkasjer.

Det er nødvendig at det er stor temperaturforskjell mellom ute og inne. Minste grense mellom ute og inne er på minimum 5 grader Celsius. Det anbefales at temperatur forskjellen er vesentlig høyere en dette.

For å avdekke luftlekkasjer slik at de blir veldig tydelig, brukes termografering i kombinasjon med trykktesting.

3.6 Trykktesting

For å angi en bygnings lufttetthet, så brukes betegnelsen luftlekkasje. Lekkasetallet er antall luftvekslinger per time per ved en trykkforskjell på 50 Pa, (n_{50}). Ved trykktesting av et bygg, måles dette tallet for å gi oss en bekreftelse på hvor lufttett bygget er.

Lufttettheten til en bolig har stor betydning for bygningens energibehov, brukerens komfort og konstruksjonens bestandighet. Utette boliger fører til at energibehovet blir unødvendig høyt på grunn av energi knyttet til oppvarming.

Den norske standarden for trykktesting er NS-EN 13829. Standarden beskriver 2 metoder for trykktesting.

Ved måling av luftlekkasjer så er det vanlig å utføre målinger ved både undertrykk og overtrykk og bruke gjennomsnittet av begge målingene. Under testingen så er det normalt å måle ved trykkene 10, 20, 30, 40, 50, 60 Pa ved over- og undertrykk. Etter målingene er utfør så plottes resultatene inn i en kurve for overtrykk og en for undertrykk. Disse kurvene skal være jevne. Overtrykkskurven skal normalt bli litt høyere enn undertrykkskurven. Hvis det viser seg at kurvene har store sprang så kan det være noe galt med klimaskjermen. Det er da viktig å gjennomføre flere tester for å avise dette.

Utstyret som brukes til trykktesting består av en ramme med en tilhørende duk. I bunn av duken er det tilpasset et stort hull hvor viften skal monteres. Ramme med duk og vifte skal spennes fast i døråpning. Viften kobles til en kontroll for styring som igjen kobles til en pc med tilhørende programvare.

Trykktestingsviften har flere ringer og hull som kan dekkes til eller tas av. Disse ringene og hullene er ment for at man skal kunne skape en stabil og riktig trykkforskjell inne i forhold til ute. Tilhørende programvare på pc sier ifra hvilke ringer man skal bruke til en hver tid for å skape en stabil luftstrøm. I begynnelsen av trykktestingen så må man prøve seg frem til riktig valg av ringer.

Nedenfor ser man en oversikt over de ulike betegnelsene og hva de betyr. Det er viktig at betegnelsene man velger i programmet stemmer overens med hvilke ringer og kopper som man velger å bruke på viften.

- Full åpning
- A: kun ytterste ring er i bruk
- B: De to ytterste ringene er i bruk
- C8: Alle tre ringene er i bruk, hvor alle 8 hullene er åpne i den ytterste ringen
- C4: 4 kopper i bruk i ytterste ring
- C2: 6 kopper i bruk i ytterste ring
- C1: 7 kopper i bruk i ytterste ring
- L4: 8 kopper i bruk i ytterste ring
- L2: 8 kopper i bruk i ytterste ring + at 2 stk av de minste hullene er tapet
- L1: 8 kopper i bruk i ytterste ring + at 3 stk av de minste hullene er tapet

Ved tryktesting så er det veldig viktig å ta hensyn til været. Hvis vinden utenfor er over 6 m/s (læber bris og sterkere) så kan det være vanskelig å få gode troverdige måleresultater. I NS-EN 13829 står det detaljert hvilke tiltak man må foreta seg før lufttetthetsmålingen kan gjennomføres.

3.7 Litt om energisystemene i Sverige og Norge – potensial for fornybar energi

- Sverige

I likhet med det norske energisystemet har det svenske en relativt stor andel elektrisitet. Elektrisitet knyttet til sektorene bolig, service og industri står for til sammen 33 % av det totale energikonsumet. Elektrisitetsproduksjonen i Sverige i 2008 var relatert til 47 % vannkraft, 42 % kjernekraft, 11 % forbrenningsbasert samt noe kraftvarme, industrielle mottrykksanlegg og vindkraft. 70 % av forbrenningsbasert produksjon var basert på biomasse.

Sverige har en stor fjernvarmesektor basert på hovedsakelig biobrensel (mye trebrensel) i tillegg til varmpumper og spillvarme og noe olje, kull og gass.

Sverige har betydelige uutnyttede potensialer for fornybar energi herunder også vannkraft.

- Norge

Den høye andelen elektrisitet i sluttforbruket (50 % i 2008) gjør det norske energisystemet spesielt. Sluttforbruket av fjernvarme utgjorde bare 1 % i 2008.

98 % av elektrisiteten (2008) er basert på fornybar energi i form av vannkraft noe som er unikt i verdensammenheng. Vindkraft utgjør 0,6 % og 0,9 % ble produsert i varmekraftanlegg. I tillegg kommer produksjon av elektrisitet fra små gassturbiner for å drive olje- og gassproduksjonen i Nordsjøen.

Høy forbruksvekst og bruk av fossile brensler i olje- og gassvirksomheten samt transportsektoren har medført at andelen fornybar energi har sunket betydelig de siste 20 årene. I 1990 var 53 % av det totale energiforbruket fra fornybar energi og i 2005; 41 %.

Norge har store ressurspotensial for fornybar energi i form av bl.a. videre utbygging av vannkraft, vindkraft og biomassebasert energiforsyning.

I motsetning til i Norge har Sverige de siste 20 årene fått en gradvis økning i andelen fornybar energi. I 1990 var 34 % av det totale energiforbruket fra fornybar energi, i 2008 44 % og målet i 2020 er 50 %. Sverige har fra 2003 et sertifikatsystem for fremme av fornybar energi som dekker bl.a. småskala vannkraft, vindkraft og biomassebasert kraftproduksjon. Systemet fungerer slik: Alle el-forbrukere må støtte fornybar produksjon gjennom at produsenter av fornybar elektrisitet og torv får el-sertifikat som el-leverandørene må kjøpe for å dekke en kvote pålagt etter sitt salg av elektrisitet. Kvoten varierer over år og fører til økt etterspørsel etter fornybar energi og el-sertifikater. Det arbeides for tiden med innføring av et tilsvarende sertifikatsystem i Norge. Ref.: Buan, Eikeland, Inderberg 2010, Rammebetingelser for utbygging av fornybar energi i Norge, Sverige og Skottland, Fritjof Nansens Institutt.

I Sverige gis det statlig støtte til kommuner og landsting for å forsterke energieffektiviseringen i landet. Alle kommuner som forplikter seg på å arbeide aktivt med energiøkonomisering får et årlig økonomisk bidrag. Dette inngår i en 5 års energieffektiviseringsprogram for perioden 2010-2014. Bidrag gis for de som fastsetter opplegg for hvordan energieffektivisere og senere arbeider aktivt for å gjennomføre dette. Opplegget må omfatte en analyse av situasjonen, mål og en handlingsplan samt valg av minst to av de seks tiltak som beskrives i bilag VI til EUs energitjenestedirektiv. Det innebærer for eksempel kjøp av energieffektive produkter eller leie/kjøp av energieffektive bygninger.

3.8 Litt om svensk bygningslovgivning

Sverige fikk ny "Plan- och Bygglag" i 1987 og i 1995 ble en del av loven skilt ut i egen "Bygnadsverklag". Den siste loven gjelder de tekniske krav til bygninger. Fra 1. januar 2008 ble det gjort en del endringer i Bygnadsverklagen. Ny plan og bygglag begynner å gjelde den andre mai 2011.

Når det gjelder de svenske forskriftenes energikrav, er det forskjellige krav nord i Sverige kontra sør. Grensen for nord går fra Värmland og nordover. Forskjellene mellom nord og sør går på boligenes maksimale spesifikke energibruk (110 kWh/m² i sør og 130 kWh/m² i nord) og på hva energikravet referer til (Sverige kjøpt energi og i Norge netto energibehov).

3.9 Sentrale svenske energiøkonomiske tiltak

3.9.1 Bruk av fjernvarme i boliger i Sverige

De siste årene har det i Sverige vært en stor satsing på anvendelse av biomasse til varme i bygninger gjennom utbygging av kommunale fjernvarmesystemer. Her skiller Sverige seg klart fra Norge gjennom en omfattende utbygging gjennom lang tid. Fjernvarme står i dag i Sverige for om lag 50 % av varmemarkedet for boliger og andre bygninger. Sverige har omlag 1900 tettsteder og i underkant av 600 av disse har utbygde fjernvarmesystemer. Det skjer fortsatt en utbygging av dette systemet også på mindre tettsteder slik at stadig flere småhus går over til dette for oppvarming. Svensk Fjärrvärme har anslått at det tekniske potensialet på lang sikt for fjernvarme kan dekke 75 % av Sveriges oppvarmingsbehov.

3.9.2 Bruk av grunnvarme i boliger i Sverige og Norge

Utnyttelse av energi lagret i berg, jord eller grunnvann kalles for grunnvarme. Denne energien kan varmepumper bruke til oppvarming av hus og vann.

Grunnvarme bidro i Norge i 2007 med 1,3 TWh energi. I Sverige utgjorde grunnvarme ca 10 TWh energi med tilsvarende naturgitte forhold.

3.9.3 Utskifting av husholdningsmaskiner

Svensk Energi som er en bransje- og interesseorganisasjon for elektrisitetsforsyningsvirksomhetene i Sverige uttaler bl.a.

”Energieffektiviseringen i hemmen kan økas vesentlig med stimulanser som økar utbyteshastigheten på hushålsmaskinerna. Vita sertifikat skulle kunne vara ett verksamt medel för att uppnå detta – alternativt något annat marknadsinstrument. Enbart energimerking av apparaterna bedömdes som otillräcklig.”

Svensk Energi har et særlig fokus på bruk av elektrisitet knyttet til den enkelte husholdning. Man legger til grunn at medgått elektrisitet i hele EU området til husholdningsapparater øker med 1,5 – 2 % pr. år tross for energieffektive hvite- og brunevarer. I husholdningene antar man at det ligger en skjult elvarme som kan utgjøre 20 %.

4. Metode

4.1 Termografering

Termograferingskamera: Flir (thermacam) B200 Western, Serial No: 402002314

Sist kalibrert: Desember 03, 2008 i Sverige – Flir systems AB

Tilhørende programvare: Flir quickreport



Figur 22 – Termograferingskamera – Flir B200 Western
Foto: Bjørn Christian Bøe

Ved termografering av boligen så var det kun interessant for oss å oppdage eventuelle luftlekkasjer og kuldebroer. I den sammenheng er ikke temperatur på bildene viktig, men temperaturforskjeller på bildene som sier hvor store eventuelt luftlekkasjer og kuldebroer det er i boligen.

4.2 Trykktesting

Retrotec – Blower door (Airflow systems)

Med tilhørende utstyr: Ramme for montering av vindtett duk + vindtett duk

Tilhørende programvare: Doorfan – versjon 3.260

Tilhørende standard for trykktesting: NS-EN13829



Figur 22 – Trykktestings vifte – Blower door
Foto: Stian Mathisen

NS-EN 13829 er standarden for trykktesting. Standarden beskriver 2 prøvningsmetoder for gjennomføring av målinger. Metode A (bygning i bruk) og metode B (prøving av klimaskjerm). Vi valgte metode B (prøving av klimaskjerm) som målemetode siden det var klimaskjermen vi skulle teste.

Termografering kombinert med trykktesting er en god metode for å kartlegge lufttettheten til en bolig. Ved å skape undertrykk/overtrykk i en bolig så kan man veldig tydelig, ved hjelp av et termograferingskamera avdekke eventuelle luftlekkasjer som måtte finne sted. Ved hjelp av tilhørende programvare så kan vi få ut måledata med lekkasjetall av boligens lufttetthet. Vi mener med dette som bakgrunn, at metoden er veldig god.

Digitale kameraer

- Sony Cyber-shot DSC – S750
- Canon digital ixus 990IS

Vi valgte å bruke digitale fotokameraer til å dokumentere husene, samt for å ta bilder av utstyret vi har brukt.

Bærbar data

- Acer aspire 7730G

Vi koblet bærbar data til trykktestingen (blower door) for å få data om målingene.

Bærbar data har vært brukt i forbindelse trykktesting og termografering. Begge metoder har tilhørende programvare for videre analyse av resultatdata fra gjennomførte målinger.

Andre metoder

Innhenting av relevant litteratur har vi gjort ved å bruke sikre kilder fra internett som for eksempel SINTEF Byggforsk og Regjeringen. Vi har også brukt biblioteket for å få tilgang til Norsk Standard for trykktesting og termografering.

Gruppediskusjoner var viktig for å få klarhet i begrensninger og oppsett av rapport.

Revit structure er et konstruksjonsprogram vi har brukt til å tegne plan- og snittegninger. Denne metoden har gjort rapporten mer oversiktlig og spennende.

Organiseringen har blitt gjort litt forskjellig. Vi har fordelt oppgaver som vi senere har jobbet sammen med. Dette har funket veldig bra.

Analyse av resultatene fra de utførte testene har vært viktig. Dette for å avgjøre om det finnes noen utbedrings muligheter i boligene.

Vi utførte en sammenlikning mellom Norge og Sverige for å kunne se om Norge har noe å lære i enøk sammenheng. Metoden har vært god, for å se på likheter og ulikheter, Sverige og Norge imellom.

5 Gjennomføring med resultater

Som tidligere nevnt i oppgaven så valgte vi en bolig bygget i 1938 og en bolig bygd i 1971. Vi valgte å starte med trykktesting og termografering av den nyeste boligen bygd i 1971 for å kartlegge eventuelle luftlekkasjer og kuldebroer. For å kunne komme frem til en konklusjon om hvorfor det eventuelt er luftlekkasjer og kuldebroer, samt komme med forslag til utbedringer i boligene. Vi hadde på forhånd kartlagt hvordan boligene var bygget opp med hensyn på isolasjon, vindsperre, dampspærre, etc.

5.1 Beskrivelse av bolig fra 1971

Boligen er bygd i 1971. Den består av lette bindingsverksvegger, Loftsbjelkelag uten stubbeloft og trebjelkelag mot kryperom. Boligen er ikke etterisolert i senere tid. Se figur 23 for bilde bolig.

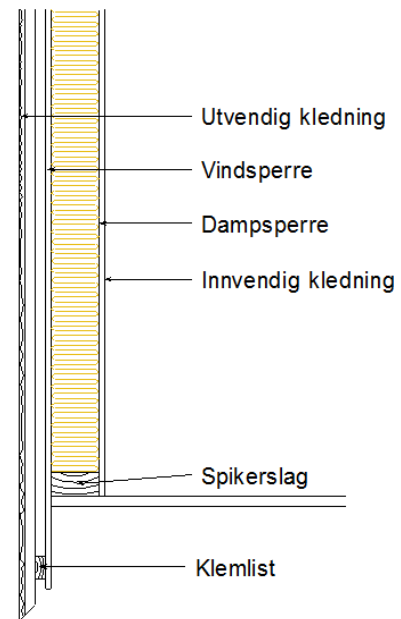


Figur 23 – Bolig fra 1971
Foto: Stian Mathisen

Yttervegg

Nåværende yttervegger er lette bindingsverkvegger med 48x98mm stendere som er fylt med 100mm mineralull mellom bjelkene.

Fra innsiden er ytterveggen bygget opp med innvendig kledning, dampsperre, 100mm isolasjon, vindsperre også utvendig kledning. Se figur 24.

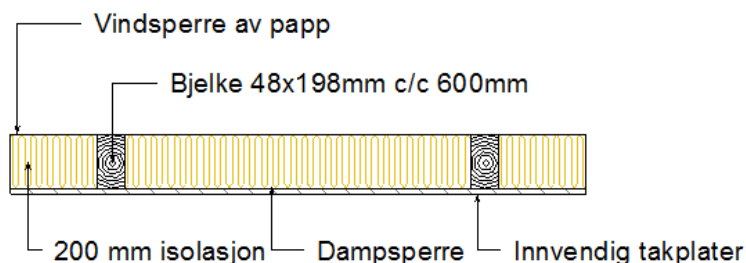


Figur 24 – Nåværende ytterveggs konstruksjon, utarbeidet i Revit structure

Etasjeskiller mot kaldloft

Nåværende etasjeskiller mot kaldloft har 48x198mm bjelker.

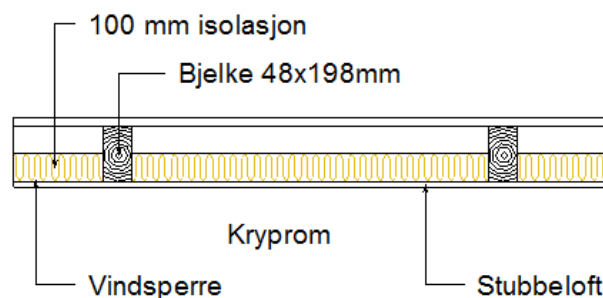
Bjelkene har senteravstand på 600mm og er fylt med 200mm isolasjon mellom bjelkene. Fra innsiden er etasjeskiller mot kaldloft bygget opp med innvendig takplater, dampsperre, 200mm isolasjon og vindsperre av papp. Se figur 25.



Figur 25 – Nåværende etasjeskiller mot kaldloft, utarbeidet i Revit structure

Bjelkelag mot kryperom

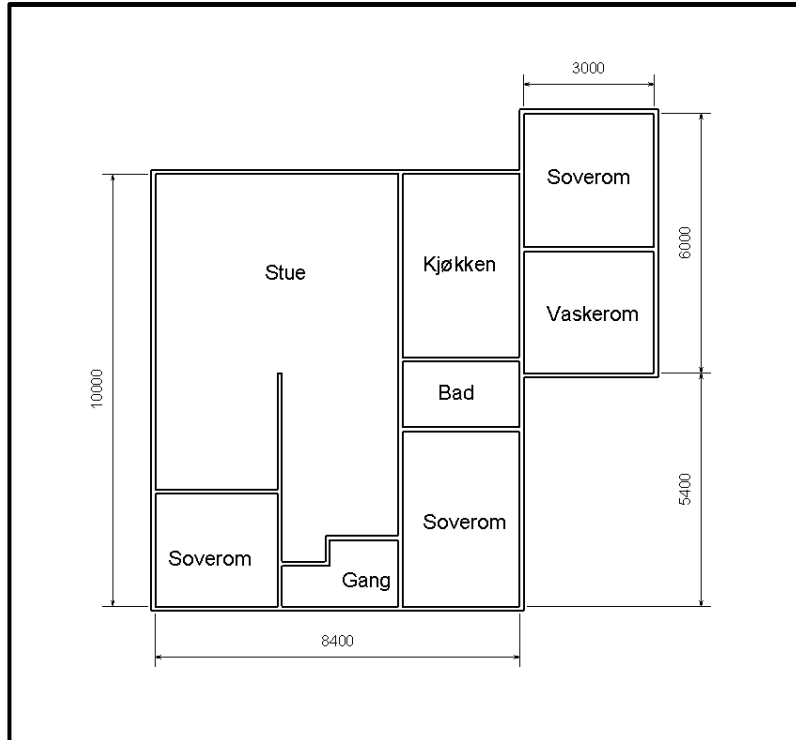
Nåværende etasjeskiller mot kryperom har 48x198mm bjelker, se fig.26. Huseier var i tvil hvordan isolasjons tykkelse og senteravstand det var mellom bjelkene på etasjeskiller mot kryperom. Derfor antar vi 200mm isolasjon mellom bjelkene og senteravstand på 600mm som vist i fig.16 under teori.



Figur 26 – Nåværende bjelkelag mot kryperom, utarbeidet i Revit structure

5.2 Gjennomføring av trykktesting i bolig fra 1971

Vi startet nødvendige forberedelser for trykktesting og termografering 21.april.2010 klokken 12:00. Det var viktig å gjøre nødvendige forberedelser før testingen kunne finne sted. I fig.27 nedenfor ser man en plantegning av hvordan eneboligen ser ut.



Figur 27 – Plantegning av bolig fra 1971, Utarbeidet i Revit structure

Ovennevnte skisse har vi laget på bakgrunn av målingene vi foretok før testingen. Det var nødvendig å regne ut byggets klimaskjerm, gulvareal og bygningsvolum. Under oppmålingen av boligen så antok vi at det var ca.2.5cm ut til fuktsperren i yttervegg.

Utrekningene ble som følger:

- Bygningsvolum 239 m³
- Gulvareal 102 m²
- Klimaskjermsareal 209 m²
- Elevasjon 0 m

Deretter utførte vi de resterende nødvendige forberedelser før gjennomføringen av testene etter metoden beskrevet i NS-EN 13829 → metode - B (prøving av klimaskjerm). Klargjøring av boligen er nødvendig for å gjennomføre denne metoden. I metode B står det at: Alle tilsiktede åpninger i klimaskjermen skal være lukket eller tettet igjen.

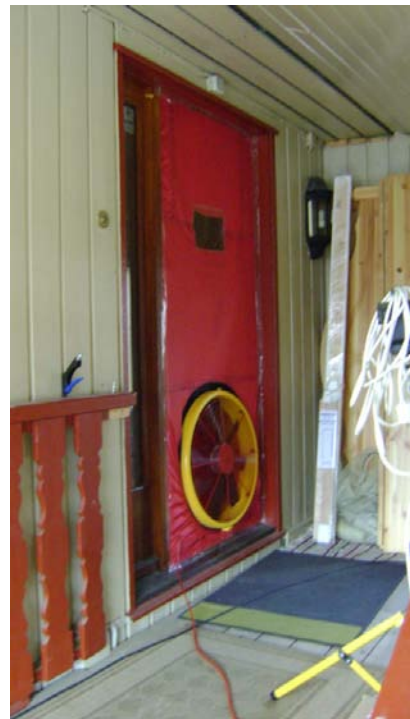
Alle punktene nedenfor ble utført før testingen fant sted:

- Vi lukket alle ventiler over vinduer og stengte igjen alle ytterdører.
- Ventilasjonsluker i stue ble tettet igjen
- Ventilasjonsluke på bad ble tettet igjen
- Ventilasjonsluke på kjøkken ble tettet igjen
- Vi tettet igjen peisspjeld i stue
- Trekk over komfyr ble tettet igjen
- Alle innvendige dører i boligen ble åpnet, slik at vi fikk testet hele boligen som en sone.

Trykktestingsutstyret ble montert i ytterdøren innmontert i tilhørende tetningsduk med ramme, se fig.29. Vi sørget nøye for at duken med montert vifte dannet et tett sjikt med dørkarmen slik at luftlekkasjer ikke oppsto. For å være på den sikre siden så tettet vi dør og karm med teip fra utsiden av bygget, se fig.28.



Figur 28 – Trykktestingsutstyr montert og tettet godt med teip.
Foto: Bjørn Christian Bøe



Figur 29 - Trykktestingsutstyr montert i ytterdør
Foto: Bjørn Christian Bøe

Da utregningene var ferdige og trykktestingsutstyret var montert, så koblet vi utstyret til en bærbar data. Utregningene plottet vi inn i programvaren installert på dataen.

