

# ENERGIEFFEKTIVISERING AV EN VERNEVERDIG 1890-MURGÅRD: ET BÆREKRAFTIG LØFT?

ENERGY EFFICIENT REFURBISHMENT OF A HISTORICAL BUILDING FROM THE  
1890'S: A SUSTAINABLE EFFORT?

IDA BERGSLØKKEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI  
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2012





## Forord

Denne masteroppgaven runder av studiet i byggeteknikk og arkitektur ved Institutt for matematiske og teknologiske fag ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) våren 2012. Oppgavens omfang er på 30 studiepoeng.

Emnet for oppgaven er valgt på bakgrunn av egeninteresse og fordi energieffektivisering av eksisterende bygningsmasse i Norge er et høyaktuelt tema. Et godt bekjentskap og noen tilfeldigheter førte meg til en 1890-murgård i Bergen som ble gjeldene casebygg for oppgaven. Eier av toppetasjen ønsket å se på mulighetene for en ambisiøs energirehabilitering, samt ombygging av kaldt loft til bolig. Motivasjonen for oppgaven var stor da et slikt arbeid kunne inneha en overføringsverdi til lignende problemstillinger. I tillegg har det gjennom hele oppgaven vært svært inspirerende å vite at dette er et realistisk og allerede påtenkt prosjekt.

Oppgaveteksten er basert på et økt behov for å bevisstgjøre norske huseiere, byggherrer og for så vidt hele byggenæringen, om hvor mye vi kan redusere klimagassutslippene med ved å forvandle eksisterende bygg fra energisluk til energieffektive byggeklosser. Det har også vært spennende å undersøke hvilket potensiale som ligger i en utbygging av loftsetasjen i en gammel murgård. Dette gir oppgaven en tverrfaglig vinkling, noe som gjenspeiler den tilbakelagte mastergraden ved UMB.

Jeg vil først og fremst rette en stor takk til veileder, professor Torgeir Lyngtveit ved IMT for gode støtte og oppmuntring underveis da lyset i tunnelen ikke fantes og frustrasjonen raget. Veiledningene har vært preget av høy pratefrekvens og et godt humør som har holdt motivasjonen oppe i de 5 tilbakelagte månedene.

Jeg vil også rette en stor takk til Anne Sofie Handal Bjelland som tipset meg om valgt casebygg. Hun fortjener en stor påskjønnelse for å ha vært en god venninne, en sann kritiker og en upåklagelig kilde til inspirasjon underveis i oppgaven..

I tillegg vil jeg takke Nils Ivar Bovim ved IMT som har bistått med gode innspill til konstruksjonsprinsipper, samt nyttige samtaler om utførelser ved ombygging av eldre bygg. En takk rettes også til Tormod Aurlien ved IMT for innføring i bruk av termograferingskamera. Også takk til de andre på lesesalen som har sørget for en god dose pågangsmot og ikke minst vært opphav til utallige latterkramper.

Til slutt vil jeg takke mamma som har korrekturlest i tide og utide samtidig som hun har vært en moralsk støtte 24/7.

Takk!  
Universitetet for miljø- og biovitenskap  
15.mai 2012

Ida Bergsløkken

## Sammendrag

Oppgaven ønsker å belyse potensialet for energieffektivisering av en leilighet i et verneverdig murgårdshus fra 1890 mot en lavenergistandard. Grunnlaget for ønsket, er Arnstadvalget sitt forslag om alle bygg som gjennomgår totalrehabilitering skal oppnå lavenergistandard innen 2015 (Arnstadutvalget 2009a). Det undersøkes også muligheter for å utvide leiligheten ved å bygge om kaldt krype loft til bolig. I oppgaven har det vært et stort fokus å knytte energieffektivisering og utbygging opp mot hva som synes bærekraftig forsvarlig.

Bærekraft er i *mine* øyne, er samspillet mellom ulike potensialer og barrierer som vektas mot hverandre. En barriere trenger ikke nødvendigvis være negativt, men er heller en begrensning som kan utløse potensialer på andre områder (Enova 2012a).

I denne oppgaven vil bærekraft dreie seg om å vekte det estetiske, det økonomiske og det sosiale potensialet mot krav til vern og helse, og miljø.

De ulike aspektene har jeg forsøkt belyst gjennom et case-studie. Casebygget er en 1890-murgård i Bergen. Tidlig i prosjektet ble det gjennomført en befaring til utvalgt leilighet. Befaringen innebar en tilstandsanalyse og en termografering. Termograferingen viste tydelig at leiligheten var utilstrekkelig tett, og resultatene understøttet teorien om at et gammelt, uisolert bygg har et svært stort varmetap til omgivelsene.

Det har blitt foretatt et omfattende litteraturstudium om energieffektivisering av eksisterende bebyggelse, med spesielt hensyn til murgårder.

For å vurdere mulighetene til en ombygging, har konstruksjonen blitt gjennomgått og det er laget en 3D-modell av bygget for å forstå bæresystemet så vel som sammenføyinger.

Jeg har laget tre ulike tiltakspakker for utbygging: «enkel», «moderat» og «ambisiøs».

Tiltakspakkene danner så grunnlaget for et skisseprosjekt hvor arkitektoniske kvaliteter og bokvalitet prioriteres. En økonomisk analyse foreligger for hvert enkelt tiltak, da dette ofte er en begrensende faktor for valg man tar i en byggeprosess. Tiltakspakkene har så blitt forsøkt energieffektivisert mot lavenergikrav. Resultatene fra samtlige prosesser ga god grobunn for å veie de bærekraftsprinsippene, som definert tidligere, opp mot hverandre.

Vurderinger fra diskusjonen belyser hvor viktig det er å ta hensyn til flere faktorer i en energieffektiviseringsprosess. Resultatet er at hvis byggets forutsetninger er gode, ligger det et potensiale for å utnytte ubebodd loftareal. Da bærekraft nettopp går ut på å vekte ulike ting opp mot hverandre, vil hver sak være unik. Resultatene kan dog sies å være en god pekepinn på hvor vidt et gammelt bygg lar seg energieffektivisere mot svært lave krav.

Konklusjonen for betraktet leilighet er at den ikke når helt opp mot lavenergistandard, men at leiligheten, på en forsvarlig måte, har gått fra å bruke 246,7 kWh/m<sup>2</sup> ned til 128,8 kWh/m<sup>2</sup>. For samme tilfelle har et spesifikt CO<sub>2</sub>-utslipp gått fra 99kg /m<sup>2</sup> til 35 kg/m<sup>2</sup>.

Ut fra de økonomiske resultatene og energisimuleringen, anbefales det at man går for tiltakspakke «moderat».

## Abstract

This thesis attempts to highlight the potential of an energy efficient upgrade of a historical brick building from 1890 towards a low-energy standard. The reason for attempting this is the Arnstad-group's proposal that all existing buildings undergoing an excessive refurbishment, should achieve low-energy standard within 2015.

The potential for expanding cold, unused attics into living space is also considered. In the thesis, there has been a major focus to link energy efficiency and the remodeling of an existing building to what appears a sustainable effort.

In my opinion, sustainability is the interaction between the various potentials and barriers which are weighted against each other. A barrier may not necessarily be negative, but rather a limitation that could trigger a potential in other areas (Enova 2012a).

In this paper, sustainability will involve weighting the aesthetic, the economic and the social potential up against rules for conservation and the in- and outdoor environment.

The different aspects are exemplified through a case study. The Case building is a brick building from the 1890s in Bergen, Norway. Early in the project I did a thorough "state of the art"-analysis of the selected apartment. The support the findings, I used an infrared camera, which clearly showed that the apartment lacked airtightness, and the results supported the theory that an old, poorly insulated building has a very large heat loss to its surroundings.

I have done an extensive study on energy refurbishment of the existing building stock, particularly with attention to historical brick buildings.

To discuss the possibility of a remodeling, the construction design has been reviewed and a 3D-model of the building has been made. Suggested possibilities for upgrading and rebuilding are presented through visualizations. A total of three upgrading packages are suggested: "simple", "moderate" and "ambitious."

These packages form the basis for in which architectural qualities and quality of living will be of priority. An economic analysis is available for each package, as this often turns out to be the limiting factor. The three different situations have undergone an energy efficient refurbishment aiming for low-energy standards.

The results from all of the processes provided a good basis to weigh the sustainability principles, as defined previously, against each other. The discussion highlights shows how important it is to take into account all the factors a refurbishment process contains. The results also show that if the building's conditions are good, there is a potential of remodeling the unoccupied attic space for living purposes.

Since every building is unique, the sustainability question will differ from one building to the other. However, the results in this thesis may be a good indication of whether or not an old building has a potential to make the low-energy standards as suggested by the Arnstad-group.

The conclusion of the considered flat is that it does not make the low-energy standard. However, the apartment has, in a sustainable point of view, gone from using 246,7 kWh /m<sup>2</sup> to 128,8 kWh/m<sup>2</sup>. It has also gone from releasing 99,0 kg/m<sup>2</sup> /year of CO<sub>2</sub> to 35,0 kg/m<sup>2</sup>/year.

Based on the financial analysis and energy simulations, it is recommended that this flat undergoes the "moderate"- package.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag .....	ii
Abstract .....	iii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	2
1.2 Målsetting og problemstilling .....	3
1.3 Avgrensninger for oppgaven .....	4
1.4 Definisjoner og begreper (REFERANSER) .....	5
2. Teoridel.....	8
2.1 Økt fokus på klima og rehabilitering i byggenæringen .....	8
2.1.1 EUs klimamål .....	8
2.1.2 KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg: Arnstadutvalget .....	9
2.1.3 BREEAM-NOR .....	10
2.1.4 Kyotopyramiden .....	12
2.1.6 Hvorfor redusere CO <sub>2</sub> -avtrykket?.....	13
2.1.7 Grønn økonomi: Livssyklusanalyser .....	14
2.1.8 «Grønne gulrøtter» .....	17
2.3 Krav til energieffektivitet.....	20
2.3.1 Minstekrav i TEK10, Lavenergibolig og passivhus .....	20
2.2.3 Varmetapsramme.....	21
2.3 Enøk og miljø i vernede bygg .....	22
2.3.1 Vernestatus .....	23
2.3.2 Enøktiltak og manglende krav til energieffektivitet.....	23
2.6 Ombygging og endring på eksisterende bygg .....	24
2.6.1 Tilstandsanalyse .....	24
2.6.2 Konstruksjonsikkerhet.....	24
2.6.3 Bærekraftig arkitektur.....	25
2.4 Kombinertanlegg for romoppvarming og varmtvann .....	26
2.5 Enøk og endringer i innemiljøet .....	28
2.5.1 Fukt.....	30
2.5.3 Dagslys.....	32
2.7 Økonomiske betraktninger.....	33
3. Materiale og metode.....	34
3.1 Casestudie .....	34
3.2 Termografering.....	34
3.3 Tegning og beregning og dagslysvurdering.....	35
3.4 Energisimuleringer .....	36
3.5 Økonomi.....	36
3.6 Programvare .....	36
3.6.1 SIMIEN .....	36
3.6.2 ArchiCAD 15+ Artlantis 4 .....	37

4. Casebygg i Klostergaten 8 .....	38
4.1 Eksisterende konstruksjon .....	41
4.1.1 Bærende yttervegger av hulromsmur .....	41
4.1.2 Bjelkelag/etasjeskiller.....	44
4.1.3 Tak over bygg 1.....	44
4.1.4 Tak over bygg 2.....	45
4.1.5 Bærende vegger bygg 2.....	45
4.1.6 Snitt .....	45
4.2 Arealoversikt .....	47
4.4 Tilstandsanalyse av eksisterende leilighet .....	49
.....	52
4.5 Termografering.....	53
4.6 Energisimulering av eksisterende enhet .....	58
5. Ombygging og ny arkitektur – Et skisseprosjekt .....	59
5.1 Mulige ombyggingstiltak .....	60
5.1.1 Tak over bygg 1.....	60
5.2.2 Nytt tak over bygg 2 .....	61
5.2.3 Etasjeskiller/bjelkelagmot 4.etg.....	62
5.2.4 Forsterkning av bærende vegger «bygg 2».....	63
5.2 Forslag til ny arkitektur.....	64
5.2.1 Ambisiøs .....	64
5.2.2: Moderat.....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
5.2.3 Eksteriør .....	68
5.2.4 Heis og trapp .....	70
6. Energieffektivisering av toppetasjen i Klostergaten 8.....	73
6.1 Gulelistet fasade: Etterisolering innvendig .....	73
6.2 Tiltakspakker .....	74
6.3 Valg av tekniske installasjoner .....	75
8. Resultater og diskusjon .....	76
8.1 Resultater før.....	76
8.2 Energisimuleringer etter rehabiliteringstiltak .....	76
9.1 Verneverdighet, utbygging og energirehabilitering .....	82
9.3 Innemiljø.....	82
9. Konklusjon .....	84
10. Forslag til videre arbeid .....	85
5.6 Kompetanseheving og kursing .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
Kilder .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>
VEDLEGG.....	88
VEDLEGG 1: Areal 1.-4.etasje .....	88
Vedlegg 2 .....	94



## 1. Innledning

Klimaet blir stadig tøffere og den globale oppvarmingen er et kjent faktum. Samtidig øker verdens befolkning, som resulterer i at vi må bygge mer. Mer bygging fører igjen til klimagassutslipp, og temperaturen vil stige ytterligere.

### ***Noe bør gjøres.***

Da eksisterende bygningsmasse alene står for 35 % av hele verdens klimagassutslipp, vil det ligge et stort potensiale i å redusere energiforbruket og bytte til fornybare energikilder, som følgelig vil redusere CO<sub>2</sub>-utslippet.

For å redusere må vi etterisolere, tette, bygge om og kanskje til og med forandre. Men ikke alle bygg kan tukles like mye med. En stor del av den eldre bygningsmassen i Norge innehar en form for vern. Disse byggene forteller en historie. De har stått stødig i mange år, og mange viser ikke tegn til å gi etter med det første. Byggene har dog det største energiforbruket, og selv om den vernede fasaden tilfører byen en historie, så tilfører det også byen klimagassutslipp.

### ***Noe bør gjøres.***

For å kunne imøtekomme fremtiden er det viktig at man setter større fokus på *bærekraft*. Bærekraft er oversatt fra det engelske ordet «*sustainability*» som kommer av det latinske ordet *sustinere*. *Sustinere* er sammensatt av *tenere*; «**to hold**» og *sus*; «**up**» (*Webster-Merriam Dictionary 2012*).

Ordets betydning har fått en oppblomstring i de siste årene grunnet det økende miljøfokus. Da BREEAM-NOR ble lansert i oktober 2011 ble begrepet ytterligere forsterket ved at hele byggenæringen nå går gjennom en fase med fokus mot et lavutslippssamfunn med miljøvennlige løsninger (Norwegian Green Building Council 2012). Begrepet er allikevel ikke nytt av dagen. Følgende beskrivelse lagt frem i 1987 under Brundtlandkommisjonen:

***«Bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer behovene til dagens generasjon uten å redusere mulighetene for kommende generasjoner til å dekke sine behov.»*** (Brundtland et al. 1987)

For å redusere energibruken i norsk bygningsmasse, er det nødvendig å forandre byggene fra energisluk til energieffektive byggeklosser uten at det går utover innemiljø, sikkerhet, det estetiske og de økonomiske aspektene. Først da følger en rehabilitering utviklingen som beskrevet i 1987 av Brundtland.

**Noe bør gjøres nå.**

## 1.1 Bakgrunn

Over lengere tid har det vært stor enighet om at den norske bygningsmassen må energieffektiviseres for å nå målene om et samfunn med lavere klimagassutslipp. Norges energiforbruk i bygninger utgjør ca. 40 % av landets samlede energiforbruk (Enova). Det er estimert at 80 % av boligmassen som eksisterer i dag fortsatt består i 2050, og det ligger derfor et stort potensiale i energirehabiliteringen av eksisterende bygg (Arnstadutvalget 2009b).

Av disse 80 % er det anslått at boliger bygget før 1956 årlig bruker 20 Twh, noe som tilsvarer ca. 50 % av det totale forbruket av energi i den norske boligmassen (Grytli 2004).

Målsettingen om et lavere klimagassutslipp kan by på store utfordringer da det i tillegg stilles strengere krav til andre aspekter som universell utforming, sikkerhet, økonomi og inneklima (Nestvold et al. 2011). Og kun sette fokus på de energimessige sidene ved en rehabilitering vil kunne komme til å gå på bekostning av de overnevnte punktene.

En stor del av førkrigstidas boliger er definert som bevaringsverdig eller fredet og kan inneha høy historisk verdi. En energirehabiliteringsprosess kan by på utfordringer da alminnelige og godt kjente tiltak nødvendigvis ikke kan brukes. I en slik situasjon er det avgjørende for utfallet å utføre en grundig tilstandsanalyse, for så å vurdere hvilke løsninger som er *realistiske* (Bygg og Bevar).

Av den eldre bygningsmassen eksisterer det mange 1890-murgårder som sårt trenger en oppgradering. Overføringsverdien fra ett prosjekt til et annet kan i tillegg være stort. I Oslo, Bergen og Trondheim finnes det mange kvartaler som består av en slik bebyggelsesstruktur. Til

tross for høy overføringsverdi når det gjelder utførelse av konstruksjonsprinsipper, er hvert bygg unikt og må vurderes etter dets forutsetninger.

I tillegg er det viktig at folk flest forstår betydningen av hvilke konsekvenser det vil få hvis man ikke jobber aktivt for å redusere klimagassutslippene. Det er av stor betydning at energibruken i Norge nedtrappes. Veien fra tradisjonell vedlikehold av bygg til en energirehabilitering er ikke nødvendigvis så komplisert. Det er derfor nødvendig å endre byggherres eventuelle holdninger og barrierer mht. en energirehabilitering (Enova 2012b).

## 1.2 Målsetting og problemstilling

Formålet med oppgaven er å kunne se på potensialer og barrierer ved en energieffektivisering av eksisterende murgårdsbebyggelse fra slutten av 1800-tallet sett ut fra et bærekraftig perspektiv. Det ønskes å utfordre og samtidig spille på lag med vernemyndigheter når det gjelder energieffektivisering og ombygging av denne type bygninger. Følgende spørsmål ønskes derfor undersøkt:

*Ligger det et bærekrafts potensiale bak å energieffektivisere eksisterende bygg mot lavenergistandard som foreslått påkrevd innen 2015 av Arnstadutvalget?*

Disse spørsmålene danner bakgrunnen for en *bærekraftig* oppgradering av en typisk murgård fra 1890 i Bergen, spesielt med hensyn til loftsetasjen. Det ønskes tilslutt å komme frem til en tiltakspakke som synes bærekraftig utfra en vurdering gjort i oppgavens gang.

### 1.3 Avgrensninger for oppgaven

Det er valgt å avgrense oppgaven til stort sett å omhandle toppetasjen samt en mulig ombygging av kaldt krypeloft til bolig. Valget for denne avgrensningen er basert på følgende grunnlag:

- 1) Av praktiske årsaker var det denne enheten man hadde tilgang til, og reelt sett er det kanskje ikke alltid et like sterkt ønske hos alle beboere i en bygård om energieffektivisering.
- 2) For omfanget på oppgaven generelt da «..ombygging av loft til leiligheter er som regel mer komplisert enn ordinær nybygging av boliger» (Gåsbak 2002).

Den økonomiske analysen er en overslagsberegning, og vil være begrenset til å omhandle:

- ombygging av konstruksjonen (ekskl. rigg og drift)
- etterisolering

Ombyggingen vil kun omtales i form av det estetiske, da dette kun sees på som et skissestudium, og beregninger vil gjøres i en senere prosess.

Ny arkitektur og foreslåtte løsninger begrenses til å være et mulighetsstudium, og trenger ikke nødvendigvis å være endelig løsning. Plantegninger, snitt og noen illustrasjoner vil forsøke å vise potensialet. Skisseprosjektet begrenses til:

- Økt bokkvalitet
- Tilgjengelighet

Miljø- og inneklimatekniske aspekter vil begrenses til:

- miljøvennlig materialvalg
- reduksjon av klimagassutslipp som følge av lavere energiforbruk
- Termisk komfort som konsekvens av etterisolering

I forhold til branntekniske vurderinger vil kun tiltak som har med rømningssikkerhet medtas, da dette er den klart viktigste forutsetningen for å unnsnippe en brann.

Begrunnelse for begrensningene ligger i oppgavens overordnede tema, bærekraft. Da dette spenner over et vidt spekter, ble det derfor fokusert på å legge vekt på hva som vil være nødvendig å se på for å svare på problemstillingen.

Det forutsettes at oppgaven leses av personer som har teknisk innsikt og er kjent med byggefagene.

## 1.4 Definisjoner og begreper

**BRA:** Bruksareal for en bygnings ekskludert åpent overbygd areal etter NS3940. Altså er det summen av BRA for alle måleverdige plan/etasjer uavhengig av bruken. Det omfatter bruttoarealet minus areal som opptas av yttervegger. (TEK 10)

**Bærende system:** Konstruksjonsdeler i et byggverk og måten disse delene virker sammen. (NS-EN 1990:2002+NA:2008)

**Dagslysfaktor:** Forholdet mellom belysningsstyrken innendørs på et horisontalt plan og lysstyrken på et tilsvarende plan utendørs med fri horisont og overskyet himmel. En dagslysfaktor på 2 % vil i prinsippet si at hvis det er 10000 lux utenfor vinduet så skal det være minst 200 lux inne i rommet. (Nersveen 2001).

**Energikarakter:** En karakter som indikerer om bygget har høyt eller lavt energibehov sammenlignet med andre bygg i samme kategori. Energikarakteren oppgis med en karakter fra A-G, hvor A er best. I tillegg angis karakteren med en farge som forteller hvordan oppvarming som er valgt for bygget. Fra grønn til rød, hvor grønn er best og angir at oppvarmingen skjer ved at 60 % eller mer er dekket av fornybar energikilde.

**Enøk:** Forkortelse for energiøkonomisering. Uttrykket brukes om energireducerende enkelttiltak (Arnstadutvalget 2009b).

**Ekte hussopp:** Den arten som er årsak til de fleste større soppskader i hus. Fra angrepet treverk kan soppens mycel vokse ut i tilstøtende fuktig jord eller inn i mørtelen mellom steinene i

murverk. Den har lavere temperatur- og fuktighetskrav enn andre hussopper (Store Norske Leksikon 2012).

**Hussopp:** samlebetegnelse på ulike sopper som ødelegger i fuktig treverk i bygninger (Store Norske Leksikon 2012).

**Kalkmørtel:** Sammenføyingsmateriale mye brukt i teglsteinsbygg før 1925. Mørtelen er basert på som er svakere enn dagens produkter som er tilsatt sement. Kalkmørtelen er mer fleksible enn de nye mørtelproduktene, og er i tillegg mer hygroskopisk en sement. Den vil derfor fungere som et diffusåpent sjikt. Siden teglsteinen også er diffusjonsåpen, vil kalkmørtelen og teglsteinen utgjøre et tilnærmet homogent veggsjikt, og vil på denne måten blir mindre utsatt for frostsprengning (Hakonsen 2009)

**Kuldebroverdi:** Lineær varmegjennomgangskoeffisient for felter med lavere isolasjonsevne enn omkringliggende konstruksjon/bygningsdel.

**Klimaskjerm:** Primære bygningsdeler etter NS3451 som beskytter oppvarmet del av BRA mot utvendig klima

**Konstruksjonsform:** Betegnelse på grunnlag av konstruksjonens geometriske form og statiske virkemåte. (NS-EN 1990:2002+NA:2008)

**Kuldebroer:** Kuldebroer er steder i konstruksjonen hvor u-verdien er høyere enn resten av konstruksjonen. Typisk vil en kuldebro være der en stender bryter isolasjonen i en yttervegg og varmestrømmen vil naturlignok bli større gjennom en trestender. Utbedring av kuldebroer er et godt grep for å få ned energibruken og samtidig øke komforten i en bolig.)

**Lavenergi bygg:** En lavenergi bolig er en bolig der det er gjort et sett av tiltak for å redusere varmebehovet og det totale energibehovet. Det er ikke laget noen entydig definisjon av begrepet lavenergi bolig, men det er en utbredt oppfatning blant eksperter at lavenergi boliger bør ha et totalt energibehov ned mot 100 kWh/m<sup>2</sup>.

**Lekkasjetall:** Luftvolum per innvendig volum og per tidsenhet som lekker gjennom klimaskjermen ved referansetrykkdifferansen over klimaskjermen (vanligvis ved en referansetrykkdifferanse på 50Pa).

**Levert energi:** Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke kan gjenvinnes.

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

**Normalisert kuldebroverdi:** Samlet stasjonær varmestrøm fra kuldebroer dividert med oppvarmet del av BRA

**Passivhus:** Bygg med totalt energibehov mindre enn 95 kWh/m<sup>2</sup>/år og et oppvarmingsbehov under 15 kWh/m<sup>2</sup>/år. Passivhus. Konseptet fokuserer på reduksjon av energibehovet, slik at levert energi med tilhørende tekniske installasjoner blir lavest mulig. Hovedgrepene er passive tiltak med lang levetid, som ekstra god varmeisolering, lave luftlekkasjer, høysisolerte vinduer og dører, og eliminering av kuldebroer. ([www.futurebuilt.no](http://www.futurebuilt.no))

**Oppvarmet del av BRA:** Den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem og eventuelt kjøling fra bygningens kjølesystem som er omsluttet av bygningens klimaskjerm.

**Oppvarmet luftvolum:** Nettovolum etter NS3490 og omfatter nettovolum av en bygning beregnet innenfor dens innvendige, omsluttende flater

**TEK10:** Teknisk forskrift som gjelder fra 2012, om krav til byggverk i Plan- og bygningsloven.

**Totalrehabilitering:** Der rehabiliteringen koster mer enn 25 % av byggets verdi (eks. tomt) og/eller der 25 % av bygningskroppen gjennomgår full rehabilitering.(rapport)

**U-verdi:** Stasjonær varmestrøm dividert med arealet og temperaturforskjellen mellom hver side av et system.

**Stubbeloftsleire:** Tørr, knust leire ble brukt som stubbeloftsisolasjon helt fra slutten av 1700-tallet. Leiren skulle øke bjelkelagets brannmotstand og tetthet, og isolerte dessuten mot uønsket støy (Edwardsen 2008).

**Volummarked:** Hovedandelen av eksisterende bygg og boliger.

## 2. Teoridel

### 2.1 Økt fokus på klima og rehabilitering i byggenæringen

*«Den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt.»(Dokka & Hermstad 2006)*

Det internasjonale fokuset på å redusere klimagassutslippet har naturlignok påvirket Norge, og klimapolitikk står svært sentralt i den norske byggenæringen i dag. Det hersker enighet om å gjøre ord til handling for å kunne redusere klimagassutslippene og øke rehabiliteringstakten, slik at man kan skape en varig markedsendring. Større vedlikeholdstiltak og rehabilitering av bygg skjer typisk i sykluser på 30 til 40 år og det er derfor nødvendig å etablere metoder for å redusere energibruken i bygg betraktelig i forhold til dagens nivå. Det finnes dessverre noen barrierer man må komme seg forbi hvis potensialet i den norske bygningsmassen skal kunne tas ut for fullt. Generelt lave strømpriser, samt en litt naiv holdning til eget energibruk ansees som de største sett på samfunnet i sin helhet. (Enova 2012a). Med en rekke regler, krav og ordninger som har tilkommet de siste årene er man nødt til å definere hvilke muligheter som ligger i en rehabilitering av eksisterende bygg og kunne se dette i sammenheng med økonomiske aspekter da dette som oftest er en begrensende faktor. En rehabilitering må samtidig utføres forsvarlig med hensyn til miljøet. Det er derfor viktig å forstå hva som ligger bak det økte fokuset på energi- og miljøaspekter i en rehabiliteringsprosess.

#### 2.1.1 EUs klimamål

EU har dannet flere ulike direktiver som skal se etter at energieffektiviseringen i Europa økes. EU har satt ned konkrete krav og lagt frem tiltak som skal følges gjennom hele energikjeden. Et overordnet mål er «20-20-20-strategien» som søker å redusere CO<sub>2</sub>-utslippet med 20 % innen 2020, en økning i energieffektivisering på 20 % innen 20, og tilslutt at fornybar energi-andelen skal økes med ytterligere 20 % innen 2020. Regelverket vil også i stor grad påvirke Norge gjennom EØS-avtalen. For Norge sin del er det fastslått at man skal øke fornybarandelen med 15 % innen 2020.

