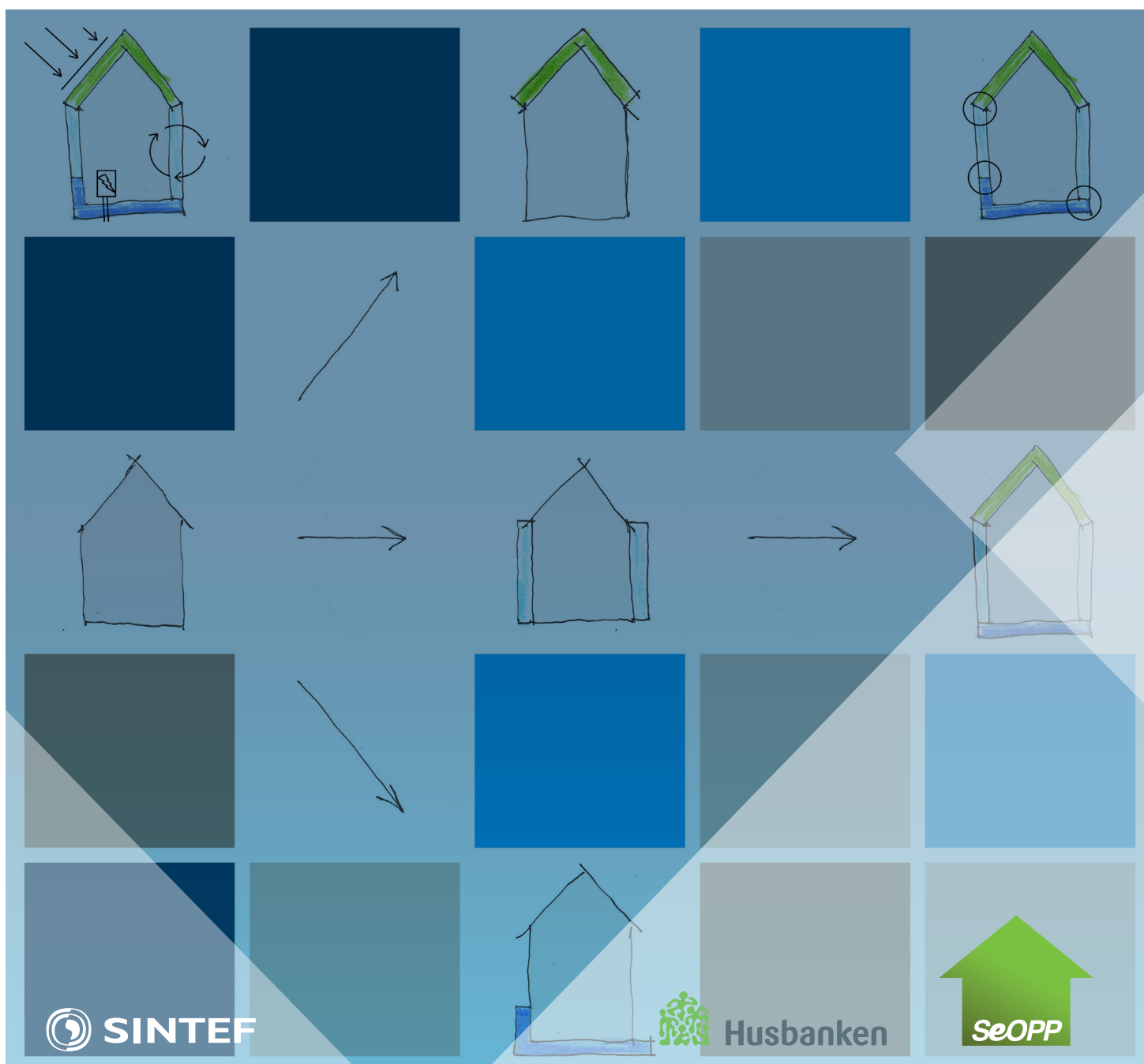


# Energiplan – tre trinn for tre epoker

SYSTEMATISK ENERGIOPPGRADERING AV SMÅHUS – SEOPP





SINTEF Fag

Kristian Stenerud Skeie, Tommy Kleiven, Anne Gunnørshaug Lien og Birgit Risholt

## **Energiplan – tre trinn for tre epoker**

Systematisk energioppgradering av småhus – SEOPP

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 25

Kristian Stenerud Skeie, Tommy Kleiven, Anne Gunnarshaug Lien og Birgit Risholt

**Energiplan – tre trinn for tre epoker**

Systematisk energioppggradering av småhus – SEOPP

Emneord: trinnvis energioppggradering, eneboliger, energiplan

Prosjektnummer: 102004519

Forsideillustrasjon: SINTEF Byggforsk

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1402-1 (pdf)

ISBN 978-82-536-1403-8 (trykt)

28 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmåt: 100 g munken polær

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2014

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

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

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Forord

I denne rapporten beskrives resultater fra to prosjekter. Kompetanseprosjektet «*Energiplan for rehabilitering av småhus til ambisiøst nivå*» er finansiert av Husbanken, mens innovasjonsprosjektet «*SE-OPP – Systematisk energioppgradering av småhus*» er finansiert av Norges forskningsråd og tolv partnere. Prosjekteier for SEOPP er Mestergruppen AS, SINTEF Byggforsk har prosjektledelsen, og prosjektperioden er fra 2013 til 2016.