Før testingen fant sted noterte vi vær og vindforhold:

- I henhold til utdrag av Beaufort skalaen for vindstyrke hentet ifra NS-EN 13829 så fant vi ut at vindhastigheten ute var mellom 1,8-3,1 m/s. Dette tilsvarer svak vind og er nummeret som beaufort tall: 2. Været ute var overskyet med opphold.
- Temperaturer: 0 °C ute og 17 °C inne

Vi startet testingen klokken 15:30 21.april.2010.

Vi valgte i programvaren at testingen skulle utføres i området 10 Pa til 80 Pa med 6 punkter for måling. Vi valgte å kjøre både undertrykk og overtrykk ved alle tester.

Test 1: Under første test valgte vi å prøve med kun ytterste ring i bruk på viften →A

Vi satt maksimums undertrykk og overtrykk på 80 Pa. Det viste seg at viften ikke klarte og stabiliserer et så jevnt og høyt trykk. Målingen ble ikke vellykket.

Test 2: Her valgte vi å endre åpningen på viften fra A til B → de to ytterste ringene i bruk. Vi håpet på at denne endringen ville føre til at viften kunne stabilisere seg på 80 Pa. Dessverre så var denne målingen heller ikke vellykket.

Test 3: Før testen så endret vi maksimums- og minimumsverdien for trykket. Vi satt området til å måle fra 15 til 70 Pa med 5 punkter for måling. Vi valgte under denne testen å bruke C8 →alle tre ringene i bruk, hvor alle 8 hull er åpne i den ytterste ringen, som åpning på viften. Denne testen var den første vellykkede og ga oss resultater for videre arbeid.

Test 4: Denne testen valgte vi å utføre på tilsvarende måte som ved test 3. Denne testen var også vellykket og ga oss resultater for videre arbeid.

Vi valgte å avslutte trykktesting av boligen denne dagen klokken 19:30, ettersom 2 av 4 tester var vellykket. Begge testene ga oss omtrentlig samme resultat. Uti fra det konkluderer vi med at lekkasjetallet er troverdig. Vi kunne ha valgt og testet flere ganger, men lekkasjetallene var relativt like.

5.3 Trykktesting av bolig fra 1971

Trykktesting av bolig, Nittedal			Test 1 - Nittedal			Test 2 - Nittedal		
			Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt	Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt
Luftstrøms-koeffisient	C_{L-STP}	m ³ /h	115.502	105.775		121.768	107.604	
Luftstrøms-eksponent	n		0.6577	0.694		0.6476	0.6924	
Sannsynlighetsfaktor		%	99.95	99.99		99.96	99.97	
Mengde ved 50 Pa	V_{50}	m ³ /h	1514	1598	1556	1534	1615	1574
Luftskifte/time (ACH) ved 50 Pa	n_{50}	/hr	6.334	6.68	6.509	6.417	6.76	6.588
Luft Gjennomtrengelighet ved klimaskjermareal ved 50 Pa	q_{50}	m ³ /h/m ²	7.24	7.64	7.44	7.34	7.73	7.53
Spesifikk lekkasjefaktor (SLR) ved 50 Pa	w_{50}	m ³ /h/m ²	310.1	298.6	304.4	322.3	303.1	312.7
Effektivit lekkasjeareal (EflA) ved 4 Pa	Efla	m ²	310.1	298.6	304.4	322.3	303.1	312.7
Ekvivalent lekkasjeareal (EqLA) ved 10 Pa	ELA_{10}	cm ²	585.6	583	584.3	603.1	591	597
Normalisert lekkasjeareal (NLA) ved 10 Pa	NLA_{10}	cm ² /100m ²	280.2117	278.9671	279.5894	288.5669	282.7696	285.6682

Tabell 5 – Trykktestings resultater av boligen fra 1971, utarbeidet i Excel.

Ovennevnte tabell 5 er lagd på grunnlag av komplette tester som vi har lagt i vedlegg 9.1.3 og 9.1.4. I tabellen ovenfor ser man markert rød tekst og grå bakgrunn for luftlekkasjetallene til boligen bygget fra 1971.

Det gjennomsnittlige luftlekkasjetallet for begge målinger er på +/- 6,5 luftutskiftninger per time.

Drøfting av resultater i bolig fra 1971

Ytterveggene i bolig fra 1971 har relativt stort luftlekkasje tall på 6.588 luftutskiftninger per time. Gjennomføringer, skjult elektrisk anlegg, dårlig tetting rundt vinduer og dører etc. kan være problemet. Huseier har sagt at det er gulvkaldt. På grunn av utett vindsperre kan det komme luftlekkasje fra etasjeskiller mot kryperom som ikke har isolasjon som fyller hele hulrommet.

Det er ingen tvil om at boligen har et utbedringspotensial i form av en reduksjon i energiforbruk. Ved trykktesting har vi ikke klart å utrede hvilke ytterkonstruksjoner som har feil eller mangler. Men vi har under testingen utført termografering av områder som viser tydelige tegn på luftlekkasjer, mangelfull isolasjon og kuldebroer.

5.4 Gjennomføring av termografering i bolig fra 1971

Vi valgte å termograferer boligen etter at trykktestingen hadde funnet sted. Varmebildene ble tatt ved undertrykk og normaltilstand. Vi kjørte boligen opp i et undertrykk på 80 Pa ved termograferingen. Undertrykket bidro til at luftlekkasjer igjennom ytterkonstruksjonen av boligen, ble vesentlig tydeligere.

Ved termograferingen så var det viktigst for oss kun å se temperaturforskjeller. Den riktige overflatetemperaturen på ulike overflater var ikke så viktig for oss å se. Vi valgte å termograferer ved undertrykk og normaltilstand. Vi tok også vanlig bilder av stedene.

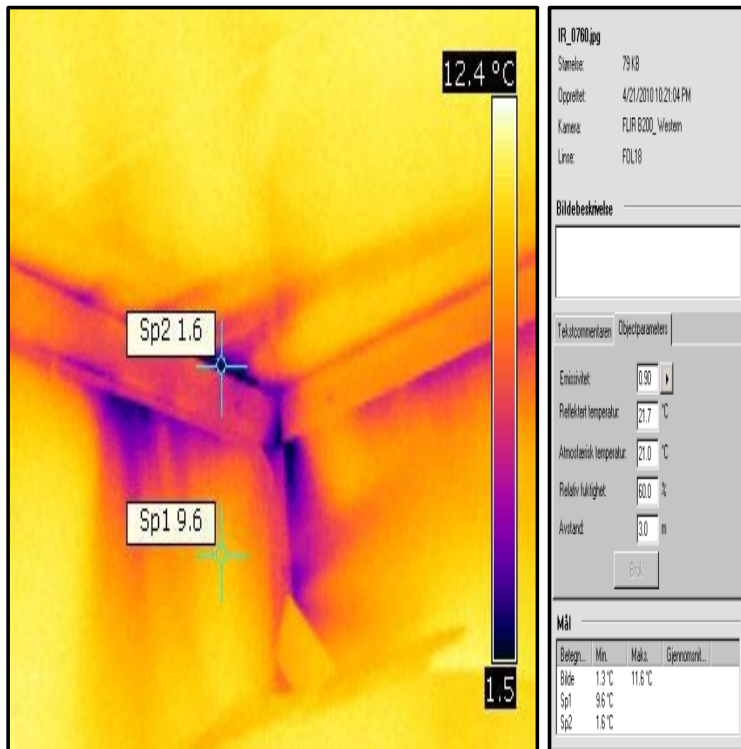
Vi satt inn følgende data i termograferingskameraet:

- Emisjonsfaktoren 0,9
- Reflektert temperatur 21,7
- Atmosfærisk temperatur 21
- Relativ fuktighet 60 %
- Avstand 3m

Vi valgte å bruke "Iron" som palett ved termograferingen. Bildet vises da slik at de mørke stedene er kalde og de lyse er varme.

Under trykktestingen så skaffet vi oss en oversikt over hvor luftlekkasjer fant sted. Vi brukte håndflaten for å kjenne etter trekk fra luftlekkasjer. Da undertrykket ble kjørt opp til 80 Pa, tok vi varmebilder ved hjelp av termograferingskameraet.

5.5 Termografering av bolig fra 1971



Undertrykk

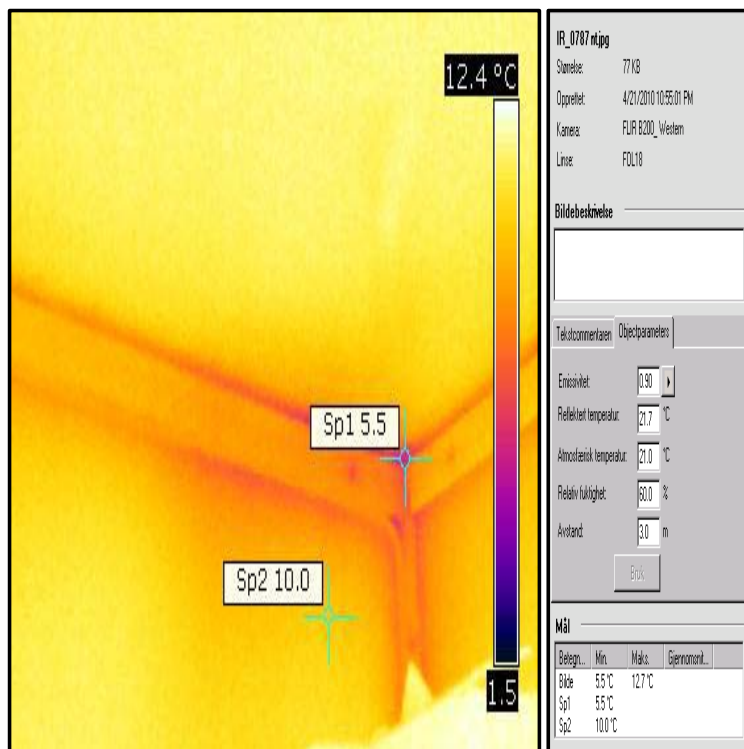
Undertrykk

Dette er et hjørne som har kraftig luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er på 8 grader celsius. Dette kommer av det ikke er tett nok mellom vegg og tak.

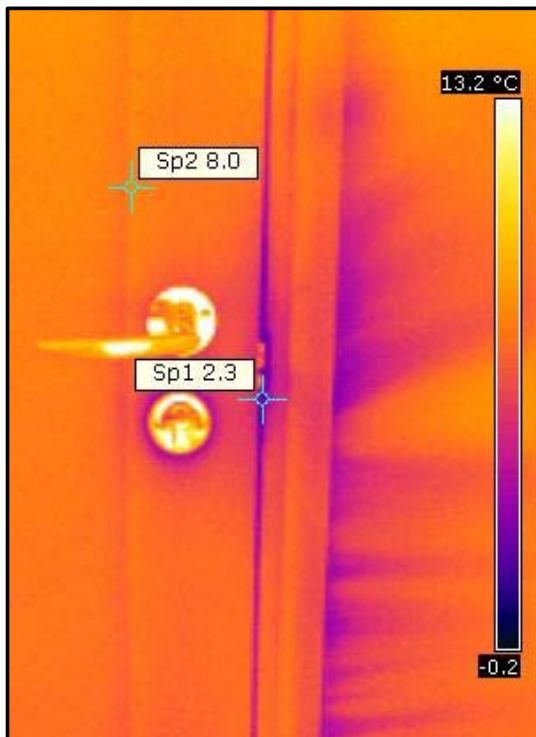


Normaltilstand

Ved Normaltilstand ser man nesten ingen form for luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er 4,5 grader celsius.



Normaltilstand



IR_0758.jpg

Størrelse: 77 KB
 Opprettet: 4/21/2010 10:20:30 PM
 Kamera: FLIR B200_Webcam
 Linse: FOL18

Bildebeskrivelse

Tekstkommentaren Objektparametere

Emissivitet: 0.90
 Reflektert temperatur: 21.7 °C
 Atmosferisk temperatur: 21.0 °C
 Relativ fuktighet: 60.0 %
 Avstand: 3.0 m

Bruk

Mål

Betegn...	Min.	Maks.	Gjennomsn...
Bilde	2.0 °C	18.5 °C	
Sp1	2.3 °C		
Sp2	8.0 °C		

Undertrykk

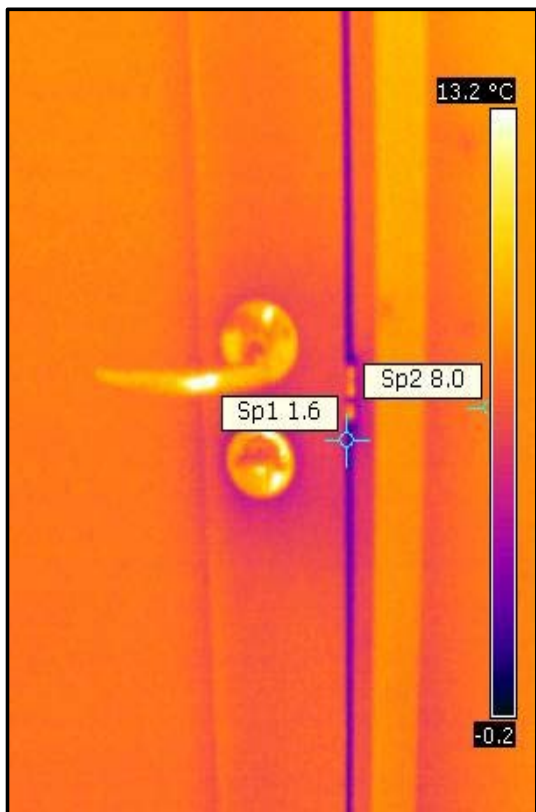
Undertrykk

Dette er en ytterdør, men ikke hoveddøren i huset. Den har tydelige luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er på 5,7 grader celsius. Man ser at døren ikke har blitt tettet godt nok.



Normaltilstand

Ytterdøren ved normaltilstand viser tegn til få luftlekkasjer. Temperatur forskjell er på 6,4 grader



IR_0786 nt.jpg

Størrelse: 77 KB
 Opprettet: 4/21/2010 10:54:17 PM
 Kamera: FLIR B200_Webcam
 Linse: FOL18

Bildebeskrivelse

Tekstkommentaren Objektparametere

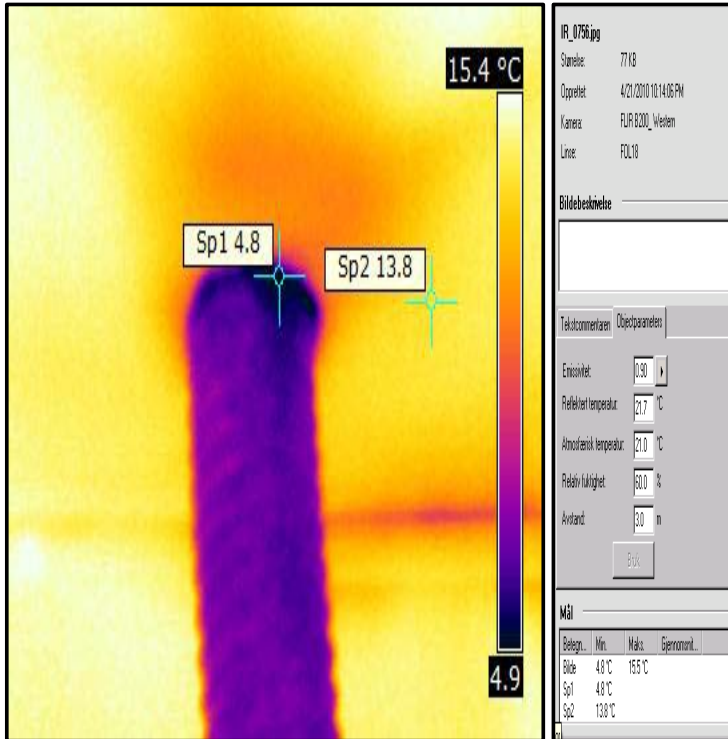
Emissivitet: 0.90
 Reflektert temperatur: 21.7 °C
 Atmosferisk temperatur: 21.0 °C
 Relativ fuktighet: 60.0 %
 Avstand: 3.0 m

Bruk

Mål

Betegn...	Min.	Maks.	Gjennomsn...
Bilde	1.5 °C	16.5 °C	
Sp1	1.6 °C		
Sp2	8.0 °C		

Normaltilstand



Undertrykk

Undertrykk

Dette er røret til ventilasjonsviften på kjøkkenet. Luftlekkasjen kommer av at dampsperreren og isolasjon ikke tetter helt igjen inn til ventilasjonsrøret. Grunn til at ventilasjonsrøret er mørkt, er fordi ventilasjonsviften ikke er tett godt nok fra metode b i trykktestingen.



Normaltilstand

Ventilasjonsrøret på kjøkkenet ved normaltilstand har ikke så tydelige luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er på 1 grad celsius. Dette kommer av at det var lite vind, som gjør at det ikke kommer kald luft ned i dette tilfelle



Normaltilstand



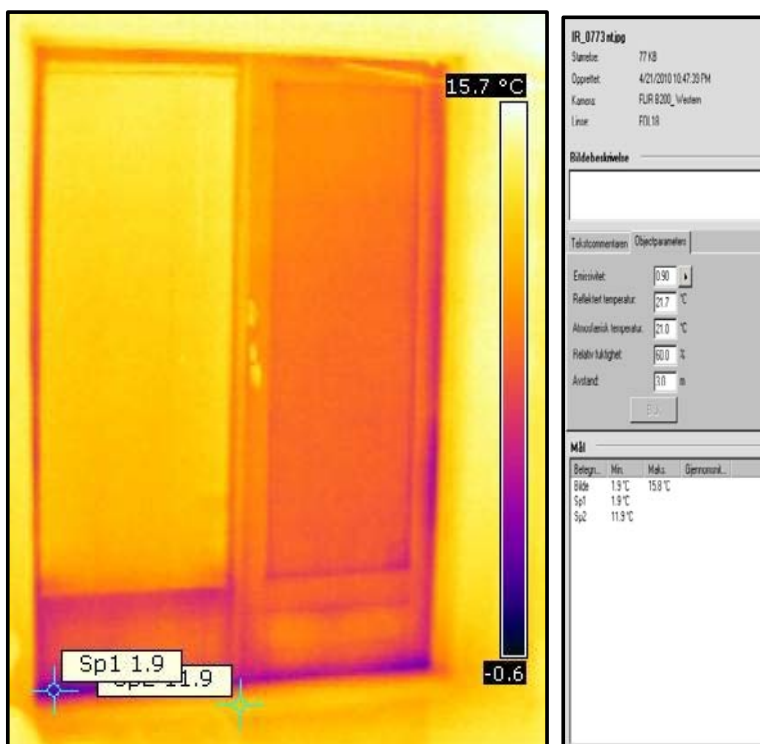
Undertrykk

Undertrykk

Dette er terrasse døren. Bildet viser tydelige luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er på 11,4 grader celsius. Man kan se tydelige luftlekkasjer langs kanten av døren. Dette kommer av at det ikke er tettet skikkelig ved innsetning av døren.

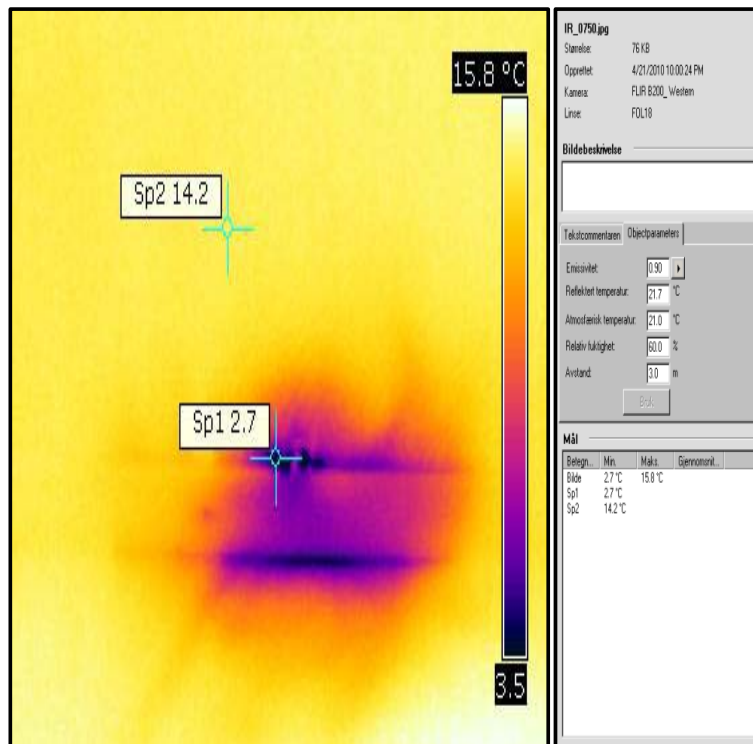


Normaltilstand



Normaltilstand

Terrasse døren ved normaltilstand har også tydelige luftlekkasjer. Temperatur forskjellen er på 10 grader celsius. Her ser man også at det ikke er tettet nok rundt kantene av døren.



Undertrykk

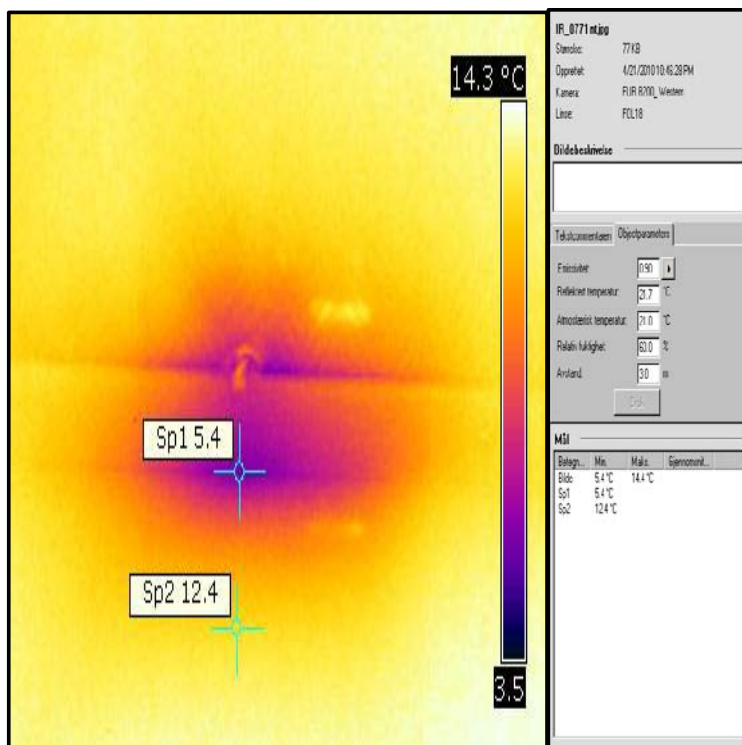
Undertrykk

Dette er nede ved gulvlisten til ytterveggen i stuen. Her ser man en luftlekkasje som strekker seg ut med en temperatur forskjell på 11,5 grader celsius. Dette skyldes at tidligere eiere har boret hull rett igjennom veggen til tv signal kabel også er det bare dyttet noe filt i hulet. Som gjør at det kommer kald luft rett inn i stuen pga. manglende vindsperre og dampsperre.