For å stille krav til eksisterende bygg, så vel som nybygg, ble bygningsenergidirektivet opprettet i 2010. Hovedmålet for direktivet er å redusere energiforbruket i bygninger. Direktivet krever at



alle bygg skal være «nesten nullenergibygg» i 2020, og at alle offentlige bygg skal være «nesten nullenergibygg» i 2018. For å nå «nesten nullenergibygg» bør det foretas en rekke passive energitiltak, samt lages og tilrettelegges for nasjonale planer for opptrapping av energieffektiviseringsraten. Bygningsenergidirektivet sier også at energimerket skal inkluderes i reklame for salg og utleie av boliger. (Hauge & Lavenergiprogrammet 2012).

For ytterligere å kontrollere energiforbruket i EU ble det lagt ned et energieffektiviseringsdirektiv i mars 2011. Direktivet er en konsekvens av energieffektiviseringsplanen som ble presentert av kommisjonen i mars 2011. Ønsket med denne planen var følgende:

*«... en årlig renovasjon av 3 prosent av totalt areal i offentlig bygningsmasse, økt bruk av energiytelseskontrakter (der innsparing fra energieffektivisering dekker deler eller hele av investeringsregningen), og lanserte også finansieringsprogrammet Build Up Skills rettet mot kompetansehevingsbehovet i byggenæringen om energieffektivisering av bygninger.»*

(Lavenergiprogrammet 07.01.2012)

Direktivet har lagt ut en handlingsplan for energieffektivitet som anslår at det største potensialet for innsparing, og med best kost- /nytteandel ligger i boliger og kommersielle bygg. Det blir lagt et stort fokus på renovering og energisparekontrakter. Man skal også tilrettelegge for at strømbrukerne har god oversikt over eget forbruk (Lavenergiprogrammet 03.01.2012). I tillegg stilles det krav til at det offentlige kun skal kjøpe og leie bygg som tilfredsstillende energikrav i teknisk forskrift (nåværende TEK10 i Norge). Dette direktivet har, og vil fortsette å ha, stor påvirkningskraft på energipolitikken i Norge (Hauge & Lavenergiprogrammet 2012).

### **2.1.2 KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg: Arnstadutvalget**

For å følge EUs krav og regler er man nødt til å stramme inn på energiforbruket og klimagassutslippet i Norge også. Det ble derfor avsatt en arbeidsgruppe i 2010 av KRD (kommunal- og regionaldepartementet) som fikk i oppgave om å konkretisere delmål, mål og definere krav slik at man på best mulig måte kan hankses med klimagassutslippene. Arbeidsgruppen går også under navnet *Arnstadutvalget*, da det er Eli Arnstad som er leder for gruppen. De mener det er realistisk å forsøke å redusere energibruken til drifting av bygg med 10 Twh per år innen 2020.

Da dagens energiforbruk ligger på ca. 80 Twh betyr dette en reduksjon til 70 Twh til neste år. Målet er å oppnå en innstramning slik at det norske samfunnet kun bruker 40 Twh per år i 2040. For å kunne nå målene om en reduksjon på 10 Twh per år innen 2020, må man få opp takten på rehabiliteringen av bygg, da det største potensialet ligger i den eksisterende bygningsmassen. (ref EUS) Gruppen legger frem ulike virkemidler de mener er viktig for å kunne nå frem i kampen om et mer klimavennlig samfunn. Blant disse er tre overordnede grep:

- 1) *Forutsigbare mål og rammebetingelser fra myndighetene*
- 2) *Harmonisering av energimerkeordning, forskriftskrav, tilskuddsordninger og passivhusstandarder.*
- 3) *Nasjonalt måleinstrument for energieffektivisering*

Videre foreslår de en rekke regulatoriske virkemidler:

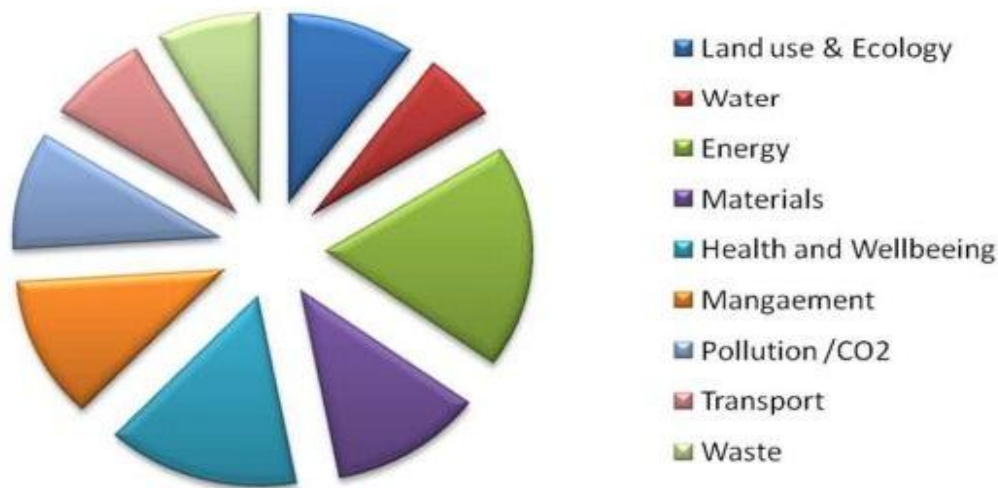
- 4) *Forskriftskrav ved rehabilitering:*
  - krav om lavenerginivå i 2015 ved totalrehabilitering*
  - krav om passivhusnivå 2020 ved totalrehabilitering*
  - krav om bruk av energieffektive komponenter og bygningsdeler ved alle tiltak fra 2015*
  - *Krav til kompetanse hos byggforetak generelt og til energieffektiviseringskompetanse spesielt.*
  - *Krav til individuell energimåling og avregning av enkelteiligheter og leietagere fra 2015.*

Fram mot 2040 skal de også lage en perspektivskisse med hensyn på videre innsats for energieffektivisering av bygningsmassen (Arnstadutvalget 2009b) .

### **2.1.3 BREEAM-NOR**

I november 2011 ble BREEAM-NOR innført i Norge, som et felles gjeldende miljøklassifiseringsverktøy for byggenæringen. Det har eksistert i Storbritannia i snart 10 år med stor suksess. Norwegian Green Building Council har vært en stor pådriver for å få dette innført også i Norge, tilpasset det arktiske klimaet. NGBC ønsker å høyne miljøstandarder i norske bygg, og er den først og eneste organisasjonen i Norge som samler hele verdikjeden innen bygg og eiendom (ngbc.no). For å kunne nå høye miljø -og energimål er det nødvendig med god

dokumentasjon i form av deklarerer og merking. BREEAM stiller miljøkrav også utover forskriftskrav. Det er et komplekst system som inkluderer 9 følgende kategorier for bærekraftighet:



Figur 1: Vekting av ulike aspekter i BREEAM. Fra: [www.KILDE.no](http://www.KILDE.no)

BREEAM konkretiserer miljøkvaliteter, og inneholder et bredt spekter av miljøhensyn. Klassifiseringen er et godt hjelpemiddel for å balansere miljøhensyn og behovet for høy kvalitet, sikkerhet og sunt miljø. Ved vekting av aspekter og poengsetting formidler BREEAM innvirkningen et bygg har på miljøet.

En klassifisering gjøres i to trinn: et midlertidig sertifikat i design fasen og et endelig sertifikat v/innflytting. Poengene er vektet per kategori, og det gis ekstra poeng for innovasjon. Innovasjonspoengene kan være med på å skru opp takten på innovative løsninger, og dermed føre til en markedsendring. Energi vektet høyest og dernest kommer helse og innemiljø med hhv. 19 % og 15 % (Nohre-Walldèn 2012).

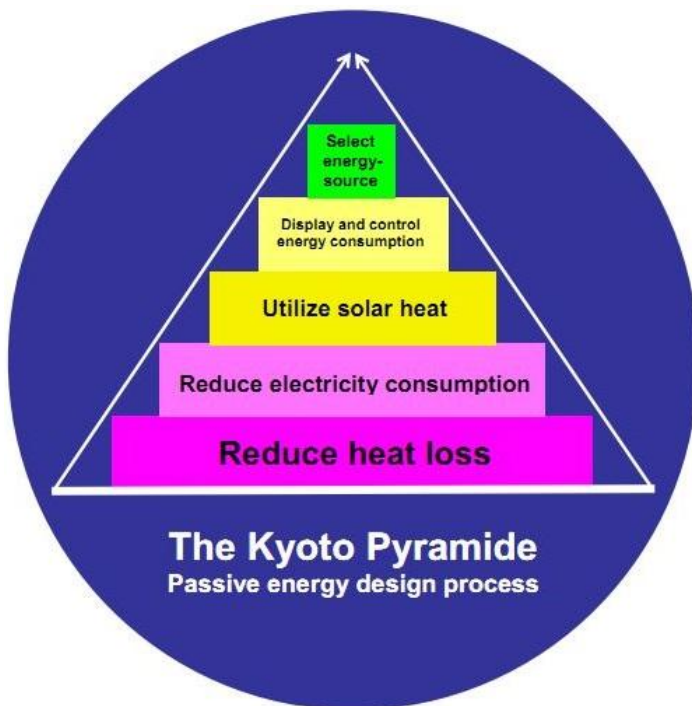
BREEAM går som det første, og eneste gjeldende, miljøklassifiseringsverktøyet i fronten av kampen om et mer klimavennlig samfunn.

Man ser et stadig økende fokus på BREEAM-sertifiseringer med ambisiøse mål, og det er «trendy» å bygge miljøvennlig og energieffektivt. Denne tendensen gjør det mer attraktivt å føre en mer klimavennlig profil, og tilfører sådan et kvalitetsstempel til byggherre/bedrift som bygger

(Norwegian Green Building Council 2012).

### 2.1.4 Kyotopyramiden

Etter kyotopyramiden bygger på passiv energidesign, og er en metode for helhetlig ENØK-rehabilitering. Tiltakene er rangert etter hva som har mest innvirkning på energieffektiviteten. Man begynner på bunnen av pyramiden og jobber seg deretter oppover.



Figur 2: Kyotopyramiden. Kilde: (Husbanken & SINTEF)

#### 1) Reduser varmetap fra bolig.

Dette er helt klart det viktigste trinnet, og den mest effektive for å redusere energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp.

Da et eksisterende bygg allerede har en forutbestemt form, er det ikke all verden man får gjøre med kompakthet og areal, men det bør tilstrebes at boligen innredes smart. Der hvor det er mulig må man se etter at man har en meget tett klimaskjerm, samt at det tettes godt rundt vinduer/dører og overganger mellom konstruksjonsdeler. I tillegg til dette vil innstalleringen av et balansert ventilsjonsanlegg med svært god varmegjenvinning av avtrekksluften være med på å redusere varmetapet til omgivelsene betraktelig.

Det bør også velges vinduer som er superisolerende og med så lav u-verdi som mulig. Har man mulighet til å montere vinduer med fastkarm kommer man helt ned mot 0,5 W/m<sup>2</sup>K (energategvinduer)(Tor Helge Dokka & Wigestad 2006).

**2) Reduser el-forbruket.**

Velg energieffektive hvitevarer og sparepærer til belysning.

**3) Bruk solenergi.**

Solenergi har ingen miljøskadelige effekter og det er derfor svært gunstig å utnytte solvarmen. Det kan installeres solcellepaneler eller solfangere, men dette krever planlegging og tilrettelegging.

I en eksisterende bolig har man kanskje begrensede arealer å plassere solfangere på og et varmepumpeanlegg kan derfor være mer gunstig.

Man kan utnytte solenergien passivt, ved å plassere oppholdsrom mot sør, og fokusere på å ha størst vindusareal mot sør. Dette er mulig selv i en bolig som allerede er bygget ved å planlegge smart(Tor Helge Dokka & Wigestad 2006).

**4) Brukevennlig kontroll på energiforbruk**

Ved å installere et brukervennlig display i boligen kan beboerne følge med på energiforbruk. Det handler altså om bevisstgjøring, tilrettelegging og en mulighet til å kontrollere eget energiforbruk (Tor Helge Dokka & Wigestad 2006).

**5) Energikilde.**

Valg av energikilde vil også spille inn på energiforbruket. Valg av kilde kommer an på lokalisering av bygg, tilgjengelighet o.l.(Tor Helge Dokka & Wigestad 2006)

Enkelttiltakene vil utføres og innvirkningen dette har på energiforbruket simuleres i SIMIEN. Resultatet vil så simuleres i sin helhet, og et endelig tall på energibruk vil foreligge for leiligheten etter oppgraderingen er gjennomført.

### 2.1.5 Hvorfor redusere CO<sub>2</sub>-avtrykket?

I TEK 10 § 8-1. Miljø og helse, heter det at;

*«Byggevirksomheten i alle faser, dvs. anskaffelse, bruk og avskaffelse, skal drives med forsvarlig belastning på ressurser og miljø og uten at livskvalitet og levevilkår forringes. Materialer og produkter til bruk i byggverk skal være fremstilt med forsvarlig energibruk og med sikte på å*

*forhindre unødig forurensning. Byggverk skal være prosjektert og oppført slik at lite energi går med og lite forurensning oppstår i byggverkets levetid, inkludert riving».*

For å sikre at miljøet blir ivaretatt, har byggenæringen hatt et økt fokus på sertifisering av materialer samt tallfesting av CO<sub>2</sub>-utslipp, livssyklusanalyser og et generelt skjerpet grep om miljøvennlig planlegging av byggeprosjekter.

CO<sub>2</sub>-avtrykket er en tallfestet verdi som i de senere årene har blitt brukt til å beregne og vurdere klimagassutslippene i verden. Med dagens teknologi er det nå mulig å trekke denne informasjonen direkte ut fra ulike BIM-programmer. Statsbygg har også en egenutviklet CO<sub>2</sub>-kalkulator som kan gi god innsikt i et aktuelt prosjekt. Et CO<sub>2</sub>-regnskap er både nyttig og nødvendig for å fremme et bærekraftig samfunn. En energiberegning i et simuleringsprogram, f.eks. SIMIEN, vil også kunne vise en overslagsberegning av CO<sub>2</sub>-utslippet, angitt som kg/m<sup>3</sup>. Ved simulering i et energiprogram kan man følge med på hvordan CO<sub>2</sub>-utslippet reduseres som følge av økt isolasjonstykkelse, bytte av oppvarmingskilde til et mer miljøvennlig valg o.l

### **2.1.6 Grønn økonomi: Livssyklusanalyser**

Livssyklusposter eller livssyklusanalyse viser et regnskap over kapitalkostnaden- altså all investering i nær fremtid, samt alt som er underlagt FDV (forvaltning, drift og vedlikehold). Ved å benytte seg av denne metoden kan man foreta seg en kost/nytteanalyse som ser på forholdet mellom hvilke vinninger man kan gjøre på driftssiden sammenlignet med investeringen som ble gjort på prosjektet. ([www.rif.no](http://www.rif.no)). Målet er ikke nødvendigvis å ha lavest mulig årskostnad, men at man kan tydeliggjøre omkostningene på ulike produkter slik at det lettere skal kunne tas smarte valg i beslutningsfaser. I forbindelse med et byggeprosjekt er dette et nyttig verktøy allerede på skissestadiet, da mange av de viktigste beslutninger tas. Et hvert prosjekt-stort eller lite- bør ha en livssyklusanalyse i ryggmargen. Det finnes ulike nivåer av kalkyler man kan anvende i en LCC-beregning. Nivå 1 er en grovtallsberegning, nivå 2 er et nøkkeltallsnivå som krever litt mer tallinformasjon uten å si noe om mengde evt. Nivå 3 er et bygningsdelsnivå. Denne er mest brukt når noe skal prosjekteres, bygges og driftes. Her tas alt med ned til detaljnivå hva gjelder kostnader, antatt levetid og anbefaling/krav til vedlikehold.

Bakgrunnen for livssyklus analyse ligger i Lov om anskaffelser:

**§ 6 Livssyklus kostnader, universell utforming og miljø:**

«Statlige, kommunale og fylkeskommunale myndigheter og offentligrettslige organer skal under planleggingen av den enkelte anskaffelse ta hensyn til livssyklus kostnader, universell utforming og miljømessige konsekvenser av anskaffelsen»

Ved å gjøre en livssyklus analyse, trenger man å benytte godt dokumenterte produkter, som man vet er forsvarlig å bruke sett ut fra et miljøvennlig perspektiv. En måte å kontrollere dette på er å benytte seg av såkalte EPDer.

EPD er en forkortelse og står for Environmental Product Declaration eller en miljødeklarasjon for ulike produkter og materialer. EPD-Norge er organet som står for miljøsertifiseringen av ulike materialer her til lands.

En EPD er et kortfattet dokument som inneholder informasjon om komponentene til et produkt og en beskrivelse av hvilken miljøbelastning produktet har. EPD'en er basert på en livssyklusanalyse, og derfor kan produkter innen samme kategori sammenlignes. EPD'en forteller om antatt levetid for produktet, om CO<sub>2</sub>-utslipp og hvor mange prosent av materialer som lar seg gjenvinne.

Innenfor byggebransjen er EPD et godt verktøy på veien mot et lavutslippssamfunn, da man bevisst kan velge materialer etter miljøprofil samt at man kan vurdere det sett i et energieffektiviseringsperspektiv (The Norwegian EPD Foundation 2012b).

For å lage en EPD for et materiale kreves det forskning og analyse. Dermed fungerer EPDen også som et godt verktøy for *produktutvikling og bevisstgjøring* underveis. EPD kan være med på å danne en standard innen byggenæringen når det gjelder valg av materialer. I løpet av de siste to årene har EPD blitt mer vanlig og fremlegges ved prosjektering. Ved å fremvise en EPD for kunder, vil dette også kunne betrygge de om at bygget er bærekraftig og miljømessig forsvarlig (Brød & Miljø 2011).

EPD-deklarasjoner for materialer og andre produkter, kan lastes ned fra [www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no) (The Norwegian EPD Foundation 2012a).

**ENVIRONMENTAL DECLARATION, ISO 14025 & ISO 21930**



**Gyproc Fireboard 15 mm, GF15**

**NEPD NO: 225E**

Approved according to ISO14025, §8.1.4:11.11.2011  
Valid until: 11.11.2016

*Svein Fossdal*

**Verification of data:**

Independent verification of data and other environmental information has been carried out by Senior Research Scientist Anne Rønning in accordance with ISO14025, §8.1.3

**Declaration compiled by:**  
Vikki Holme and Jon Gjerlow

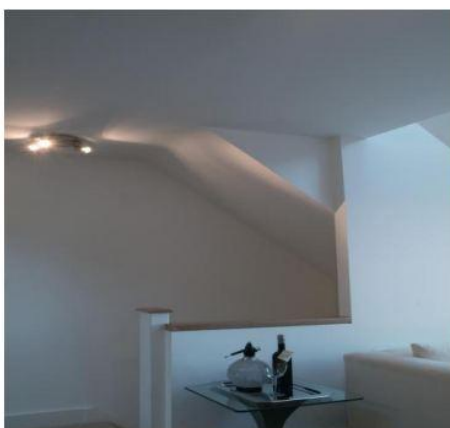
*Anne Rønning*

**PCR:**  
NPCR010 Building boards

**About EPD:**

EPDs from program operators other than the Norwegian EPD Foundation may not be comparable

A critical review has been carried out by Michaël Medard (Saint-Gobain) in accordance with ISO 14044 clause 6



**Manufacturer:**

Gyproc AS  
Habornveien 59, 1630 Gamle Fredrikstad, Norway  
Organisation no. NO 951699403  
ISO 14001: NS-EN-ISO 14001:2004 Certificate 008  
EMAS: EMAS registered  
Place of manufacture: Fredrikstad, Norway  
Market area: Norway

Contact person: Jon A. Gjerløw  
Telephone: +69357500  
Fax: +4769357501  
e-mail: jon.gjerlow@saint-gobain.com

**Product information:**

Scope:  
Year of study:  
Expected service life of building:  
Service life of product:  
Thickness:  
Functional unit (FU):

Cradle to grave
2010
60 years
60 years
15,0 mm
m <sup>2</sup> installed plasterboard with expected service life of 60 years

**Product description:**

Gyproc plasterboards consist of an aerated gypsum core encased in, and firmly bonded to, strong paper liners. The Gyproc GF 15 PROTECT<sup>®</sup> plasterboard contains a glass-fibre reinforced core added dimension stabilizing minerals. Gyproc GF 15 PROTECT<sup>®</sup> is used as cladding for internal walls and ceilings and can be used in all types of buildings. Suitable for most applications where normal fire, structural and acoustic levels are specified, but is normally used in constructions with high demands on fire protection features. The plasterboards have tapered long edges and short edges sawn straight.

**Product specification:**

Material	Part %	Quantity (kg/FU)
Gypsum	85.8	10.9
Paper liner	3.9	0.50
Additives	10.2	1.30
SUM	100	12.7

**Environmental Indicators:**

Climate Change – Global Warming	3.55	kg CO2 equiv.
Energy use	62.3	MJ
Recycled materials	33	%
Indoor air classification (Classification according to EN 15251:2007)	M1	

Figur 3: EPD av Gyproc innvendige gipsplater. Kilde: www.epd-norge.no



### 2.1.7 «Grønne gulrøtter»

I dag finnes det flere ulike organisasjoner med tiltak som er ment å fungere som «grønne gulrøtter». Med uttrykket menes tiltak som søker å få opp rehabiliteringstakten i den norske byggenæringen.

Hittil i dag finnes det flere ulike organisasjoner med tiltak som er ment å fungere som «grønne gulrøtter» - som søker å få opp rehabiliteringstakten i den norske byggenæringen. Enova, Husbanken og Enøketaten er blant de som har offentlige midler tilgjengelig for tilskudd og bistand

Enova er et statlig organ som er etablert av Olje- og Energidepartementet. Enova har et omfattende program som dekker ulike markedsområder både privat og offentlig, med støtte og kompetanse til energieffektivisering. De har også rådgivning og veiledning i forbindelse med energispare-tiltak. Det tilbys bl.a. investeringsstøtte til energiproduserende tiltak når det gjelder større bygninger. I løpet av de siste 10 årene har Enova bevilget 9 mrd. Kroner for å utløse energieffektivisering og fornybar energiproduksjon i Norge. I perioden 2002-2011 ble det kontraktsfestet et energieresultat på 16,6 TWh, noe som tilsvarer et årlig energibruk hos 2, 2 millioner privathusholdninger. De største bidragene fra Enova i 2011 var til energiomlegging til fornybar varme og energieffektivisering av bygg (Enova).

Blant annet har de opprettet støtte til passivhus og lavenergibygg. Følgende satser foreligger:

**Tabell 1: Støttesatser til merkostnad for passivhus og lavenergibygg**

Passivhus	Lavenergibygg
Nye boligbygg og barnehager: 450 NOK/m <sup>2</sup>	Nye boligbygg og barnehager: 300 NOK/m <sup>2</sup>
Nye yrkesbygg: 350 NOK/m <sup>2</sup>	Nye yrkesbygg: 150 NOK/m <sup>2</sup>
Oppgradering av boligbygg og barnehage: 700 NOK/m <sup>2</sup>	Oppgradering av boligbygg og barnehager: 600 NOK/m <sup>2</sup>
Oppgradering yrkesbygg: 550 NOK/m <sup>2</sup>	Oppgradering av yrkesbygg: 450 NOK/m <sup>2</sup>

Kilde 1:<http://www.enova.no/finansiering/naring/programtekster/program-stotte-til-passivhus-og-lavenergibygg/245/281/>

For andre mindre tiltak, gis en støtte på inntil 20 % av dokumenterte kostnader når tiltaket er gjennomført. Det støttes bl.a. til energisparetiltak i boliger med følgende:

- Pelletskamin: Maks 4000 NOK
- Pelletskjel: Maks 10000 NOK
- Vann/vann varmepumpe: Maks 10000 NOK
- Luft/vann varmepumpe: Maks 10000 NOK
- Sentralt varmestyringssystem: Maks 4000 NOK
- Solfanger: Maks 10000 NOK

(Lavenergiprogrammet 2012)

Stadig flere banker kommer med tilbud om rimeligere banklån, såkalte klimalån, som skal gi lånetaker bedre forutsetninger for energieffektiviseringstiltak i bolig.

Husbanken gir blant annet grunnlån til bygging av svanemerkede hus. På Husbanken sin hjemmeside, utgis følgende slagord for å tiltrekke seg oppmerksomhet:

**«Våre tilskudd gjør gode prosjekt realiserbare.»** (Husbanken 2012a)

Husbanken har en rekke ulike tilskuddsordninger, blant annet et kompetansetilskudd til bærekraftig bolig- og byggkvalitet. Tilskuddet er søknadspliktig og søker etter å heve kompetansen om bærekraftige kvaliteter.

***Tilskudd kan gis til:***

*a) kunnskapsutvikling, støtte til forsøksprosjekter og formidling av informasjon om energibruk og miljø- og klimavennlige løsninger i boliger og bygg*

*b) kunnskapsutvikling, støtte til forsøksprosjekter og formidling av informasjon om universell utforming, tilgjengelighet og brukbarhet i boliger, bygg og uteområder*

*c) kunnskapsutvikling og formidling av informasjon om bærekraftig byggeskikk arkitektur og bomiljø.*

*Tilskuddet gis til utviklings- og forsøksprosjekter og informasjonstiltak. Det skal rapporteres på hvert tiltak. Resultatene skal være offentlige og må kunne presenteres og videreformidles til alle. Rapporter publiseres på Husbankens hjemmesider. Tilskuddene gis ikke til å løse kommunale oppgaver som er pålagt ved lov.» (www.husbanken.no)*

For å kunne søke på kompetansetilskuddet, er følgende kriterier av høy prioritet når det gjelder tildeling av midler fra Husbanken:

### «Energi og miljø»

Husbanken vil prioritere prosjekter som bidrar til

- økt omfang av ambisiøs energioppgradering av eksisterende bebyggelse
- økt kunnskap om klimagassutslipp, energibehov m.v. i ulike konsepter for «nesten-nullenergihus»
- regional spredning av kunnskap, kompetanse og forbildeprosjekter
- økt bruk av miljøvennlige materialer
- at det offentlige går foran i miljøarbeidet

### Universell utforming

Husbanken vil prioritere prosjekter som bidrar til

- universell utforming av uteområder og eksisterende bebyggelse, særlig i forbindelse med flerleilighetsbygg
- økt kunnskap om, og utprøving av ny teknologi i boliger slik at flere kan bo hjemme lenger
- heve kunnskapsnivået om universell utforming i relevante utdannings- og fagmiljøer
- metodeutvikling og tilhørende verktøy

### Bærekraftig byggeskikk, arkitektur og bomiljø

Husbanken vil prioritere

- prosjekter som også inkluderer energi og miljø og universell utforming
- kunnskapsutviklingsprosjekter med metode og veiledning/verktøy som bærende element
- prosjekter hvor det legges stor vekt på overføringsverdi/ spredning av kunnskap.