Normaltilstand

Bildet viser også ved normaltilstand tydelig luftlekkasjer. Temperatur forskjellen her er på 7 grader Celsius.



Normaltilstand

5.6 Tiltak for bolig fra 1971

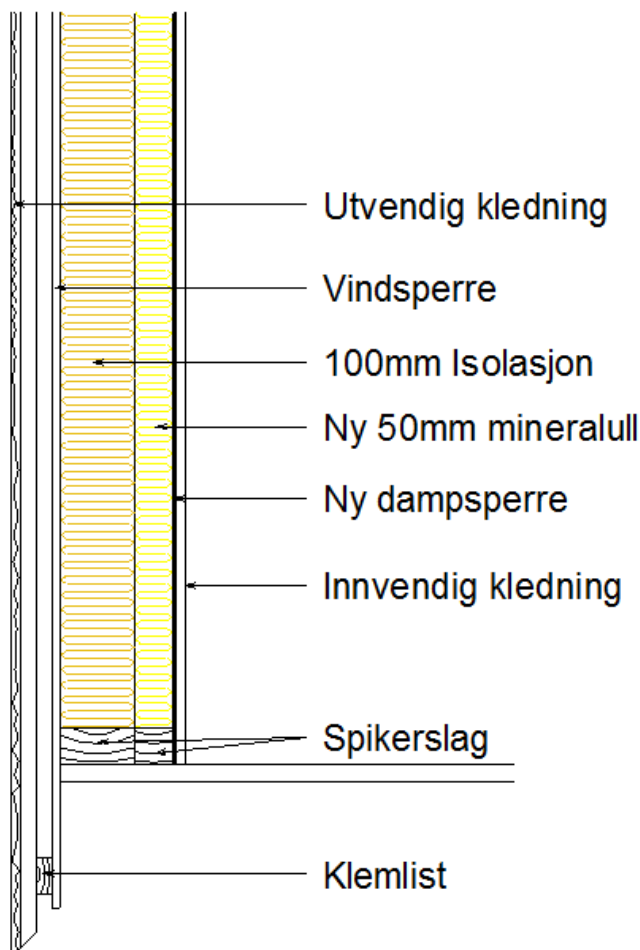
Yttervegg

Innvendig etterisolering bør bare utføres hvis den nåværende ytterveggen har dårlig utvendig kledning eller at kledningen bør bevares. I denne boligen så mener vi at Utvendigkledningen er i god stand. Av den grunn velger vi innvendig etter isolering. Ved innvendig etterisolering(fig.30), må man først fjerne eksisterende innvendig kledning og dampsperre.

Fordi det skal være generelt tre ganger så tykk isolasjon på kald side av dampsperran som på varm side for å unngå kondens på dampsperran.

Ytterveggen i Nittedal består av 100mm isolasjon. Siden utvendig kledning er i bra stand og har høyt luftlekkasje tall fra trykktestingen, vil det beste være å ta innvendig etterisolering med 50mm illustrert på bilde.

Ut i fra vedlegg 9.2.2 U-verdi - Lett bindingsverksvegger, kan man se at tidligere u-verdi på 0,50 $W/(m^2K)$. Ved innvendig etterisolering med 50mm vil ny u-verdien bli 0,33 $W/(m^2K)$ altså merkbart bedre og eventuelt slurv med dampsperre eller gammel isolasjon som har sunket vil bli utbedret.



Figur 30 – Innvendig etterisolering av yttervegg

Etasjeskiller mot kaldloft

I Nittedal vil etterisolering fra oversiden være den beste og enkleste løsningen siden det er nye takplater i himlingen som man vil la stå. Se fig.31.

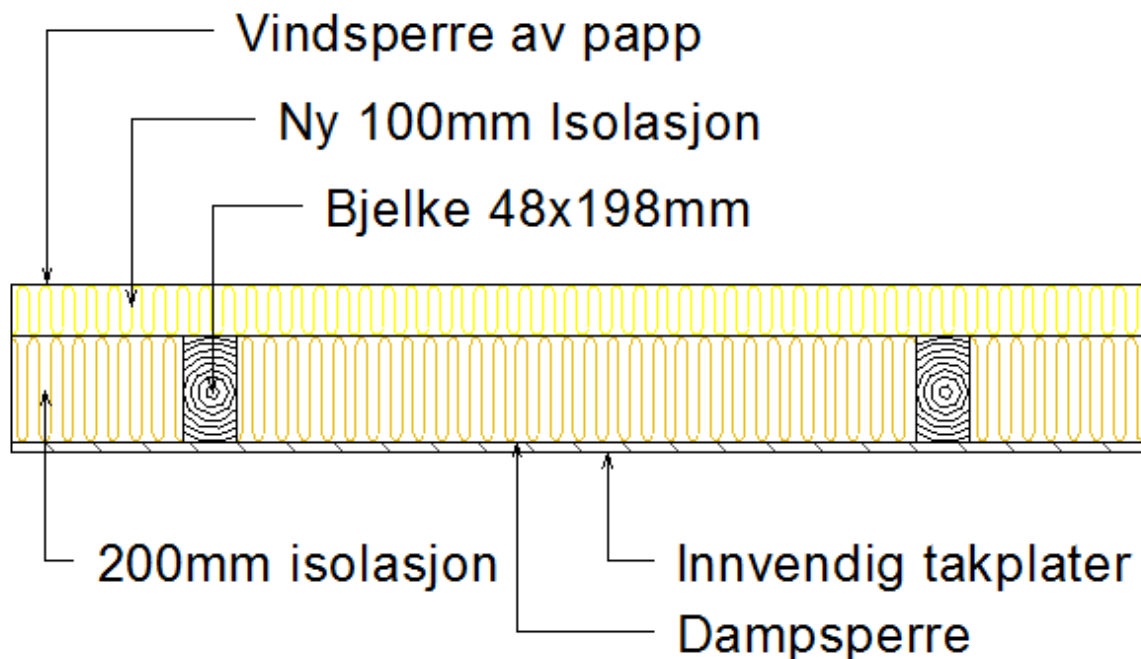
Man må vurdere om himlingen er luft- og damptett for å hindre oppfukning ved kondens i isolasjon. Eventuelt gulvbord/gulvsponplater bør fjernes først fordi ute luft kan komme på undersiden av gulvet og redusere isolasjonsevnen. Vis man skal bruke kaldloftet som lagringsplass, må man fôre opp gulvet og legge gulvbord/gulvsponplater for å hindre at isolasjon blir presset sammen.

Tetting rundt gjennomføringer for kanaler, rør, pipe og rundt loftsluke er veldig viktig for å hindre varmetap og kondens.

Siden isolasjonstykkelsen er 200mm eller mer, bør man legge papp på oversiden av isolasjon for å redusere faren for ekstra varmetap på grunn av naturlig konveksjon i isolasjonssjiktet.

Man må også passe på at man ikke tetter loft ventilene. Ved tak utstikket skal det skrå skjæres med minste klaring på 50mm.

Ut i fra 9.2.4 U-verdi - Loftsbejelkelag uten stubbelofter så ser man at tidligere u-verdi var på 0,16 $W/(m^2K)$. Ved etterisolering og utfôring med 50mm isolasjon vil ny u-verdi bli på 0,11 $W/(m^2K)$.



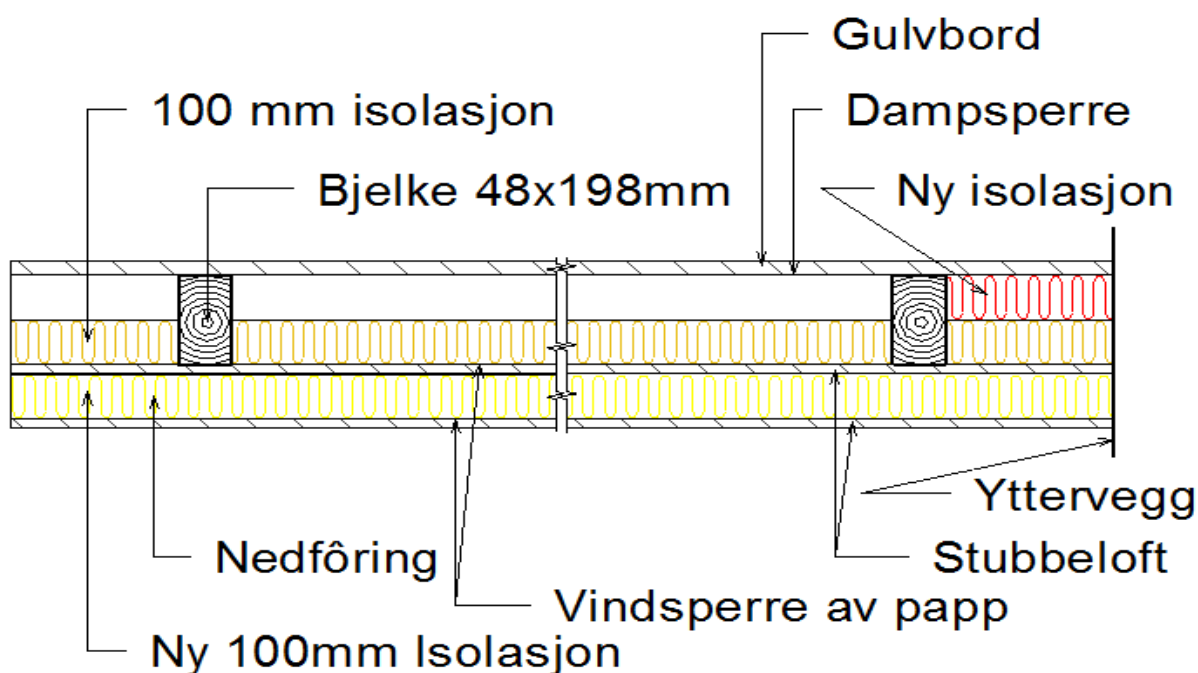
Figur 31 – Etterisolering fra oversiden av etasjeskiller mot kaldloft

Etasjeskiller mot kryperom

Etterisolering på undersiden av gulvet er den beste løsning, siden det er kryperom med god plass å jobbe på og man slipper å ta løs eksisterende gulvbord. Ved etterisolering med 100mm isolasjon blir det nødvendig med nedføring for å få spikerlag. Dette vil redusere fare for fuktskader siden overflatetemperaturen på undersidene av bjelkene blir høyere.

Overgangen mellom etasjeskiller og yttervegger må sjekkes at det er helt tett, ellers vil kald luft trenge inn over stubbeloftet og svekke isoleringen. Dette vil følles som trekk langs gulvet. Hvis vindspærren i ytterveggen er utett og dårlig varmeisolerert, bør man også isolere hulrommet over stubbeloftsfylle i et felt nærmest ytterveggen som merket rød isolasjon på illustrasjons bilde.

Ut i fra vedlegg 9.2.5 U-verdi – Bjelkelag mot kjeller/ kryperom ser man at tidligere u-verdi på 0,33 W/(m²K). Ved etterisolering og nedføring med 100mm isolasjon vil den nye u-verdien bli 0,16 W/(m²K). Figur 32 nedenfor viser etterisolering fra undersiden av bjelkelag mot kryperom.



Figur 32 – Etterisolering fra undersiden av bjelkelag mot kryperom

Glass, vinduer og dører

Alle vinduene i Nittedal er 2-lags ruter. Når boligen allerede har 2 lags ruter, så er lønnsomheten som oftest ikke til stede eller relativt liten ved å oppgradere til 3 lags vindu eller en annen type 2 lags rute med spesielle belegg eller gassfyllinger. Derfor er det ingen vits å bytte noen vinduer.

Verandadøren og ytterdøren som ikke var hoveddør fra termografi bildene fra Nittedal. Bør byttes eller justeres for så å benytte fugeskum som lufttetning mellom dør og vegg.

Ved bytte av dør bør man eventuelt følge bruksanvisning fra leverandør om innsetning av dør.

Glipper mellom dør og vegg som er bredere enn ca. 8mm, bør isoleres med eksempel dytte strimler fra Glava. Dytte strimler må ikke dyttes for hardt, da vil isoleringen bli redusert.

I trehus må man ofte justere døren etter 1år. Fugeskum brukes som lufttetning.

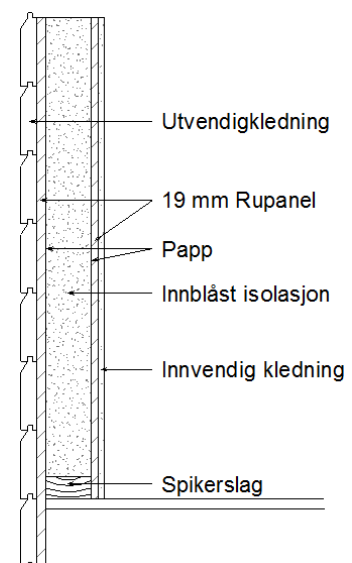
5.7 Beskrivelse av bolig 1938

Boligen er bygd i 1938. Den består av tunge bindingsverksvegger, loftsbjelkelag med stubbeloftsfill og trebjelkelag over kjeller. Boligen er delvis etterisolert.



Figur 33 – Bolig fra 1938, Foto: Bjørn Christian Bøe

Nåværende yttervegger(fig.34), er tunge bindingsverksvegger med 100mm hulrom. Opprinnelig var veggene uisolerte med hulrom uten isolasjon. I 1985 ble ytterveggene etterisolert ved at det ble blåst inn isolasjon i hulrommet i veggene enten fra innsiden eller utsiden. Isolasjon som ble blåst inn er mest sannsynlig granulert mineralull¹². Fra innsiden av ytterveggen er den bygget opp med innvendig kledning som er av tre eller malt strie, 19mm rupanel, antar 2 lag med uimpregnert papp som isolerende og lufttettende, 100mm innblåst granulert isolasjon, antar 2 lag med impregnert papp¹³ (forhudningspapp) som vindsperre, 19mm rupanel og utvendigkledning.

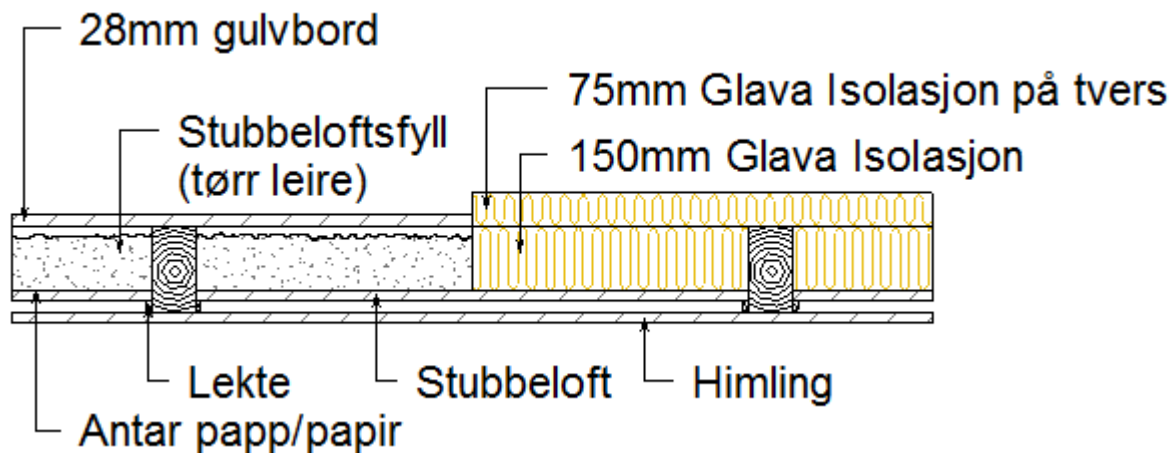


Figur 34 – Nåværende yttervegg

¹² Se teori: 3.3.10 Isolasjonsmaterialer

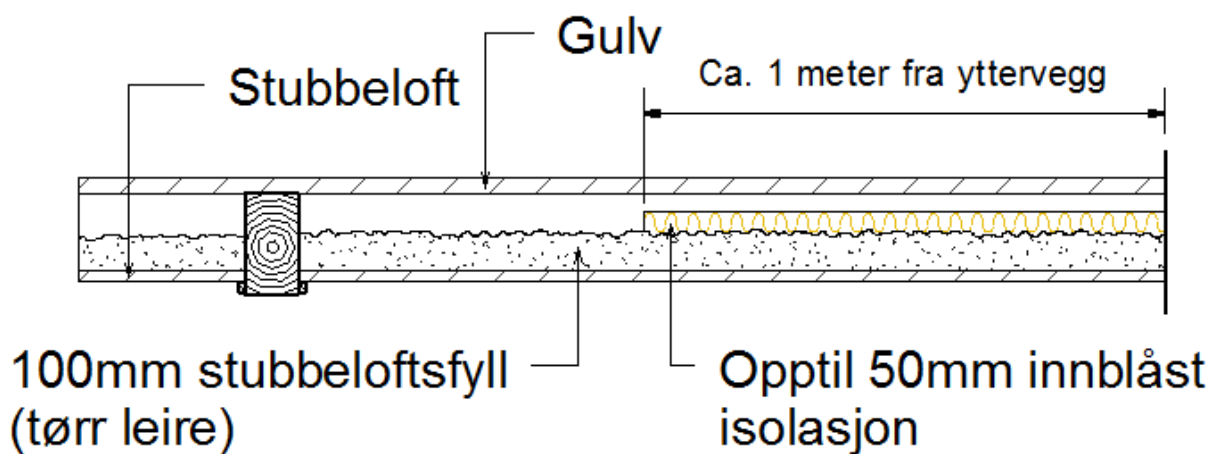
¹³ Se teori: 3.3.11 Materialer til tetning

Nåværende loftsbjelkelag med stubbeloftsfyll er delvis etterisolert. Vi antar at det er lagt papp/papir i mellom bjelkelagene med 100mm leire¹⁴ i midten¹⁵ ca. 40 m² rundt pipen med 28mm tykt gulv oppå. Resten er det fjernet leire og rullet ut Glava isolasjon med først 150mm ned i mellom bjelkene også 75mm i kryss i lange ruller oppå. Se figur 36 nedenfor.



Figur 35 – Nåværende loftsbjelkelag

Nåværende etasjeskiller mot kjeller er delvis etterisolert. Den består av stubbeloftsfyll som er av tørr leire. Det er innblåst isolasjon ca. 1m inn fra innsiden til ytterkanten med en tykkelse på opptil 50mm på eksisterende isolasjon. Se figur 36 nedenfor.



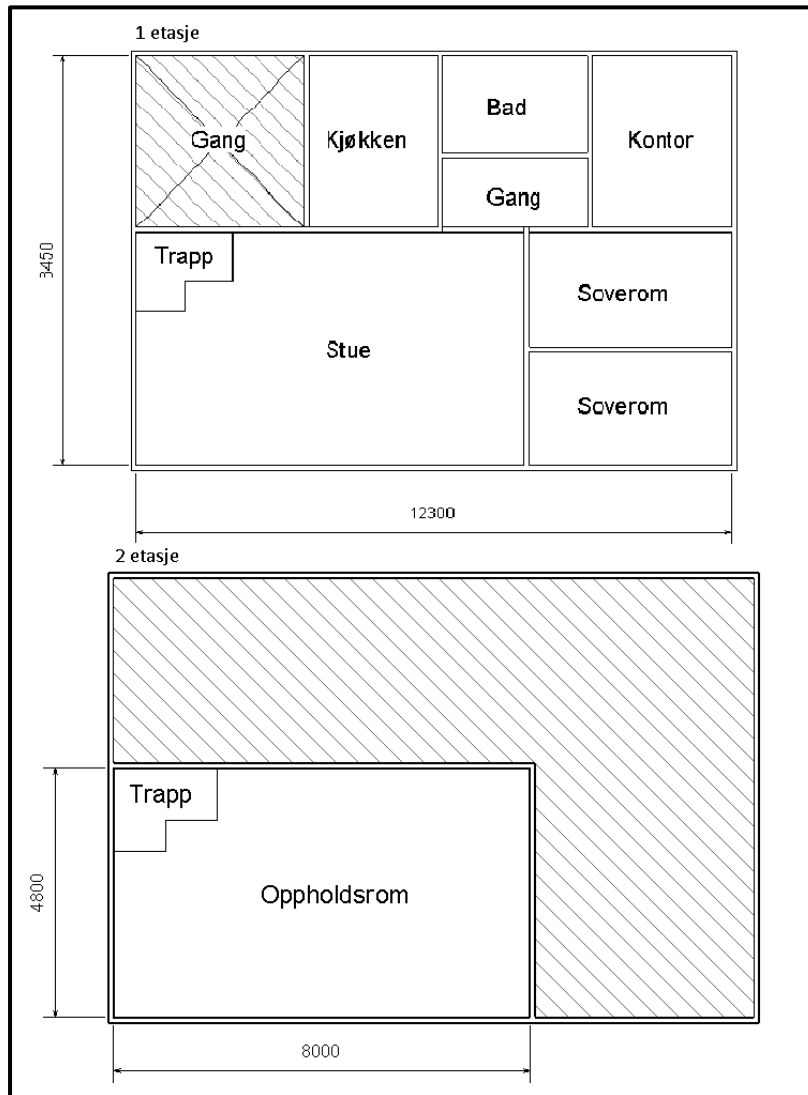
Figur 36 – Nåværende etasjeskiller mot kjeller

¹⁴ Se teori: 3.3.10 Isolasjonsmaterialer

¹⁵ Se figur 41 s.67

5.8 Gjennomføring av trykktesting av bolig fra 1938:

Vi startet nødvendige forberedelser for trykktesting og termografering 23. april.2010, klokken 08:20. Det var viktig å gjøre nødvendige forberedelser før testingen kunne finne sted. Nedenfor i figur 37, ser man en plantegning over de delene av etasjene vi gjennomførte trykktesting og termografering. De skraverte områdene er deler av eneboligen hvor vi ikke utførte noen målinger.



Figur 37 – Plantegning av bolig fra 1938

Ovennevnte skisse har vi laget på bakgrunn av målingen vi foretok før testingen. Vi regnet ut gulvareal og bygningsvolum. Skravert område er deler av boligen vi ikke utførte trykktesting og termografering.

Utrekningene ble som følger:

- Bygningsvolum 343 m^3
- Gulvareal 139 m^2
- Elevasjon 0 m^2

Videre utførte vi nødvendige forberedelser før testingen etter metoden beskrevet i NS-EN 13829 → metode - B (prøving av klimaskjerm).

Alle punktene nedenfor var nødvendige å utføre før testingen fant sted:

- Alle vindusventiler ble lokket igjen.
- Aske i peis ble tømt og peissjeld ble tettet.
- Alle resterende ventiler ble stengt
- Vi åpnet alle dører innenfor sonen vi testet.
- En innvendig dør med tilknytning til en annen del av huset ble stengt igjen. Dette ble gjort for at den delen av huset ikke skulle være med i testingen.

Deretter monterte vi trykktestingsutstyret i terrasse døren i den delen av huset vi skulle teste.(fig.38). Viften ble også her montert godt fast med tilhørende ramme og duk. Vi brukte godt med teip mellom dørkarm og duk med ramme for å forhindre eventuelle luftlekkasjer.



Figur 38 – Trykktestingsutstyret montert i dør



Figur 39 – Utstyret koblet opp mot dataen.

Etter at alle nødvendige forberedelser var ferdige, koblet vi utstyret opp mot dataen og tastet inn utregningene i programvaren(figur 39).

Vi startet trykktestingen klokken 09:30.

Vi klarte ikke å få gjennomført en eneste test i begynnelsen. Apparatet registrerte en trykkforskjell over 5 Pa mellom ute og inne. For at man skal få gjennomført en test, så må dette trykket være under 5 Pa. Etter mye prøving og feiling sa fant vi ut at utstyret måtte startes på nytt. Etter omstart av utstyr, kunne vi gå i gang med testingen.

Test 1: Vi satte prøvingsområde fra 15 – 80 Pa med 6 punkter for måling. Vi prøvde med åpning B på viften, men viften klarte ikke å stabilisere seg på 80 Pa.

Test 2: Under denne testen valgte vi å endre prøvingsområde til 15 -70 Pa. Vi endret også åpningen på viften til C8. Men selv ikke denne gangen klarte vi å få viften til å stabilisere seg.

Test 3: Testen fant sted 11:35. Vi satt prøvingsområde fra min: 15 Pa – maks: 60 Pa. Vi valgte at programmet skulle dele opp testingen i dette området med 6 målepunkter. Under denne testen så valgte vi å bruke åpning C8 på viften. Dette var den første vellykkede testen og ga oss resultater for videre arbeid.

Test 4: Testen fant sted 12:20. Vi valgte å utføre testen tilsvarende som ved test 3. Også denne testen var vellykket.

Vi avsluttet trykktestingen 13:00. 2 av 4 tester hadde blitt vellykket og resultatene så bra ut.

5.9 Trykktesting av bolig fra 1938

Trykktesting av bolig, Gjøvik			Test 1 - Gjøvik			Test 2 - Gjøvik		
			Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt	Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt
Luftstrøms-koeffisient	C_{L-STP}	m ³ /h	127.927	97.179		113.060	100.877	
Luftstrøms-eksponent	n		0.6579	0.7248		0.6861	0.7313	
Sannsynlighetsfaktor		%	99.95	99.87		99.92	99.92	
Mengde ved 50 Pa	V_{50}	m ³ /h	1678	1655	1667	1656	1763	1709
Luftskifte/time (ACH) ved 50 Pa	n_{50}	/hr	4.891	4.83.	4.859	4.827	5.14	4.983
Luft Gjennomtrengelighet ved klimaskjermareal ved 50 Pa	Q_{50}	m ³ /h/m ²	-	-	-	-	-	-
Spesifikk lekkasjefaktor (SLR) ved 50 Pa	w_{50}	m ³ /h/m ²	343.5	286.3	314.9	315.7	299.9	307.8
Effektivit lekkasjeareal (EflA) ved 4 Pa	Efla	m ²	343.5	286.3	314.9	315.7	299.9	307.8
Ekvivalent lekkasjeareal (EqLA) ved 10 Pa	ELA ₁₀	cm ²	648.8	575	611.9	611.9	605.9	608.9
Normalisert lekkasjeareal (NLA) ved 10 Pa	NLA ₁₀	cm ² /100m ²	648.8481	574.9696	611.9089	611.9411	605.8871	608.9141

Tabell 6 - Trykktestingsresultater av bolig fra 1938

Ovennevnte tabell 6 er lagd på grunnlag av komplette tester som vi har lagt som vedlegg 9.1.1 og 9.1.2. I tabellen ovenfor ser man markert rød tekst og grå bakgrunn luftlekkasjetallene til boligen bygget fra 1971.

Drøfting av trykktesting i bolig fra 1938

Ytterveggene i boligen bygget i 1938 har mest sannsynlig bygget opp med 2 lag papp både innvendig og utvendig. Trolig er de ytterste lagene av impregnert forhudningspapp, hovedsakelig for vindtetting. De innerste lagene er trolig av uimpregnert cellulose papp. I tillegg til 2 lag med papp utvendig og innvendig, har veggen kledning på hver side av hulrommet. Eldre bindingsverksvegger er massive i forhold til nyere lette bindingsverksvegger som i boligen fra 1971. Tettesjikt og kledningen på innvendig side er kjent for å gi god vanddampmotstand og lufttetthet. Tapet, strie og maling bidrar til at veggen kan være relativt lufttett.

Huseier har tidligere etterisolert enkelte deler av klimaskjermen i boligen. Etterisolering ved innblåsning av isolasjon i hulrom i yttervegger, samt etterisolering av loftsbjelkelag og etasjeskiller, vil bidra til å skape en relativt lufttett klimaskjerm.

Luftlekkasjetallet vi fikk ved begge tester bekrefter at klimaskjermen i boligen er relativt tett.

Det er ingen tvil om at boligen har et utbedringspotensial i form av en reduksjon i energiforbruk. Ved trykktesting har vi ikke klart å utrede hvilke ytterkonstruksjoner som har feil eller mangler. Men vi har under testingen utført termografering av områder som viser tydelige tegn på luftlekkasjer, mangelfull isolasjon og kuldebroer.

5.10 Gjennomføring av termografering i bolig fra 1938

Termograferingen av boligen fant sted etter trykktestingen var ferdig. Varmebildene ble tatt ved undertrykk og normaltilstand. Vi kjørte boligen opp i et undertrykk på 100 Pa. Undertrykket bidro til at luftlekkasjer igjennom ytterkonstruksjonen av boligen, ble vesentlig tydeligere.

Ved termograferingen så var det viktigst for oss kun å se temperaturforskjeller. Den riktige overflatetemperaturen på ulike overflater var ikke så viktig for oss å se. Vi valgte å termograferer ved undertrykk og normaltilstand. Vi tok også vanlig bilder av stedene.

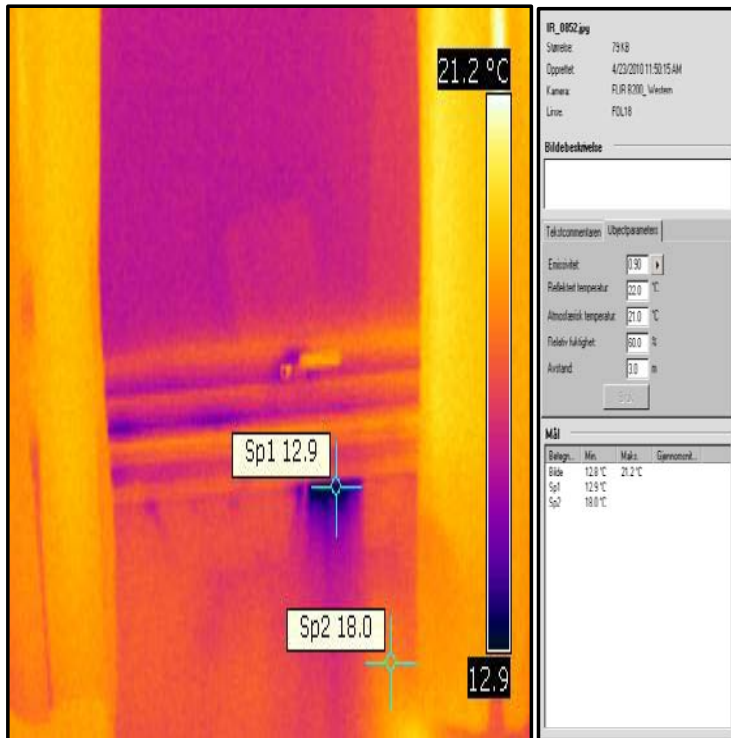
Vi valgte å sette inn følgende data i termograferingskameraet:

- Emisjonsfaktoren 0,9
- Reflektert temperatur 21,7
- Atmosfærisk temperatur 21
- Relativ fuktighet 60 %
- Avstand 3m

Vi valgte også her å bruke "Iron" som palett ved termograferingen. Bildet vises da slik at de mørke stedene er kalde og de lyse er varme.

Under trykktestingen så skaffet vi oss en oversikt over hvor luftlekkasjer fant sted. Vi brukte håndflaten for å kjenne etter trekk fra luftlekkasjer. Da undertrykket ble kjørt opp til 100 Pa, tok vi varmebilder ved hjelp av termograferingskameraet. Vi avsluttet dagen kl.14:00.

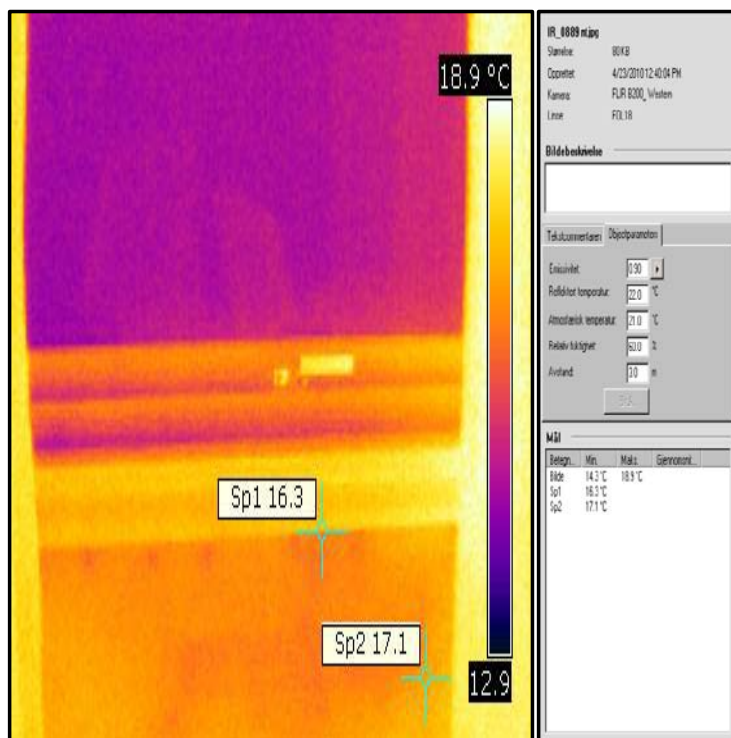
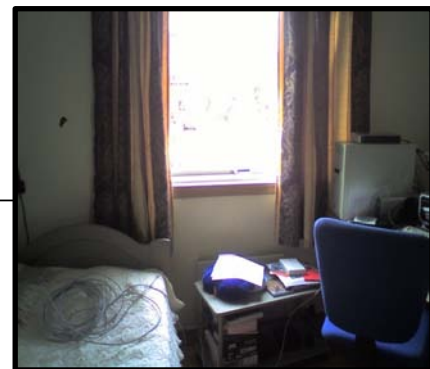
5.11 Termografering av bolig fra 1938:



Undertrykk

Undertrykk

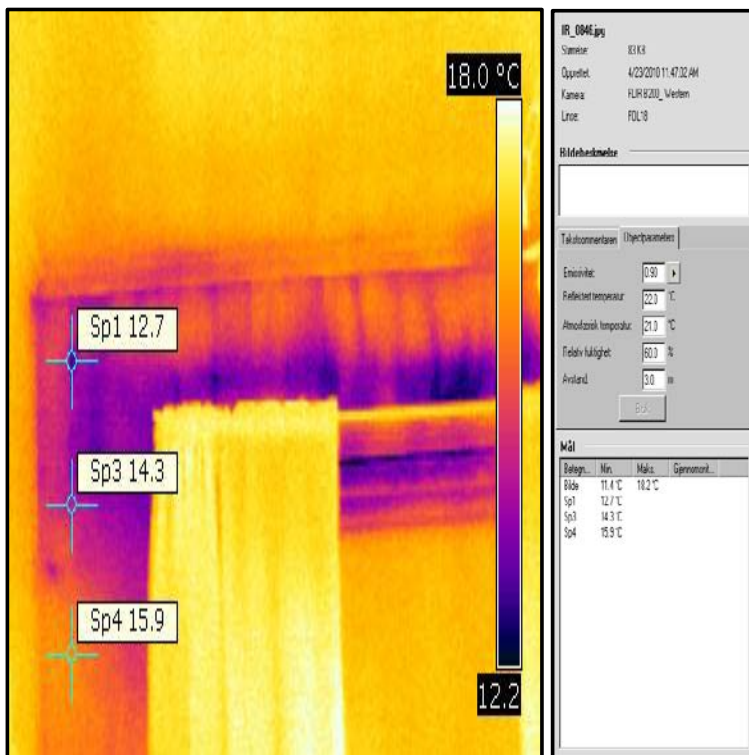
Dette er fra kontoret i 1.etg . Bildet viser tydelig en luftlekkasje under vinduet. Temperatur forskjellen er på 5.1 grader celsius. Dette kan komme av manglende fugeskum ved tetting av vinduet eller at det er hull på vindsperren i det punktet.



Normaltilstand

Normaltilstand

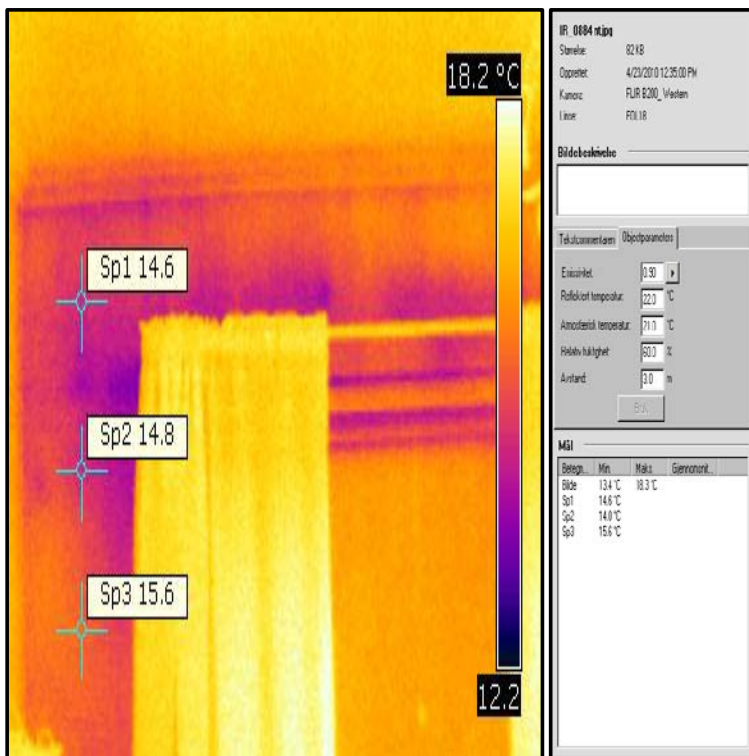
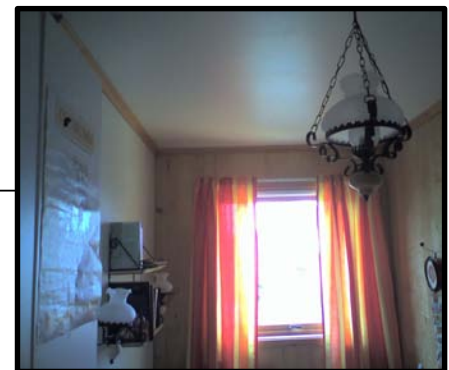
Samme punkt under vinduet viser nesten ingen luftlekkasje ved normaltilstand. Temperatur forskjellen er bare på 0,8 grader celsius.



Undertrykk

Undertrykk

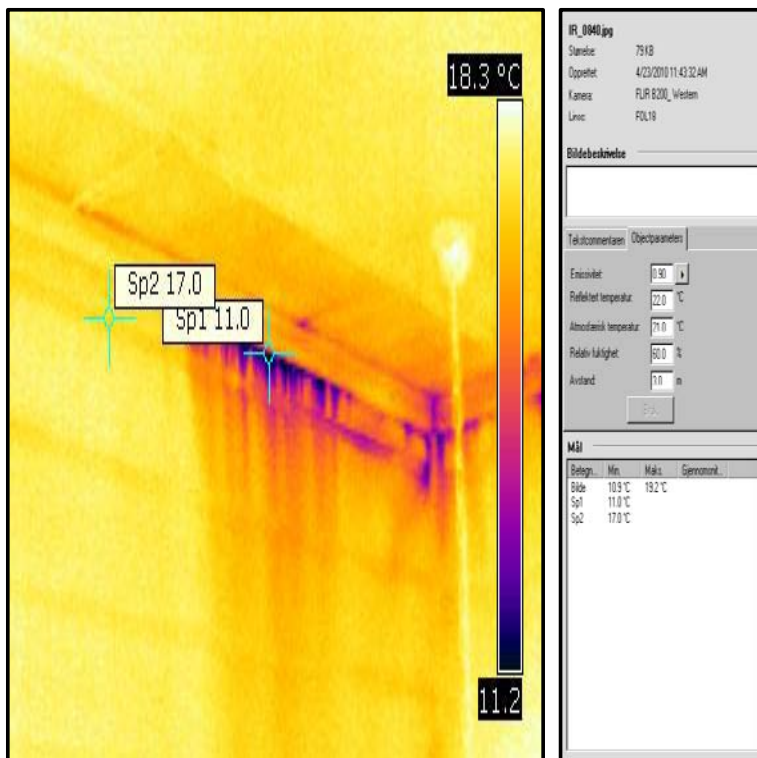
Dette er ytterveggen på et soverom. Her er det en temperatur forskjell på 3.2 grader celsius. Varmetapet er størst høyt opp i veggen. Bildet viser varmetap ved manglende isolasjon.



Normaltilstand

Normaltilstand

Ytterveggen på soverommet ved normaltilstand har en temperatur forskjell på bare 1 grad celsius. Man kan også se her at veggen har mangler ved isolasjon.



Undertrykk

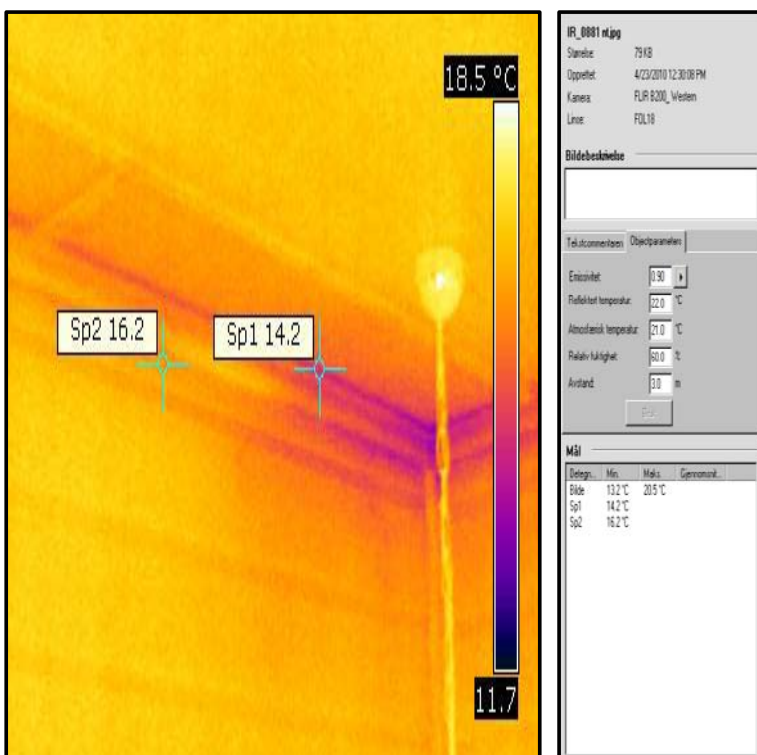
Undertrykk

Dette er ytterveggene i 2.etg. Temperatur forskjellen er på 6 grader celsius. Man kan tydelig se klare luftlekkasjer i føring mellom gulv og yttervegg. Man ser også tegn til kuldebroer på veggen i form av mørke striper.

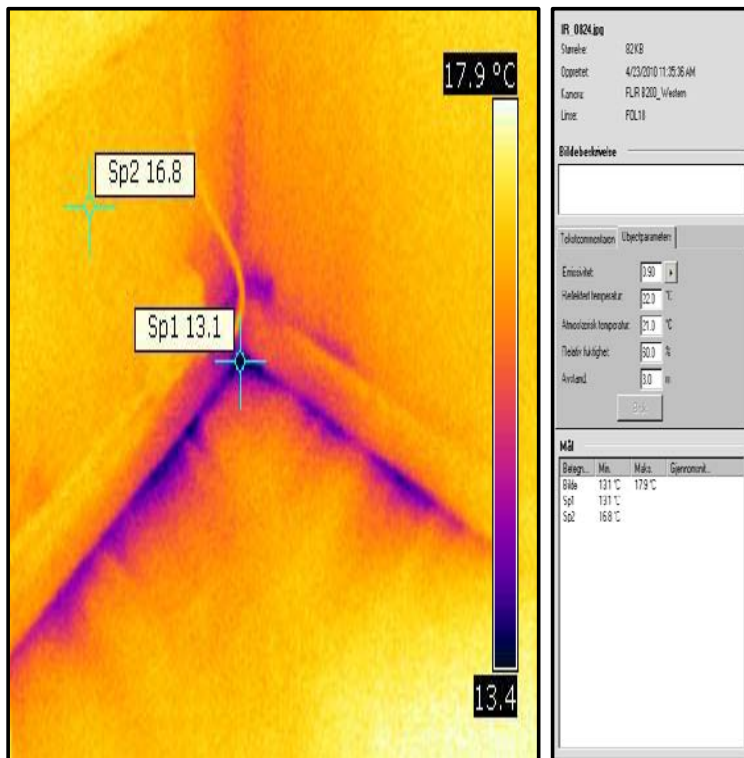


Normaltilstand

Ytterveggene i 2. etg ved normaltilstand har en temperatur forskjell på 2 grader celsius. Luftlekkasjer opptrer også her. Man ser også kuldebroer her i form av mørke striper.