(Husbanken 2012b)

## 2.2 Krav til energieffektivitet

### 2.2.1 Minstekrav i TEK10, Lavenergibolig og passivhus

Tabellen nedenfor oppsummerer minstekrav i TEK10 og NS3700 mht. enkeltkomponenter

**Tabell 2: Minstekrav i TEK10, Lavenergibolig og passivhus**

	KRAV TEK 10	Krav Lavenergi		KRAV Passivhus
		Klasse 1	Klasse 2	
Samlet glass og vindus areal	20 % av oppvarmet BRA	20 % av oppvarmet BRA		20 % av oppvarmet BRA
U-verdi yttervegg:	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi tak:	$\leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi gulv på grunn og mot det fri:	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
U-verdi glass/vindu/dør:	$\leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Normalisert kuldebroverdi:				
<i>*næringsbygg</i>	$\leq 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$		.	$\leq 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$
<i>*småhus</i>	$\leq 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\leq 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$	-	$\leq 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lufttetthet:				
<i>*næringsbygg</i>	$\leq 1,5$ luftveksling. pr. time.			
<i>*småhus</i>	$\leq 2,5$ luftveksling. pr. time	$\leq 1,0$ luftveksling. pr. time	$\leq 3,0$ luftveksling. pr. time	$\leq 0,6$ luftveksling. pr. Time
Gjenvinning av varmen i ventilasjonsluften :	$\geq 70 \%$	$\geq 70\%$	-	$\geq 80 \%$
SFP-faktor:				
<i>næringsbygg (dag/natt)</i>	$\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3\text{s})$			1,5 kW/(m3s)
<i>småhus (dag/natt)</i>	$\leq 2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3\text{s})$	$\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3\text{s})$		
Automatisk utvendig solavskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokal kjøling.				
Natt- og helgesenking av innetemperatur				

Kilde 2: NS3700/TEK10

## 2.2.2 Varmetapsramme

Tabellen under viser maks tillatt varmetapstall mot omgivelsene i henholdsvis passivhus og lavenergiboliger.

**Tabell 3: Høyest tillatt varmetapstall i Passivhus og lavenergibygge fra NS3700**

		Varmetapstall, $H''$ W/(m <sup>2</sup> ·K)		
		Boligbygning der $A_{fl} < 100 \text{ m}^2$	Boligbygning der $100 \text{ m}^2 \leq A_{fl} < 250 \text{ m}^2$	Boligbygning der $A_{fl} \geq 250 \text{ m}^2$
Passivhus		0,60	0,55	0,50
Lavenergihus	klasse 1	0,80	0,75	0,65
	klasse 2	1,05	0,95	0,80

Varmetransportkoeffisienten beregnes som:

$$H = H_D + H_U + H_g + H_v + H_{inf} \quad [\text{W/K}]$$

der

$H_D$  er direkte varmetransmisjonstap til det fri, i W/K, beregnet etter 6.1.1.1.1;

$H_U$  er varmetransmisjonstap til uoppvarmede soner, i W/K, beregnet etter 6.1.1.1.2;

$H_g$  er varmetap mot grunnen, i W/K, beregnet etter 6.1.1.1.3;

$H_v$  er ventilasjonsvarmetap, i W/K, beregnet etter 6.1.1.1.4;

$H_{inf}$  er infiltrasjonsvarmetap, i W/K, beregnet etter 6.1.1.1.5.

Varmetapstallet er gitt ved:

$$H'' = \frac{H}{A_{fl}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

der

$A_{fl}$  er oppvarmet del av BRA, i m<sup>2</sup>;

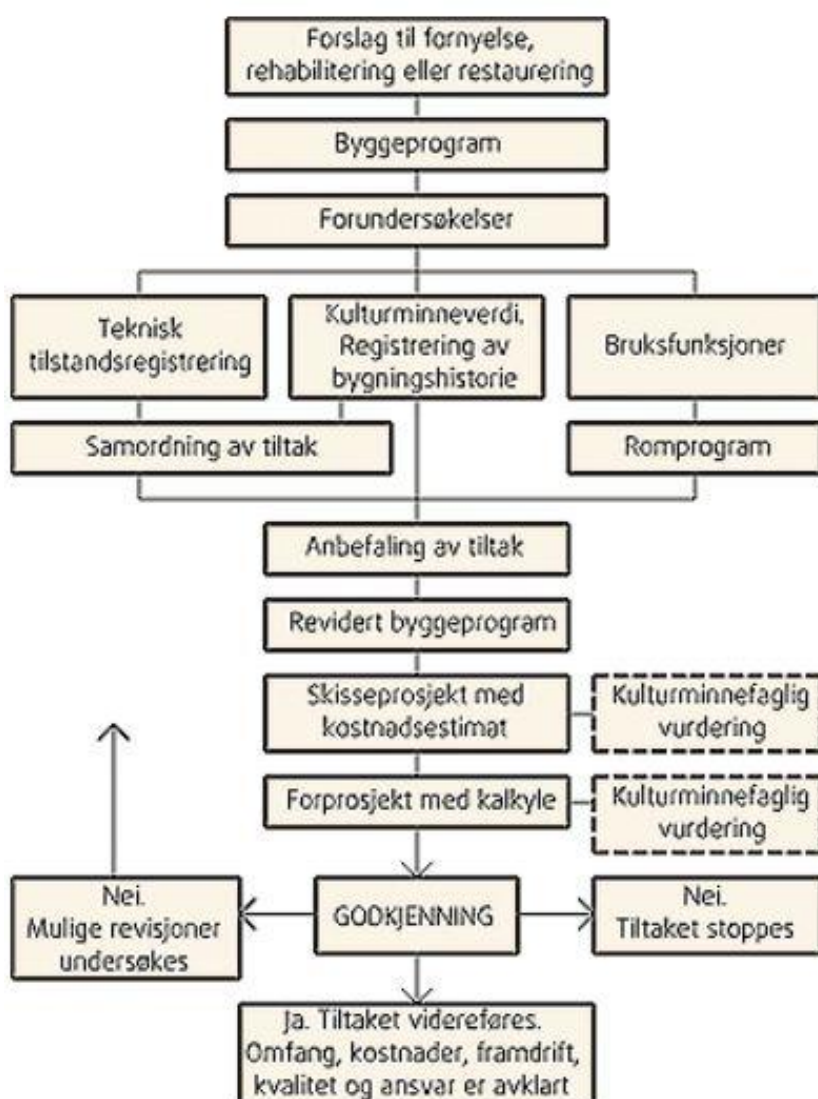
$H$  er varmetransportkoeffisienten beregnet etter ligning (1), i W/K.

Formel 1: Varmetapskoeffisient NS2700

## 2.3 Enøk og miljø i vernede bygg

Det kan være problematisk å gjøre visse tiltak med et eksisterende bygg som innehar en form for vernestatus. Det begrenser seg etter som hvor høy verneverdi bygget har, men som oftest er den største barrieren at man ikke kan endre byggets eksteriør. Utskifting av vinduer kan også være motstridene til vernestatusen, og følgelig vil et vindu med en u-verdi på  $4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  gi et mye høyere varmetap til omgivelsene enn et med en u-verdi på  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Proessen fra foreslått rehabilitering til endelig avgjørelse kan se slik ut:



Figur 4: Flytskjema for de ulike fasene i prosessen. Kilde: Byggdetaljblad 620.016

### 2.3.1 Vernestatus

Det finnes ulike grader av vernestatus. Kulturminneloven legges til grunn for at et utvalg av kulturminner får varig vern. Denne fredningen skal være en nasjonal kilde til en historisk fortelling om hvordan samfunnet har utviklet seg til det vi er i dag (Grøttheim & Vik 2009). Den aller strengeste er et formelt fredet bygg. Det er riksantikvaren, gjennom kulturminneloven, som freder bygg. Ved å gi et bygg en slik status gis det hjemmel til å bevare bygget, men det gis ikke hjemmel til regulering av bruk (Kulturminneloven 2010). Alt som skal gjøres med bygget er søknadspliktig, med unntak av vedlikehold. Ved særtilfelles kan det godtas forsvarlige inngrep som f.eks. etterisolering og innvendige utbedringer av bygget slik at det blir mer rustet til bruk.

I eldre bystrøk er det vanlig at plan- og bygningsloven regulerer tiltak som ønskes utført på det eksteriøret. Dette er omtalt som regulering til spesialområde bevaring. Bygget blir derfor formelt vernet. Dette betyr i praksis at bygningene ikke kan rives eller forandres utvendig. Interiøret omfattes dog ikke av reguleringen, og tiltak vil bli vurdert etter skjønn fra myndighetene.

Et bygg kan også vurderes til å være verneverdig, og vil registreres på en liste i kommunen. En slik typisk liste er byantikvarens «gule liste».

### 2.3.2 Enøktiltak og manglende krav til energieffektivitet

Enøktiltak kan ofte vise seg problematiske i et vernet bygg da det så godt som unntas i forskriftene. Fra TEK10 heter det:

*§ 14-1. Generelle krav om energi*

*(1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning fremmes. Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).*

*(2) Beregninger av bygningers energibehov og varmetapstall skal utføres i samsvar med Norsk Standard NS-3031 Beregning av bygninger energiytelse - Metode og data. U-verdier skal beregnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdeler.*

*(3) Småhus i dette kapitlet omfatter enebolig, to- til firemannsbolig, rekkehus og kjedehus.*

*(4) For tiltak der oppfyllelse av krav i dette kapittel ikke er forenlig med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer.*

Punkt (4) er et godt eksempel på hvordan verneverdige bygg kan unnsnippe regelverket, og sådan bli stående som et bygg med svært høyt energiforbruk. Ved å bruke kompensierende tiltak, kan man isolere mer i f.eks. tak for følgelig å kunne ha en dårligere u-verdi for veggen.

## 2.4 Ombygging og endring på eksisterende bygg

Å gjøre inngrep i et eksisterende bygg må planlegges nøye og kun personer med tilstrekkelig kompetanse innen området bør være med på å avgjøre hva som er forsvarlig, og hva som kan komme til å forringe byggets kvaliteter.

### 2.4.1 Tilstandsanalyse

For å kunne gå i gang med en planlagt endring av et eksisterende bygg, det være seg enøktiltak som ombygging, er det svært viktig å gjennomføre en tilstandsanalyse. En slik analyse er basert på visuell persepsjon, og kan understøttes ved hjelp av simuleringer, termografering og trykktesting ved hjelp av en «blow-door».

En tilstandsregistrering bør legges opp etter NS 3452, hvor følgende nivåer oppgis:

- Registreringsnivå 1: Tilstandsregistrering basert på visuelle observasjoner
- Registreringsnivå 2: Tilstandsvurdering som i registreringsnivå 1, men går mer i dybden. Skal omfatte gjennomgang av underlagsdata som tegninger, beskrivelser og annen data.
- Registreringsnivå 3: Dyptgående tilstandsvurdering, som innebærer åpning av konstruksjonen (Grøttheim & Vik 2009).

### 2.4.2 Konstruksjonssikkerhet

Det er svært viktig å ivareta bæreevnen til et bygg dersom det skal gjøres et inngrep i bygget, det være seg en utbygging eller en utsparing til et vindu.

*I TEK 10 § 7-33 heter det at:*

*« Byggverk skal utformes og dimensjoneres slik at de har tilfredsstillende sikkerhet mot brudd for de laster som kan oppstå under den forutsatte bruk. Kravet gjelder byggverket i endelig tilstand og*



*under utførelse. Dersom forutsetningen for bruk endres, skal byggverkets sikkerhet vurderes på nytt.»*

### 2.4.3 Bærekraftig arkitektur

*«Utilitas, Firmitas, Venustas» -Vitruvius*

Disse ordene ble definert av den romerske arkitekten og ingeniøren Vitruvius som levde for over 2000 år siden. Ordet «utilitas» referer til at man skal planlegge smart og tilrettelegge for komfort for beboerne. Firmitas kan oversettes til holdbarhet, både når det gjelder på konstruksjonsprinsippene, men også når det gjelder å kunne stå i mot klimapåkjenninger uten at det trenger mye vedlikehold. Venustas står for skjønnhet, og involverer naturligvis det estetiske aspektet.

Disse tre begrepene kan tenkes plassert i hjørnene i en likesidet trekant. For at trekanten skal beholde sin balanse, må hvert hjørne vekte likt. Følgelig kan ikke et av ordene stå alene, da de er avhengig av de to andre for å opprettholde balanse i arkitekturen (O'Gorman 1998).

Begrepene danner også grunnlaget for hva som kan synes bærekraftige betraktninger i arkitekturen også i dag.

«Form follows function» eller «function follows form» er begrep som ofte kan ha kommet opp i en planleggingsstrategi ved konvensjonell planlegging. Nytt av dagen er «Form følger energi». Et stadig sterkere fokus blir rettet mot volumstudier og simulering av hvordan et bygg optimalt bør bygges for å være mest mulig energiøkonomisk (frokostmøte 2012).

Det er spesielt energirehabilitering av fasaden som har betydning for byggets arkitektur. Til dels vil taket også kunne påvirke arkitekturen dersom endringen blir stor nok. Ved en verneverdig fasade er det viktig at man søker å bevare uttrykket, slik at ikke den historiske verdien går tapt bak et lag med murpuss.

Et tilbygg bør utformes slik at det er tydelig at det er fra en annen tidsepoke. Dette vil gi verdifull informasjon til den neste generasjonen om den kontunerlige forandringen som har skjedd gjennom tidene (Bygg & Bevar).

Fleksibilitet i planløsningen ansees også som et viktig punkt da det kan skje endringer i et menneskes liv som krever enten midlertidig eller varig omgjøring av boligen. Dette kan være

muligheten til å sette opp lettvegger, terskelfrie løsninger, samt muligheten til å fjerne lettvegger uten av dette får konsekvenser for bæringen.

## 2.5 Kombinertanlegg for romoppvarming og varmtvann

TEK07 introduserte for første gang krav til energiforsyning, hvor fokuset lå på varmforsyning. Dette er blitt videreført til TEK10, og målet er å begrense andel fossilt brensel og direktevirkende elektrisitet i bygg.

I TEK 10 heter det følgende:

### § 14-7. Energiforsyning

(1) Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel til grunnlast.

(2) Bygning over 500 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.

(3) Bygning inntil 500 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 40 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.

(4) Kravet til energiforsyning etter annet og tredje ledd gjelder ikke dersom det dokumenteres at naturforhold gjør det praktisk umulig å tilfredsstille kravet. For boligbygning gjelder kravet til energiforsyning heller ikke dersom netto varmebehov beregnes til mindre enn 15 000 kWh/år eller kravet fører til merkostnader over boligbygningens livsløp.

(5) Boligbygning som etter fjerde ledd er unntatt fra krav om energiforsyning skal ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel. Dette gjelder likevel ikke boenhet under 50 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA eller bolig som tilfredsstiller passivhusnivå.

0 Tilføyd ved forskrift 11 mai 2010 nr. 683 (i kraft 1 juli 2010).

(bygningssavdelingen 2011)

Som foregangsland innen energieffektiv bygging, har Tyskland og Østerrike utviklet passivhusaggregater. Anleggene inneholder i de fleste forekomster balansert ventilasjon med varmegjenvinning, avtrekkspumpe og varmtvannsproduksjon (Dokka & Hermstad 2006).

Den danske leverandøren Nilan har utviklet «Compact P UVP». Dette er èn av tre kompaktanlegg som innehar passivhussertifisering, hvilket betyr at det ikke kreves ytterligere dokumentasjon for godkjenning til bruk i hus. Enheten inneholder en høyeffektiv motstrømsvarmeveksler og en spesialdesignet reversibel varmepumpe, som utnytter restenergien i utgående luft. Man kan nå en temperaturvirkningsgrad på hele 95 % dersom man kombinerer anlegget med en varmepumpe. Ved suppleringen av varmepumpen vil anlegget fungere som en total varmeløsning for boligen. Varmepumpen plasseres på vegg utenfor boligen.

**Tabell 4: Oversikt Nilan Compact P UVP**

Højde	mm	2.060
Bredde	mm	900
Dybde	mm	600
Total vægt	kg	202
Max. luftmængde (100 Pa)	m <sup>3</sup> /h	320
Max. husstørrelse	m <sup>2</sup>	230
Eisupplering (brugs vand)	kW	1,5
Temperaturvirkningsgrad (180 m <sup>3</sup> /h)*	%	85
Tilslutningsspænding	Volt/Amp/Hz	230/10/50
Startstrøm	Amp	9
Kanaltilslutninger	mm	Ø 160
Kapacitet varmt vand	L	180
VVS-tilslutningsdimension	"	3/4
* I henhold til EN 308		



Compact P har et estetisk utseende og trenger derfor ikke et eget rom, men kan derimot plasseres på bad/vaskerom.

Kilde 3: [www.nilan.dk](http://www.nilan.dk)

«Compact P UVP» vil også sikre et godt luftskifte i boligen, hvor resultatet er et godt inneklima fri for støv, lukt og fukt. Om sommeren, når det er varmere utenover huset, vil man få en gratis kjøleeffekt, da det anlegget har en bypass-funksjon som fører kjølig luft direkte inn i boligen (Nilan 2012).

Anlegget passer godt å bruke i eksisterende bygg, da det er plassbesparende, samtidig som det ikke er estetisk sjenerende. Dette betyr at man kan plassere det på badet eller i et vaskerom uten å måtte dekke det til. En bieffekt av dette er at varmetapet til enheten vil kunne nyttiggjøres til romoppvarming (Dokka & Hermstad 2006).



Bilde 1: Prinsipp for innføring av Nilan Passivhusaggregat. Illustrasjon: [www.nilan.dk](http://www.nilan.dk)

## 2.6 Enøk og endringer i innemiljøet

I januar var det igjen duket for Kursdagene på NTNU. Under 2-dagers kurset: «Fremtidens bygninger» hadde Jan Vilhelm Bakke, ansatt i Arbeidstilsynet og ved NTNU, et innlegg hvor han påpekte at rapporten som Arnstadutvalget har lagt frem har «hull» eller mangler hvor det fokuseres for lite på inneklimate, enda mindre på helse og at det ikke er nevnt at muligheten til å implementere adaptive standarder for termiske forhold og ventilasjon. Den mangler altså i stor grad vurdering av helsekonsekvenser i forhold til etterisolering, mer fuktig klima etc. Et dårlig inneklimate kan føre til bl.a. astma, allergi, luftveisinfeksjoner, plager som hodepine og tretthet, og nedsatt funksjonsevne og produktivitet (Bakke 2012).

I foredraget nevner Bakke at vi bygger for å gi mennesker et godt liv ikke for å bruke minst mulig energi. Derfor må målet være å oppnå en bærekraftig energi-/ressursbruk for helse og godt innemiljø. Han påpeker WHO's rapport fra 2000 om Retten til sunn inneluft hvor det heter at «Det

*er nødvendig å stimulere til samarbeid mellom de som på den ene siden er ansvarlig for sunn inneluft og de som på den andre siden har ansvar for energi, bygnings – og utemiljøsektorene».*

WHO har videre konkludert med at «*sunn inneluft er en menneskerettighet*». De anslår at inneklimalager fremmes i 20 % av nye og ombyggede bygninger, hvorav 40 % av disse er alvorlige problemer (inneklima.com 2012).

Dette er fakta som må tas på alvor i aller høyeste grad, da vi tilbringer svært mye tid innendørs.

I en rehabiliteringsprosess skal det sees til at man analyserer konsekvensene av endringene som blir utført. Ved montering av dampsperre er det f.eks. viktig å tilse at denne monteres på varm side av isolasjonen i yttervegger og tak. Dampsperran er der for å sikre mot at varm fuktig luft trenger gjennom isolasjonen, som igjen kan føre til fuktskader.

Det er dog viktig at etterisoleringstiltak, utskifting av vinduer og andre metoder for å redusere energibruken utføres med høyt kvalitet. Ved unøyaktig og feil utførelse, kan det gi flere ulemper enn goder. Det understrekes derfor at behovet for forståelse av bygningsfysikken og nivået på utførelsen er svært høy, og at en kvalitetssikring før, underveis og etter arbeidet er gjort utføres. Årlig utføres det byggefeil for ca. 12 milliarder kr til tross for at det foreligger avansert forskning og teknologi om energieffektive bygg (Multiconsult & Analyse og Strategi 2011)

For å oppnå best mulig inneklimate avhenger det også av hvordan den enkelte håndterer sitt inneklimate i hverdagen. Det er blant annet viktig å begrense mengden av fukt og vann i innemiljøet, da dette er årsaken til mesteparten av alle klager mht. inneklimate.

Det anbefales økt fokus på brukeradferd, ved at man f.eks. ikke tørker tøy i oppholdsrom. I tillegg er det viktig å tilse at romtemperaturen holder minst 18-20 grader, da dette også er med på å holde luftfuktigheten nede (Rockwool 2012).

I byggeforskriften heter det at regler om innemiljø gjelder fra det året bygget ble byggemeldt, så sant det ikke har vært en bruksendring til stede. Det bør derfor legges til grunn at dagens gjeldende byggeforskrifter legges til grunn på rehabiliteringstidspunktet (PBL).

Når man går i gang med en energirehabilitering av et bygg vil bygningsfysikken forandres. Som direkte konsekvens av dette påvirkes også innemiljøet. Et bygg som en hadde store luftlekkasjer, vil kunne forvandles til et tett bygg med 300- 400 mm ekstra isolasjon. Dette vil føre til en rekke konsekvenser, gode som dårlige. Det er viktig å forstå hva som skjer, og hvorfor. Man må også forstå hvordan man skal «bruke» et bygg som har gjennomgått en slik forvandling. Et godt innemiljø fås først og fremst ved å tilse at luftkvaliteten er god. Dette kan ved enkle grep gjøres ved å tilse at ventilasjonsanlegget er riktig dimensjonert for planlagt belastning, at renholdet er

godt og at man brukes miljøvennlige materialer innendørs som avgir minst mulig avgasser og støv. Her bør de foreligge et EPD dokument for de mest brukte materialene.

### 2.6.1 Fukt

WUFI (Wärme und Feuchte istationär) er en programvare som er utviklet av Fraunhofer Institut für Bauphysik i Tyskland. Det er et 1-D program som er basert på NS-EN ISO 13688. Programmet kan beregne transiente, endimensjonale beregninger av fukt- og varmetransport i konstruksjonselementer. WUFI har et enkelt brukergrensesnitt, og kan benyttes i simuleringer for å undersøke ulike hygrottermiske forhold i bygningskroppen.

Under årets Nasjonale fuktseminar (2012) holdt Mari Sand Sivertsen fra Mycoteam et foredrag om «Ekte hussopp – utfordringer ved energieffektivisering». Her ble det presentert en rekke utfordringer knyttet til økt isolasjonstykkelse. Blant annet faren for dannelse av ekte hussopp. Denne soppdannelsen har stor sporeproduksjon og rask spredningsevne. Soppen evner å vokse gjennom mur, isolasjon o.l og det er viktig å tilse at materialene ikke er for våte, da veksten er særdeles rask under gode (fuktige) forhold. For å kartlegge om et bygg er angrepet av ekte hussopp, krever det kartlegging i form av avdekking. Man er nødt til å gjøre inngrep i konstruksjonen for å vurdere hvor vidt den er angrepet eller ikke.

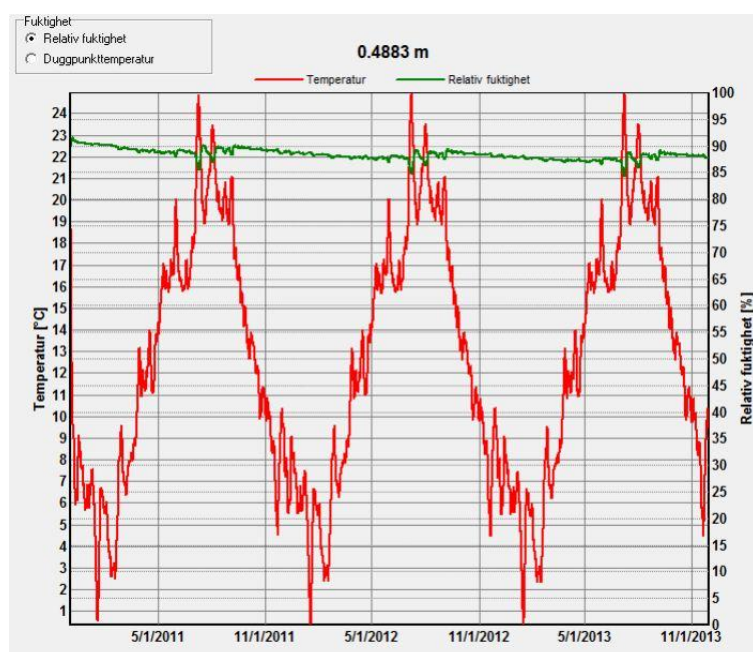


Bilde 2: Bildet viser et bygg angrepet av ekte hussopp. Kilde: Mycoteam

Risikoen for ekte hussoppangrep er stort i trevirke som er i kontakt med mur eller annet basisk materiale. Det er derfor kritisk i gamle murgårder, hvor vanlig praksis var å mure trebjelkelaget direkte inn i murveggen (se kapittel 4.1.1). Det er derfor av stor sannsynlighet at flere av bygårdene i Norge har skader av ektehussopp eller annen råtesopp. Håndverksmessig er byggene dog bygget opp på en robust måte, med beskyttelse i form av påmurte ornamenter eller vindusbånd der hvor bjelkelaget er lagt opp (se kapittel 4.1.2). Byggene tåler derfor en viss mengde soppangrep uten at det går utover stabiliteten.

Blir bygningsfysikken endret, vil det kunne ha konsekvenser, og det er derfor viktig å simulere faren for fukt i konstruksjoner for å kunne forutse hvorvidt det er forsvarlig å etterisolere. Med dagens krav til isolasjonstykkelser og stadig økende fokus på energieffektivisering, må bygget som betraktes analyseres grundig mht. fuktproblematikken.

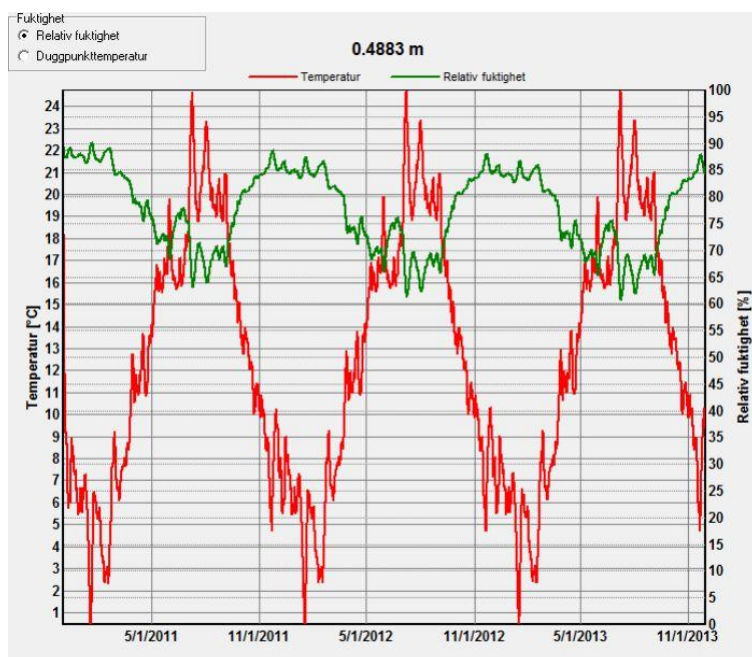
Mycoteam la frem følgende resultater fra en WUFI simulering, som viser maks. isolasjons tykkelse som synes forsvarlig å etterisolere med på en hulromsmur. Det første tilfellet viser konsekvensene av å etterisolere med 50 mm isolasjon på innsiden av teglveggen samt at det er påført en dampsperre.



**Bilde 3: Fukt simulering i WUFI. Bildet er en simulering med 50 mm isolasjon + dampsperre**  
**Kilde: Mycoteam.**

Den relative fuktigheten holder seg på 85 % over hele perioden, og nær 90 %, noe som vil gi gode forhold til videre vekst for allerede eksisterende muggsopp (Mycoteam 2012).

Den neste simuleringen er med 50 mm isolasjon, men uten dampspennen:



Bilde 4: Fuksimulering i WUFI. Simulering med 50 mm isolasjon uten dampsperre

Her holder den relative fuktigheten seg godt under 80 % i halvparten av tiden simuleringen varte, og under 90 % i stort sett hele. Det betyr at dette er en akseptabel løsning for etterisolering. Hvert bygg er dog unikt, og en analyse bør gjøres for hvert enkelt tilfelle hvis det hersker tvil om det er fare for fuktskader (Mycoteam 2012).

Fukt er ikke bare opphav til muggsopp men står også for en rekke helserisikoer.

## 2.6.2 Dagslys

Dagslys har flere positive innvirkninger på menneskets helse, velvære og produktivitet. Man kan dele opp innvirkningene i to ulike deler:

- 1) Det visuelle: Dagslys er et visuelt medium som formidler informasjon. Det er nødvendig for at mennesker skal kunne se og få en visuell persepsjon av et rom.
- 2) Det ikke-visuelle: Dagslys har en livsviktig regulering av et menneskes biologiske klokke samt at det er med på å produsere hormoner, spesielt melatonin og serotonin. I tillegg regulerer det kortisol konsentrasjonen (Nersveen 2001).