Normaltilstand



Undertrykk

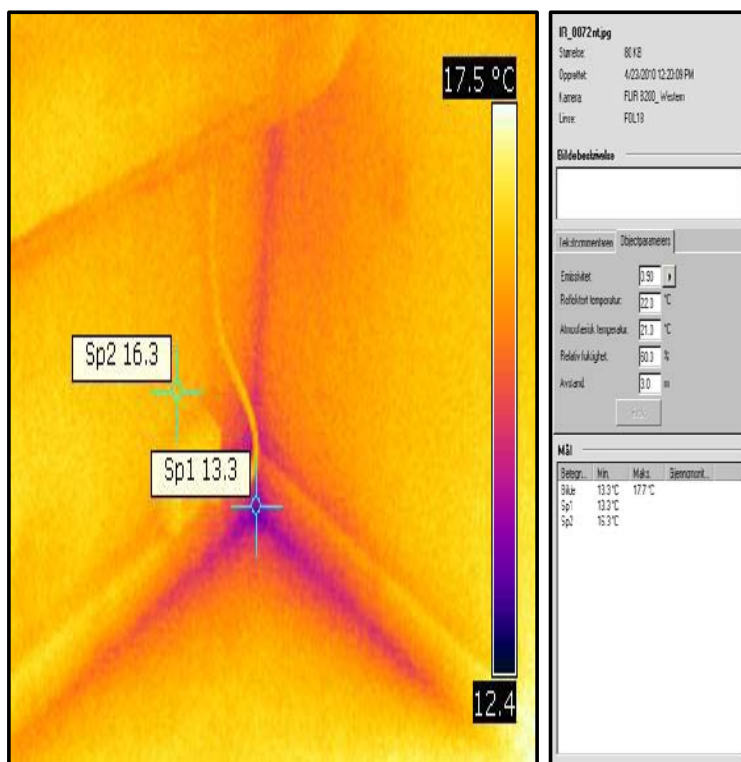
Undertrykk

Bildet viser ytterveggen til venstre og en innervegg til høyre. Man ser tydelige luftlekkasjer bak list i overgangen mellom gulv og yttervegg. Det er en temperatur forskjell på 3.7 grader celsius.

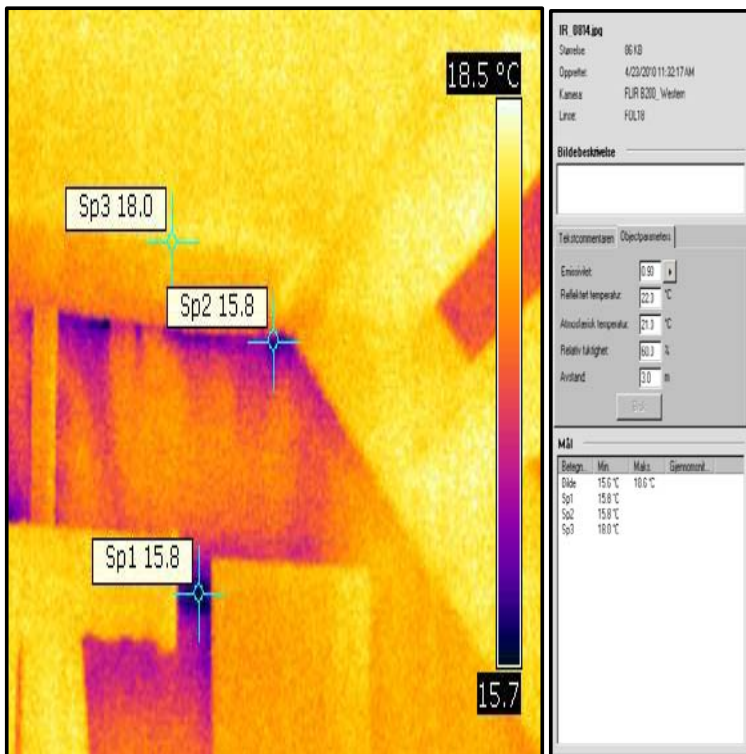


Normaltilstand

Samme sted har en temperaturforskjell på 3 grader celsius som er ganske likt som ved undertrykk. Luftlekkasjene er ikke like tydelig her.



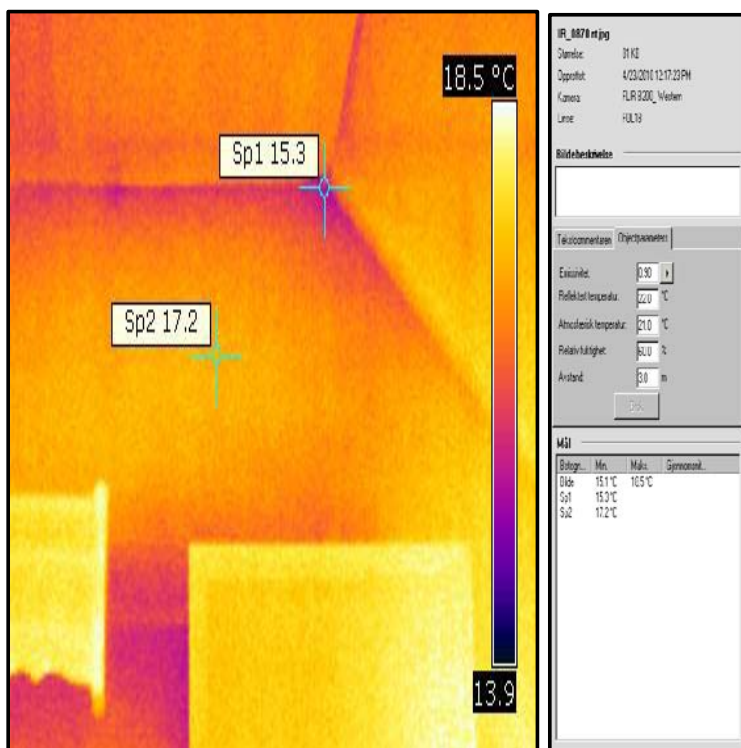
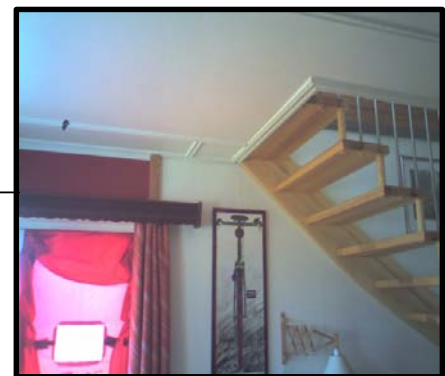
Normaltilstand



Undertrykk

Undertrykk

Dette er ytterveggen hvor trappen til 2 etg er. Her ser man tydelige luftlekkasjer mellom tak og yttervegg. Grunnen til det er mørkt på punktet Sp1 er fordi det har vært et vindu der som har blitt tett et igjen. Isoleringen i forbindelse med tetting kan ha blitt utført dårlig. Ytterveggen har en temperatur forskjell på 2.2 grader celsius.



Normaltilstand

Normaltilstand

Ytterveggen mellom 1- og 2 etg har ikke like kraftige luftlekkasjer ved normaltilstand. Temperatur forskjellen er på 1.9 grader celsius.

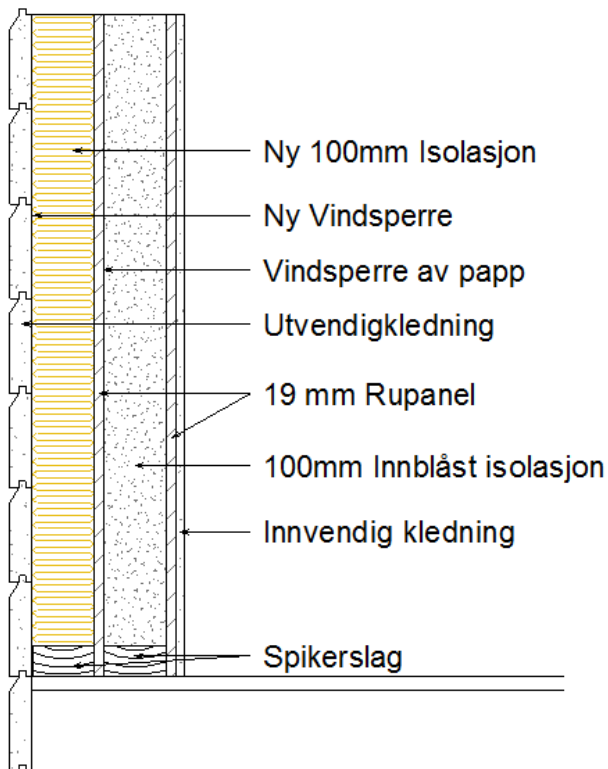
5.12 Tiltak enebolig i Gjøvik fra 1938

Yttervegg

Utvendig etterisolering av yttervegg (se fig.40), vil være det mest fornuftige alternativet å velge siden huseier utpreget innvendig trepanel i store deler av boligen. Før utvendig etterisolering bør man vente til utvendig kledning er dårlig før man begynner. Dette vil være mer lønnsomt.

Når man skal etterisolere utvendig bør man fjerne utvendig kledning for å få et jevnere underlag. Dette også for å få det tett i topp og bunn av veggen. Vindsperre monteres på isolasjonen av for eksempel vindsperre som man ruller på. Man må få tette skjøter, spesielt fra overgangen mellom ny til gammel vegg. Dette for at kald luft ikke skal trekke bak vindsperren og inn i isolasjon. Ny vindsperre må være diffusjonsåpen for å slippe fukt igjennom sånn at veggen kan puste.

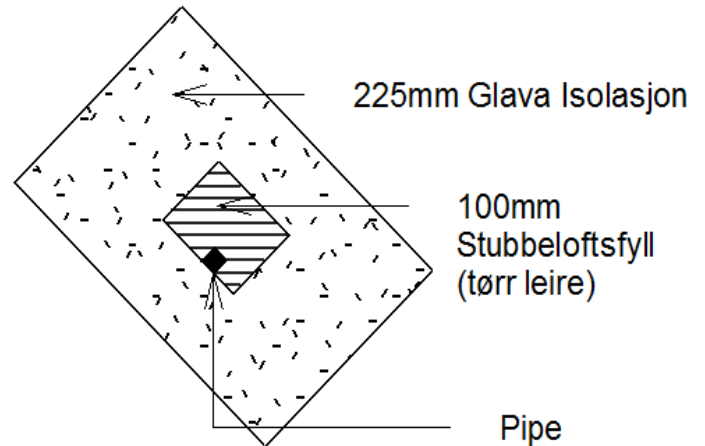
Ut i fra vedlegg 9.2.1 U-verdi - Tungt bindingsverksvegger, vil etterisolering med 100mm isolasjon gi en u-verdi på 0,31 W/(m²K).



Figur 40 – Utvendig etterisolering av yttervegg

Etasjeskiller mot kaldloft

Boligen i Gjøvik har delvis etterisolert etasjeskiller mot kaldloft. Det er etterisolert langs ytterkantene ved at det er skrappt bort eksisterende stubbeloftsfyll (tørr leire). Det er så rullet ut 150mm Glava isolasjon nedi mellom bjelkene og deretter rullet ut 75mm Glava isolasjon på tvers av dette. Resterende etasjeskiller mot kaldloft danner da et rektangel (5x8m) midt på gulvet som har vanlig stubbeloftsfyll med 28mm gulv over. Se figur 41

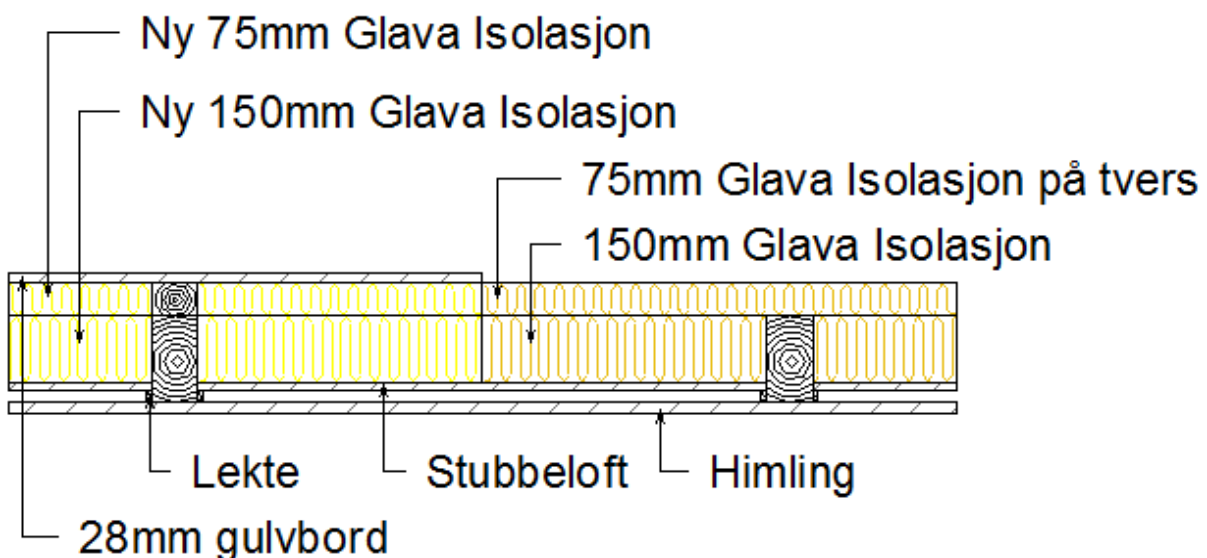


Figur 41 – Illustrasjon av nåværende isolasjon i bjelkelag mot kaldloft

Siden det delvis er isolert vil det beste være å isolere det resterende av etasjeskiller mot kaldloft. Ved etterisolering av resterende etasjeskiller mot kaldloft bør man fjerne stubbeloftsfyllet, dette er veldig krevende. Når man har fjernet stubbeloftsfyllet, bør man føre opp 75mm for at ikke isolasjonen skal bli klemt av gulvet, noe som vil reduserer isoleringen. Man bør så sette 150mm isolasjon mellom bjelkene og 75mm isolasjon over der igjen. Siden isolasjonstykkelsen er over 200mm bør man legge papp på oversiden av isolasjon. Dette bør gjøres for å redusere eventuelt varmetap på grunn av kald luft som trekker inn i isolasjonssjiktet.

Det må brukes diffusjonsåpne materialer mellom isolasjonen og kaldloft for at taket skal puste. Tetting rundt gjennomføringer for kanaler, rør, pipe og rundt loftsluke er veldig viktig for å hindre varmetap og kondens. Se figur 42 nedenfor

Ut i fra vedlegg 9.2.3 U-verdi - Loftsbjelkelag med stubbeloft ser man at tidligere u-verdi var på $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (stubbeloftsfyll). Ved etterisolering og oppføring med 225mm isolasjon vil den ny u-verdien bli på $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



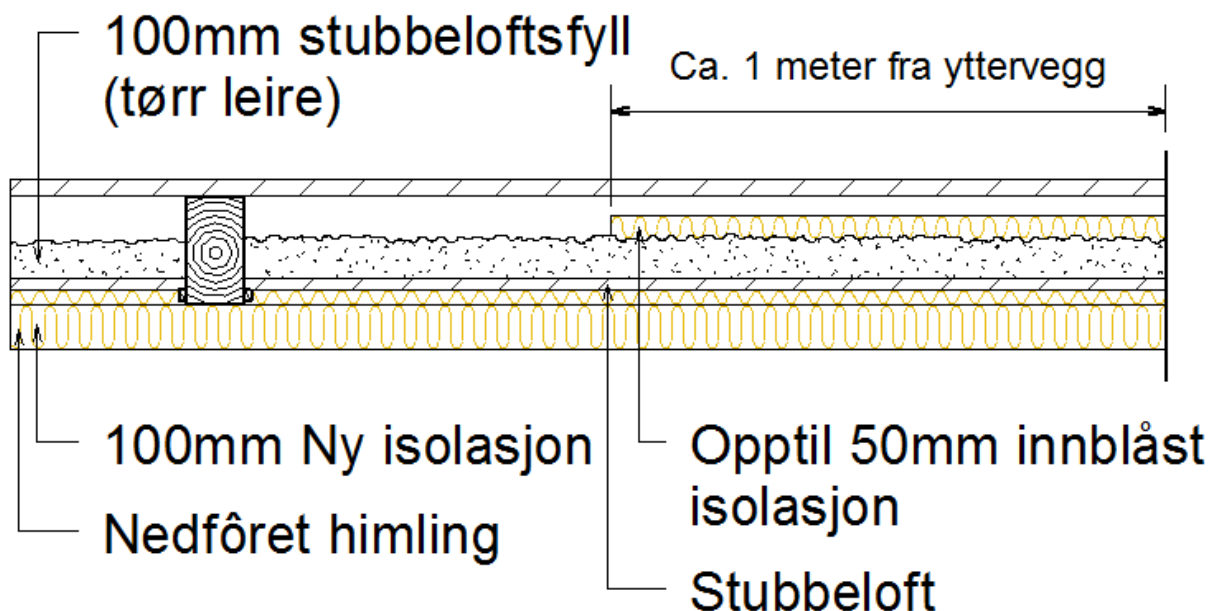
Figur 42 – Etterisolering ved å erstatte eksisterende stubbeloftsfyll

Etasjeskiller mot kjeller

Eneboligen har etterisolert etasjeskiller mot kjeller ca. 1 meter fra ytterveggen med innblåst isolasjon opptil 50mm tykt. Siden huseier også har parkett gulv som er gjort noe spesielt og er helt inntakt. Vil det beste være å etterisolere fra undersiden av etasjeskiller mot kjeller. Man må da føre ned himlingen sånn at man får 100mm isolasjon mellom bjelkelagene. Dette vil redusere fare for fuktskader siden overflatetemperaturen på undersidene av bjelkene blir høyere.

Siden det er etterisolert nært yttervegg antar man at utettheter i overgangen mellom etasjeskiller og yttervegg er tettet, som gjør at det ikke kommer kald luft trengende inn over stubbeloftet og svekker isoleringen. Se figur 43 nedenfor.

Ut i fra vedlegg 9.2.5 U-verdi - Bjelkelag mot kjeller/ kryperom så ser man at tidligere u-verdi er på $0,96 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ med 100mm stubbeloftsfyll. Ved etterisolering og nedføring med 100mm isolasjon vil den nye u-verdien bli $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Figur 43 – Etterisolering fra undersiden av bjelkelag mot kjeller

Glass, vinduer og dører

Antar 2 lags ruter på alle vinduene i Gjøvik siden boligen er litt etterisolert. Når boligen allerede har 2 lags rute, så er lønnsomheten som oftest ikke til stede eller relativt liten ved å oppgradere til 3 lags vindu eller en annen type 2 lags rute med spesielle belegg eller gassfyllinger.

Vis det er 1 lags ruter bør de skiftes og da må man ved innvendig etterisolering sørge for at man tetter godt rundt vinduet slik at det ikke oppstår trekk.

Kuldebroer kan lett oppstå ved feil plassering av vinduet. En slik feilplassering kan skape kuldebroer som fører til unødvendig varmetap i boligen. Derfor anbefales det at vinduer blir plassert så og si i samme posisjon som varmeisolasjonssjiktet.

5.13 Hva har vi å lære av Sverige?

5.13.1 Svenske enøk tiltak

Vi har i oppgaven reist spørsmålet om Norge har noe å lære av svenskene i enøk sammenheng. I den forbindelse har vi som det vil fremgå av ovenstående, sett på enkelte av de svenske tiltakene. Det er et faktum at utbyggingen av fornybar energi går langt raskere i Sverige enn i Norge. I Teknisk Ukeblad 31.03.10 skriver man under henvisning til forskningsrapporten "Rammebetingelser for utbygging av fornybar energi i Norge, Sverige og Skottland" Fridtjof Nansens Institutt, februar 2010 at Norge har mye å lære av Sverige herunder at "Sverige har over dobbelt så mye vindkraft som Norge og en enorm utbygging av bioenergi."¹⁶

Det er vår oppfatning at vurdert ut fra de svenske tiltakene vi har sett på, er det først og fremst

- bruk av fjernvarme basert på fornybar energi
- grunnvarme samt
- endrede bovaner og sparetiltak hvor Norge har mye å hente fra Sverige.

I Norge var forbruket av fjernvarme 2,9 TWh i 2008. Fjernvarmeforbruket utgjorde anslagsvis 1 % av netto innenlandsk forbruk av energi (Statistisk Sentralbyrå, SSB, 2009). Norsk Fjernvarmeforening har anslått potensialet for utvikling av fjernvarme til 3-4 TWh/år fram til 2020. Det er i ovennevnte rapport fra Fridtjof Nansens Institutt (side 5) lagt til grunn at det tekniske potensialet for bioenergi er stort i Norge, mens det økonomiske potensialet begrenses av prisen på alternativ oppvarming (strøm og olje) samt støtteordninger på biomassebaserte oppvarmingsanlegg. Slik vi ser det knytter en økt bruk av biomassebaserte oppvarmingsanlegg seg til politiske spørsmål som kan løses hvis man skulle ønske og ville det.

En annen begrensende faktor for utbygging av fjernvarmenett i Norge knytter seg til høye kostnader ved utbygging idet Norge er mindre sentralisert enn Sverige med til dels svært spredt befolkning og mye fjell. Det store innslaget av berggrunn gjør også grunnvarme svært kostbart mange steder. En reduksjon i kostnadene kan man oppnå gjennom innføring av støtteordninger dersom dette skulle være ønskelig politisk.

Sveriges relativt store fokus på sparetiltak og bovaner antar vi også har en viss sammenheng med landets omfattende produksjon av husholdningsprodukter (Elektrolux med flere). Gode bovaner kan blant annet innebære bruk av mer energieffektivt elektrisk utstyr og redusert bruk av slikt utstyr i tillegg til for eksempel en reduksjon av innetemperatur og reduksjon i varmtvannsforbruket.

¹⁶ www.tu.no/energi/article240640.ece

5.13.2 Resultater fra sammenlikning av norske og svenske forskriftskrav

Norske og svenske energiltak for småhus

Norske energiltak:

Energiltak U_i [W/m^2K]

U_i	Krav til bygningskonstruksjoner	Minstekrav
U_{tak}	0,13	0,18
U_{vegg}	0,18	0,22
U_{gulv}	0,15	0,18
U-verdi for vinduer, dører og glassfelter	1,2 Samlet areal maks 20 % av oppvarmet bruksareal (BRA)	1,6

Her ser man krav til bygningskonstruksjoner og et minstekrav. Hvis man bruker minstekrav, må man kompensere det med å stille strengere krav til andre deler av boligen.

Svenske energiltak:

Tabell 9:2 U_i [W/m^2K]

Energiltak U_i [W/m^2K]

U_i	Krav til bygningskonstruksjoner
U_{tak}	0,13
U_{vegg}	0,18
U_{gulv}	0,15
U-verdi for vinduer, dører og glassfelter	1,3

(BBR 2008. Supplement februar i 2009, 9 Energihushållning)

Sammenlikning av norske og svenske energiltak for småhus:

Energiltak	Norge	Sverige
U-verdi Yttervegg	0,18 W/m^2K	0,18 W/m^2K
U-verdi tak	0,13 W/m^2K	0,13 W/m^2K
U-verdi gulv	0,15 W/m^2K	0,15 W/m^2K
U-verdi for vinduer, dører og glassfelter	1,2 W/m^2K	1,3 W/m^2K

Ut fra disse tabellene ser man at Norge og Sverige har de samme energiltak for bygningskonstruksjoner til småhus. Men Norge og Sverige har flere energiltak for både passivhus og installasjoner som ikke er lik.