Dagslys er derfor svært viktig å bringe inn i et rom på en tilfredsstillende måte, både når det gjelder mengden dagslys og hvordan det bringes inn.

TEK10 stiller også tekniske krav i fht. dagslys i et byggverk:

*§13-12 Lys*

*(1) Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys uten sjenerende varmebelastning.*

*(2) Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre virksomheten tilsier annet.*

*§13-13 Utsyn*

*Rom for varig opphold\* skal ha vindu som gir tilfredsstillende utsyn med mindre virksomheten tilsier noe annet.*

- Med varig opphold forstås stue, kjøkken, soverom og arbeidsrom

Videre stiller TEK10 krav til at man prosjekterer et rom ut ifra en gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet på minst 2 %.

## **2.7 Økonomiske betraktninger**

Lønnsomhet og «pay-back» prinsippet er to viktige parametere å belyse ved en rehabiliteringsprosess. Det kan også lages en oversiktlig kalkyle over total investeringskostnad for å kunne vekte ulike prosjekter opp mot hverandre

## 3. Materiale og metode

### 3.1 Casestudie

..

I oppgaven er det blir foretatt en case-studie på en typisk murgård fra 1890. Oppgaven dreier seg om den øverste etasjen, samt en mulighetsstudie om en ombygging av kaldt krypeloft til fullverdig loftsetasje, og dermed en arealutvidelse av dagens leilighet. For å undersøke bygget, ble det gjennomført en befaring til bygården i Bergen. I løpet av to dager ble det utført tilstandsanalyser av bygget og området rundt murgården. Vinduer ble målt opp og inspisert og vegg-til-vegg tepper ble løsnet for å vurdere tilstanden til konstruksjonen under.

Det ble termografert for og eventuelt kunne avdekke kuldebroer og uisolerte felter. En rekke bilder ble tatt med tradisjonelt kamera i og utenfor leiligheten.

Kjent litteratur om eldre murgårdbebyggelse ble nøye gjennomgått for og best mulig kunne dra konklusjoner om de konstruksjonsmessige detaljene og utførelsene. Ved å se på tilsvarende prosjekter andre steder i landet kunne man også lettere vurdere opp mot casebygget og anslå ulike sammenføringer, u-verdier og isolasjonsmaterialer.

### 3.2 Termografering

Termografering er et svært godt hjelpemiddel til å avdekke svakheter i bygningskroppen i form av luftlekkasjer, kuldebroer og utilstrekkelig isolering (Byggforsk 720:032: Termografering av bygninger). Optimalt sett bør det være en relativt stor forskjell mellom inne- og utetemperatur for at utilstrekkelig isolasjonstykkelser skal kunne avdekkes. Manglende isolasjon vil dog sees uavhengig av dette i form av mørkere partier på termografiet.



Av utstyr ble IR FlexCam Thermal Imager fra Fluke benyttet (utlånt fra Høgskolen i Bergen). For å best mulig kunne avdekke luftlekkasjer med et varmekamera, bør man utføre en trykktest på samme tidspunkt, da dette vil avdekke alle utettheter (Tormod Aurlien).

### 3.3 Tegning og beregning og dagslysvurdering

I tidligfase av prosjektet ble det som fantes av eksisterende tegningsgrunnlag og informasjon tildelt, noen med begrenset informasjon. KTB Bjelland har gitt ut alt de hadde av informasjon i forhold til bygget.

Da oppgaven tar sikte på å se på mulighetene for en ombygging av kaldt loft til bolig, må et løft av tak foretas. Forslag til denne ombyggingen, samt omgjøring av eksisterende planløsning vil bli gjennomgått i oppgaven i tilknytning til bokkvalitet og arkitektonisk utforming. Dette er forsøkt illustrert gjennom gode tegninger utført i ArchiCAD, samt illustrasjoner i Artlantis. I sammenheng med ombyggingen er det blitt utviklet flere konsepter, som foreligger som prinsippkisser da dette kun blir sett på som et mulighetsstudie.

Da tegningsgrunnlaget har vært noe vagt, er det tatt antakelser på bakgrunn av kjent litteratur.

### 3.4 Energisimuleringer

Ettersom et av hovedfokusene for oppgaven har vært å gjennomføre en energioppgradering av klostergaten 8, har det blitt laget forslag som synes energieffektive. Ved nøye gjennomtenking og planlegging har det vært ønskelig at energirehabiliteringen skal gjennomføres etter en høy standard uten at det går utover trivsel, helse og innemiljø. Det vil gjennomføres en energisimulering før oppgraderingstiltak. Deretter blir det kjørt en simulering for å sjekke om bygget kan nå lavenergistandard. Disse vil bli knyttet opp mot de ulike tiltakene for ombyggingen (ambisiøs, moderat og vanlig). Energisimuleringene er utført i SIMIEN.

Rockwool sitt u-verdiberegningsprogram er brukt som et godt verktøy til å sette ny u-verdi ved etterisoleringstiltak. U-verdier til eksisterende konstruksjon er innhentet fra byggforskserien.

### 3.5 Økonomi

For å undersøke konseptenes endelige potensialer ble en enkel overslagsberegning av hvert tiltak beregnet. Alle kostnader er hentet fra HolteProsjekt. Dette dannet et grunnlag for se på investeringskostnaden til et tiltak for så å kunne sammenligne det med hvor mye man kunne redusere energibehovet med.

Tilslutt ønskes det å vurdere hva som optimalt sett er en gylden middelvei for casebygget alle aspektene tatt i betraktning

### 3.6 Programvare

#### 3.6.1 SIMIEN

Simien er et program som simulerer inneklime og energibruk i bygninger. Det er utviklet av ProgramByggerne ANS. Det har 6 ulike evalueringsmetoder:

- Evaluering opp mot byggeforskrifter (TEK07 eller TEK10)
- Passivhus/lavenergi evaluering
- Dimensjonerende sommerforhold
- Årssimulering

- Dimensjonerende vinterforhold
- Energimerking (EMS)

Programmet er validert i henhold til NS-EN 15625:2007. Programmet gjennomfører energiberegninger i henhold til den dynamiske beregningsmetoden gitt i NS 3031. SIMIEN har et enkelt brukergrensesnitt og er lett å sette seg inn i. Man definerer først bygget etter hvilken bygningskategori det er. Deretter legger man inn verdier som gjelder for bygget i sin helhet, som energiforsyning. Videre oppretter man logiske soner i bygget. Sonene deles typisk inn etter hvilken funksjon sonen har, spesielt da med tanke på ventilasjon og bruk.

Inndataverdier blir presentert i vedlegg 5 og rapport for utførelse er nærmere forklart i NS 3031:2007, og har blitt lagt som grunnlag for energiberegningene.

### **3.6.2 ArchiCAD 15+ Artlantis 4**

ArchiCAD er et prosjekteringsverktøy som er kompatibelt både med Windows og Mac. Det er utviklet av det ungarske selskapet Graphisoft, som også har kontorer i Norge. Archicad innehar løsninger både for arkitektoniske løsninger så vel som strukturelle og yter en god visuell forståelse. Programmet ble påbegynt allerede i 1982, og ArchiCAD er kjent som det første CAD-produktet som kunne lage både 2D og 3D tegninger på en PC.

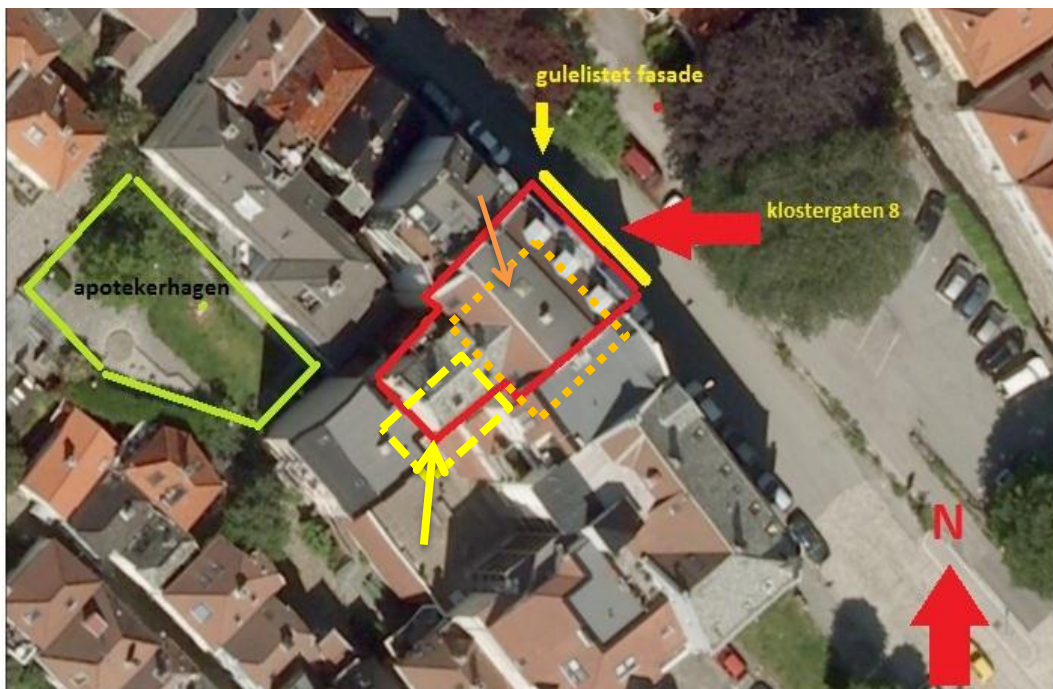
Programmet er IFC-kompatibelt hvilket gir uante muligheter og koblinger opp mot andre programmer, som f.eks. styrkeberegningsprogrammer for konstruksjoner.

## 4. Casebygg i Klostergaten 8

Eksisterende bygg ligger i Klostergaten 8 ligger på Nordnes i Bergen. Det aktuelle bygget er en 1890-murgård, bygget etter kvartalsstruktur hvor bygningene ligger tett i tett. Fasaden som vender ut mot veien er gulelistet (KTB Bjelland) og setter derfor visse begrensinger senere i oppgaven. Bygningen har en T-form, og vender mot en koselig liten bakgård med tilnavnet «Apotekerhagen». Bare få hundre meter unna ligger Torgalmenningen og sentrum av Bergen. Fra balkongen i 5.etasje kan synet av det vakre fjellandskapet nytes i Sør-øst, mens havgapet åpner seg om man skuer mot Nord-vest. Case-bygget har derfor en utsøkt plassering, men er en utfordring i forhold til en energirehabilitering. Bygget ligger i hellende terreng som gjør at bakgården er tilbaketrukket fra bilveien som går forbi gulelistet fasade i nord-øst.



Bilde 5: Bildet viser hvor beliggenheten til Klostergaten 8. Foto: [www.statenskartverk.no](http://www.statenskartverk.no)



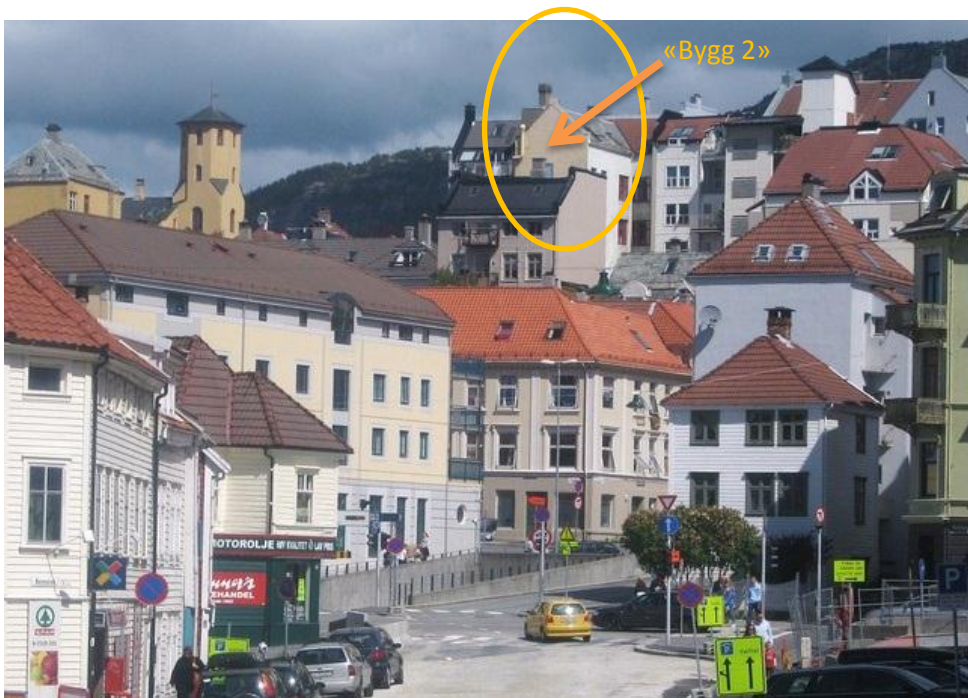
Bilde 6: Situasjonsfoto av Klostergaten 8. Foto: [www.statenskartverk.no](http://www.statenskartverk.no)



Bilde 7: Klostergaten 8, Bergen. Foto: Ida Bergsløkken



Bilde 8: Apotekerhagen med skjønne omgivelser og herlig utsikt. Foto: Ida Bergsløkken

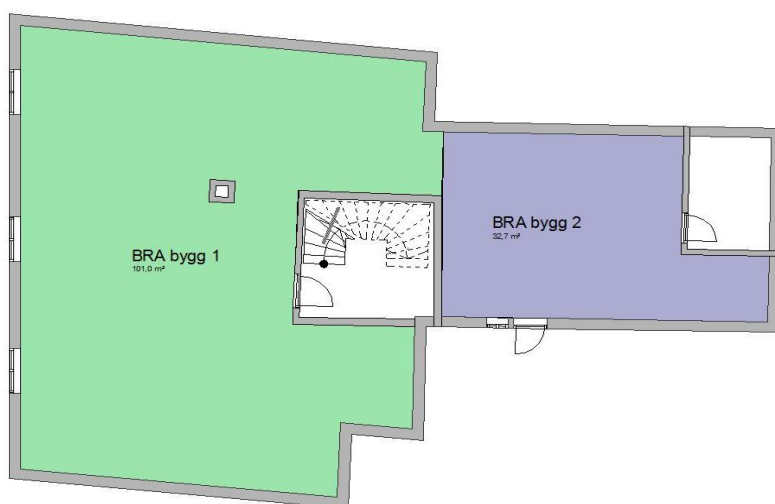


Bilde 9: Byggets synlige gavlvegg sett på avstand. Foto: [www.bergen.no](http://www.bergen.no)



## 4.1 Eksisterende konstruksjon

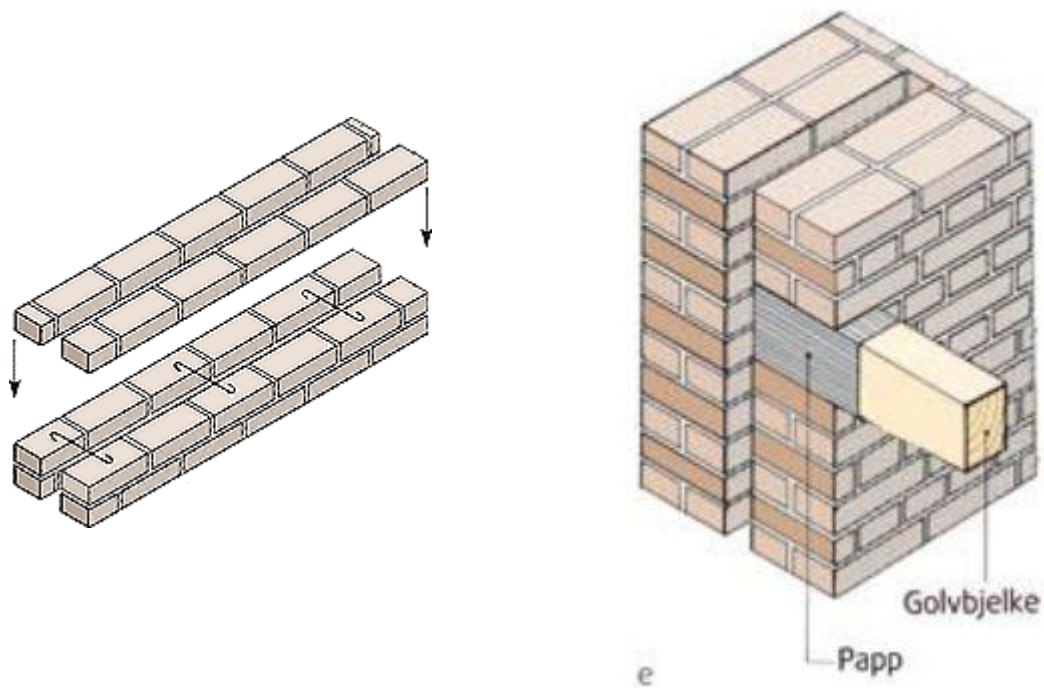
Gjennom hele prosjektet vil dette regnes som «bygg 1» og «bygg 2»



Figur 5: Oversikt "bygg 1" og "bygg 2". Av Ida Bergsløkken

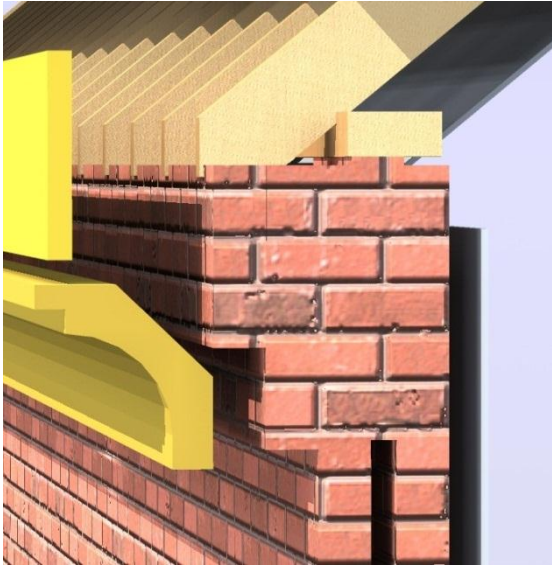
### 4.1.1 Bærende yttervegger av hulromsmur

Veggene er bygget opp av engelsk hulromsmur, som mer eller mindre overtok som byggemetode for de massive murte veggene på slutten av 1800-tallet (Edvardsen & Kvande 2007). Fordelen med hulroms mur er at uttørkingen skjer raskere. Dette er spesielt viktig på steder med mye slagregn, og passer derfor godt inn i Bergen by, som er Norges mest regnfulle by. Med raskere uttørking kan frostskafer unngås eller bli betydelig mindre, og luftspalten vil bedre veggens varmeisolerende evne.



Figur 6: Til venstre: Hulromsmur med muranker. Til høyre: Opplegg av trebjelke direkte på mur. Kilde: Byggforskserien 723.308

Muren består av to  $\frac{1}{2}$ -steins vanger med fuger av kalkmørtel. Disse to komponentene har grovt sett nok styrke til å bære seg selv. For å hjelpe til sideveis avstiving er det murt inn murankere. Disse binder sammen fasaden med etasjeskillerne. Der det er var behov tykkere vegg for å ta opp økt vertikallast, ble den innerste vangen murt tykkere (Edvardsen & Kvande 2007). Gavlveggene vender mot andre bygg, med en uoppvarmet luftspalte mellom. Hulromsmuren består av teglstein med fuger av kalkmørtel.



**Bilde 10: Engelsk hulromsmur med tilslutning til gesims og opplegg for takbjelker. Illustrasjon: Ida Bergsløkken**

Gesimsen er utført som en profilert utkraging av selve veggen og er i seg selv et dekorativt element. Den har samme farge som vinduskarmene og fasadebåndene som pryder den gulelistede fasaden. Detaljutformingen er rik og det gir murgården en svær tiltalende karakter og særpreg. Ornamentene og vindusbåndene er bevisst plassert i forhold til hvor bjelkehodene fra etasjeskiller er murt inn i veggen. På denne måten laget man seg en ekstra sikkerhet mot fuktinntregning på kritiske steder i konstruksjonen.

I tillegg ble det, i følge eldre byggeforskrifter, lagt vekt på at gesimsene skulle oppføres brannsikre. Det er derfor utført som en lukket gesims som sørger for at det ikke blir trekk inn mot bordtaket (Granum & Hegdal 1990).



**Bilde 11: Vindusbånd og ornamenten på gulelistet fasade. Foto: Ida Bergsløkken**

Til forklaring av byggets geometri er det laget plantegninger, snittegninger og detaljtegninger som er laget på bakgrunn av gamle tegninger som ble tildelt i begynnelsen av prosjektet. Ting som kom uklart frem på de gamle tegningene har blitt undersøkt grundig, og antakelser fra tilsvarende bygg har blitt foretatt. Tegningene stammer fra KTB Bjelland fra en påtenkt rehabilitering tilbake i 1996.

#### 4.1.2 Bjelkelag/etasjeskiller

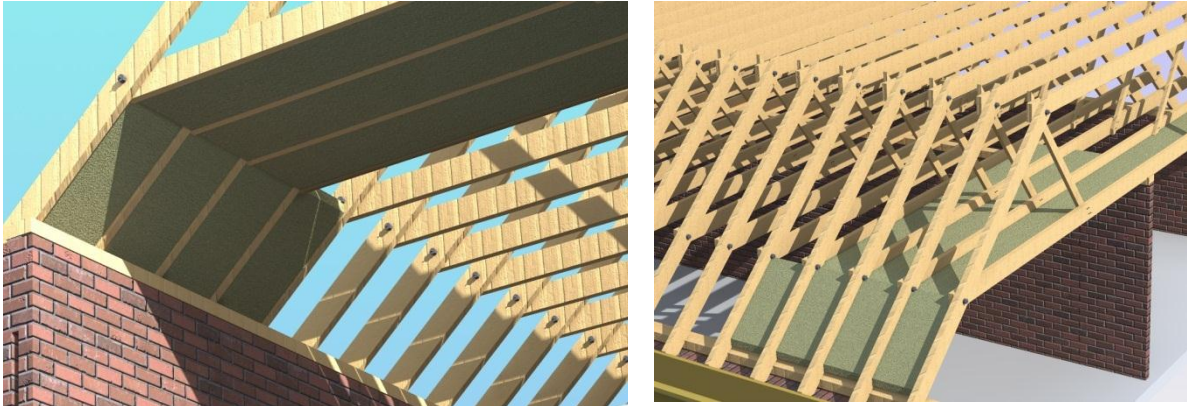
Bjelkelaget var på 1890-tallet typisk et trebjelkelag fylt med stubbeloftsleire. Det antas at etasjeskillerene er fylt med 100 mm stubbeloftsleire, da dette ble innført som krav i Bergen i 1899 (Edvardsen 1-2007). Bjelkelaget ble murt direkte inn i teglveggen, med noen få variasjoner ved valg av beskyttelse. I casebygget er det antatt bruk av forhudningspapp som beskyttelse.

For å sørge for god stabilitet og styrke ble de tre øverste mursteinslagene under bjelkelaget murt massivt, dvs. uten luftspalten (Edvardsen 2007). Som det fremkommer av bjelkelagsplanen (se vedlegg 2) er senteravstanden noe varierende.

#### 4.1.3 Tak over bygg 1

*«De fleste bolighus, så vel småhus av tre som boligblokker av mur, har to-spennsløsninger med bærende midtvegg og samlet bredde (dybde) omkring 7-10 m. I tettere bybebyggelse kunne det også være større blokkdybder. Selv om loftsbjelkelaget har bæring på midtveggen, er vanligvis takkonstruksjonen frittstående fra yttervegg til yttervegg, i hvert fall for spennvidder opp til ca. 10 m. I gammel bybebyggelse forekommer ofte irregulære bygningsformer med ulike varianter av bærende takkonstruksjoner og irregulære, usymmetriske takformer» (Uvsløkk 2005).*

Taket er bygget opp av takstoler av tre med et tverrsnitt på 61 mm x 198 mm på hovedbæresystemet. Taket er et kaldt tak, med uisolert krypeloft. Bjelkelaget antas å være fylt med 100 mm stubbeloftsleire som antas lagt mellom bjelkene og kan se slik ut:



Illustrasjon 1: Eksisterende takstol med stubbeloftsleire. Illustrasjon: Ida Bergsløkken

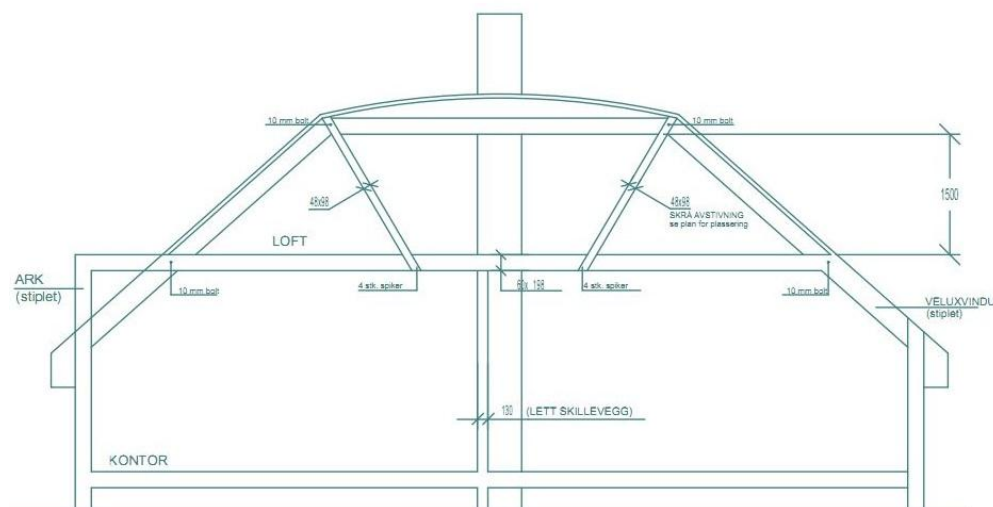
#### 4.1.4 Tak over bygg 2

Da det ikke foreligger noe tegningsgrunnlag på disse veggene, forutsettes det for resten av oppgaven at disse er bygget opp av 61 x 198 mm bjelker som for tak 1, med typisk senteravstand på 600 mm. Til forenkling settes tak 2 sin u-verdi settes lik tak over bygg 1.

#### 4.1.5 Bærende vegger bygg 2

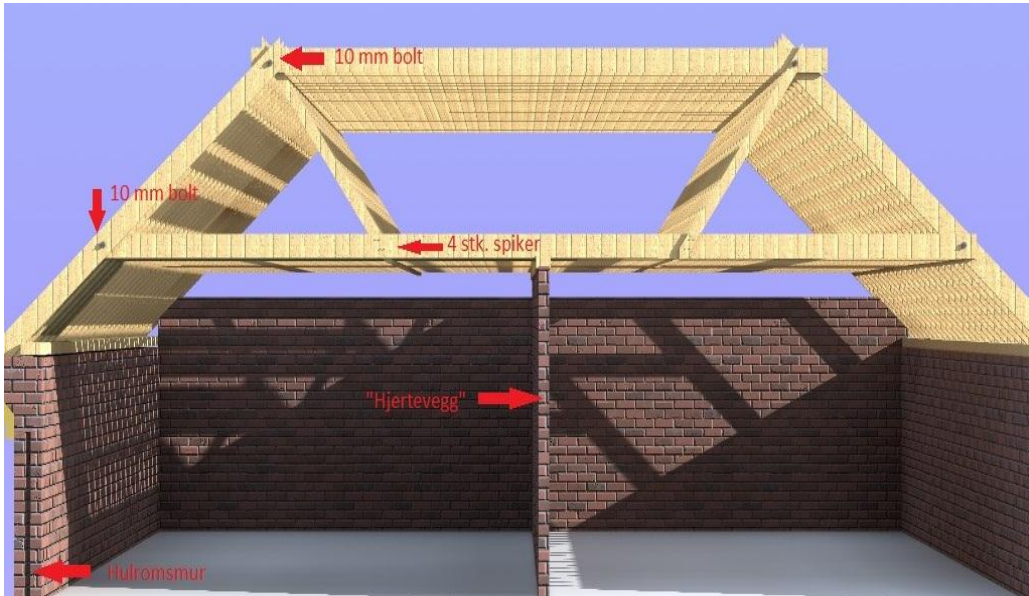
Veggene er bygget opp av trestenderverk. I forhold til tidsepoke for bygging kan man anta at veggene er bygget opp av 61 x 198 mm stendere, og så fylt med et tynt lag kutterflis.