6 Diskusjon

Valgene av metoder for å løse oppgaven mener vi har vært hensiktsmessige. Trykktesting og termografering er gode metoder for å avdekke om et hus har en tilfredsstillende klimaskjerm. Men det knytter seg noe usikkerhet til det praktiske ved bruk av trykktesting og termografering. Det ligger en usikkerhet ved våre målinger knyttes opp mot NS-EN 13829, da denne beskriver to ulike prøvingsmetoder for trykktesting. Ved prøvingsmetode B, som vi har tatt for oss, gis det krav om nødvendige forberedelser ved gjennomføring. Usikkerheter ved klargjøringen av trykktestingen kan være at alle tilsiktede åpninger i klimaskjermen ikke ble godt nok lukket igjen eller tettet. Montering av utstyr som ramme med duk og tilhørende vifte kan ha blitt montert mindre tilfredsstillende, noe som kan ha ført til luftlekkasjer.

I tillegg kan beregningen av klimaskjermen, bygningsvolum og gulvarealet være noe usikkert ved at tallene ikke er regnet ut nøyaktige nok.

Under gjennomføringen kunne vi valgt å utføre flere trykktester for å avkrefte usikkerheten ved målte luftlekkasjetall. Vi utførte 2 tester som ga vesentlig små forskjeller i luftutskiftninger per time. Siden resultatene fra begge boliger var tilnærmet like hverandre, mener vi at begge tester i hvert hus var troverdige.

Resultatene fra termografering i boligene har etter vår vurdering gitt en kvalitativ dokumentasjon på at det finnes feil og mangler ved boligenes klimaskjerner. Bildene har gitt oss tegn på luftlekkasjer, kuldebroer og mangelfull isolasjon. Usikkerheten ved termograferingen er liten temperaturforskjell ute og inne. Dette medfører blant annet at kuldebroer ikke vises tydelig nok i termograferingskameraet. Vi kunne ha utført termografering tidligere på året da temperaturen var lavere.

Ved innhenting av litteratur, har vi valgt å forholde oss til sikre kilder. SINTEF Byggforsk er et ledende forskningsinstitutt for bygge- og anleggsnæringen og av den grunn så mener vi at dette er en veldig god og troverdig kilde.

Utbedringer og tiltak til boligene baserer seg på SINTEF Byggforsk og resultater fra trykktesting og termografering.

Innhenting av litteratur for å se hva vi kan lære av Sverige i enøk sammenheng, har foregått hos blant annet sentrale myndigheter i Sverige og Norge. Dette anser vi som sikre kilder. Det kan knytte seg en viss usikkerhet til noe av den øvrige litteratur vi har hentet fra internett.

Vi mener imidlertid at valgt teori, våre vurderinger og resultater i rapporten er gode nok til å kunne konkludere med følgende.

7 Konklusjon

Resultatet av vårt arbeid med denne oppgaven viser at vi på hovedspørsmålet kan konkludere med at prinsipielt sett er måten å energioptimalisere de valgte boligene, den samme, d.v.s. ved etterisolering. Det blir imidlertid forskjeller i måten utbedringen må skje på og den knytter seg bl.a. til forskjellig konstruksjon av boligene, til problemstillinger vedrørende tunge bindingsverksvegger i den eldste boligen og til isolasjonsmaterialer.

Det er lønnsomt med energieffektiviseringstiltak knyttet til klimaskjerm i boliger bygget både før og etter 1955.

Vi er også av den klare formening at vi har noe å lære av Sverige i ENØK - sammenheng. Dette gjelder spesielt tiltak knyttet til mer bruk av fornybar energi på bekostning av bruk av fossilt brensel. Vi tenker særlig på svenskenes satsing på fjernvarme og varme fra grunnen.

Vår sammenlikning av de svenske forskriftskrav med de norske knyttet til klimaskjerm viser at de skiller seg lite fra våre krav. De forskjellene vi har avdekket er svært små.

8. Referanser

Innledning:

Internett:

www.lavenergiprogrammet.no/omoss

www.energimerking.no/no/Energimerking-Bygg/Energimerking-av-bolig/Ofte-stilte-sporsmal/

www.bygningsdirektivet.no

www.regjeringen.no/nb/dep/krd/dok/nouer/2005/nou-2005-12/27.html?id=154668

<http://www.klif.no/no/Aktuelt/Nyheter/2007/Juni-2007/Tiltak-for-reduuerte-klimagassutslipp-i-Norge/>

www.enova.no

701.266 Energisparende tiltak i boliger

www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/handlingsplaner/H-2237_web.pdf

www.energinorge.no/getfile.php/FILER/KALENDER/Foredrag%202010/Norge%20som%20svingnasjon/Vetlesen.pdf

naring.enova.no/file.axd?fileID=1431

Teori:

Internett:

www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200541/rapp_200541 side 3, 4 og 23

www.ssb.no/husenergi/main.html

www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/handlingsplaner/H-2237_web.pdf side 30 og 31

www.regjeringen.no/nb/sub/europaportalen/eos-notatbasen/notatene/2005/nov/bygningsdirektivet.html?id=523731

<http://www.energinorge.no/getfile.php/FILER/KALENDER/Foredrag%202010/Norge%20som%20svingnasjon/Vetlesen.pdf>

www.be.no/beweb/info/presse/100325eurocodes.html

www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/nou-er/1999/nou-1999-01/7.html?id=375610

<http://www.regjeringen.no/pages/2064029/PDFS/OTP200720080045000DDDPDFS.pdf> side 13

www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/all/nl-20080627-071.html#29-5

www.lovddata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-001.html#1-1

www.lovddata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-2

www.lovddata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-21

www.lovddata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-22

www.lovddata.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-23

www.fni.no/doc&pdf/FNI-R0610.pdf side 13, 16, 20 og 21

www.svenskenergi.se/sv/Aktuellt/Nyheter/Detta-ar-huvudinnehalet-i-energi--och-klimatpropositionerna/

www.ngu.no/no/hm/Georessurser/Grunnvarme

www.svenskenergi.se

www.svenskenergi.se

SINTEF Byggforsk brosjyrer → www.byggforsk.no:

222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov
472.321 Boliger med lavt energibehov. Tekniske løsninger og installasjoner
701.266 Energisparende tiltak i boliger
573.121 Materialer til luft- og dampetting
720.015 Utbedring av kuldebroer
723.305 Eldre vegger av reisverk. Metoder og materialer
723.306 Eldre vegger av bindingsverk. Metoder og materialer
614.016 Byggebestemmelser 1924 - 1996. Krav til utførelse
770.006 Eldre byggevarer. Trelast, trevarer, kledningsplater, rullprodukter og belegg
770.008 Eldre byggevarer. Varmeisolasjonsprodukter, metallvarer og glass
723.511 Etterisolering av yttervegger av tre
722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom
725.403 Etterisolering av treak
725.012 Takkonstruksjoner i eldre bolighus. Former, metoder og materialer
722.310 Etasjeskillere med trebjelkelag i eldre bolighus fra perioden 1850-1955

Teori – Trykktesting og termografering:

SINTEF Byggforsk:

720.035 Måling av bygningers lufttetthet. Trykkmetoden - Publisert: 1-2007
720.032 Termografering av bygninger - Publisert: 2-2001

Norsk standard:

NS-EN 13829 – Bygningers termiske egenskaper. Bestemmelse av bygningers luftlekkasje.
Differansetrykkemetode – 1 utgave mars 2001

NS-EN 13187 – Bygningers termiske egenskaper. Kvalitativ metode for å oppdage termiske uregelmessigheter i bygningers klimaskjermer, Infrarød metode – 1 utgave desember 1998

Øvrig:

Bruerveiledning for Retrotec BlowerDoor målesystem for tetthetskontroll – Instrument kompaniet AS

Per Kristian Karlsen, Tetthetsmåling og termografering av bygninger, Informasjonsselskapet verdi AS, ISBN – 13:978-82-8193-037-7, 2007

Byggtermografering av Jonny Nersveen Powerpoint presentasjon.

Gjennomføring med resultater

SINTEF Byggforsk brosjyrer → www.byggforsk.no:

722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

733.511 Etterisolering av yttervegger av tre

725.403 Etterisolering av tretak

523.721 Innsetting av ytterdør

5.13 Hva har vi å lære av Sverige?

www.tu.no/energi/article240640.ece

701.266 Energisparende tiltak i boliger

BBR 2008. Supplement februar i 2009, 9 Energihushållning

www.lovdatab.no/for/sf/kr/tr-19970122-0033-015.html#8-2

Vedlegg:

Vedlegg - 9.2.5: 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Vedlegg - 9.2.3 og 9.2.4: 725.403 Etterisolering av tretak

Vedlegg - 9.2.1 og 9.2.2: 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figurer/bilder:

Alle Figurer/bilder er hentet ifra SINTEF Byggforsk med tillatelse.

Forside: 222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov

Figur 1 - 472.321 Boliger med lavt energibehov. Tekniske løsninger og installasjoner

Figur 2 - 701.266 Energisparende tiltak i boliger

Figur 3 - 573.121 Materialer til luft- og damptetting

Figur 4 - 701.266 Energisparende tiltak i boliger

Figur 5 - 614.016 Byggebestemmelser 1924 - 1996. Krav til utførelse

Figur 6 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 7 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 8 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 9 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 10 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 11 - 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

Figur 12 - 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Figur 13 - 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Figur 14 - 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Figur 15 - 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Figur 16 - 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom

Figur 17 - 725.403 Etterisolering av tretak

Figur 18 - 725.403 Etterisolering av tretak

Figur 19 - 725.403 Etterisolering av tretak

Tabeller:

Tabell 1 - <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3200>

Tabell 2 - 2007TEK Småhus som tilfredsstillter energikravene i TEK-2007

Tabell 3 - 770.006 Eldre byggevarer. Trelast, trevarer, kledningsplater, rullprodukter og belegg

Tabell 4 - Kilde: 770.008 Eldre byggevarer. Varmeisolasjonsprodukter, metallvarer og glass

9 Vedlegg

9.1 Trykktesting

9.1.1 Test 1: Bolig fra 1938

Analyse for luftlekkasje i hht NS/EN 13829

Test Informasjon	Unlicensed Test Company #640 - 1540 West 2nd Avenue Vancouver, BC Canada, V6J 1H2 (604) 732-0142, (604) 737-0162 support@retrotec.com	
Kunde	Kundens navn Kontaktperson Kunde Telefon	Magnar eikerol Høgskolen i Gjøvik
Bygning under test	Detaljer Adresse By Tilstand Midlertidig Luft Tætning	Enebolig i Gjøvik Gjøvik
Test #:	6	
Gjennomført den:	2010/04/23	
Operatør	I rommet	
Retning(s)	Test i begge retninger	
Standard	EN 13829	
Kommentar		
Hvilket utstyr brukt	Sertifikat/System Serienr. på vifte # Serienr romtryksmåler Serienr luftstrømsmåler	Certificate 1 2000AvgFull Calibrated Always DM-2 Calibrated Always DM-2 Calibrated Always
Barometrisk trykk	Før	Etter
Relativ Fuktighet	101325 Pa	101325 Pa
Vindstyrke	50%	50%
Innetemperatur	1 m/s	1 m/s
Ute-temperatur	18 °C	18 °C
Statisk trykk	6 °C	6 °C
	ΔP01+ 0.0 Pa	ΔP02+ 0.62 Pa
	ΔP01- -0.55 Pa	ΔP02- -0.78 Pa
	ΔP01 -0.55 Pa	ΔP02 -0.08 Pa

Statisk diff. trykk (ute inne) samlet over 30 sek. før test (max. 5 Pa.)

-0.82	-0.55	-0.87	-1.04	-0.62	-0.48	-0.33	-0.08	-0.12	-0.62
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Undertrykk

Ringkapasitet - Ring C8									
Romtrykk (Pa):	-61.40	-53.10	-43.30	-33.70	-25	-15.80			
Korrigert romtrykk (Pa):	61.09	52.78	42.98	33.39	24.69	15.49			
Luftstrømstrykk (Pa):	212	177.30	132.40	99.30	67.60	35.50			
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	212	177.3	132.4	99.3	67.6	35.5			
Målt luftstrøm (m³/h):	1910.3	1742.8	1500.9	1296.4	1066.4	769.5			
Beste trykkløpning (m³/h):	1913.7	1738.4	1518.7	1286.1	1054.4	775.8			
Fell (%)	-2	-3	-1.2	.8	1.1	-8			

Overtrykk

Ringkapasitet - Ring C8									
Romtrykk (Pa):	60.90	52.20	42.50	33.40	24.20	14.90			
Korrigert romtrykk (Pa):	61.22	52.52	42.81	33.72	24.52	15.21			
Luftstrømstrykk (Pa):	252.40	206.80	160.70	112.50	72	42.30			
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	252.4	206.8	160.7	112.5	72	42.3			
Målt luftstrøm (m³/h):	1923.9	1724.7	1504.2	1227.2	951.2	717.1			
Beste trykkløpning (m³/h):	1917.0	1715.4	1479.4	1244.2	987.6	699.9			
Fell (%)	.4	.5	1.6	-1.4	-3.8	2.5			

Statiska Diff. Trykk (ute inne) samlet over 30 sek. etter test (max. 5 Pa.)

0.53	-0.6	-0.28	-1.44	-1.45	-1.1	0.29	0.79	0.63	0.84
------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------

Data Analyse – Optimeret Beregnet ved minste kvadrats princip iflg. EN13829:

Best Fit: Least Squares	Hellingskoeffisient n	Avskjæring C, m³/h	Korrelering %
Undertrykk	0.6579	127.927	99.95
Overtrykk	0.7248	97.179	99.87
Gjennomsnitt	0.6914	112.553	99.91

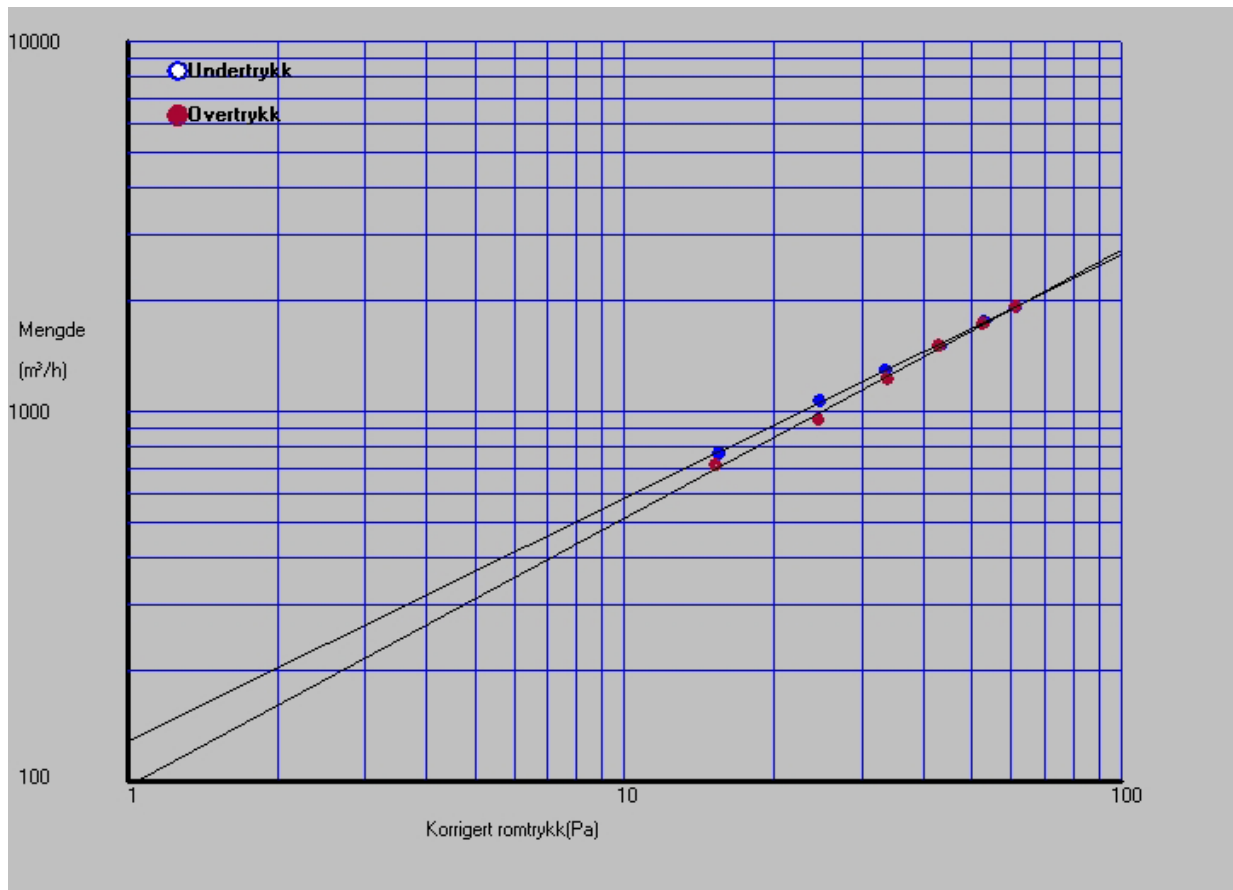
Testobjektets dimensjoner

Netto gulv areal	A _r	139	m²
Sone areal	A _e	0	m²
Indre volum	V	343	m³

Resultat

	C _{LETP}	n	Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt
Luftstrøms-koeffisient			127.927	97.179	
Luftstrøms-eksponent			0.6579	0.7248	
Sannsynlighetsfaktor		%	99.95	99.87	
Mengde @ 50 Pa	V ₅₀	m³/h	1678	1655	1667
Luftskifte/time (ACH) @ 50 Pa	n ₅₀	/hr	4.891	4.83	4.859
Luft Ønnetrængelighed vett Klimaskærmsareal @ 50 Pa	q ₅₀	m³/h/m²	Envelop required	Envelop required	Envelop required
Spesifikk lekkasjefaktor (SLR) @ 50 Pa	w ₅₀	m³/h/m²	343.5	286.3	314.9
Effektiv lekkasjeareal (ELA) @ 4 Pa	ELA ₄	m²	343.5	286.3	314.9
Ekvivalent lekkasjeareal (EqLA) @ 10 Pa	ELA ₁₀	cm²	648.8	575	611.9
Normalisert lekkasjeareal (NLA) @ 10 Pa	NLA ₁₀	cm²/100m²	648.8481	574.9696	611.9089

Door Fan 3.0 analyseprogram for lufttetthet (Version 3.260)
 By: Retrotec Energy Innovations Ltd (Canada)
 Copyright 2006-2007, Retrotec Energy Innovations Ltd
 Denne programvaren er i hht. EN 13829 Test standard



9.1.2. Test 2: Bolig fra 1938

Analyse for luftlekkasje i hht NS/EN 13829

Test Informasjon

Unlicensed Test Company
#640 - 1540 West 2nd Avenue
Vancouver, BC
Canada, V6J 1H2
(604) 732-0142, (604) 737-0162
support@retrotec.com

Kunde

Kundens navn
Kontaktperson
Kunde Telefon

Magnar eikerol
Høgskolen i Gjøvik

Bygning under test

Detaljer
Adresse
By
Tilstand
Midlertidig Luft Tætning

Enebolig i Gjøvik
Gjøvik

Test #: 7
Gjennomført den: 2010/04/23
Operatør: I rommet
Renings(s): Test i begge retninger
Standard: EN 13829
Kommentar:

7
2010/04/23
I rommet
Test i begge retninger
EN 13829

Hvilket utstyr brukt

Sertifikat/System
Serienr. på vifte #
Serienr. romtrykkmåler
Serienr. luftstrømsmåler

Certificate 1
2000AvgFull Calibrated Always
DM-2 Calibrated Always
DM-2 Calibrated Always

Barometrisk trykk
Relativ Fuktighet
Vindstyrke
Innetemperatur
Ute-temperatur
Statisk trykk

	Før	Etter
Barometrisk trykk	101325 Pa	101325 Pa
Relativ Fuktighet	50%	50%
Vindstyrke	1 m/s	1 m/s
Innetemperatur	18 °C	18 °C
Ute-temperatur	6 °C	6 °C
Statisk trykk	AP01+ 0.0 Pa AP01- -0.42 Pa AP01 -0.42 Pa	AP02+ 1.12 Pa AP02- 0.0 Pa AP02 1.12 Pa

Statisk diff.trykk (ute/inne) samlet over 30 sek. før test (max. 5 Pa.)

-0.05	-0.25	-0.21	-0.38	-0.36	-0.36	-0.65	-0.3	-0.92	-0.76
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------

Undertrykk

Ringkapasitet - Ring C8										
Romtrykk (Pa):	-59.40	-51.30	-42.90	-34.30	-24.30	-15.60				
Korrigert romtrykk (Pa):	59.75	51.65	43.25	34.65	24.65	15.95				
Luftstrømstrykk (Pa):	207.40	169.10	134.20	93.20	61.80	35.10				
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	207.4	169.1	134.2	93.2	61.8	35.1				
Målt luftstrøm (m³/h):	1886.3	1698.6	1509.3	1253.0	1017.2	763.8				
Beste trykkløpning (m³/h):	1870.9	1692.9	1498.8	1287.3	1019.1	756.0				
Feil (%):	.8	.3	.7	-2.7	-2	1.				

Overtrykk

Ringkapasitet - Ring C8										
Romtrykk (Pa):	57.90	50.90	40.70	32.90	24.10	15.70				
Korrigert romtrykk (Pa):	57.45	50.55	40.35	32.55	23.75	15.35				
Luftstrømstrykk (Pa):	256.50	206.80	162.80	120.30	78.70	44.20				
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	256.5	206.8	162.8	120.3	78.7	44.2				
Målt luftstrøm (m³/h):	1963.1	1735.4	1532.8	1295.0	1022.8	740.0				
Beste trykkløpning (m³/h):	1951.4	1777.1	1507.1	1288.0	1022.8	743.3				
Feil (%):	.6	-2.4	1.7	.5	0	-5				

Statiska Diff.Trykk (ute/inne) samlet over 30 sek. etter test (max. 5 Pa.)

1.39	1.83	1.75	1.35	0.65	0.57	0.7	0.76	0.91	1.25
------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------

Data Analyse – Optimeret Beregnet vet minste kvadrats princip iflg. EN13829:

Best Fit: Least Squares	Hellingskoeffisient n	Avskjæring C m³/h	Korrelering %
Undertrykk	0.6861	113.0596	99.92
Overtrykk	0.7313	100.8771	99.92
Gjennomsnitt	0.7087	106.9684	99.92

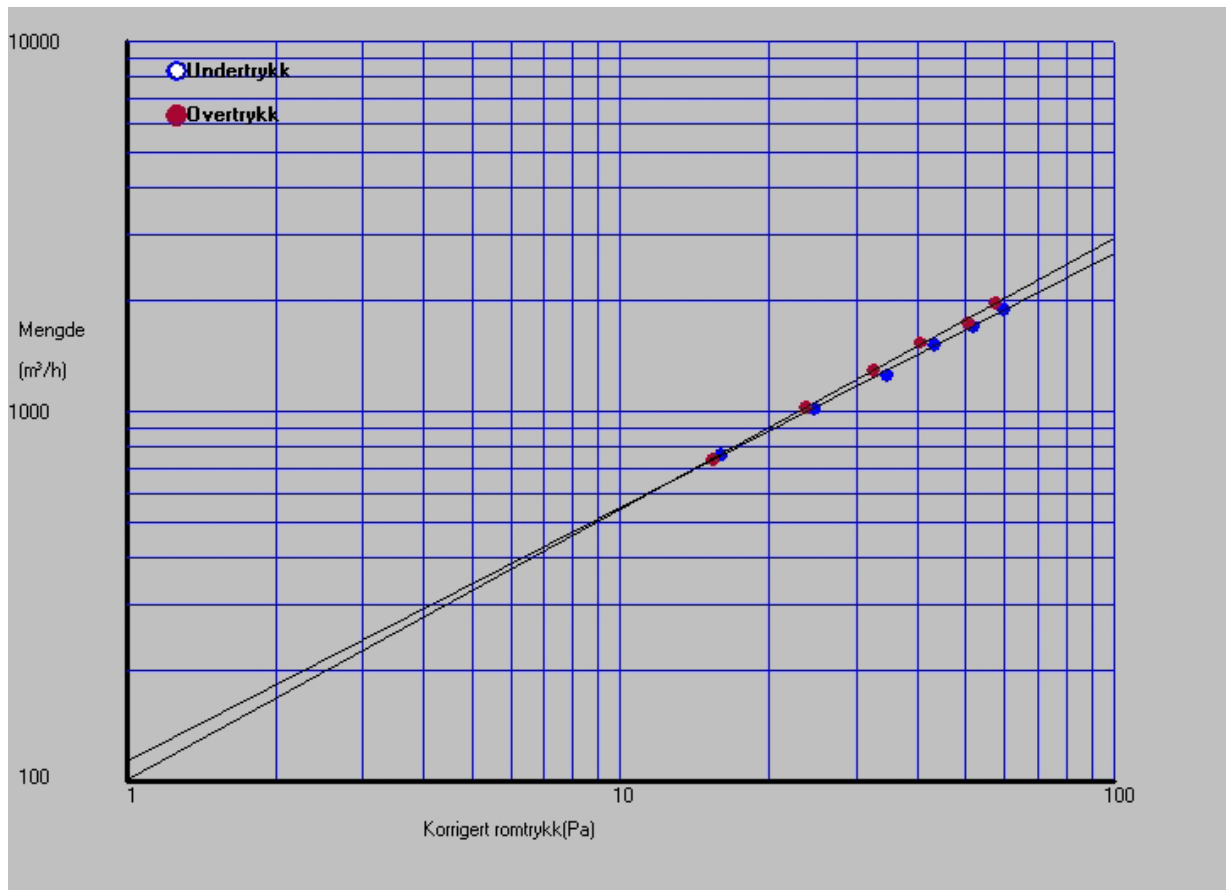
Testobjektets dimensjoner

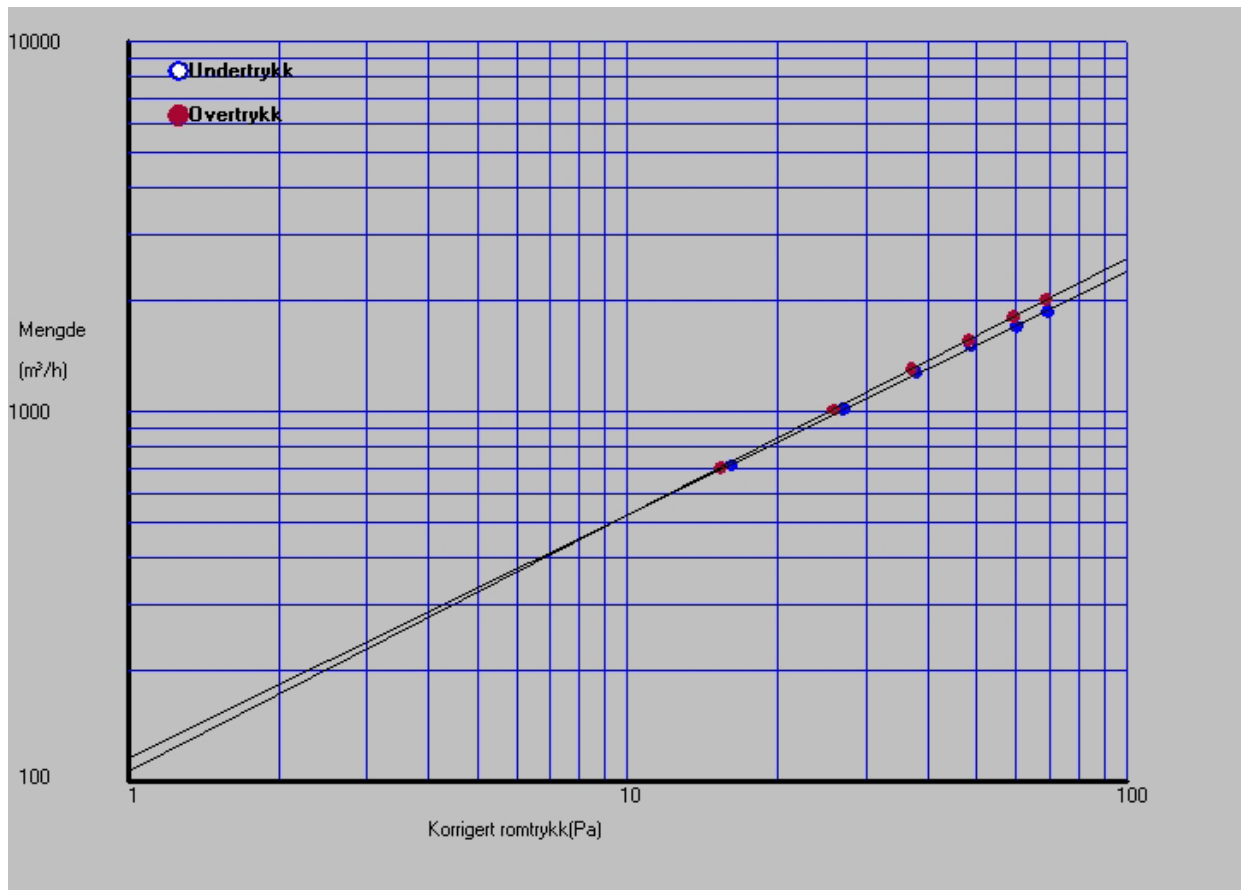
	A _r	V	m²	m³
Netto gulv areal	A _r	139	m²	
Sone areal	A _s	0	m²	
Indre volum	V	343	m³	

Resultat

	CL-CTP	n	V ₅₀	q ₅₀	w ₅₀	Efa ₁	ELA ₁₀	NLA ₁₀
Luftstrøms-koeffisient	m²/h	113.060						
Luftstrøms-eksponent		0.6861						
Sannsynlighetsfaktor	%	99.92						
Mengde @ 50 Pa	m³/h	1656						1709
Luftskifte/time (ACH) @ 50 Pa	/hr	4.827						4.983
Luft Gennetringelighet vett Klimaskærmsareal @ 50 Pa	m²/h/m²	Envelop required						Envelop required
Spesifikk lekkasjefaktor (SLR) @ 50 Pa	m³/h/m²	315.7						299.9
Effektivt lekkasjearreal (E _{LA}) @ 4 Pa	m²	315.7						299.9
Ekvivalent lekkasjearreal (E _{QLA}) @ 10 Pa	cm²	611.9						605.9
Normalisert lekkasjearreal (N _{LA}) @ 10 Pa	cm²/100m²	611.9411						605.8871
								608.9141

Door Fan 3.0 analyseprogram for lufttetthet (Version 3.260)
By: Retrotec Energy Innovations Ltd (Canada).
Copyright 2006-2007, Retrotec Energy Innovations Ltd
Denne programvaren er i hht. EN 13829 Test standard





9.1.4. Test 2: Bolig fra 1971

Analyse for luftlekkasje i hht NS/EN 13829

Test Informasjon

Unlicensed Test Company
#640 - 1540 West 2nd Avenue
Vancouver, BC
Canada, V6J 1H2
(604) 732-0142, (604) 737-0162
support@retrotec.com

Kunde

Kundens navn
Kontaktperson
Kunde Telefon

Høgskolen i Gjøvik
Stian og Bjørn ,

Bygning under test

Detaljer
Adresse
By
Tilstand
Midlertidig Luft Tætning

Enebolig i Nittedal
Nittedal

Test #:
Gjennomført den:
Operatør
Retning(s)
Standard
Kommentar

4
2010/04/21
I rommet
Test i begge retninger
EN 13829

Hvilket utstyr brukt

Sertifikat/System
Serienr. på vifte #
Serienr romtrykkmåler
Serienr luftstrømsmåler

Certificate 1
2000AvgFull Calibrated Always
DM-2 Calibrated Always
DM-2 Calibrated Always

	Før	Etter
Barometrisk trykk	101325 Pa	101325 Pa
Relativ Fuktighet	50%	50%
Vindstyrke	1 m/s	1 m/s
Innetemperatur	21 °C	21 °C
Ute-temperatur	8 °C	8 °C
Statisk trykk	ΔP01+ 0.35 Pa	ΔP02+ 1.05 Pa
	ΔP01- 0.00 Pa	ΔP02- -1.96 Pa
	ΔP01 0.35 Pa	ΔP02 0.75 Pa

Statisk diff.trykk (ute/inne) samlet over 30 sek. før test (max. 5 Pa.)

0.48	0.36	0.32	0.27	0.33	0.4	0.41	0.24	0.21	0.43
------	------	------	------	------	-----	------	------	------	------

Undertrykk

Ringkapasitet - Ring C8									
Romtrykk (Pa):	-69.10	-59.30	-48.80	-37.20	-26.70	-15.50			
Korrigert romtrykk (Pa):	69.65	59.85	49.35	37.75	27.25	16.05			
Luftstrømstrykk (Pa):	207.10	172.50	137.30	98.90	64.30	32			
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	207.1	172.5	137.3	98.9	64.3	32			
Målt luftstrøm (m³/h):	1895.6	1716.8	1527.7	1292.6	1038.6	729.3			
Beste trykklilpasning (m³/h):	1900.7	1723.0	1520.6	1278.4	1035.2	734.8			
Feil (%):	-8	-4	.5	1.1	.3	-7			

Overtrykk

Ringkapasitet - Ring C8									
Romtrykk (Pa):	69.70	60.10	48.50	37.80	26.70	15.90			
Korrigert romtrykk (Pa):	69.15	59.55	47.95	37.25	26.15	15.35			
Luftstrømstrykk (Pa):	280.80	230.40	174.20	126.10	81.10	42.20			
Korrigert luftstrømstrykk (Pa):	280.8	230.4	174.2	126.1	81.1	42.2			
Målt luftstrøm (m³/h):	2035.4	1824.5	1564.3	1309.4	1027.6	717.0			
Beste trykklilpasning (m³/h):	2022.0	1823.2	1569.2	1317.5	1031.2	713.1			
Feil (%):	.7	-1	-3	-6	-4	.5			

Statiska Diff. Trykk (ute/inne) samlet over 30 sek. etter test (max. 5 Pa.)

1.07	-1.96	0.96	0.97	1.06	1.21	1.09	1.02	1.12	0.95
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

Data Analyse – Optimeret Beregnet vet minste kvadrats princip iflg. EN13829:

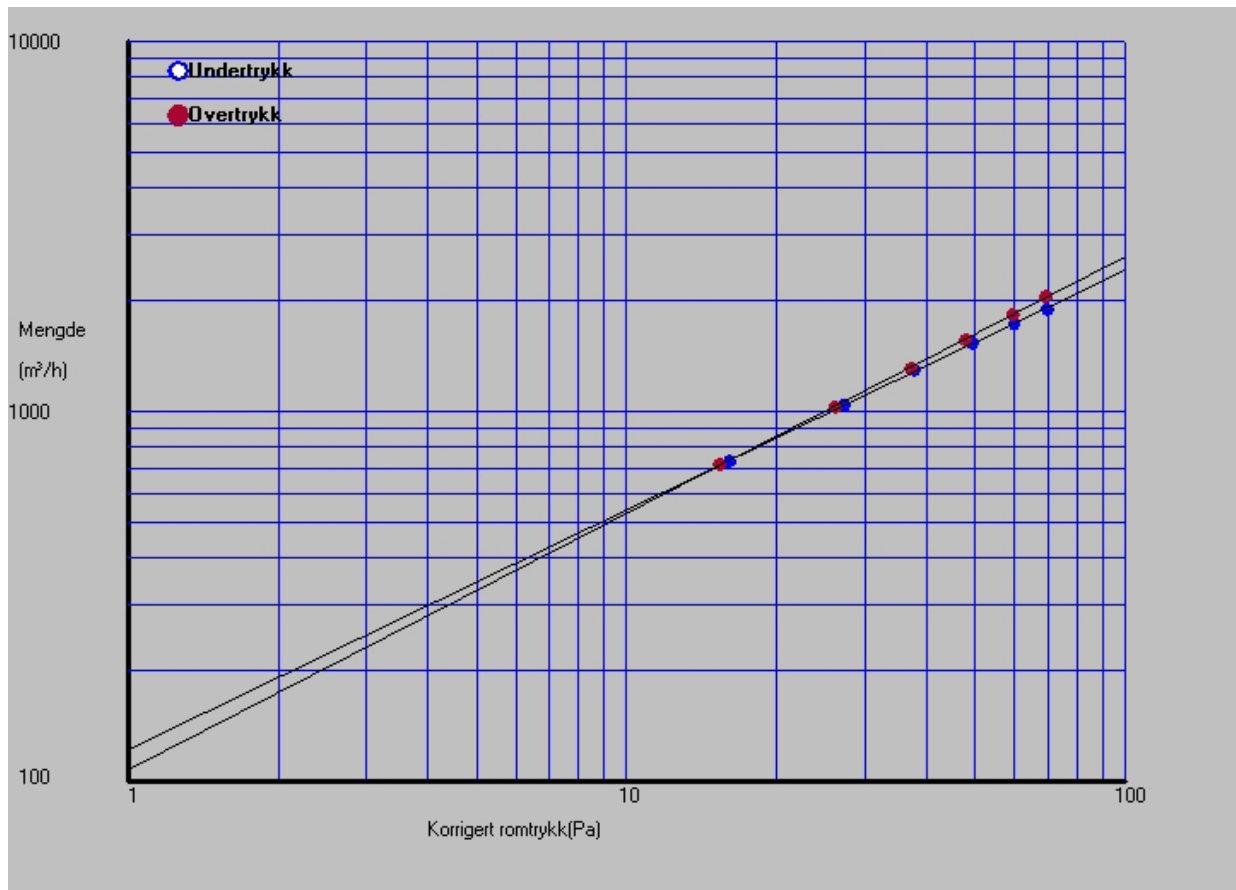
Best Fit: Least Squares	Hellningskoeffisient n	Avskjære C m³/h	Korrelering %
Undertrykk	0.6476	121.768	99.96
Overtrykk	0.6924	107.6037	99.97
Gjennomsnitt	0.67	114.6859	99.97

Testobjektets dimensjoner

	A _r	A _E	V
Netto gulv areal	102		m²
Sone areal	209		m²
Indre volum	239		m³

Resultat	C _{LESTP}	m³/h	Undertrykk	Overtrykk	Gjennomsnitt
Luftstrøms-koeffisient	n	121.768		107.604	
Luftstrøms-eksponent	n	0.6476		0.6924	
Sannsynlighetsfaktor	%	99.96		99.97	
Mengde@ 50 Pa	V ₅₀	m³/h	1534	1615	1574
Luftskifte/time (ACH)@ 50 Pa	n ₅₀	/hr	6.417	6.76	6.588
Luft Gennetringelighet vett Klimaskærmsareal @ 50 Pa	q ₅₀	m³/h/m²	7.34	7.73	7.53
Spesifikk lekkasjefaktor (SLR) @ 50 Pa	w ₅₀	m³/h/m²	322.3	303.1	312.7
Effektivt lekkasjeareal (EFLA) @4 Pa	EFLA ₄	m²	322.3	303.1	312.7
Ekvivalent lekkasjeareal (EqLA)@10 Pa	ELA ₁₀	cm²	603.1	591	597
Normalisert lekkasjeareal (NLA)@10 Pa	NLA ₁₀	cm²/100m²	288.5669	282.7696	285.6682

Door Fan 3.0 analyseprogram for lufttetthet (Version 3.260)
By: Retrotec Energy Innovations Ltd (Canada).
Copyright 2006-2007, Retrotec Energy Innovations Ltd
Denne programvaren er i hht. EN 13829 Test standard



9.2 Tabeller for u-verdi

9.2.1 U-verdi - Tungt bindingsverksvegger

Tunge bindingsverksvegger

Bolig fra 1938

Type etterisolerings	Opp-rinnelig vegg	Tykkelse på påføring			
		mm			
		0	48	98	148
Isolere utvendig (pkt. 62)			0,47	0,31	0,23
Blåse inn isolasjon og lekte ut utvendig eller innvendig (pkt. 62 og pkt. 63)	0,96		0,28	0,22	0,19
Blåse inn isolasjon (pkt. 61)		0,39			
Isolere innvendig (pkt. 63)			0,47	0,32	0,25

723.511 Etterisolering av yttervegger av tre

9.2.2 U-verdi - Lett bindingsverksvegger

Lette bindingsverksvegger

Bolig fra 1971

Type etterisolerings	Opp-rinnelig vegg	Tykkelse på påføring			
		mm			
		0	48	98	148
Isolere utvendig eller innvendig med følgende gammel isolasjon i hulrommet:	1,52		0,58	0,36	0,27
– tomt hulrom					
– 100 mm mineralull eller 100 mm ekspandert kortplate	0,50		0,33	0,26	0,21
– Fyllt med sagflis	0,79		0,44	0,31	0,24
– 50 mm treullsement eller 30 mm sydde mineralullmatten	0,81		0,43	0,31	0,24
Isolere utvendig eller innvendig og blåse inn isolasjon	1,52		0,31	0,24	0,20
Blåse inn isolasjon	1,52	0,46			

9.2.3 U-verdi - Loftsbjelkelag med stubbeloft

Loftsbjelkelag med stubbeloft

Bolig fra 1938

Konstruksjon	Isolasjon mm	Isolasjonens varmekonduktivitet (W/(mK))		
		0,037 ¹⁾	0,040 ¹⁾	0,043 ²⁾
Uendret konstruksjon	0	0,8	0,8	0,8
Med leire, isolasjon på oversiden (fig. 32)	50	0,41	0,42	0,43
	100	0,28	0,29	0,30
	150	0,20	0,21	0,22
	200	0,16	0,17	0,18
	300	0,11	0,12	0,13
	400	0,09	0,09	0,10
Uten leire, isolasjon på oversiden (fig. 32)	50	0,49	0,50	0,52
	100	0,33	0,34	0,36
	150	0,24	0,25	0,26
	200	0,18	0,19	0,20
	300	0,12	0,13	0,14
	400	0,09	0,10	0,10
Med leire, isolasjon mellom spikerslag på undersiden (fig. 33)	50	0,40	0,41	0,42
	100	0,28	0,29	0,30
	150	0,22	0,23	0,24
	200	0,18	0,19	0,19
	300	0,13	0,14	0,14
	400	0,10	0,11	0,11
Med leire, 50 mm innblåst isolasjon med varmekonduktivitet 0,046 W/(mK), resten mellom spikerslag på undersiden (fig. 33)	50	0,47	0,47	0,47
	100	0,33	0,33	0,34
	150	0,25	0,25	0,26
	200	0,20	0,21	0,21
	300	0,14	0,15	0,15
	400	0,11	0,12	0,12

1) Plater og matter

2) Løsull

3) Hvis man har golvbord med hulrom under, kan man redusere U-verdien med 0,01 W/(m²K).

9.2.4 U-verdi - Loftsbjelkelag uten stubbeloft

Loftsbjelkelag uten stubbeloft

Bolig fra 1971

Konstruksjon	Isolasjon mm	Isolasjonens varmekonduktivitet (W/(mK))		
		0,037 ¹⁾	0,040 ¹⁾	0,043 ²⁾
Uisolert konstruksjon	0	1,5	1,5	1,5
Uten stubbeloft, isolasjon på oversiden, uten spikerslag (fig. 41)	50	0,49	0,51	0,54
	100	0,29	0,31	0,33
	150	0,21	0,22	0,24
	200	0,16	0,17	0,19
	300	0,11	0,12	0,13
	400	0,09	0,09	0,10
Uten stubbeloft, isolasjon på oversiden, mellom spikerslag (fig. 41)	50	0,54	0,56	0,58
	100	0,33	0,35	0,36
	150	0,24	0,26	0,27
	200	0,19	0,20	0,21
	300	0,14	0,14	0,15
	Uten stubbeloft, isolasjon på undersiden, mellom bjelkene og ev. spikerslag. Fakkene bør fylles. (fig. 42)	50	0,50	0,52
100		0,34	0,35	0,37
150		0,28	0,30	0,31
200		0,21	0,22	0,23
300		0,15	0,16	0,17
400		0,12	0,12	0,13
Takstoler, 148 mm x 48 mm undergurer, isolasjon på oversiden (pkt. 5)	50	0,56	0,59	0,62
	100	0,34	0,36	0,38
	150	0,25	0,26	0,28
	200	0,19	0,20	0,21
	300	0,13	0,13	0,14
	400	0,10	0,10	0,11

1) Plater og matter

2) Løsull

9.2.5 U-verdi - Bjelkelag mot kjeller/ kryperom

Boliger fra 1938 og 1971

Bjelkelag mot kjeller og kryperom

Type bjelkelag	Opp-rinnelig	Tykkelse på nedføring (mm)			
		48	98	148	198
Stubbeloft med leire (jf. pkt. 413): – fôre ned – fjerne leire, fylle med ny isolasjon og fôre ned	0,96	0,32	0,24	0,19	0,16
	0,96	0,17	0,14	0,13	0,11
Stubbeloft med mine-ralull (jf. pkt. 42 og 43): – fôre ned ved 50 mm mineralull i bjelkelag – fôre ned ved 100 mm mineralull i bjelkelag	0,49	0,25	0,19	0,16	0,14
	0,33	0,20	0,16	0,14	0,12
Bjelkelag med himling (jf. pkt. 42 og 43) – fôre ned ved 50 mm mineralull i bjelkelag – fôre ned ved 100 med mer mineralull i bjelkelag	0,49	0,30	0,23	0,18	0,15
	0,33	0,23	0,19	0,15	0,13
Stubbeloft eller himling med mineralull (jf. pkt. 42 og 43): – Fjerne eksisterende isolasjon, fylle med ny isolasjon og fôre ned	0,49/ 0,33 ¹⁾	0,19	0,16	0,13	0,12

¹⁾ For henholdsvis 50 og 100 mm mineralull

9.3 Prosjektplan

Tittel

”Byggtekniske, energiøkonomiske tiltak i eksisterende bolighus”

1. Mål og rammer

1.1 Bakgrunn

Valg av oppgaven ble klar for oss begge, da det ble foreslått en oppgave om byggtermografering og trykktesting. Vi har begge hatt emnet byggtermografering som valgfag, hvor vi fant dette som et interessant tema. Byggtermografering er en metode for å finne feil og mangler i eneboliger med tanke på luftlekkasjer, varmetap, kuldebroer og fukt ved bruk av avansert utstyr. Slike feil i eneboliger vil medføre en økning i energibehovet.