#### 4.1.6 Snitt



Tegning 1: Snitt av eksisterende takkonstruksjon fra KTB Bjelland (2002)

Snitt-tegningene er stammer fra KTB Bjelland, og har stedvis mangelfull informasjon om oppbygging av konstruksjonen og tykkelser på veggen. En 3D-modell av snittet er derfor forsøkt laget for å best mulig gjenskape hvordan konstruksjonen er bygget opp. Det presiseres at ingen av tegningene foreligger i målestokk, og at de kun er tatt med av illustrative hensyn og til forståelse.



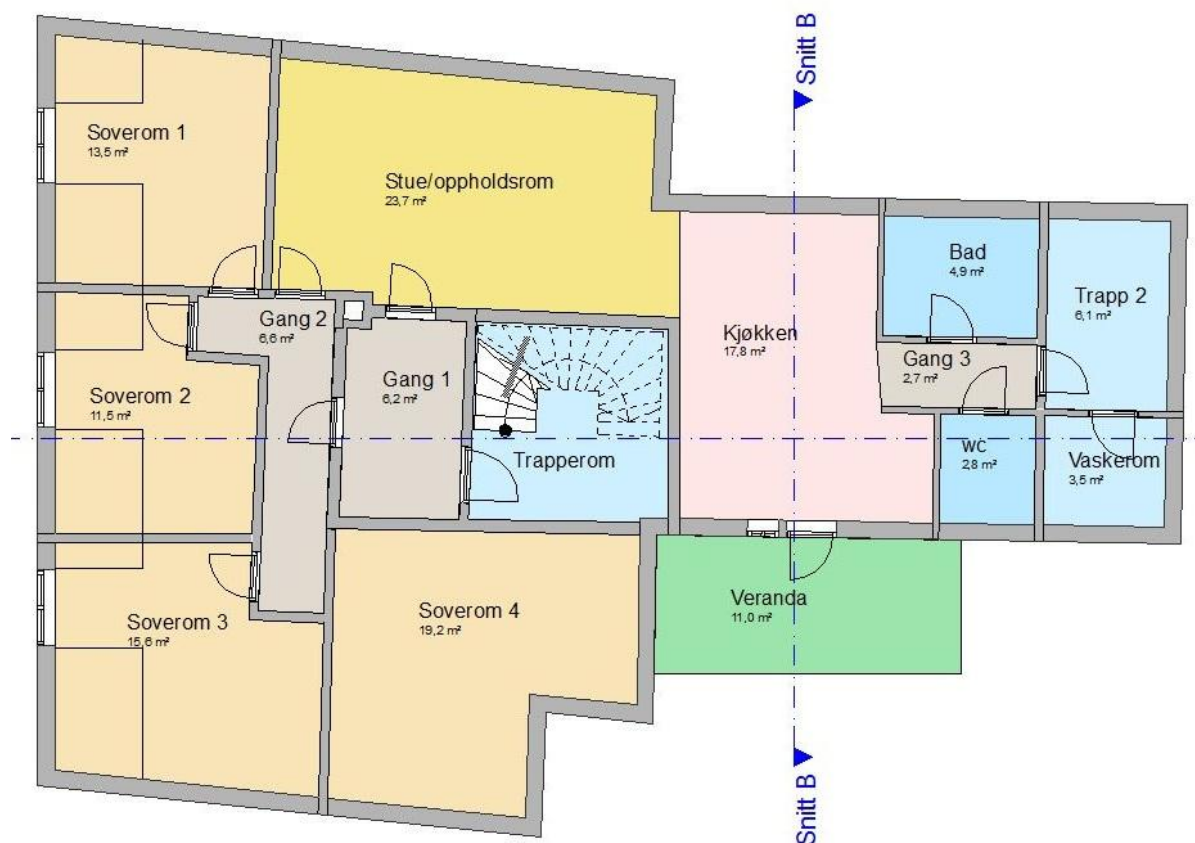
Bilde 12: 3D-modell av hulromsmur og takkonstruksjon. Illustrasjon: Ida Bergsløkken.

## 4.2 Arealoversikt

Arealoversikten er hentet fra dokumentet som foreligger fra 1986, da den første gang ble påtenkt en utbygging av loftet. Det er underforstått at arealberegningen kan være unøyaktige, men med manglende tilgang på enhetene på plan 1, 2, 3 og 4 brukes de som veiledende arealer, og demonstrer kun hvordan areal vokser ettersom teglveggen blir smalere desto høyere opp man kommer.

5.etasje	Areal (målt i flg plantegninger, kontrollert etter NS3420 i fht. snittegninger):
Stue	23,7 m <sup>2</sup>
Kjøkken	20,5 m <sup>2</sup>
Vaskerom	3,5 m <sup>2</sup>
Bad	4,9 m <sup>2</sup>
WC	2,8 m <sup>2</sup>
Soverom 1	13,5 m <sup>2</sup>
Soverom 2	11,5 m <sup>2</sup>
Soverom 3	15,6 m <sup>2</sup>
Soverom 4	19,2 m <sup>2</sup>
Gang 1	6,1 m <sup>2</sup>
Gang 2	6,6 m <sup>2</sup>
<b>Totalt BRA</b>	<b>127,9 m<sup>2</sup></b>

Tabell 5: Arealoversikt 5.etg. Tabell/oppmåling fra BIM-modell: Ida Bergsløkken



**Tegning 2: Plantegning av eksisterende planløsning. Tegning: Ida Bergsløkken. Referanse: KTB**

Arealoversikten over 5.etasje stammer fra tiden da det fungerte som kontor for KTB Bjelland og det har derfor blitt foretatt en ny arealberegning i denne oppgaven. Utgangspunktet er plantegningene som ble tildelt ved prosjektets oppstart (se vedlegg X). For og lettere kunne ha kontroll på plantegningene, har de blitt tegnet opp på nytt i ArchiCAD siden dette skal brukes som prosjekteringsverktøy gjennom hele oppgaven. Arealene måles enkelt opp i ArchiCAD. Arealene er målt i henhold til NS3420.

Gjennom hele prosjektet



### 4.3 Tilstandsanalyse av eksisterende leilighet



Bilde 13: Øverst til venstre: Overgang dør/karm/vegg. Øverst til høyre: Trang, lang gang.  
Nederst til venstre: Gulv-til-gulv-teppe. Nederst til høyre: Arkvindu over vernet fasade med ducttape som tetting  
Foto: Ida Bergløykken

Den 1.mars 2012 ble det gjennomført en befaring i det aktuelle bygget. Allerede når man kom inn i leiligheten følte det kaldt og det trekker mye fra utettheter i bygget. Leiligheten bærer preg av

at den er gammelt og sliten, og at rehabiliteringbehovet er stort. Vinduene (på gulelistet fasade og de andre) skal byttes ut etter godkjenning fra kommunen.

Leiligheten har en trang ganger som «spiser» mange meter uten å ha noen annen funksjon.

Leiligheten har mange innvendige skillevegger som gir svært dårlig tilførsel av dagslys enkelt steder der det kunne synes nødvendig. Gulvet knirker en del og er uten tvil skeivt og i dårlig stand. Et slitent vegg-vegg teppe dekker 90 % av gulvflaten i bygg 1 og forverrer den arkitektoniske kvaliteten ytterligere.

Det er synlige sprekker i tilslutning mellom listverk og vegg/etasjeskiller, og enkelte lettvegger er særdeles dårlig utført og uferdiggjort. Innerveggen har helt klart ikke et lydisolerende sjikt, da lyd fra et rom til et annet høres svært godt.

Videre inspeksjon gjennom leiligheten gir få gode visuelle inntrykk, og understreker nok en gang nødvendigheten av en modernisering og omorganisering av noen funksjoner, sett ut fra et rent autonomt rehabiliteringsbehov.

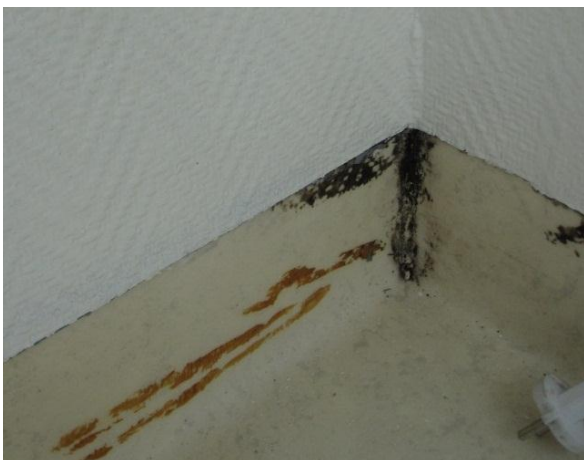
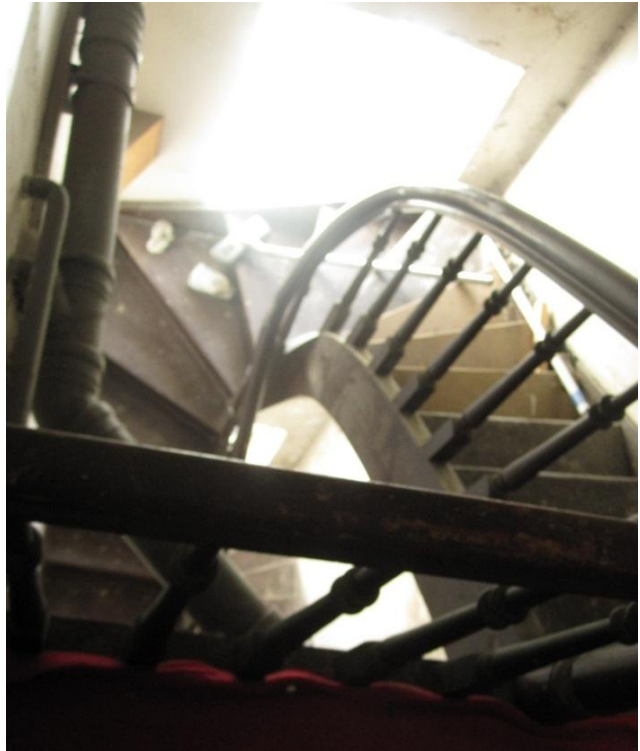


**Bilde 14:** Til venstre: Åpning til kjøkken sett fra stue. Til høyre: Kjøkken med utgang til balkong. Foto: Ida Bergsløkken

Fra kjøkkenet har man tilgang til en veranda som har svært bra potensiale dersom den gjøres litt bedre i stand i form av puss/maling av rekkverk og mulige utskiftninger av terrassegolvbord.

Utsikten er det ingenting å utsette på, så en oppgradering vil helt klart heve kvaliteten på plan 5 i Klostergaten 8.

Fra kjøkkenet ledes man inn i nok et trangt gangløp med et bad på den ene siden og et toalett på den andre. Begge bad er nedslitte og i dårlig stand, med mulige fuktskader som må tas på alvor og utbedres snarest. Badet er kaldt og lite tiltalende. Tilsvarende kan sies om toalettet, der det finnes en salig blanding av røde gulvflis og en opprevnet tapet. Takvinduene på begge bad har påbegynnende fuktskader i karmene.



**Bilde 15:** Øverst til venstre: Mulige fuktskader på vinduskarm. Øverst til høyre: Ubrukt trappeløp  
Nederst til venstre: Mulige fuktskader på badegulv. Nederst til høyre: Revnet gulvbelegg på bad.  
Foto: Ida Bergsløkken

I enden av gangen ender man opp i et ubrukelig trappeløp som syntes svært risikabelt å trække ut på. Da dette setter sikkerheten ved brann i fare er det høyst aktuelt å utbedre trappeløpet, enten ved ny trapp eller heis for å tilfredsstille universell utforming. Trappeløpet i dagens tilstand blir ikke brukt



**Bilde 16:** Fra venstre: Deler av bakgårdsfasaden med balkonger. Midt: På bakkeplan under balkonger. Til høyre: På balkk 5.etg, med tak/gesismsbånd. Foto: Ida Bergsløkken

Som det fremkommer av bildene er det trangt om plassen, og mye av fasaden er lite synlig. Muren er i god behold, men det blir en del visuelt «rot» i forhold til nærliggende bebyggelse. Her bør en estetisk vurdering legges til grunn og man bør kanskje søke etter å endre farge slik at det harmonerer bedre med omgivelsene.

## 4.4 Termografering

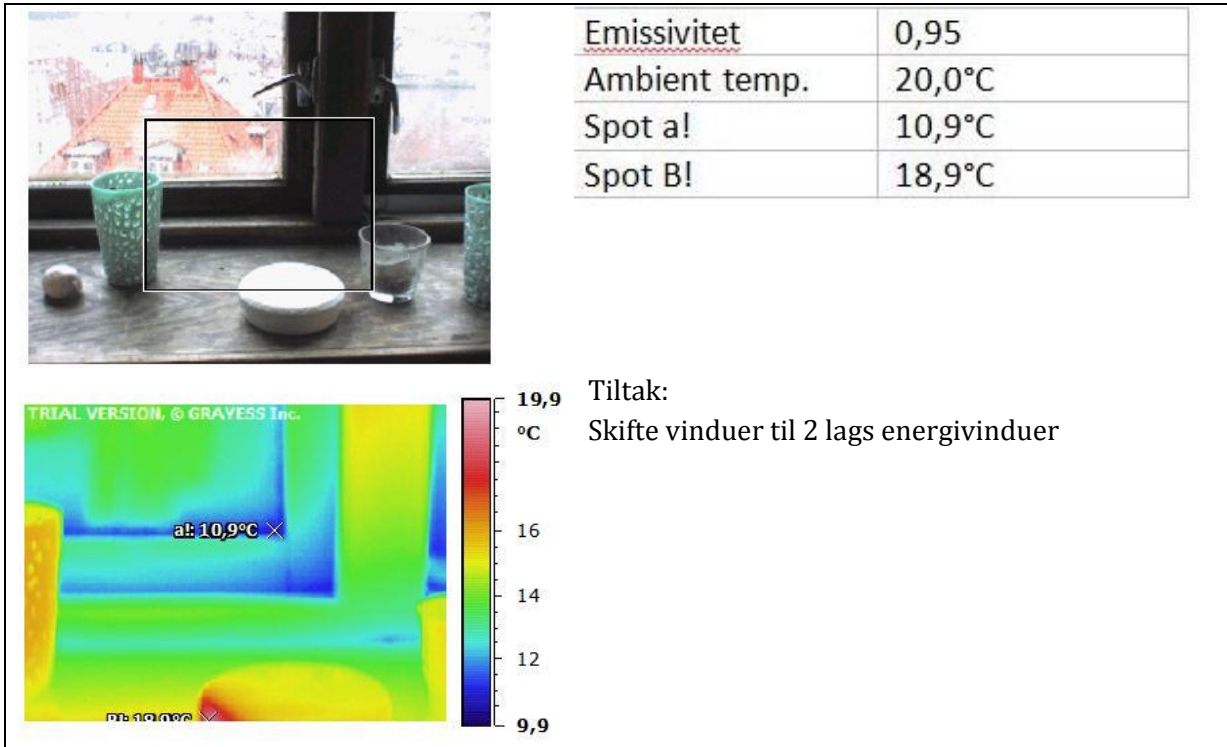
I sammenheng med tilstandsvurderingen ble det også gjennomført termografering. Temperaturen lå på ca. 4 grader på termograferingstidspunktet.

Under termograferingen ble det fokusert på å innhente informasjon over områder med fraværende eller meget utilstrekkelige mengder isolasjon. Kuldebroer ble også forsøkt avdekket. Følgende bygningsdeler var spesielt interessante:

- overgang yttervegg/etasjeskiller
- rundt vinduer
- overgang vegg/himling
- pipeløp
- yttervegg i seg selv
- etasjeskiller
- arkutbygg/takopplett

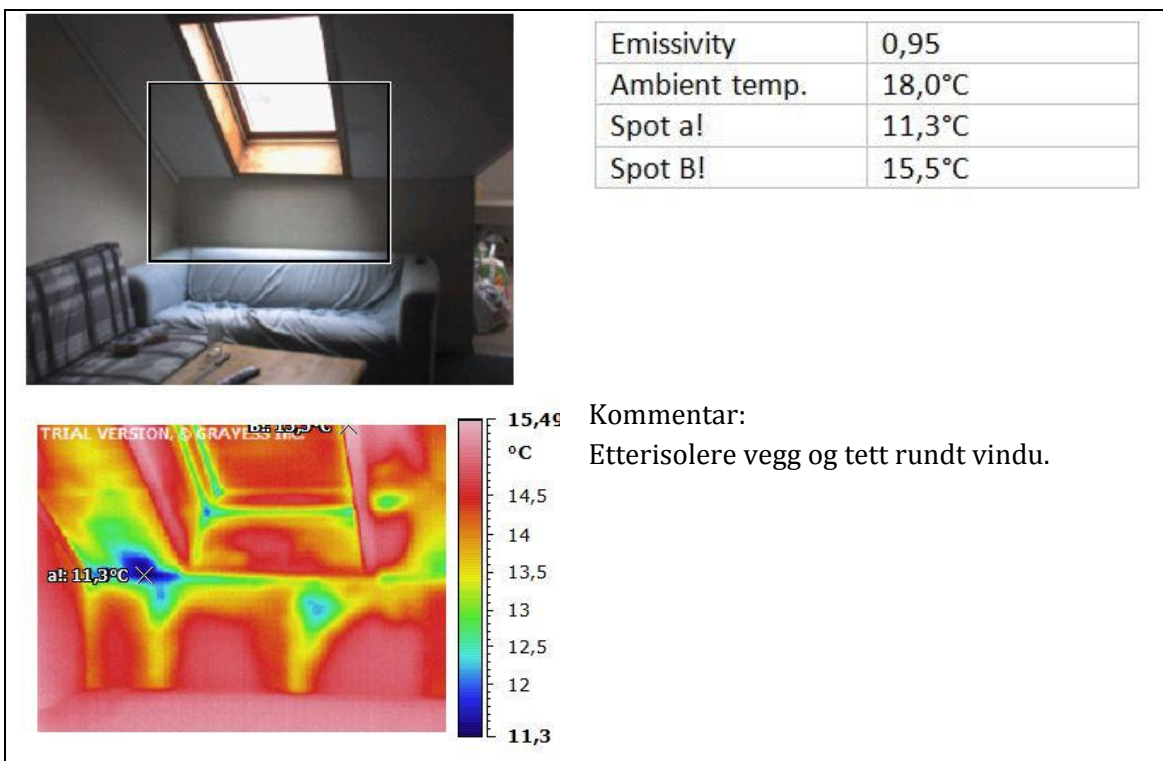
Det ble registrert en god del utettheter og til dels store kuldebroer. Resultatene fra termograferingen er presentert i tabellene på påfølgende sider. Kommentarfeltet indikerer utbedringstiltak. Termograferingsbildet har to punkter som markerer maksimum- og minimums temperaturer for respektive bildeutsnitt. «Spot a!» og «Spot B!» blir gjengitt i tabellen. «Ambient temp.» er temperatur i aktuell oppholdssone da termograferingen blir utført

Bygningskomponent: Vinduer på gulelistet fasade



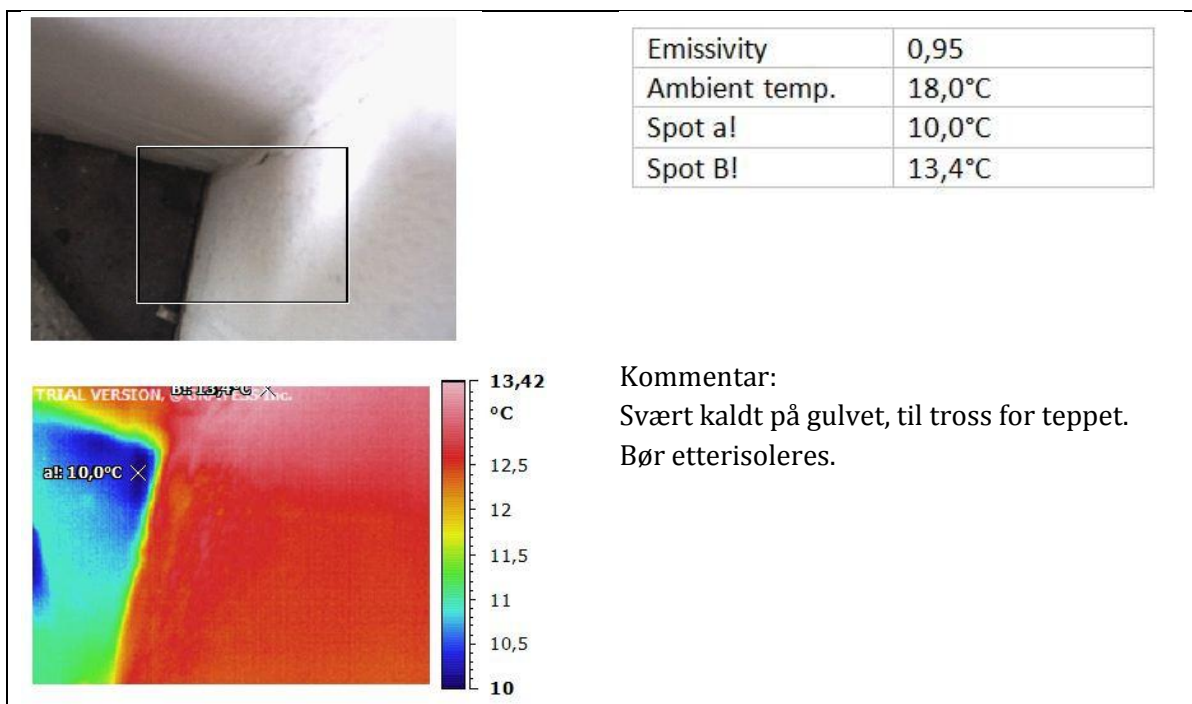
Tabell 6: Vinduskarm i arkutbygg over gulelistet fasade. Foto/termografering: Ida Bergsløkken

Bygningskomponent: Takvindu mot bakgård + vegg mot bakgård



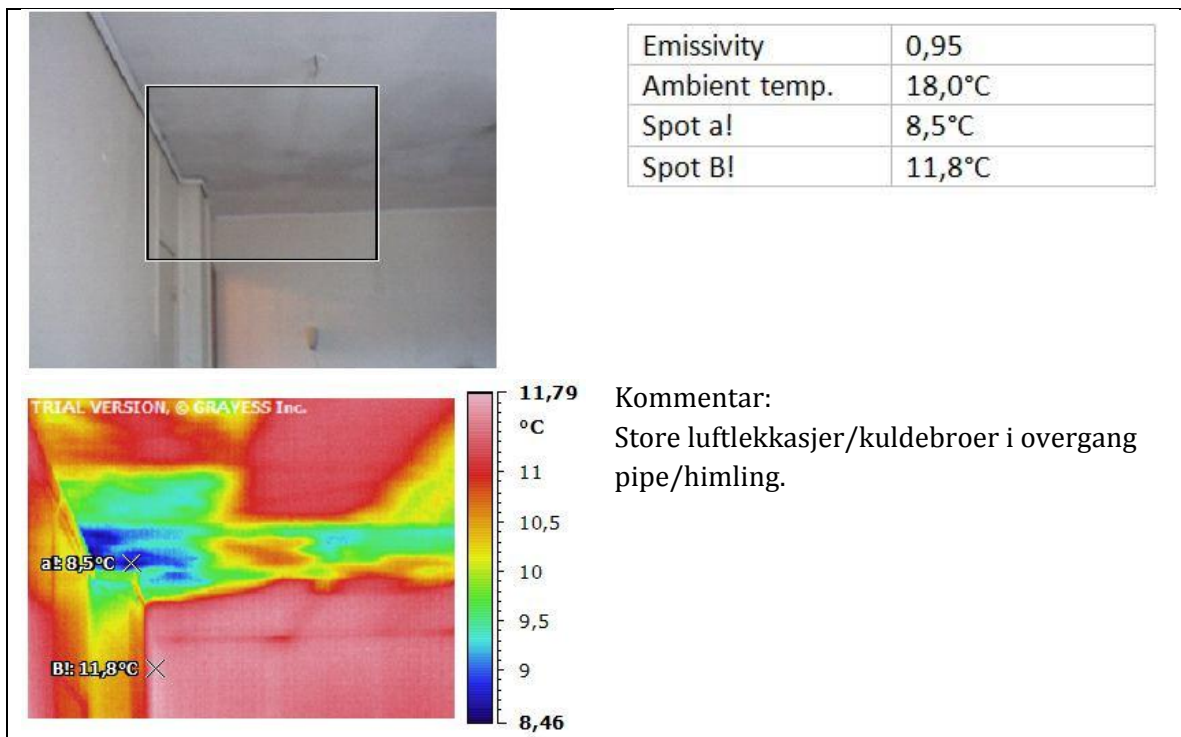
Tabell 7: Takvindu og vegg mot bakgård. Foto: Ida Bergsløkken

Bygningskomponent: Vinduer på gulelistet fasade



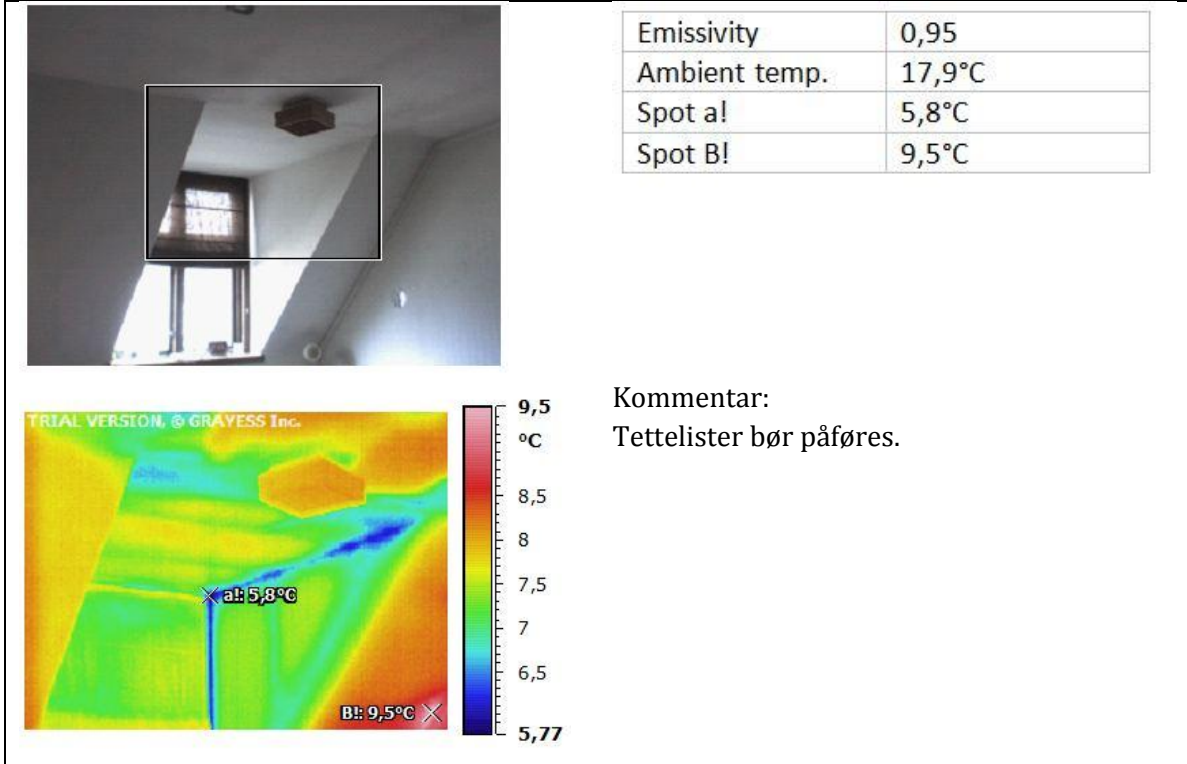
Tabell 8: Overgang gulv/vegg stue. Foto/termografering: Ida Bergsløkken.