Norge (og også Sverige) er ikke til enhver tid selvforsynt med elektrisk energi. Norge har store vannkraftressurser som utnyttes til produksjon av elektrisk energi. Vi har også elkraftproduksjon basert på andre energibærere. Sverige har i likhet med Norge mye vannkraftbasert elektrisk energi. Svenskene har også varmekraftbasert elkraftproduksjon basert både på atomkraft og olje. I Danmark og på kontinentet er kull også en av varmekildene i produksjonen av elkraft. Kull og olje brukt i produksjonen av elkraft representerer en betydelig kilde til forurensing og er ikke bærekraftig. Det blir viktig å få ned forbruket av elektrisk energi.

Statkraft SF har ansvaret for driften av kraftsystemet i Norge og for samkjøringen med systemene med nabolandene. Selskapet skal sikre at forbrukerne får en sikker levering av elektrisitet med minst mulig skader på miljø og natur. Ved samkjøring oppnås størst mulig samlet produksjon og leveringssikkerhet. Samkjøringen mellom vannkraft og varmekraftstasjoner innebærer at det kan spares brensel når det er rikelig vanntilgang, og i tørre perioder kan varmekraftsstasjonene opprettholde produksjonen.

Statnett eier sammen med Svenska Kraftnät den nordiske elektrisitetsbørsen Nord Pool ASA. Dette var verdens første børs for omsetning av elektrisk energi. Norske, svenske, danske, finske og også aktører fra andre land handler elektrisk energi på Nord Pool. Eierne av børsen, Statnet og Svenska Kraftnät har hver for seg ansvaret for at det alltid er balanse mellom uttak og innmating av kraft i alle deler av systemet i Norge og Sverige.

Energiøkonomisering, enøk, går på en optimal energiteknisk/økonomisk utnyttelse av tilgjengelige energiresurser. I en situasjon hvor det er nødvendig å begrense energiforbruket, er det viktig å se på alle de muligheter som kan foreligge for å få dette til. Det er grunn til å anta at det kan ligge et stort potensial for innsparing av elektrisk energi gjennom en oppgradering av byggteknisk standard i landets noe eldre boligmasse.

For å finne ut hva man kan gjøre med de eksisterende eneboliger for å redusere energibehovet, så skal vi sammenlikne 2 hus. Det ene er bygget etter forskrifter fra 1949 og det andre etter forskrifter fra 1969. Vi vil se på enøk- tiltak ut fra det byggtekniske for å få energibehovet ned.

Med bakgrunn i at vi har dette nære samarbeidet med Sverige om elforsyningen til boliger blir det

sentralt å se litt på hvilke forskrifter som gjelder der, for byggt teknisk standard for tilsvarende boliger. Vi vil også se litt på om det er noe å lære av Sverige i enøk – sammenheng.

1.2 Prosjekt mål

Norge har fått nye forskrifter med krav til økt tetthet og lavere U-verdier for å redusere energibehovet i forbindelse med oppvarming. Derfor vil vi finne ut hva man kan gjøre med den eksisterende bebyggelsen for å redusere energibehovet. Av den grunn har vi valgt oss to eneboliger bygget etter forskrifter fra 1949 og 1969.

Er svaret på måten å energioptimalisere på den samme uavhengig av byggeåret til boliger?

Norge har nye oppdaterte forskrifter. Vi vil se på hvordan disse er i forhold til de svenske nå gjeldende forskriftene.

Har Norge noe å lære av Sverige i enøk – sammenheng knyttet til en reduksjon i energiforbruket til oppvarming av eneboliger?

1.2.1 Delmål

Lønnsomheten ved investeringer i enøk- tiltak for eksisterende boliger bygget etter forskrifter fra 1949 og 1969.

1.3 Rammer

Nedenfor har vi utarbeidet en oversikt med frister for de forskjellige faser gjennom prosjektets gang.

Fase	Aktivitet	Frist
Fase 1 - Initiating	Innlevering av forslag til problemstillinger/ temaer for Bacheloroppgave.	Innen mandag, kl 15:00 uke 46
	Faginterne møter hvor alle temaer/innspill	Gjennomgås Uke 46
	Beslutning av oppgave	Innen fredag, uke 47
	Søknad av gruppe rom, leveres studenttorget.	Innen uke 50
Fase 2 - Prosjektplan	Innlevering av prosjektplan til veileder.	Innen mandag, 25.01.2010 uke 4
	Etablering av nettside	Innen uke 50
Fase 3 - Hovedarbeidet	Innlevering av oppgaven, samt plakat.	Innen fredag, 28.05.2010, kl 12:00 uke 21
Fase 4 - Avslutning	Presentasjon i plenum, bruk av powerpoint	Torsdag, 3.juni.2010

Under pkt 7 har vi satt opp en fremdriftsplan for hvordan vi som gruppe, skal arbeide gjennom prosjektets faser.

2. Omfang

2.1 Oppgavespesifikasjon

- Finne og få tilgang til to eneboliger fra to ulike tidsepoker
- Termografer og trykkteste eneboligene
- Analysere resultatene fra de utførte testene, og komme med forslag til løsninger for og evt. å redusere energibehovet.
- Analysere/beregne lønnsomheten ved enøk – tiltakene
- Fremskaffe norske og svenske forskrifter
- Sammenlikning av forskriftsbestemte byggtekniske krav mellom Norge og Sverige

3. Prosjektorganisering

3.1 Ansvarsforhold

Oppdragsgiver: Høgskolen i Gjøvik

Deltagere: Bjørn Christian Bøe og Stian Mathisen

Ansvar:

Fase 1 Initiering

Fase 2 Prosjektplan

Fase 3 Hovedarbeidet

Fase 4 Avslutning

Kvalitetssikring

Førsteamanuensis: Jonny nersveen

Ansvar:

Godkjenning av prosjektplan

Kvalitetssikring

Karaktervurdering

Veileder

4. Planlegging, oppfølging og rapportering

4.1 Hovedinndeling av prosjektet

Fase 1 – Initiering

Fase 2 – Prosjektplan

Fase 3 – Hovedarbeidet

Fase 4 – Avslutning

For å kunne komme i gang med Fase 3 – hovedarbeidet, så trenger man en formell godkjenning av prosjektplanen. Det er veileder som avgjør om planen er godkjent eller ikke. Hvis den ikke er godkjent, så kan planen avvises med en beskjed om forbedring før man kan gå i gang med fase 3.

4.2 Veiledningspunkter og møter

Vår gruppe skal ha jevnlig møter, hvor vi møter opp til avtalt tid. Alle møter blir loggført underveis.

Møter med veileder skal i hele perioden skje formelt ved en skriftlig søknad om møtets sted, tid og agenda. For alle møter med veileder skal vi skrive et møtereferat.

5. Risikoevaluering

5.1 Kritiske suksessfaktorer

Få tilgang til eneboliger bygget i riktig tidsepoke, etter forskrifter henholdsvis fra 1949 og 1969.

Riktig bruk av måleutstyr

Måleutstyret må være kalibrert utstyr

5.2 Risikoevaluering

Det er viktig å være kritiske og strukturerte

6. Kvalitetssikring

6.1 Organisering av kvalitetssikring

Jevnlig bruk av veileder

Utføre målinger flere ganger

Hente data fra sikre kilder

Bruk av manualer for måleinstrumentene

6.2 Kvalitetssikring av kritiske suksessfaktorer

Eneboliger bygget i riktig tidsepoke, etter forskrifter:

Ferdigattest

Riktig bruk av utstyr:

Ved å bruke utstyret riktig

Riktig kalibrert utstyr.

7. Gjennomføring

7.1 Hovedaktiviteter

Hovedaktivitet	Hensikt
Jobbe med prosjektplan	Hensikten med prosjektplanen er å vise hvilke aktiviteter som skal gjennomføres for å nå målene som er satt i prosjektet, når aktivitetene skal gjennomføres, og sammenhengen mellom aktivitetene.
Nettside skal etableres	Formidle det vi har gjort og skal gjøre
Trykkteste og termograferer to eldre eneboliger	Se eventuelt feil og mangler i eneboligene
Analysere resultatene	Komme frem til løsninger
Søke etter forskrifter både Norske og Svenske	Er det noe vi kan lære fra Sverige
Skrive hovedoppgaven	Fullføre oppgaven
Levere hovedoppgaven	Få en karakter
Muntlig presentasjon av oppgaven	Fremvisning av oppgaven

7.2 Tids- og ressursplaner

Tids- og ressursplan	
Uke 2, 3 og 4, frist 25. januar.2010	Jobbe med prosjektplan – formelt startsignal
Uke 5	Nettside skal etableres
Uke 6 og 7	Trykkteste og termograferer to eldre eneboliger. Lån av byggtermografi kamera og blower door fra HiG/Veileder Jonny Nersveen. Tilgang til 2 eneboliger for å termograferer og trykkteste.
Uke 8 og 9	Analysere resultatene, komme frem til løsninger.
Uke 10, 11 og 12	Søke etter forskrifter både norske og svenske
Uke 13	Påske
Uke 14 til og med 20	Skrive hovedoppgaven, fullføre oppgaven.
Uke 21, frist 28.mai.2010, innen klokken 12:00	Levere hovedoppgaven
Uke 22, 03. juni.2010	Muntlig presentasjon av oppgaven

Ressursbehov:

I forbindelse med oppgaven så vil vi benytte datamaskiner utstyrt med Microsoft Office med tilhørende Word, Excel og Powerpoint. For å utføre de ulike testene under gjennomføringen, skal vi benytte oss av ett termograferingskamera (FLIR) og Blowerdoor utstyr for trykktesting.

8. Grupperegler og avtaler

8.1 Grupperegler

Man skal jobbe optimalt for å få en oppgave med høy faglig kvalitet.

Ved avtale av møter eller arbeid er man pliktig til å komme til avtalt tid og sted. Fravær skal være begrunnet.

Arbeidsfordelingen skal være så jevn som mulig.

Ved uenighet blir kompromisser lagd eller eventuelt veileder den avgjørende faktor.

Logg føres ved alle møter.

Ved gjentatte regel brudd må man finne en god løsning eller så må gruppen oppløses.

Når reglene er lest og forstått, undertegnes de av gruppe medlemmene.

Underskrift

Stian Mathisen

Bjørn Christian Bøe

8.2 Avtaler

Skriftlig søknad om lån av byggtermograferings kamera og blower door ved bestemte tids punkter, muntlig avtale om lån av utstyret når vi får låne det.

Muntlig avtale med huseiere om å trykkteste og termograferer hus for å finne eventuelt feil og mangler.

9.3 Møteinnkallinger og møtereferater

9.3.1 Møteinnkalling og møtereferat nr.1

Møteinnkalling nr.1

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning bacheloroppgave – Fase 1

Møtetid:

Kl. 14:20, onsdag - 13.januar.2010

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

De følgende pkt. er temaer vi trenger veiledning om:

Definere problemstilling og metode

Møtereferat nr.1

Tid/dato:

Onsdag - 13.januar.2010

Klokken 14:20 – 15:30

Sted:

B – bygget, møterom i 3 etasje

Møtereferent:

Stian Mathisen

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Få veiledning i hvordan vi som gruppe skal få til en bedre og mer spesifikk problemstilling, og hvordan vi skal jobbe fremover imot innlevering av prosjektplanen.

Møtets innhold:

Hovedidè – ENØK

Metode – sammenlikning, termografering + trykktesting, effektmåling, organisering

Videre så diskuterte vi hvordan vi skal skaffe oss 2 hus (1 nytt og 1 gammelt) i forbindelse med oppgaven. Vi kom frem til at det å ta kontakt med et entreprenørselskap i nærheten, sannsynligvis vil være den beste løsning. Vi drøftet den internasjonale delen av oppgaven og fant ut at de mest aktuelle landene for en "sammenlikning" vil være et av våre naboland. Dette med tanke på klima, etc.

De ovenstående pkt. samt mange flere er viktig å få klarhet i frem til innlevering av prosjektplanen.

9.3.2. Møteinnkalling og møtereferat nr.2

Møteinnkalling nr.2

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning bacheloroppgave – Fase 2

Møtetid:

Kl. 12:30, 22.januar.2010

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

De følgende pkt. er temaer vi trenger veiledning om:

Problemstilling
Oppsett av prosjektplanen
Møtereferat/agenda

Møtereferat nr.2Tid/dato:

Fredag - 22.januar.2010

Klokken 12:30 – 14:10

Sted:

B – bygget, Kjøkkenet i 3 etasje

Møtetreferent:

Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Problemstilling
Prosjektplan, utførelse
Oppsett av møtereferat og - innkalling

Møtets innhold:

Vi fremmet to nye problemstillinger, samt tilhørende metoder. Vi kom frem til at verken noen av dem var aktuelle for våres oppgave.

Deretter ble vi veiledet inn mot en mer riktig problemstilling.

Videre gikk vi igjennom prosjektplanens oppsett for å få klarhet i de ulike pkt den inneholder.

Vi avsluttet møtet med å få en tilbakemelding på oppsettet av møtereferatene og møteinnkallingene vi har utarbeidet.

Videre ble det tilbudt veiledning via mail frem til søndag.

9.3.3. Møteinnkalling og møtereferat nr.3

Møteinnkalling nr.3

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning bacheloroppgave

Møtetid:

Kl. 14.00, 03.februar.2010

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

Få veiledning i opprettelse av webside

Få veiledning om hvilke små justeringer vi evt. må gjøre på prosjektplanen.

Møtereferat nr3Tid/dato:

Onsdag - 03.februar.2010

Klokken 14:00 – 15:00

Sted:

B – bygget, Spiserommet i 3 etasje

Møtereferent:

Stian Mathisen

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Få veiledning i opprettelse av webside
Få veiledning om hvilke små justeringer vi evt. må gjøre på prosjektplanen.

Møtets innhold:

Vi fikk tilbakemelding om hvilke justering som må gjøres på prosjektplanen våres.
Metoden/gjennomføringen kunne ha vært litt mer presis og tydeligere.

Bakgrunnen for våres oppgave var veldig bra.

Vi fikk tips om å organisere oss godt innad i gruppen. For eksempel: 1 sjef – ansvar for tider, etc.

Det neste som ble diskutert var at det allerede nå er lurt å gå over hva rapporten skal inneholde.

Møtet ble avsluttet etter en samtale mellom veileder, oss og Magnar Eikerol fant sted. Han er villig til å la oss bruke huset hans under gjennomføringen av oppgaven vår.

9.3.4. Møteinnkalling og møtereferat nr.4

Møteinnkalling nr4

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning bacheloroppgave

Møtetid:

Kl. 14:00, 17.februar.2010

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

Inngå en prosjektavtale i form av en kontrakt mellom HiG, veileder og oss.

Møtereferat nr4Tid/dato:

Onsdag - 17.februar.2010

Klokken 14:00 – 15:00

Sted:

B – bygget, Møterommet og spiserommet i 3 etasje

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Undertegne kontrakten om prosjektavtalen

Møtets innhold:

Vi skreiv kontrakt om prosjektavtale også ble vi enige om at vi skal lage en detaljert fremdriftsplan i form av gant diagram.

Vi fikk en kort introduksjon om blowerdoor som var ferdig satt opp i kjelleren i b-bygget også ble vi enige om at vi skal komme i neste byggtermografi time, for å lære mer om trykktesting.

9.3.5. Møteinnkalling og møtereferat nr.5

Møteinnkalling nr5

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning i forbindelse med bacheloroppgave

Møtetid:

Tirsdag - 13.04.10

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

Utlån av utstyr i forbindelse med trykktesting og termografering

Vi skal trykkteste og termograferer den ene boligen i Nittedal onsdag 14.04.10, vi har tatt kontakt med Magnar eikerol angående tid for tilsvarende i hans bolig.

Generelt om Termografering og trykktesting.

Møtereferat nr.5

Tid/dato:

Tirsdag - 13.04.10

Klokken 13:00 – 13:30

Sted:

B – bygget, Møterommet i 3 etasje og kjeller

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Utlån av utstyr i forbindelse med trykktesting og termografering
Vi skal trykkteste og termograferer den ene boligen i Nittedal onsdag 14.04.10, vi har tatt kontakt med Magnar eikerol angående tid for tilsvarende i hans bolig.
Generelt om Termografering og trykktesting.

Møtets innhold:

Vi fikk utlånt utstyr i forbindelse med trykktesting og termografering. Snakket litt generelt om termografering og trykktesting.

9.3.6. Møteinnkalling og møtereferat nr.6

Møteinnkalling nr.6

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning i forbindelse med Bacheloroppgave

Møtetid:

Tirsdag 26. april, klokken 13:00

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

Se sammen på målinger fra trykktesting evt. bilder fra termografering.

Møtereferat nr.6Tid/dato:

Tirsdag 26. april - 2010

Klokken 13:00 – 14:30

Sted:

B – bygget, spiserommet i 3 etasje

Møtereferent:

Bjørn Christian Bøe

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Se sammen på målinger fra trykktesting evt. bilder fra termografering.
Få råd i forbindelse med videre fremgang.

Møtets innhold:

Vi ble enig om at en samtale med Magnar eikerol burde finne sted, for å avklare hvordan huset hans er bygget opp i detalj. Vi gikk igjennom oppsett av rapporten og hva de forskjellige delene burde inneholde.

I forbindelse med utbedringer og tiltak for å forbedre energibruket i en bolig, ble vi enig om at Liv torjusen, Harald falsen, Fred johansen og Leif Erik storm er personer som er aktuelle å ta kontakt med for å få råd.

Trykktestingene vi hadde utført virket bra. Det samme gjaldt termograferingsbildene.

9.3.7. Møteinnkalling og møtereferat nr.7

Møteinnkalling nr.7

Fra:

Bjørn Christian Bøe
Stian Mathisen

Veileder:

Jonny Nersveen

Gjelder:

Veiledning i forbindelse med Bacheloroppgave

Møtetid:

Onsdag 12. mai, klokken 10:00

Sted:

B-bygget, 3 etasje

Foreløpig møteagenda:

Generelt oppsett av rapporten
Begrensning av oppgaven

Møtereferat nr.7Tid/dato:

Onsdag - 12. mai 2010

Klokken 10:00 – 12:00

Sted:

B – bygget, spiserommet i 3 etasje

Møtereferent:

Bjørn Christian Bøe

Tilstede:

Jonny Nersveen
Stian Mathisen
Bjørn Christian Bøe

Agenda:

Generelt oppsett av rapporten
Begrensning av oppgaven

Møtets innhold:

Oppsett av rapporten.

Vi fikk litt tips om hvordan det er i Sverige i forhold til Norge. For eksempel grunnvarme er billigere å grave i Sverige en i Norge.

Også fikk vi litt informasjon angående spissing av oppgaven. Eksempel at vi legger hovedfokus på bygningskonstruksjon siden vi går byggingeniør og ikke ser så mye på ventilasjon siden det er mest VVS.

9.4. Loggføring

November 2009

Sted: HiG

Dato: 02.11.09

Agenda: Gruppemøte, vi drøftet problemstilling for oppgaven.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 09.11.09

Agenda: Gruppemøte, videre drøfting av problemstilling.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Januar 2010

Sted: HiG

Dato: 12.01.10

Agenda: Endelig problemstilling var valgt, jobbing med prosjektplan.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 13.01.10

Agenda: Vi hadde møte med vår veileder Jonny nersveen, videre jobbet vi med prosjektplan.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 15.01.10

Agenda: Jobbing med prosjektplan

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 19.01.10

Agenda: Jobbing med prosjektplan

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 22.01.10

Agenda: Vi hadde møte med vår veileder Jonny nersveen, videre jobbet vi med prosjektplan.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 22 - 25.01.2010

Agenda: gruppemøte og fullføring av endelig prosjektplan. Levering av prosjektplan.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Februar 2010

Sted: HiG

Dato: 01.02.10

Agenda: Gruppemøte for etablering av webside

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 03.02.10

Agenda: Møte med vår veileder Jonny nersveen

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 05.02.10

Agenda: Videre jobbing med webside

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 06.02.10

Agenda: Videre jobbing med webside

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 06.02.10

Agenda: Fullføring av Webside. Lastet opp webside til internett

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 15.02.10

Agenda: Gruppemøte, vi skrev møteinnkalling og innhentet stoff til oppgaven

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 17.02.10

Agenda: Møte med Jonny nersveen, hvor skrev prosjektavtale med HiG, Jonny nersveen og oss.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 18.02.10

Agenda: Innhenting av relevant stoff til oppgaven

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Mars 2010

Fulgte med i undervisning i emnet: Byggtermografering og trykktesting. Dette gjorde vi for å sette oss inn i hvordan trykktestingsutstyret brukes. Emneansvarlig, også vår veileder Jonny nersveen foreslo at vi skulle delta i undervisningen. Denne måneden hadde vi også 2 valgfag vi måtte konsentrere oss om, av den grunn så ble det brukt mindre tid på hovedoppgaven.

April 2010

Sted: HiG

Dato: 09.04.10

Agenda: Skrev fremdriftsplan for videre jobbing med oppgaven (gant diagram), skrev også møteinnkalling

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 11.04.10

Agenda: Jobbet med oppgaven, startet med å skrive teori.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 13.04.10

Agenda: Var i møte med veileder og hentet utstyr for målinger, skrev møtereferat.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 14.04.10

Agenda: Hentet relevant stoff i forbindelse med trykktesting og termografering

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: Nittedal

Dato: 19.04.10

Agenda: For å bli kjent med utstyret, så valgte vi å gjennomføre en test dag i Nittedal

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 20.04.10

Agenda: Planla gjennomføring av test 21.04.10

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: Nittedal

Dato: 21.04.10

Agenda: Trykktesting i Nittedal – vellykket

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 22.04.10

Agenda: Planla gjennomføring av test 23.04.10

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 23.04.10

Agenda: Trykktesting og termografering i Gjøvik – vellykket

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 26.04.10

Agenda: Analyserte resultater fra trykktestingen og termograferingen. Var i møte med Jonny nersveen

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 27.04.10

Agenda: Analyserte resultater fra trykktestingen og termograferingen

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 28.04.10

Agenda: Analyserte resultater fra trykktestingen og termograferingen

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 29.04.10

Agenda: Startet med skriving av hovedoppgaven.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Sted: HiG

Dato: 30.04.10

Agenda: Skriving av hovedoppgaven.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Mai 2010

Sted: HiG

Dato: 01.05.10 - 24.05.10, med unntak av lørdager og søndager.

Agenda: Denne perioden har vi skrevet og jobbet med oppgaven vår. De siste 6 dagene har gått til sammensetning av endelig rapport.

Tilstede: Stian Mathisen, Bjørn Christian Bøe

Vi vil legge til at begge gruppemedlemmer har deltatt og vært med på alle møter innad i gruppen, samt møter med veileder. Testingen som har blitt utført i begge boliger, deltok begge på.