Bygningskomponent: Pipeløp i stue/himling stue



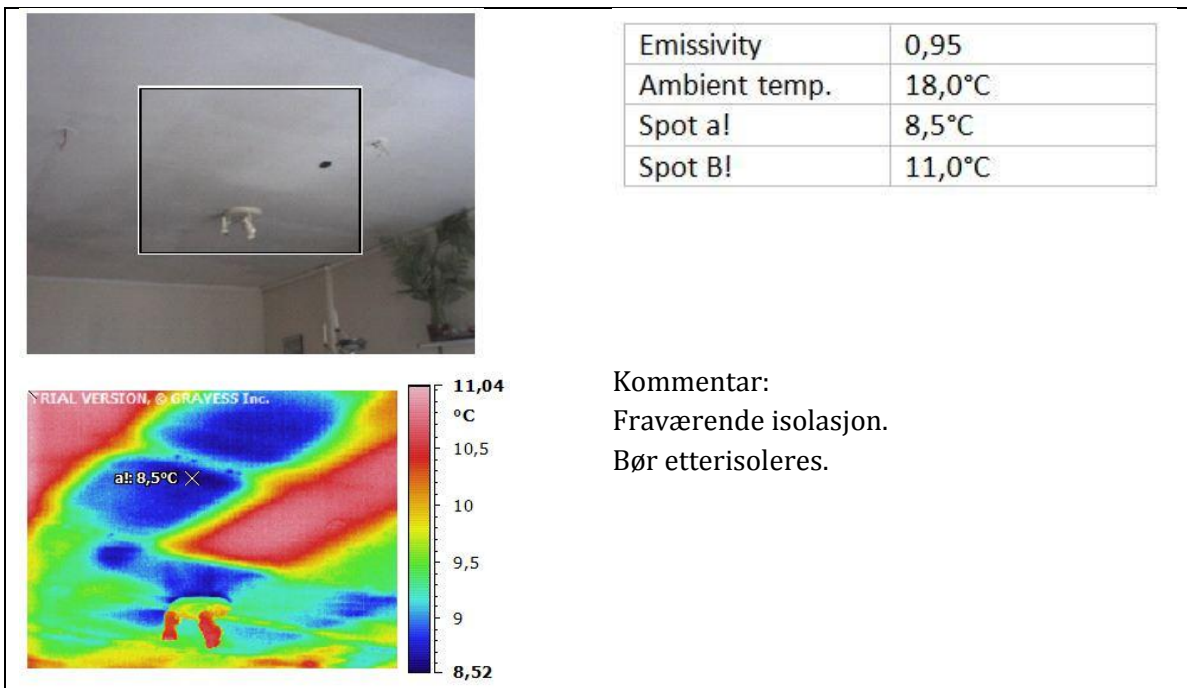
Tabell 9: Termografering av himling i stue. Foto/termografering: Ida Bergsløkken

Bygningskomponent: Vindu på gulelistet fasade



Tabell 10: Arkvindu i tak over gulelistet fasade. Foto/termografering: Ida Bergsløkken

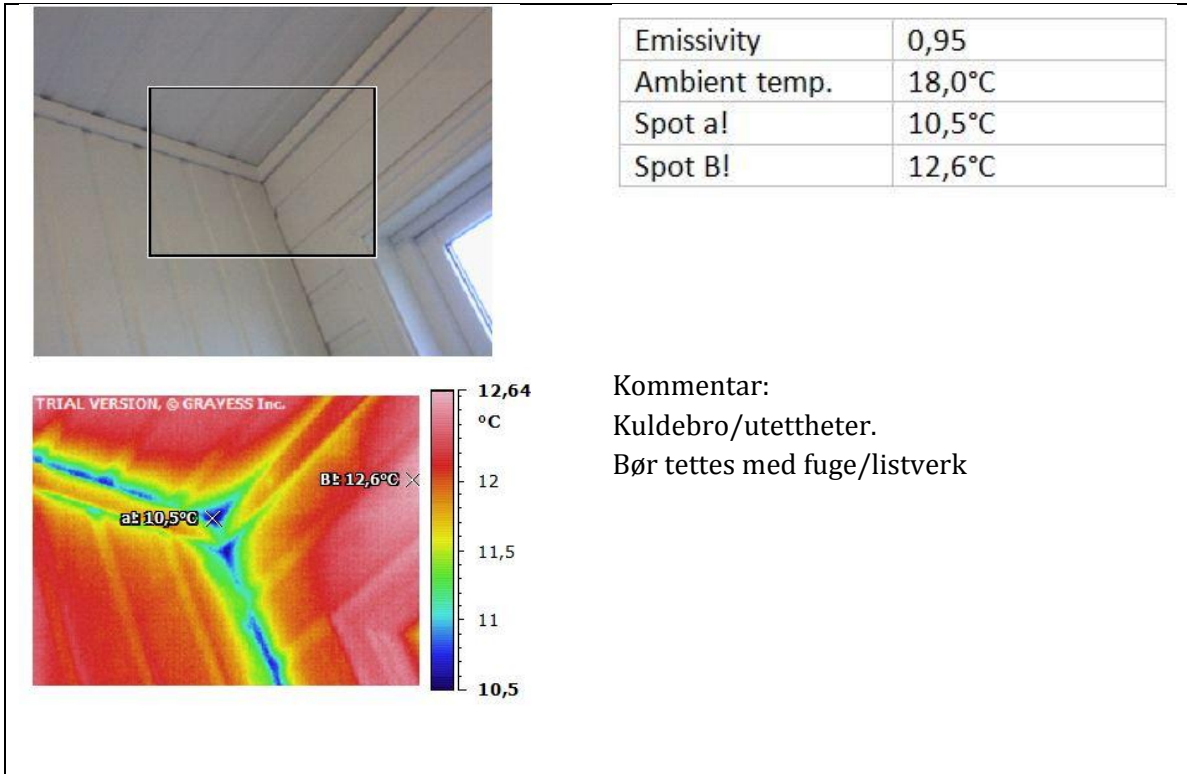
Bygningskomponent: Himling over eksisterende stue





Tabell 11: Himling over eksiterende stue. Foto/termografering: Ida Bergsløkken

Bygningskomponent: Overgang takopplett/vegg mot bakgård



Tabell 12: Overgang tak/vegg i takopplett. Foto/termografering: Ida Bergsløkken.

## 4.5 Energisimulering av eksisterende enhet

Foutsetninger for u-verdi beregninger:

- U-verdiene som er benyttet er hentet fra pålitelige kilder (byggforsk)
- Da kuldebroverdier ikke er kjent, vil det bli valgt utfra standardløsninger.
- U-verdier for etterisolering er hentet fra Rockwool sitt u-verdiberegningsprogram.

Som en del av tilstandsvurderingen er en energisimulering i SIMIEN en god indikasjon på hvordan energiforbruket til leiligheten er. Det vil gi en pekepinn på forbruk i form av kWh/m<sup>2</sup>/år men også en verdi for spesifikt utslipp av CO<sub>2</sub> i kg/m<sup>2</sup>.

Følgende resultat viser at leiligheten har et totalt nettoenergibehov på **246,7 kWh/m<sup>2</sup>**, som er langt over dagens energirammer og forskriftskrav.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	22233 kWh	166,3 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	3982 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	1383 kWh	10,3 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	2265 kWh	16,9 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	3123 kWh	23,4 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	32985 kWh	246,7 kWh/m <sup>2</sup>	

Figur 7: Energibudsjett for leiligheten (Ida Bergsløkken).

Årlige utslipp av CO <sub>2</sub>		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte elektrisitet	16071 kg	120,2 kg/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
Totalt utslipp, sum 1-6	16071 kg	120,2 kg/m <sup>2</sup>

Figur 8: Årlige utslipp av CO<sub>2</sub> (Ida Bergsløkken).

## 5. Ombygging og ny arkitektur – Et skisseprosjekt

I dette kapitlet vil tre tiltakspakker ligge til grunn for utbyggingstiltak. Det vil ikke bli tatt hensyn til etterisolering i dette kapitlet, da dette gjennomgås i kapittel 6. Ombyggingen og den foreslåtte arkitekturen skal sees på som et skisseprosjekt, da ulike muligheter veies opp mot hverandre.

Skisseprosjektet er nødvendig for å konkretisere romprogram, og om dette lar seg passe inn i eksisterende bygg. Gjennom skisseprosjektet kan det kanskje blir klarer om en ombygging og utbygging lar seg gjøre, og om det synes estetisk. Hvilke kvaliteter tilfører det bygget? Og hvilke kvaliteter kan komme til å måtte gå på bekostning av en utbygging? Resultatene av ombyggingen og den nye arkitekturen vil presenteres her, men vil bli drøftet under kapittel 8:Resultater og diskusjon. Selv om det burde presenteres som et direkte resultat, synes det mer hensiktsmessig og presentere det her først.

De tre tiltakene er kalt «enkel», «moderat» og «ambisiøs», og omfatter følgende ombygging:

Enkel tiltakspakke er helt lik som dagens standard, hvor eneste unntak er etterisolering av vegger.

**Tabell 13: Oversikt over ombyggingstiltak ved de ulike tiltakspakkene Av: Ida Bergsløkken**

Tiltakspakke	Tiltaket omfatter
Enkel	Omstrukturering av innervegger (planmessig lik)
Moderat	Ombygging av krype loft til boligformål
Ambisiøs	Ombygging av krype loft til boligformål + utbygging av bygg 2 med nytt flatt tak og takterrasse

## 5.1 Mulige ombyggingstiltak

I dette kapitlet presenteres prinsipper for ombygging. Det fokuseres på følgende:

- Gjøre forsvarlige inngrep i konstruksjonen
- Miljøvennlig materialvalg (EPD)
- Se på muligheten for å bedre planløsning ved å endre tak 2.

Under hvert avsnitt angis hvilke tiltakspakker som ombyggingen omfatter.

### 5.1.1 Tak over bygg 1

Omfatter tiltakspakke: «Ambisiøs» og «moderat»

Forutsetninger:

- Ingen fuktskader på takbjelkene
- Ingen eller få skader på taksteinene slik at de kan gjenbrukes.
- Takbjelkenes opplegg er intakt

Nåværende tak skal heves slik at man får en fullverdig loftsetasje. Det som en gang var kaldt krype loft, skal nå bli et oppvarmet, fullverdig boareal. Dette innebærer nokså store forandringer konstruksjonsmessig, men også bygningsfysisk. Følgende hensyn er betraktet:

- Taksteinen løsnes forsiktig og oppbevares på forsvarlig måte slik at de kan gjenbrukes. Da bevares utseende mot gatefasaden best mulig.
- Taket demonteres kun delvis, da det tas hensyn til vern. Det skjøtes så, og forsterkes, med nye takbjelker.
- Sikringstiltak er nødvendig under ombyggingen.
- Der det etableres nye utsparinger må det også tilføres forsterkninger i form av ekstra bjelker.
- Sørge for å etablere diffusjonsåpen vindsperre for å hindre infiltrasjon. Diffusjonsåpent vindtettesjikt er viktig for å la eventuell fukt finne veien ut av konstruksjonen.
- Nytt tak skal ha luftespalte for å redusere mulighetene for fuktskader og kondens.
- Det er viktig å sørge for at det tettes godt i overgang tak/vegg.

For å sikre at konstruksjonen holder under ombyggingen vil det være nødvendig med sikringstiltak. Dette gjøres ved at dimensjonerende egenlast av tak+taktekking beregnes. Denne lasten gir så krefter som vanligvis ble tatt opp i bjelkene som nå er forandret på. På samme måte som man forspenner betongkonstruksjoner vil det søkes å sette inn en stålwire med c/c 600 som tar opp kraften fra egenlasten. Denne stålwiren festes på hver side av yttervegg mur og holder sådan bygget «sammen» under ombygging. Kun små inngrep i form av borede hull gjøres i konstruksjonen og derfor bør dette ikke komme i konflikt med vernehensyn. Tilsvarende prinsipp ble utført på domkirken i Oslo da den for kort tid siden gjennomgikk en omfattende rehabilitering. (Bovim 2012).

For å sikre tilstrekkelig luftspalte i takkonstruksjonen bør man legge tykkere sløyfer enn vanlig mellom et vann- og lufttett, men dampåpent undertak og taktekkingen. I dette tilfellet vil undertaket fungere som både vindsperre og undertak. Krysslufting er derfor en sikker måte å sørge for at takkonstruksjonen ikke blir utsatt for fuktskader. Der hvor to takflater møtes får man en utfordring da det ikke vil være en sammenhengende luftspalte. Måten å løse dette på gjøres enkelt ved å legges to lag med lekter på tvers og langs av taksperrene mellom undertak og vindsperre. En fri passasje har dermed blitt oppnådd, og prinsippet fungerer like bra ved et arkutbygg. I planleggingsfasen av en ombygging er det også viktig å fastsette føringsveier for rør av ulike slag og dimensjoner. Ønskelig er det å legge disse så høyt opp i en skråtakskonstruksjon som mulig, slik at presset fra snø blir så lite som mulig.

Foreslått utførelse av taket er tegnet av KTB Bjelland. (se vedlegg 4)

### **5.1.2 Nytt tak over bygg 2**

Omfatter tiltakspakke: «Ambisiøs»

Forutsetninger:

- Ingen fuktskader på takbjelkene
- Ikke bevaringsverdig

### 5.1.3 Hjerterveggen

Omfatter: «Enkel», «Moderat» og «ambisiøs»

Hjerterveggen rives og erstattes med 4 innvendige søyler som vil bære en HEB- drager i byggets lengde.

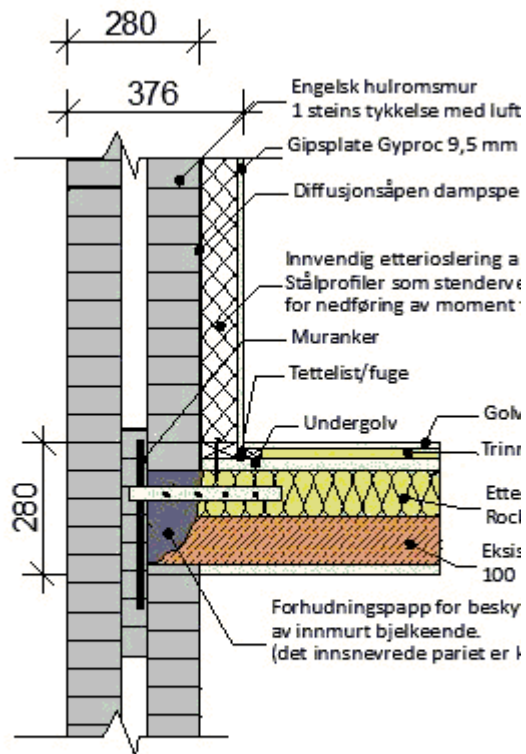
### 5.1.4 Etasjeskiller/bjelkelag mot 4.etg

Omfatter: «Enkel», «moderat» og «ambisiøs»

Forutsetninger:

- Konstruksjonen har ingen fuktskader eller andre skader av betydning
- Forutsettes lagt som vist i Bjelkelagsplan fra KTB Bjelland (vedlegg 4)

Det øverste gulvbordlaget vil bli fjernet, og konstruksjonen må inspiseres ytterligere da et inngrep ikke var mulig under tilstandsanalysen (se kapitell 4). For å få ned u-verdien og øke sikkerheten mot fremtidige fuktskader vil det bli lagt inn ekstra isolasjon i bjelkelaget. Da bjelkelaget er direkte lagt opp på mur, er det viktig å få isolasjonen så tett som mulig rundt tilslutningen, slik at man kan utelukke luftlekkasjer og kuldebroer. Deretter vil det legges nye sløyfer for å rette ut gulvets skjevheter. Så legges det på et undergulv med et trinnlyd-dempende sjikt på før man legger nye gulvbord.



### 5.1.5 Forsterkning av bærende vegger «bygg 2».

Omfatter: «ambisiøs»

Forutsetninger:

- Ingen fuktskader
- Stendere er intakt med lastbærende hensyn

Valget falt på å utvide kjøkkenarealet med noen kvadratmeter for å øke romfølelsen og for å skape et godt sted for opphold. Utsikten fra kjøkkenet er upåklagelig, og det vil være fokus på at dette skal være en samle plass som gir økt trivsel og med et godt innemiljø.

## 5.2 Forslag til ny arkitektur

I dette avsnittet vil et av de tre tiltakspakkene presenteres i form av plantegninger, snittegninger og noen visualiseringer. Valgt tiltakspakke er «ambisiøs» da dette gjenspeiler en robust og spenstig arkitektur fra utsiden og en økt bokvalitet på innsiden. Selv om kostnadsbildet for dette tiltaket er det dyreste, så det også med vilje valgt, da dette gir grobunn til diskusjon.

Det har blitt tatt hensyn til gatefasadens vernede status, men man i bakgården har forandret uttrykket helt for å fortelle en historie om at verden stadig undergår en endring.

Leiligheten fungerer i dag som et kollektiv for 4 unge mennesker. Da det etter hvert kan være ønskelig for en å ta over leiligheten å benytte den til en fullskalafamilie bolig vil det tas hensyn til i form av muligheten til å flytte en lettvegg etc. Det ønskes derfor å skape et innemiljø som er tilfredsstillende med hensyn til termisk komfort og sunn luft, og samtidig øke bokvaliteten med hensyn til det estetiske og opplevelsen av rommet. Det er dog av hensyn til fasadens «gule-listede» status begrenset av hva man kan gjøre med denne delen av bygget.

### 5.2.1 Ambisiøs

Det har vært fokus på å ta inn mest mulig dagslys og å «åpne» arealene innendørs på best mulig måte slik at innemiljøet vil oppleves som svært tilfredsstillende i forhold til det som var.

Det mest omfattende tiltaket, «Ambisiøs», ble valgt med fokus på å utfordre, men samtidig spille på lag med vernemyndighetene.

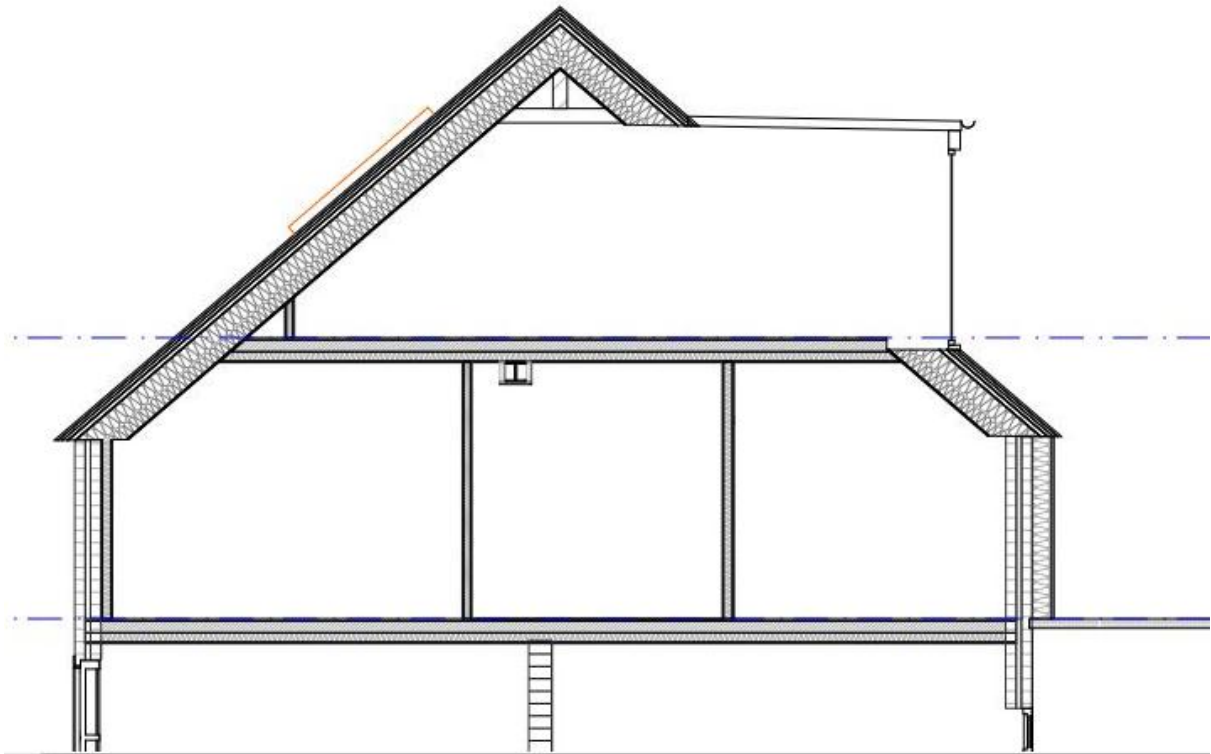
Det nye arkutbygget vil gi bygget en moderne tvist og utføres som en «boks» som nærmest krager ut av taket og gir en fantastisk utsikt over Bergen, og er en smart løsning da det gir ekstra areal i 5. etasje.

Den spenstige arkitekturen gir et tydelig skille fra eksisterende bebyggelse.

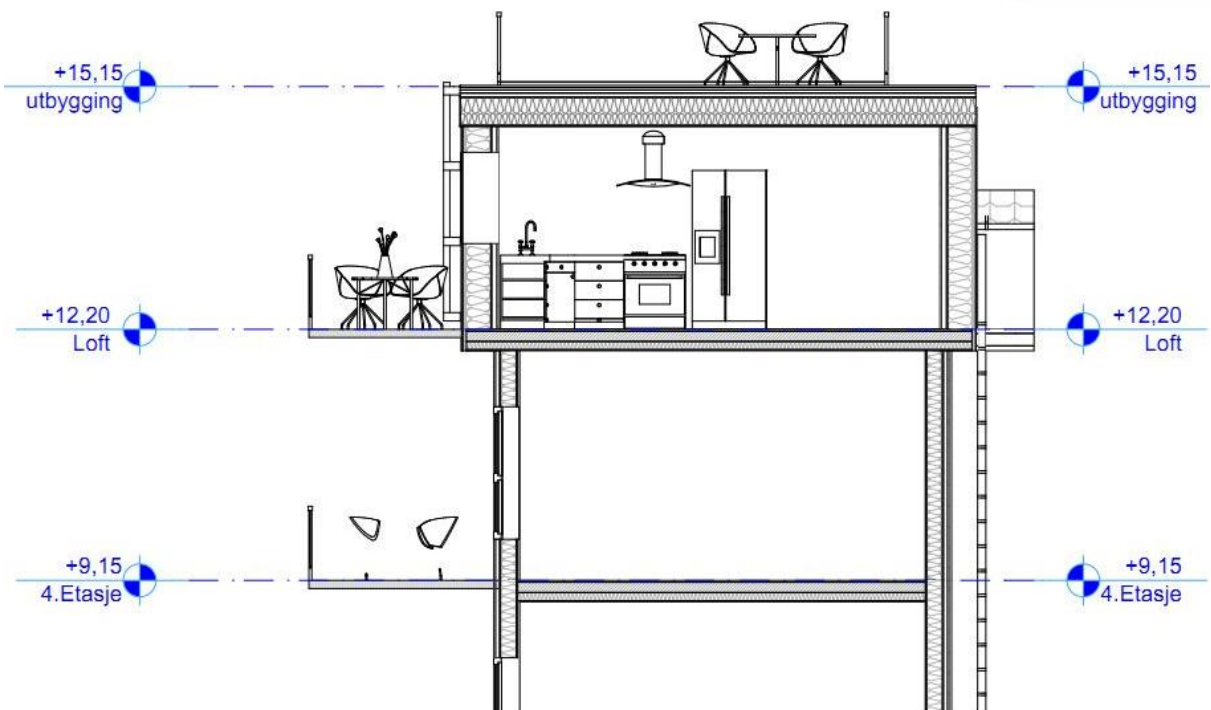
Snitt gjennom bygg 1 vil kunne se slik ut:

(Hele snittegningen foreligger som vedlegg, med riktig tilhørende målestokk).

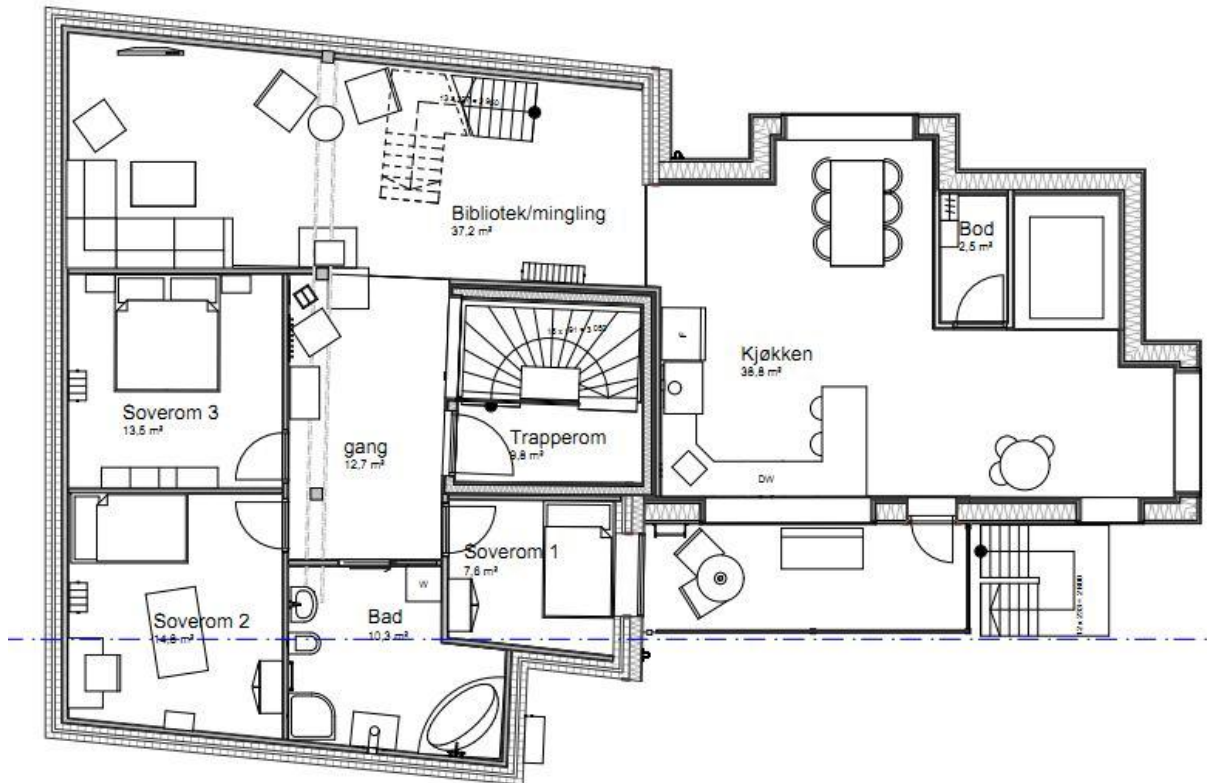




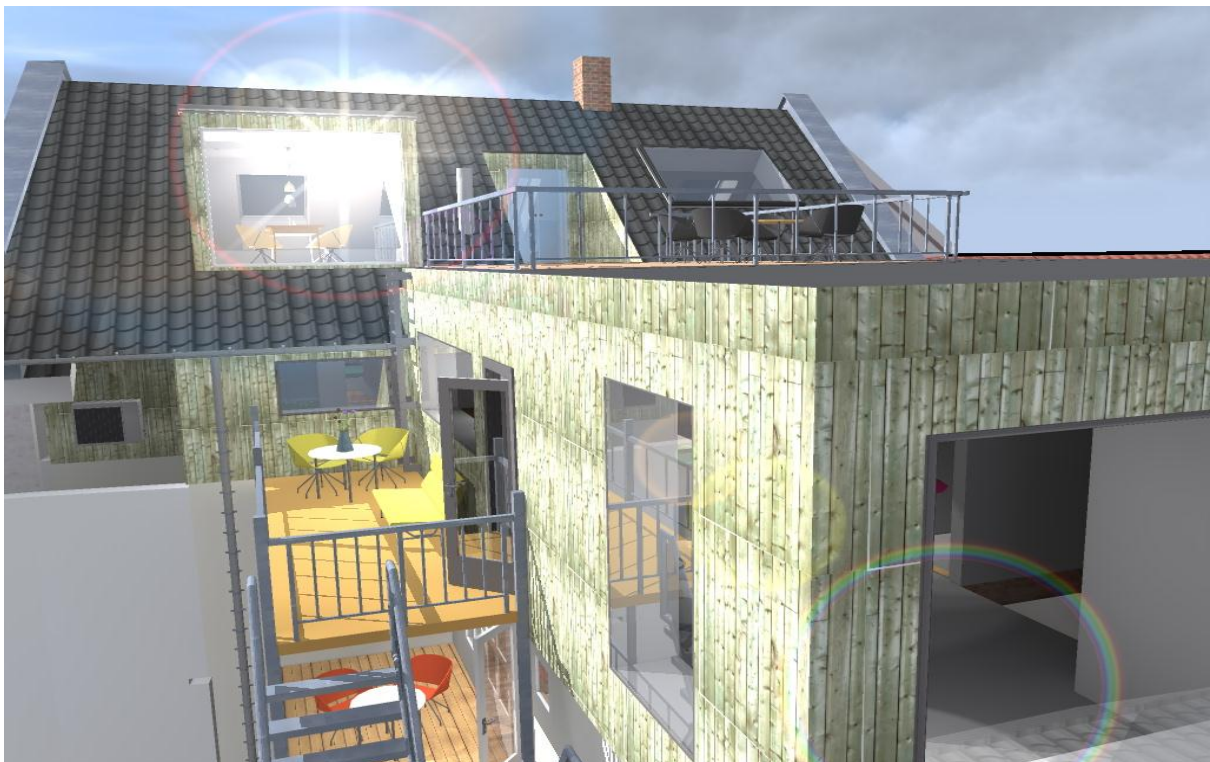
Tegning 3: Snitt gjennom TAK 1 Av: Ida Bergsløkken



Tegning 4: snitt gjennom bygg 2. Av: Ida Bergsløkken



Tegning 5: Forslag til løsning av Setg. "ambisiøs" Av: Ida Bergsløkken



Bilde 17: Nytt påbygg Illustrasjon: Ida Bergsløkken

**Interiør: «ambisiøs»**



**Figur 9: Nytt kjøkken. Grunnet det flate taket har arealt fått et mer åpent uttrykk. Illustrasjon: Ida Bergsløkken**



**Figur 10: Lyse og åpne planløsninger. Loftsarealet er lyst og øker bokvaliteten. Illustrasjon: Ida Bergsløkken**



Figur 11: Bad med plass for innsetting av passivhusaggregat. Illustrasjon: Ida Bergsløkken

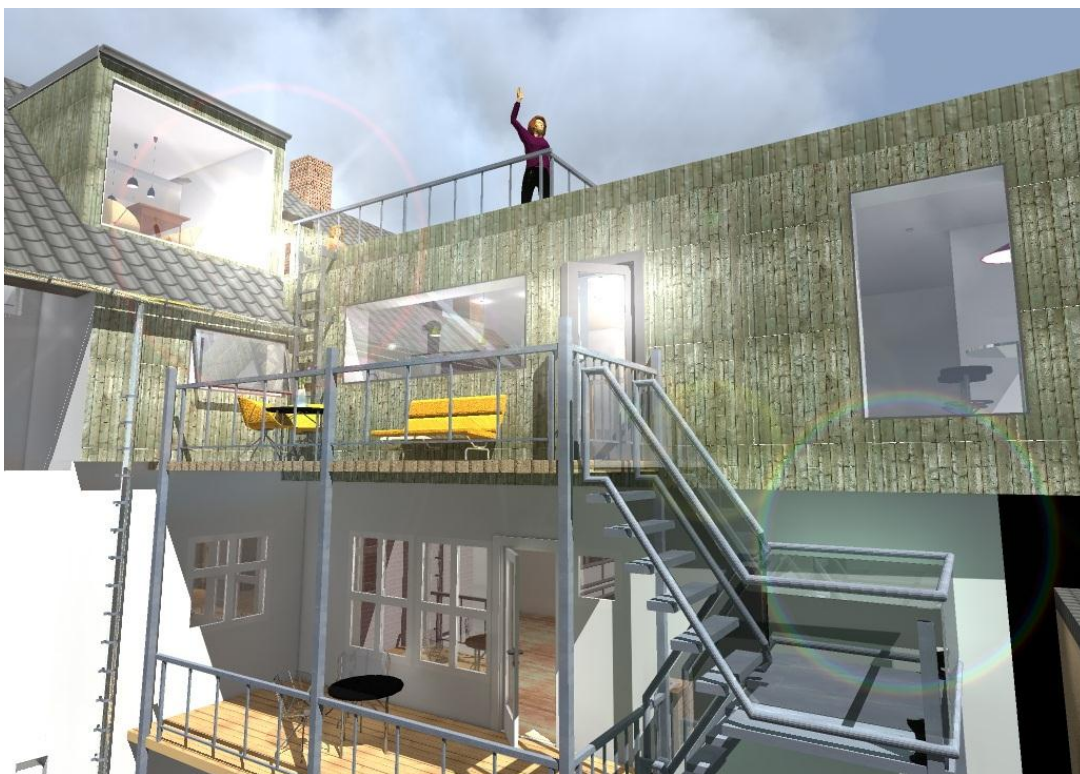
## 5.2.2 Eksteriør



Bilde 18: Den gulelistede fasaden med nytt og løftet tak. Ill.:Ida Bergsløkken

Taket har fått et nytt uttrykk i det det er blitt løftet og bygget om til en fullverdig loftsetasje. Det er dog utført på en forsvarlig måte og takvinduer er forsøkt implementert i takflaten slik at det skal lage minst mulig visuelt bråk i forhold til taket som var.

Fasadene som vender mot bakgård har derimot fått en real forandring. Terrassene har fått nye dekker der det trengtes, samt at rekkverket har fått en nøytral maling som ikke skaper visuelt rot.



Bilde 19: Forslag 1+2 til utbygging. Illustrasjon: Ida Bergsløkken

Det er valgt å tydelig vise skillet mellom gammelt og nytt ved foreslått ombyggingstiltak, da dette er i tråd med hva som synes fornuftig i forhold til riksantikvaren. Valg av å utforme tak over bygg 2 annerledes henger sammen med ønsket om å øke arealet og kvaliteten til innendørsarealene. I tillegg ligger bygg 2 slik til at det vil slippe til mye sol og dagslys i løpet av dagen, og det er derfor ment at bygg 2 vil fungere som en svært lys og god sone å oppholde seg i.

### 5.2.3 Heis og trapp

Forutsetninger:

- Det er ønsket av de andre beboerne i Klostergaten 8
- Det er tilstrekkelig plass til heissjakten da den kan spesialtilpasses (ref?)
- Tiltaket har fått gjennomslag da det er søknadspliktig (PBL §.....)
- Alle beboere ønsker heis, og ser behovet og nødvendigheten i en utvendig branntrapp.

Der den ubrukte trappen en gang var har det blitt installert heis som tilfører prosjektet et godt utgangspunkt for tilgjengelighet for alle, og en generell modernisering av utgangspunktet. Man vil også lettere kunne benytte seg av bodene i kjeller samtidig som man har enkel tilgang til bakgård uten å måtte gå rundt hele kvartalet. Ved å installere heis kan eldre så vel som funksjonshemmede bo i klostergaten 8 og ha lik tilgang på alle fasiliteter som resten av beboerne.

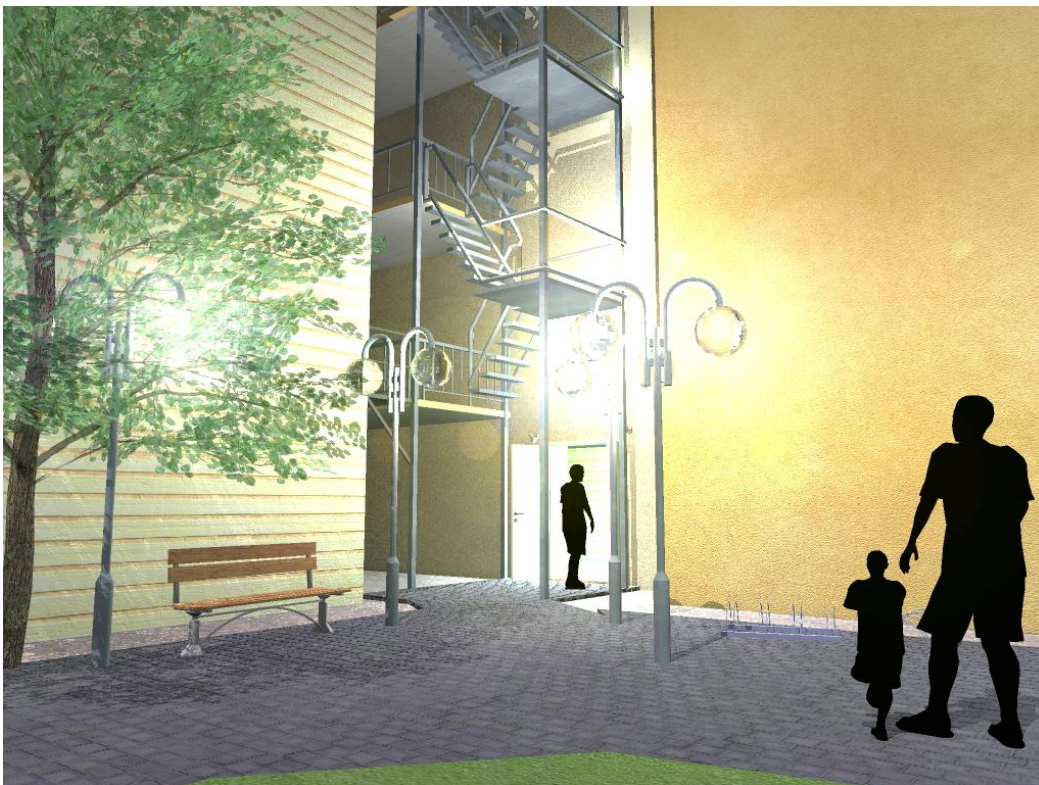
«Apotekerhagen» har fått en oppgradering og bakgården er et hyggelig sted å være, med enkel tilgang til leilighetene med den nye heisen. Sikker rømning er oppnådd ved å sette en branntrapp på utsiden som vist på bildet under.



Bilde 20: Utvendig branntrapp ut mot bakgården sikrer beboerne. Illustrasjon: Ida Bergsløkken.



Bilde 21: Sett fra byen. AV: Ida Bergsløkken



Bilde 22: Inngang fra Apotekerhagen til heisrom. Illustrasjon: Ida Bergsløkken



Bilde 23: Bakgården vil oppgraderes og oppleves trygg selv på natten. Illustrasjon: Ida Bergsløkken



## 6. Energieffektivisering av toppetasjen i Klostergaten 8

I dette kapitlet er målet å utvikle tre ulike konsepter som har fokus på en optimalisering mellom reduksjon av energiforbruket og lønnsomheten. Da det allerede er fastslått av oppdragsgiver at en ombygging av «tak» 1 vil skje, er prisen for ombyggingen kalkulert for seg og vil kun tas med i en endelig kostnadsanalyse for konseptet som tilslutt velges som det beste.

Utgangspunktet er beregnet under kapittel 5, og bygget har et forbruk på 292 kWh/m<sup>2</sup>/år.

Under hvert tiltak presenteres de ulike tiltakene, med kostnader knyttet til hvert element.

Det vil så foretas en simulering i SIMIEN for å undersøke hvor mye besparelse i kWh/m<sup>2</sup>/år som er oppnåelig, en kontroll på CO<sub>2</sub>-utslippet, samt en vurdering av overoppheting om sommeren.

Det vil derfor være fokus på etterisoleringstiltak og miljøvennlig energiforsyning.

### 6.1 Gulelistet fasade: Etterisolering innvendig

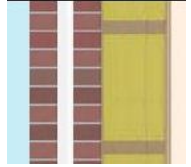
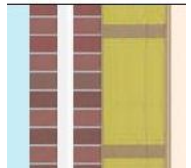
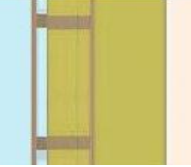
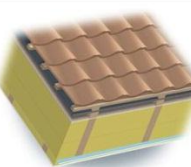
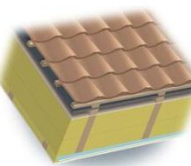

En utvendig etterisolering av gatefasade er ikke et alternativ da denne fasaden er gulelistet og innehar en historisk verdi og måten det preger gatebildet i Klostergaten. Etterisolering må derfor skje på innvendig side, hvilket byr på en rekke utfordringer.

Da det ikke var mulig å utføre en fysisk test av teglsteinen i Klostergaten 8, legges Mycoteam sine resultater (se kapittel 2.5.1) til grunn for valg av maks tykkelse på isolasjon i SIMIEN-beregningene. Da dette også er ferske resultater fra forskning, antas resultatet som tilfredsstillende å bruke i oppgaven.

## 6.2 Tiltakspakker

For å nå kravene til lavenergi (klasse 1) må følgende isolasjonstykkelser påføres eksisterende konstruksjon.

**Tabell 14: Tykkelse på isolasjon til enkeltkomponenter - Lavenergikrav (klasse 1)**

	Konstruksjonsdel	Eks. U-verdi	Ekstra isolasjon	Ny u-verdi	Krav
	Bakgårdsfasademur	1,1 W/m <sup>2</sup> K	250 mm	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Gulelistet murfasade+ gavlvegg	1,1 W/m <sup>2</sup> K	50 mm*	0,48 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Vegger bygg 2	0,78 W/m <sup>2</sup> K	200 mm	0,18 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 1	3,34 W/m <sup>2</sup> K	350 mm	0,12W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 2	0,8 W/m <sup>2</sup> K	300 mm	0,13 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Etasjeskiller **	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-

\* Grunnet fare for fuktproblemer kan hulromsmuren kun etterisolerers med 50 mm på innvendig side, og følgelig oppnås ikke minstekrav til u-verdi.

\*\*Etasjeskilleren vil etterisolerers for å bedre komforten, men u-verdien blir ikke tatt med da etasjen over og under vil holde lik temperatur.

### 6.3 Valg av tekniske installasjoner

Det er tatt en avgjørelse om å sette inn kompaktaggregatet fra Nilan som energiforsyning i leiligheten. Begrunnelse for valg er at en vedovn med vannkappe er noe usikkert i forhold til eksisterende pipeløp. Fra termograferingen så man helt klart at det var store utettheter i overgang pipe/himling, og det faller derfor bort.

Et solfangeranlegg er høyst aktuelt, og kan for øvrig kobles opp mot Nilan kompaktaggregat. Solenergien er dog ikke like god på vinteren og man måtte uansett ha installert en sekundær energiforsyningskilde.

Nilan aggregatet har et stilrent utseende og kan derfor fint plasseres på badet. Det er forutsatt at det tekniske aspektet bak installeringen lar seg løse, og at føringsveier er innenfor rekkevidde. Det er viktig at føringsveiene er isolerte hvis noe legges utenfor klimaskjermen.

Ved å koble opp en varmepumpe til anlegget, vil dette gi en effekt på 5 kW.

Leiligheten har et oppvarmet BRA på 133,4 m<sup>2</sup> før utbyggingstiltak og måler 183,7 m<sup>2</sup> etter utbygging. Med en effekt på 5 kW, vil kombinertaggregatet kunne forsyne følgende:

- |   |
|---|
| 1) Før utbygging: $5000\text{W}/133,4\text{ m}^2 = 37,48\text{ W/m}^2$<br>2) Etter utbygging: $5000\text{ W}/183,7\text{ m}^2 = 27,22\text{ W/m}^2$ |
|---|

Fra Tabell 7: Høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming i kapittel 2.2.3, vil følgende krav foreligge.

1) Før utbygging: Lavenergibolig kl. 1.: $30 + 8x \frac{(250-A)}{100} = 30 + 8x \frac{(250-133,4)}{100} = 39,3\text{ kWh/m}^2\text{ år}$
--

2) Etter utbygging: Lavenergibolig kl. 1.: $30 + 8x \frac{(250-A)}{100} = 30 + 8x \frac{(250-183,7)}{100} = 35,3\text{ kWh/m}^2\text{ år}$
--

\* Her forutsettes det at leiligheten er en enhet, og derfor velges  $A_f < 250\text{ m}^2$ .

## 7. Resultater og diskusjon

### 7.1 Resultater før

Simienberegningene før viste at et antatt netto energibehov lå på 32985 kWh.

Estimert forbruk fra BKK i 2011: 12218 kWh (referanse BKK)
--

Det er et stort avvik i forhold til hva BKK har som *estimert* forbruk.

Mulige årsaker til dette kan være at bygget har blitt etterisolert i ettertid, uten at dette er kjent.

Det er i tillegg vanskelig å vite hva de mener med estimert forbruk, og derfor synes ikke tallene å være helt pålitelige. Det er et svært lavt tall i forhold til at dette er en leilighet på nesten 140 m<sup>2</sup>.

Hvis estimert forbruk er myntet på romoppvarming alene, kan det være litt mer realistisk i og med at det er studenter som bor der i dag. Det ble også på befaringstidspunktet registrert at den eneste oppvarmingskilden var tre små vifteovner med maks effekt 500 W. Dette betyr i praksis at hele leiligheten kun har en effekt på oppvarmingen på  $1500 \text{ W} / 140 \text{ m}^2 = 10,71 \text{ W/m}^2$ . Hvis disse kun blir brukt når noen er i rommet, vil det følgelig resultere i et relativt lavt energiforbruk, i forhold til hva som kunne forventes. Dette er dog ikke forsvarlig, og dette kunne også bekreftes under den utførte tilstandsanalysen da det var en svært lav termisk komfort i bygget.

### 7.2 Energisimuleringer etter rehabiliteringstiltak

Under følger et utvalgt utdrag fra resultatene av energisimuleringene fra SIMIEN. Først kommer simuleringen av opprinnelig konstruksjonstilstand før det ble foretatt en energirehabilitering mot lavenergistandard. Deretter følger resultatene fra den oppgraderte bygningskroppen. Det er lagt vekt på å hente ut de verdiene av størst betydning mht. energieffektivitet i denne delen av teksten, men resten kan studeres i vedlegg til slutt i dokumentet.

**Tabell 15: Oversikt energibehov og kostnader**

Utbygging	Spesifikt energibehov romoppvarming	Totalt netto energibehov	Spesifikt energibehov	Spesifikk Energikostnad Kr/m <sup>2</sup>	Årlig energikostnad
Før	166,3 kWh/m <sup>2</sup>	32985 kWh	246,7 kWh/m <sup>2</sup>	250,7 kr/m <sup>2</sup>	33.520 kr
Enkel	54,6 kWh/m <sup>2</sup>	17956 kWh	134,3 kWh/m <sup>2</sup>	94,0 kr/m <sup>2</sup>	12.566 kr
Moderat	46,9 kWh/m <sup>2</sup>	27849 kWh	128,8 kWh/m <sup>2</sup>	88,7 kr/m <sup>2</sup>	19.172 kr
Ambisiøs	45,7 kWh/m <sup>2</sup>	28782 kWh	127,6 kWh/m <sup>2</sup>	80,9 kr/m <sup>2</sup>	18.239 kr

Av: Ida Bergsløkken. Simulert i SIMIEN

Som det fremkommer av tabellen vil en «enkel» rehabilitering, dvs. ved kun å etterisolere redusere det spesifikke energibehovet med 45 % i forhold til eksisterende tilstand.

Da leiligheten har blitt etterisolert og tett godt, vil det også bli et mindre behov til romoppvarming. Fra tabellen ser man at spesifikt energibehov før tiltak lå på 166,3 kWh/m<sup>2</sup>/år, og ved å gjennomføre «enkel» tiltakspakke vil man kunne redusere det spesifikke energibehovet til romoppvarming med 67 %. Dette er svært høyt, og det vil samtidig resultere i en økt termisk komfort.

En besparelse på hhv. 72 % og 73 % for «moderat» og «ambisiøs» vil også kunne oppnås.

Ved å studere tabellen ytterligere, kan man se at man sparer mest på å velge «ambisiøs» i spesifikk energikostnad, men følgelig vil også investeringen av denne tiltakspakken være høyere.

**Tabell 16: Kostnader for de ulike tiltakspakkene**

Tiltakspakke	Kostnad
«Enkel»	348 408 kr (26.000 kr for kun etterisolering)
«Moderat»	548 482 kr
«Ambisiøs»	874 208 kr

For fullstendige beregninger, se vedlegg 1

Tabell 16 gir også et tall på kun etterisoleringstiltak for vegg og tak, uten noen andre utbedringer innendørs. Dette er svært lavt, og vil kunne ha en rask inntjeningsstid. Fra «før» til «enkel»-tiltaksplan får man en besparelse på 156,7 kr/m<sup>2</sup>/år. Dette er svært godt resultat. Da dette ikke gjør noe annet enn å gjøre leiligheten varmere, vil interiøret fortsatt preges av å være nedslitt og de estetiske verdiene vil falle bort. En annen ting ved å se på en «enkel»-tiltaksplan er at man får en nedforet himling, noe som vil resultere i en lavere romhøyde. Dette kan være kvaliteter som er verdt å ta vare på.

**Tabell 17: Oversikt over CO<sub>2</sub>-utslipp og Energimerke:**

Utbygging	Spesifikt CO <sub>2</sub> -utslipp	Årlig CO <sub>2</sub> -utslipp	Energimerke / andel el/olje/gass	Beregnet levert energi normalisert klima
Før	99,0 kg/m <sup>2</sup>	13240 kg	Rød F/100 %	246 kWh/m <sup>2</sup>
Enkel	37,1 kg/m <sup>2</sup>	4964 kg	Gul B/ 51,7 %	99 kWh/m <sup>2</sup>
Moderat	35,0 kg/m <sup>2</sup>	7573 kg	Gul B/ 55 %	92 kWh/m <sup>2</sup>
Ambisiøs	34,8 kg/m <sup>2</sup>	7839 kg	Gul B/ 55,5 %	89 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 17 viser blant annet oversikten over det årlige CO<sub>2</sub>-utslippet. Man ser en klar reduksjon i utslipp ved å foreta en energirehabiliteringsprosess. Tallmessig kan det kanskje sies at det som er mest miljøvennlig er det som gir lavest total utslipp. Det ville følgelig være «enkel» oppgradering. Det årlige utslippet blir i dette tilfellet redusert med 8276 kg, mens det for hhv. «moderat» og «ambisiøs» reduseres med 5667 kg og 5401 kg. Men hva sier dette oss egentlig? Selvfølgelig er det «enkel» som gir det årlige laveste utslippet, men ved å kaste et blikk på det spesifikke CO<sub>2</sub>-utslippet, vil man oppdage at «moderat» og «ambisiøs» tiltaksplaner går av med seieren. Arealet har blitt økt med ca. 60 m<sup>2</sup> og følgelig vil det totale utslippet bli høyere. Men, det er det spesifikke som er mest interessant å se på i denne oppgaven,

Her ønskes det å undersøke hvilket potensiale en ombygging av kaldt loft til bolig. I forhold til det spesifikke CO<sub>2</sub>-utslippet vurderes dette til et godt tiltak, da det gir ekstra areal uten å lage fotavtrykk i form av BRA, og samtidig er det det tiltaket som gir minst CO<sub>2</sub>-fotavtrykk. Begrunnelse for dette ligger i at «ambisiøs» og «moderat» har tilnærmet det samme arealet, og kostandene for «ambisiøs» er en god del høyere.

Ut ifra CO<sub>2</sub>-regnskapet ansees det som svært bærekraftig å bygge i høyden for å huse flere, og samtidig slippe ut mindre klimagasser.

Problemstillingen til oppgaven ønsker også å belyse mulighetene for å nå lavenergistandard.

Det ble derfor simulert opp mot lavenergikravene for de ulike tiltakene.

Ingen av tiltakene viste seg å klare lavenergistandard, og det var også som antatt, da gulelistet fasade ikke lar seg etterisolere tilstrekkelig pga. verne hensyn. Derimot følger en presentasjon av byggenes varmetapstall:

**Tabell 18: Varmetapsbudsjett for "enkel" Simulering: Ida Begsløkken**

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,35
Varmetapstall tak	0,23
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14
Varmetapstall kuldebroer	0,10
Varmetapstall infiltrasjon	0,09
Varmetapstall ventilasjon	0,08
Totalt varmetapstall	0,99
Krav varmetapstall	0,75

**Tabell 19: Varmetapsbudsjettet for "moderat". simulering: Ida Bergsløkken**

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,22
Varmetapstall tak	0,13
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,12
Varmetapstall kuldebroer	0,04
Varmetapstall infiltrasjon	0,08
Varmetapstall ventilasjon	0,08
Totalt varmetapstall	0,67
Krav varmetapstall	0,75

**Tabell 20: Varmetapsbudsjett for "ambisiøs". Simulering: Ida Bergsløkken**

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,22
Varmetapstall tak	0,12
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,11
Varmetapstall kuldebroer	0,06
Varmetapstall infiltrasjon	0,05
Varmetapstall ventilasjon	0,08
Totalt varmetapstall	0,64
Krav varmetapstall	0,75

Følgende krav til varmetapsbudsjett stilles i Lavenergi kl. 1: 0,75 W/m<sup>2</sup>K

Både «moderat» og «ambisiøs» oppnådde kravene til varmetapsrammen. Alt det samlede varmetapstallet til omgivelsene.

Simien-simuleringene gir et oversiktlig resultat på hvor varmetapet er størst, og derfor en pekepinn på hvor de største tiltakene bør utføres. Som antatt ser man også etter tiltak at varmetapet er størst gjennom vegg da det var bygningsfysisk umulig å etterisolere. Det ville ikke være bærekraftig å etterisolere med 250 mm, for så å se at veggen ble ødelagt.

Derfor anses det å bruke krav til samlet varmetapstall til å være en god parameter å dømme byggets energieffektive mål etter, da man får et felles tall for alle enkelt-varmetapene. Man vet allerede at u-verdi på gulelistet fasade vil være på 0,48 W/m<sup>2</sup>K grunnet vernehensyn og maks isolasjon på innvendig side på maks 50 mm grunnet fuktproblematikk. Derfor kan man forsøke å nå kravet om samlet varmetapstall på en annen måte, f.eks. ved å legge inn ekstra isolasjon i taket. Skal man klare dette vil takhøyden bli mindre i takt med økingen av isolasjonstykkelsen, og dette kan komme på bekostning av romfølelsen og bokvaliteten. Det er mange kriterier å ta hensyn til.

Men til tross for dårlig etterisolert hulromsmur, klarte altså to av tre tiltakspakker å nå kravene til varmetapsrammen for lavenergistandard (klasse 1).

Det foreslås derfor at bygg som er gulelistet eller vernet, og hvor det er lov å forandre det eksteriøret i bakgården, får «fritak» fra å nå kravene til u-verdi på gulelistet fasade, jfr. PBL. Men i motsetning til dagens PBL som sier at ved slike unntak er det derfor vanskelig å sette krav til at slike bygg skal rehabiliteres til en viss standard, bør det kreves at bygget i det minste når kravet om varmetapstall totalt for bygget etter lavenergistandard.

Siden denne oppgaven fokuserte spesielt på loftsetasjen, kan det tenktes at det er lettere å oppnå et lavt varmetapstall i denne enheten grunnet det relativt store takarealet sammenlignet med vegg. Det vil dog for de underliggende etasjene være en gode å ha over- og underliggende



leiligheter som gir et gratis varmetilskudd. Ved å gjøre en tilsvarende nøye analyse av en vanlig etasje i klostergaten, kunne man avdekke varmetapstallene i fht. loftsleiligheten, og sett på hvordan man evt. bør behandle kravet til varmetapstall videre.

Da det ønskes at et slikt krav skal være realistisk for allmennheten å oppnå med dagens teknologi og materialer, bør det være et krav som er ambisiøst i forhold til en vanlig vedlikeholdsrenovering, men samtidig ligge noen prosent lavere enn for hva som stilles til nybygg.

Begrunnelse for utsagnet ligger i at man ved eksisterende bebyggelse ikke har mulighet for å velge plassering på tomt og at bygningsformen allerede er bestemt. I tillegg er man nødt til å ta hensyn til bygningsfysiske aspekter, og at konstruksjonen må tåle forandringen og påkjenningen fra en ombygging/rehabilitering. Det hadde vært svært interessant om man gjorde en rekke spesifikke utredninger av ulike leiligheter i typiske murgårder og fikk laget en slags statistikk over hva som kunne vært potensielt, men også realistisk å kreve av varmetapstall.

Ved å sette dette som gjeldene krav til eksisterende murgårdsbebyggelse (og for øvrig andre kategorier av bygg), vil man også kunne spille mer på lag med vernemyndighetene da det ikke nødvendigvis innebærer å nå krav til hvert enkelt element.

Men med forutsatte nådde krav til varmetapet, kan det ikke understrekes nok at man må sette strenge krav til kvaliteten av utførelser som gjøres i en energieffektiviseringsprosess. Dette gjelder forøvrig for alle byggeprosesser - fra nybygg til rehabilitering. Hvis simulert energibehov skal være lik *faktisk* energibehov er det viktig at utførelsen er svært god og at det settes strenge krav til håndverker. Det er viktig at alle ledd i hele kjeden er innstilt og bevisst på målene og kriteriene som stilles, og at samtlige er motiverte til å gjennomføre tiltakene. Hvis entreprenøren f.eks. ikke ser viktigheten i tiltakene og slurver unna vil man heller aldri kunne nå målene. Det er derfor viktig å samle hele byggenæringen slik at man smart og effektivt kan oppgradere til en mer energieffektiv bygningsmasse. For å klare å nå dette er det nødvendig å innføre et *kvalitetsprogram* og en *kravspesifikasjon* så tidlig som mulig i planleggingsprosessen.

Med et kvalitetsprogram kan man på en oversiktlig og overordnet måte legge frem hva som blir prioritert i prosjektet og hvilke aspekter det ønskes å fokusere på. En kontinuerlig oppfølging vil sørge for at kvalitetsprogrammet blir fulgt og leder hen til kravspesifikasjonen som vil definere krav som stilles til enkeltelementer og helt ned til detaljnivå på ulike utførelser.

### 7.3 Verneverdighet, utbygging og energirehabilitering

Potensialet som ligger i ombyggingen/utbyggingen av kalde loftsrom/krype loft er stor og kan være med på å sørge for at bolignøden i byene blir mindre. Da Bergen, så vel som Oslo og Trondheim, har en stor andel murgårdbebyggelse, bør man gå inn for å undersøke potensialet tilsvarende som gjort i oppgaven. Som beskrevet under kapittel 2.3 er det å forandre på arkitekturen og utseende til et bygg dessverre en nøtt å knekke når det kommer til vernehensyn. Det å heve et tak, tilføye et takvindu etc. vil kunne sees på som lite estetisk og søknadsprosedyren en lang og tidskrevende. Dette fører kanskje til at påtenkte utbygginger og forslag til ombygging blir lagt på hylla og «glemt» bort.

Når det gjelder vernehensyn og energieffektive tiltak bør det foretas en endring om man skal kunne imøtekomme kravene om et klimavennlig samfunn raskt nok. Det blir viktig å lage pre-aksepterte løsninger for rehabilitering av ulike typehus, her vises spesielt til murgårdbebyggelsen. På samme måte som håndverkerne brukte kjente og godt utprøvde metoder for å bygge murhusene på slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet, bør man med dagens teknologi kunne utforme metoder for energirehabilitering som er spesielt tilpasset bygget det er ment for. Ved å utføre dette gjentatte ganger, og ved å foreta målinger og analyser av systemene, kan man tilslutt ende opp med pre-aksepterte løsninger som øker rehabiliteringstakten.

Da klimaforholdene stadig blir tøffere må arkitekturen være robust og smart utformet etter værforhold. Man må legges vekt på at formen bør utformes etter energieffektive prinsipper som overflateareal/gulvareal, integrerte fasadesystemer, solinnfallsretning og vinkel o.l. Tidligfase planlegging og bruk av ulike simuleringsverktøy er nødvendig for å vurdere hvorvidt den tenkte arkitekturen fungerer rent energiøkonomisk. (arkitektur og energi)

### 7.4 Innemiljø

Det gjøres en god del forskning på inneklimatematikk (sintef.no) ved energieffektivisering av den eksisterende bygningsmassen, og det er viktig å ta dette på alvor. De tekniske forskriftene stiller krav for å sikre kvaliteten i det som bygges og det er uakseptabelt med dårlig innemiljø og fukt i bygninger. Noe selvmotsigende er det at PBL ikke sier noe klart om klimatilpasning og

fuktproblemer. I følge Jan Wilhelm Bakke fra Arbeidstilsynet har heller ikke Arnstadutvalget sin rapport tatt tilstrekkelig hensyn til dette. ar tatt tilstrekkelig hensyn til dette.

Ut fra resultatene i WUFI som ble utført av mycoteam (referanse) kan det se ut som fukt først blir et problem når isolasjonstykkelsen på innsiden av verneverdi fasade overskrider 50 mm. Det er viktig å ha det klart for seg at mye avhenger på utførelsen også, og at man ikke kan garantere at det er 100 % tett, slik at både fukt og luft kan trenge gjennom å nå innsiden. Det er derfor forsvarlig å sette en sikkerhetsgrense for isolasjonstykkelse på 50 mm da dette vil være et *mer bærekraftig* valg i forhold til de neste generasjoner. Ikke minst vil det være forsvarlig å tenke slik da fukt og råteskader er en av våre største helserisikoer i bygg.

Ved å la det være en luftespalte i mellom eksisterende hulromsteglvegg og isolasjon vil man også kunne ha bedre sjans for tørking av muren i sommerhalvåret. Det er først i vinterhalvåret av frost kan bli problematisk.

Når det gjelder innemiljø og det estetiske, er det helt klart at tiltakspakke «ambisiøs» kan sies å være det beste valget. Dette gir en god romløsning, og godt med dagslys inn i boligen, og et robust og tøft ytre. Det passer likevel godt inn der det strekker seg utover og gir et svært attraktivt

Resultatene viser at det mest bærekraftige ikke nødvendigvis er det tiltaket som er mest energieffektivt, ei det som er billigst. Det aller mest bærekraftige er det som balanserer økonomien og reduksjonen i energiforbruk og samtidig verner om et bygg og miljøet.

For å kunne skru opp rehabiliteringstakten ansees det som nødvendig å lage tilpassede «enøk-kataloger» til hver enkelt bygningstype, delt inn etter byggeperiode og sted i landet. Det bør avsettes et utvalg til hver bygningstype som gjennomfører grundige tilstandsanalyser av bygg som hører innunder en kategori. I tillegg bør man gjøre en rekke pilotprosjekter rettet mot akkurat denne bygningstypen for å kunne danne seg erfaringer og slik sett kunne være med på å standardisere måten man rehabiliterer på. Ved å gjøre dette vil man kunne oppnå følgende:

## 8. Konklusjon

Arnstadutvalget la ut et forslag om at alle eksisterende bygg som gjennomgår en totalrehabilitering skal, innen 2012, oppnå lavenergistandard. Et eksisterende bygg har allerede fastlagte rammer. Og det er disse rammene man må innrette seg etter når man skal gjøre det mer energieffektivt. Man må gjøre det beste ut av hva man allerede har, uten å komme ut for å skade det som allerede er. Skal vi klare å tilfredsstille de strenge klimakravene er selv gamle bygg nødt til å gå gjennom store energieffektiviseringsprosesser, selv de verneverdige. Det er behov for forskning, utvikling og demonstrering for å kunne understøtte utviklingen av ulike løsninger for å oppnå lavenergistandard i eksisterende bygningsmasse. Det må lages metoder og verktøy som baseres på langsiktig drift, vedlikehold og rehabilitering av bygg. En rekke ENØK-tiltak bør samles i en *kravspesifikasjon* delt inn i kategorier etter *bygningstype*, *byggsted* og *byggeår*. På denne måten kan man sikre seg at byggene bevares hvis de er vernet, og at det estetiske ikke går tapt. Allikevel kan man klare å sitte igjen med et bygg som har betraktelig lavere energibehov, og som slipper ut mindre CO<sub>2</sub>.

Dette danner også grunnlaget for konklusjonen som ble trukket for case-leiligheten som undergikk en rehabilitering og ombygging. I valgt case er resultatet at leiligheten ikke nådde helt ned til lavenergistandard. Allikevel, etter å ha blitt vurdert opp mot det bærekraftige potensialet, faller valget på «moderat»-tiltaks pakke, da dette har gått fra å være en leilighet som bruker 246,7 kWh/m<sup>2</sup>/år til 128,8 kWh/m<sup>2</sup>/år i tillegg til at en loftsetasje har blitt realisert. Dermed kan man også huse fler ved å bygge i høyden, og følgelig slippe ut mindre CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup>.

Det er derfor viktig at man søker å øke rehabiliteringstakten i Norge, for å kunne foreta et bærekraftig løft mot et lavutslippsamfunn.

***Noe må gjøres nå.***

## 9. Forslag til videre arbeid

- Behov for flere dokumenterte tilfeller av energirenovering samt oppfølging av bygget etter renovering for å kontrollere hvorvidt løsningene er fuktsikre og gir et behagelig inneklima.
- Behov for kravspesifikasjoner og enøk-kataloger som er myntet direkte mot aktuelt bygg.
- Kompetanseheving og kursing i byggenæringen i Norge
- Foreta flere lignende studier og forsøke å lage forhåndsdefinerte tiltakspakker som tar vare på miljøet, sikkerheten og det sosiale, men som ikke lar kravene unnsnippe til tross for et byggs vernestatus.

## 10. Referanser

- Arnstadutvalget. (2009a). *Bygg for framtida: miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012*. [Oslo]: Kommunal- og Regional Departementet. 67 s. s.
- Arnstadutvalget. (2009b). *Bygg for fremtida: Kommunal- og regionaldepartementet*, . 67 s.
- Bakke, J. W. (2012). *Samfunnsøkonomiske konsekvenser av dårlig inneklima*.
- Brundtland, G. H., World Commission on, E. & Development. (1987). *Vår felles framtid*. [Oslo]: Tiden norsk forlag. 257 s. s.
- Brød & Miljø. (2011). *Rive eller bevare?*
- Bygg og Bevar. Tilgjengelig fra: [www.byggogbevar.no](http://www.byggogbevar.no).
- bygningsavdelingen, K.-o. r. B.-o. (2011). *Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10)*. Oslo: Norsk byggtjenestes forl. 201 s. s.
- Dokka, T. H. & Hermstad, K. (2006). *Energieffektive boliger for fremtiden: en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger*. [Oslo]: [Husbanken].
- Edvardsen, K. I. (1-2007). 722.310: *Etasjeskillere med trebjelkelag i eldre bolighus fra perioden 1850-1955*. <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=667>: SINTEF Byggforsk.
- Edvardsen, K. I. (2007). Byggforskserien 722.310: *Etasjeskillere med trebjelkelag i eldre bolighus fra perioden 1850-1955*.
- Edvardsen, K. I. & Kvande, T. (2007). Byggforskserien 723.308: *Eldre yttervegger av mur og betong. Metoder og materialer*.
- Edvardsen, K. I. (2008). Byggforskserien 770.008 *Eldre byggevarer. Varmeisolasjonsprodukter, metallvarer og glass*
- Enova. Tilgjengelig fra: [www.enova.no](http://www.enova.no).
- Enova. (2012a). *Potensial- og barrierestudie: energieffektivisering i norske bygg*. Enovareport, b. 2012:01. Trondheim: Enova. 58 s. s.
- Enova. (2012b). *Potensial- og barrierestudie: energieffektivisering i norske bygg*. 58 s.
- frokostmøte, B. M. (2012). *Design og klima*. Design og Klima, Arkitektenes hus.
- Granum, H. & Hegdal, B. (1990). Byggforskserien 725.012: *Takkonstruksjoner i eldre bolighus. Former, metoder og materialer*.
- Grytli, E. (2004). *Fiin gammel aargang: energisparing i verneverdige hus : en veileder*. Trondheim: SINTEF Bygg og miljø.
- Grøttheim, E. & Vik, H. (2009). Byggforskserien 620.016: *Større tiltak i eksisterende bygninger: Planlegging og utførelse*. 8 s.
- Gåsbak, J. (2002). *Byggforskserien 700.613: Ombygging av loft til bolig*. Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=643&sectionId=2>.
- Hakonsen, F. (2009). *Norsk murarkitektur*. Oslo: Byggutengrenser.no. 272 s. s.
- Hauge, G. & Lavenergiprogrammet. (2012). *EU og energieffektivisering*. Fremtidens bygninger, Kursdagene 2012, NTNU Trondheim.
- Husbanken & SINTEF. Tilgjengelig fra: [http://passiv.no/hvordan\\_bygge\\_et\\_passivhus](http://passiv.no/hvordan_bygge_et_passivhus).
- Husbanken. (2012a). [www.husbanken.no](http://www.husbanken.no) Tilgjengelig fra: [www.husbanken.no](http://www.husbanken.no) (lest 23.04.2012).
- Husbanken. (2012b). *Kompetansetilskudd- bærekraftig bolig- og byggkvalitet 2012*. Tilgjengelig fra: [http://www.husbanken.no/tilskudd/tilskudd-kompetansetilskudd/kompetansetilskudd\\_bolig-og-bygg/](http://www.husbanken.no/tilskudd/tilskudd-kompetansetilskudd/kompetansetilskudd_bolig-og-bygg/) (lest 15.04.2012).
- inneklima.com. (2012). *WHO: Godt inneklima er en menneskerettighet*. <http://www.inneklima.com/index.asp?document=290&context=4>.

- Kulturminneloven, N. (2010). *Kulturminneloven (1978. 2010)*, b. § 15 Fredning av bygninger, anlegg m.v. fra nyere tid. Oslo: Cappelen Damm. 18 s. s.
- Lavenergiprogrammet. (03.01.2012). Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/relevant-eu-lovgivning/smarte-stroemmaalere-article1814-226.html>.
- Lavenergiprogrammet. (07.01.2012). *Energieffektiviseringsdirektivet*. Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/relevant-eu-lovgivning/energieffektiviseringsdirektivet-article1794-226.html>.
- Lavenergiprogrammet. (2012). *Støtteordninger*: Lavenergiprogrammet. Tilgjengelig fra: <http://lavenenergiprogrammet.no/stotteordninger/category144.html> (lest 10.05.2012).
- Multiconsult & Analyse og Strategi. (2011). Konsekvensanalyse av å innføre nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg: Kommunal- og Regionaldepartementet. s.100 s.
- Mycoteam. (2012). *Gamle og nye hussoppskader*. Nasjonalt fuktseminar.
- Nersveen, J. (2001). Byggforskserien 421.602:Dagslys. Egenskaper og betydning.
- Nestvold, V., Hjemdal, T. I., Mosland, T. B., Kanstad, T., Maisey, M. & Almås, A. J. (2011). Energibruk i bygninger i et bærekraftig perspektiv - Kompetanseplan for prosjekteringsfagene.
- Nilan. (2012). *Compact P Passivhusaggregat*. Danmark. Tilgjengelig fra: <http://www.nilan.dk/en-GB/Frontpage/Solutions/Domestic-solutions/Total-solutions/Compact-P.aspx> (lest 30.04).
- Nohre-Walldèn, A. (2012, 03.01.2012). *BREEAM NOR*. Fremtidens bygninger, NTNU Trondheim.
- Norwegian Green Building Council. (2012). *Om BREEAM NOR*.  
<http://www.ngbc.no/index.php?q=content/om-breeam-nor>: NGBC. Tilgjengelig fra: <http://www.ngbc.no/index.php?q=content/om-breeam-nor>.
- O'Gorman, J. F. (1998). *The ABC of Architecture*. The New York Times on Web: University of Pennsylvania Press.
- Rockwool. (2012). *Inneklimaguiden*. Tilgjengelig fra: <http://www.rockwool.dk/r%C3%A5d+og+vejledning/inneklimaguiden/inneklima+i+e> (lest 10.03.2012).
- Store Norske Leksikon. (2012). Hussopp. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/hussopp> (lest 12.05.2012).
- The Norwegian EPD Foundation. (2012a). *EPD Register byggevarer*. Tilgjengelig fra: <http://www.epd-norge.no/category.php?categoryID=365>.
- The Norwegian EPD Foundation. (2012b). *Hva er en EPD?* <http://www.epd-norge.no/category.php?categoryID=502>. Tilgjengelig fra: <http://www.epd-norge.no/category.php?categoryID=502>.
- Tor Helge Dokka & Wigestad, T. (2006). Faktor 4 boliger. [www.sintef.no](http://www.sintef.no): SINTEF Byggforsk arkitektur og byggeteknikk.
- Uvsløkk, S. (2005). Byggforskserien:725.403: Etterisolering av tretak. *Byggforskserien*.
- Webster-Merriam Dictionary. (2012). Tilgjengelig fra: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/sustain>.

**11. Vedlegg****VEDLEGG****Areal 1.-4.etasje**

Kjelleretg	Areal
Butikk nr.1	40 m <sup>2</sup>
Butikk nr.2	37 m <sup>2</sup>
Boder	

1.etasje	Areal
Butikk nr.1	54 m <sup>2</sup>
Butikk nr.2	41 m <sup>2</sup>
Felles WC	

2.etasje	Areal
Stue	55 m <sup>2</sup>
Kjøkken	15,7 m <sup>2</sup>
Bod	3,8 m <sup>2</sup>
Bad	5,7 m <sup>2</sup>
Soverom 1	15 m <sup>2</sup>
Soverom 2	17 m <sup>2</sup>
Vaskerom	4,6 m <sup>2</sup>

3.etasje	Areal
Stue	58 m <sup>2</sup>
Kjøkken	15,7 m <sup>2</sup>
Bad	5,7 m <sup>2</sup>
Soverom 1	15 m <sup>2</sup>
Soverom 2	17 m <sup>2</sup>
Vaskerom	3,8 m <sup>2</sup>

4.etasje	Areal
Stue	58 m <sup>2</sup>
Kjøkken	15,7 m <sup>2</sup>
Bod	3,8 m <sup>2</sup>
Bad	5,7 m <sup>2</sup>
Soverom 1	15 m <sup>2</sup>
Soverom 2	17 m <sup>2</sup>

Tabell 21: Arealoversikt t.o.m 4.etasje. Tabell: Ida Bergsløkken, referanse: ktb-bjelland



Sone 1: "Bygg 1"						
	Bygningsdel	Gj.snitt høyde (m)	Lengde (m)	Areal (m <sup>2</sup> )	Ombygges/rives	Nytt areal i ny konstruksjon (m <sup>2</sup> )
1	Gulelistet fasade	1,7	12	20,4	-	-
2	Gavlvegger	4	14,9	59,6	-	
3	Hulromsmur bakgård	1,7	8,35	14,195	-	-
4	Etg.skiller mot 4.etg.	-	-	101	101(ombygg)	-
5	Himling	-	-	86	86 (ombygg)	-
6	Tak Nordøst	-	-	70	42,7 (rives)	
7	Tak Sørvest	-	-	70	42,7 (rives)	
8	Hjertevegg	2,7	12	32,4	32,4 (rives)	HEB 300- bjelke

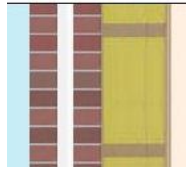
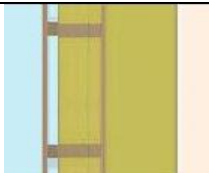
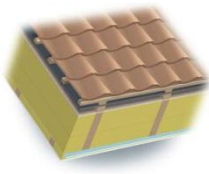
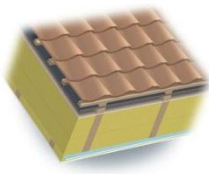

Sone 2: "Bygg 2"						
	Bygningsdel	Gj.snitt høyde (m)	Lengde (m)	Areal (m <sup>2</sup> )	Andel av areal som skal Ombygges/rives (m <sup>2</sup> )	Nytt areal i ny konstruksjon (m <sup>2</sup> )
8	Gavelvegg	2,73	5,8	15,834	15,834(rives)	
9	Bakgårdsfasade	1,4	8,35	11,69	24,3(rives)	
10	Etg.skiller mot 4. etg.	-	-	32,7	32,7(ombygg)	
11	Himling	-	-	20	-	-
12	Tak Nordvest	-	-	38,4		
13	Tak Sørøst	-	-	38,4	76,8	70

Sone 3: "Bygg1"					
	Bygningsdel	Gj.snitt høyde (m)	Lengde (m)	Areal (m <sup>2</sup> )	Nytt areal (m <sup>2</sup> )
14	Gavelvegg påbygg	-	-	14	
15	Etg.skiller mot 5. etg.	-	-	86	
16	Himling	-	-	15	
17	Tak Nordvest	-	-	56,2	
18	Tak Sørøst	-	-	56,2	

Vinduer/dører: Eksisterende situasjon						
	Bygningsdel	Antall	Areal stk (m <sup>2</sup> )	Fjerne	Bevare	Bytte ut
19	Arkvinduer	3	1,32	-	-	3
20	Takvinduer	5	1,6	3	-	2
21	Verandadør	1	1,7	-	-	1
22	Ytterdør	1	2,5	-	-	1
23	Vindu kjøkken	1	0,36	1	-	-

Vinduer/dører: Ny situasjon						
Nr	Bygningsdel	Antall fra gammel	Areal stk (m <sup>2</sup> )	Erstattet fra gammel situasjon	Nye Antall	Nye Areal (m <sup>2</sup> )
19	Arkvinduer	3	1,32	3	-	-
16/24	Takvinduer	2	1,6	2	4	2,4
25	Takvindu stort	-	-	.	1	4,5
26	Vindu	-	-	-	1	3,9
27	Vindu	-	-	-	1	4,4
28	Vindu	-	-	-	1	2,2
21	Verandadør	1	1,7	1	-	-
22	Ytterdør	1	2,5	1	-	-
29	Vindu takopplett	-	-	-	1	2,8

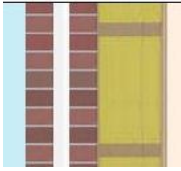
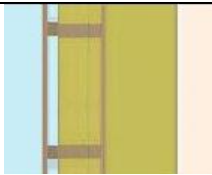
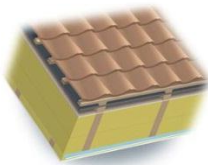
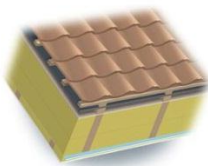

**VEDLEGG 3:****Tabell 22: Nødvendig tykkelse på isolasjon - TEK 10**

	Konstruksjonsdel	Eks. U-verdi	Ekstra isolasjon	Ny u-verdi	Krav
	Gulelistet murfasade+ gavlvegg + Bakgårdsfasademur	1,1 W/m <sup>2</sup> K	250 mm	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Vegger bygg 2	0,78 W/m <sup>2</sup> K	200 mm	0,18 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 1	3,34 W/m <sup>2</sup> K	350 mm	0,12W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 2	0,8 W/m <sup>2</sup> K	300 mm	0,13 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Etasjeskiller*	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-

\* Etasjeskilleren vil etterisolereres for å bedre komforten, men u-verdien blir ikke tatt med da etasjen over og under vil holde lik temperatur.

Av: Ida Bergsløkken. Kilde: [www.rockwool.no/BFS](http://www.rockwool.no/BFS)

**Tabell 23: Nødvendig tykkelse på isolasjon- Passivhuskrav**

	Konstruksjonsdel	Eks. U-verdi	Ekstra isolasjon	Ny u-verdi	Krav
	Gulelistet murfasade+ gavlvegg + Bakgårdsfasade mur	1,1 W/m <sup>2</sup> K	250 mm	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
	Vegger bygg 2	0,78 W/m <sup>2</sup> K	250 mm	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,15W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 1	3,34 W/m <sup>2</sup> K	350 mm	0,13 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Tak bygg 2	0,8 W/m <sup>2</sup> K	300 mm	0,13 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
	Etasjeskiller *	0,8 W/m <sup>2</sup> K	-	-	-

\* Etasjeskilleren vil etterisolereres for å bedre komforten, men u-verdien blir ikke tatt med da etasjen over og under vil holde lik temperatur.

Av: Ida Bergsløkken. Kilde: [www.rockwool.no/BFS](http://www.rockwool.no/BFS)

## Vedlegg 4

På grunnlag av tilstandsanalysen som ble presentert under kapittel 4,5, foreligger følgende kravspesifikasjon for caseleiligheten:

Ambisiøs


Tiltak/område	Kravspesifikasjon	Aktuell løsning/teknologi
<b>Arkitektonisk</b>		
Planløsning	Energikosnerverende planløsning	Mer effektiv arealutnyttelse, flytte bad til varmere indre sone av bygg. Bygg 2 vil gjennomgå en rehab for mer lysinntak og et mer moderne uttrykk.
Vinduer/dagslys	Energismart plassering av nye vinduer. Eksisterende med evt. Lysreflekterende hyller.	Vindusplassering i fht. Solretning. Store vindusarealer mot sør/vest. Store vinduer i nytt bygg med «skodder» som også gir et godt arkiteknoisk uttrykk. (se figur x)
<b>Bygningstekniske løsninger</b>		
Yttervegg bygg 1	Etterisolering innvendig grunnet vernehensyn. U-verdi= 0,48 W/m <sup>2</sup> K	Etterisolering innvendig: maks 50 mm grunnet fuktproblemtaikk
Yttervegg bygg 2	U < 0,16 W/m <sup>2</sup> K	Etterisolering og forsterkning av eksisterende trestenderverk
Etasjeskiller mot 4 etg.		Etterisolering av etasjeskiller, ved å åpne opp eksisterende konstruksjon å legge ut 100 mm ekstra isolasjon over stubbeloftsleiren. Nye lekter for avretting av gulv.
Etasjeskiller mot 6.etg		
Eksisterende vinduer		Bytte ut alle vinduer. Sette inn nye vinduer med superisolert karm
Nye vinduer		Tre lags rute, 2 lav E-belegg, argon, stål-spacer, superisolert karm.
Kuldebroer		Kuldebrobrytere min 100 mm. I nye konstruksjonsdeler.
Lufttetthet	<1,0	Dobbeltvindhetting på tak og

		nye vegger, fugemasse/silikon, tape, klemming, gode overgangsdetaljer, tetting rundt vinduer/dører. Meget god håndverksutførelse.
<b>Installasjoner</b>		
Ventilasjonsanlegg		Nilan kombinert anlegg: ventilasjon og romoppvarming, fuktføler etc.
Belysning		Sparepærer og lyssensorer i gang og rom som ikke er for varig opphold
Hvitevarer		Skal være energimerket
SD-anlegg		Kommer et forenklet med Nilan kombinertanlegget; enkelt brukergrensesnitt slik at man lett kan kontrollere og styre ulike innstillinger
Energiforsyning		kombinertanlegg

Tabell 24: Kravspesifikasjon for toppetasjen i Klostergaten 8. Av: Ida Bergsløkken

## VEDLEGG 5

**Tabell 25: Oversikt Nilan Bufferbeholder/varmepumpe**

Højde	mm	1.301	 <p><b>NILAN</b> OUTSTANDING INDOOR CLIMATE</p>
Bredde	mm	862	
Dybde	mm	477	
Vægt indedel	kg	35	
Vægt udedel	kg	125	
Max. luftmængde	m <sup>3</sup> /h	3.100	
Effekt varmepumpe	kW	5	
Bufferbeholder (integreret i Compact P)	L	50	
Elsupplering (indbygget i bufferbeholderen)	kW	2x2	
Tilslutningsspænding	Volt/Amp/ Hz	3x400/ 12,5/50	
Kølemiddel	kg/type	3/R407C	
VVS-tilslutningsdimension	"	1	
Driftstemperaturer	°C	-20/+50	
COP ved radiator drift *		2,7	
COP ved gulvvarmedrift *		3,4	

Bufferholder som integreres i Compact P og som kobles til en varmepumpe som plasseres på utsiden av huset.

Kilde 4: [www.nilan.dk](http://www.nilan.dk)