*Energiplan – tre trinn for tre epoker* handler om oppgradering av seksti-, sytti- og åttitalls småhus i tre trinn som samlet gir et ambisiøst nivå. Med ambisiøst nivå menes passivhusnivå, lavenerginivå eller TEK10-nivå.

Partnere i SEOPP:

Mestergruppen AS (prosjektansvarlig), Stiftelsen SINTEF ved SINTEF Byggforsk (prosjektleder), Byggma ASA, Hunton Fiber AS, NorDan AS, RATIO arkitekter AS, Bolig Enøk AS, Glava AS, Husbanken, Isola AS, Enova SF, FLEXIT AS

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>English summary</b>	<b>6</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1 Energiplan for trinnvis oppgradering av småhus</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Boligmassen	9
1.3 Tilleggsgevinster ved energioppgradering	10
<b>2 Eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet</b>	<b>11</b>
2.1 Eneboliger og andre småhus fra seksti-, sytti- og åttitallet	11
2.2 Hovedtrender i perioden 1960–1990	12
2.3 Byggeteknisk utvikling	13
<b>3 Rehabiliteringsstatus for seksti-, sytti- og åttitallets eneboliger</b>	<b>18</b>
3.1 Generelt	18
3.2 Tidsvindu for ambisiøs energioppgradering	18
3.3 Registrering av tilstand på utvalgte boliger	19
3.4 Utgangspunktet for oppgradering	21
<b>4 Plan for trinnvis oppgradering av boliger</b>	<b>22</b>
4.1 Bakgrunn	22
4.2 Tretrinns oppgradering av bygningskroppen	23
4.3 Oppgraderingstiltak	25
4.4 Energiplan som dokumentasjon for tilskudd og lån	27
<b>5 Beskrivelse av seksti-, sytti- og åttitalshus</b>	<b>29</b>
5.1 Enebolig fra sekstitallet	29
5.2 Enebolig fra syttitallet	31
5.3 Enebolig fra åttitallet	33
<b>6 Mulighetsstudie av syttitallseneboligen (TEK 10, LE, PH)</b>	<b>35</b>
6.1 Beskrivelse av trinnene	35
6.2 Tiltak tilnærmet TEK 10-nivå	40
6.3 Tiltak tilnærmet lavenerginivå	41
6.4 Tiltak tilnærmet passivhusnivå	42
6.5 Evaluering mot Enova-støtteordningen	43
6.6 Energigevinsten for hvert trinn	43
<b>7 Diskusjon og oppsummering</b>	<b>44</b>
7.1 Generelt	44
7.2 Tre trinn eller alt i én operasjon	44

7.3 Dokumentering og måling.....	45
7.4 Finansiering .....	45
7.5 Prefabrikkerte elementer og volummarkedet .....	45
7.6 Nye produkter .....	45
7.7 Avfall og miljøbelastning.....	46
7.8 Barrierer i reguleringsbestemmelsene.....	46
7.9 Videre arbeid.....	46

## English summary

This report is based on work carried out in two research projects. One is the competence raising project «*Energy strategy for ambitious energy renovation of detached houses*», funded by The Norwegian State Housing Bank. The other project is the innovation project SEOPP «*Systematic energy upgrade of detached houses*», funded by The Research Council of Norway and 12 Norwegian industry partners.

A stepwise energy upgrade strategy is presented in this report, aiming at improving the energy performance of single family houses built between 1960 and 1990 in Norway to an ambitious level complying with current energy codes for new buildings or better. The purpose of investigating a stepwise approach is to see energy upgrades in relation to the actual needs for maintenance and spread the investment costs over a greater time span so that more house owners can find the means to renovate their homes to an ambitious level. With a holistic assessment and upgrading strategy, an «*Energy plan*», house owners can carry out measures to improve the building envelope, ventilation and energy systems in successive steps based on their needs and the maintenance requirements of the house. When all steps have been accomplished, the house will be updated to current standards or better depending on the selected ambition level. A holistic strategy can prevent «energy lock-in» and contribute to ensure a safe and moisture secure upgrading process. The key research question is:

### **How can a stepwise, ambitious energy upgrade be accomplished for detached houses from the 60s, 70s and 80s in a secure way that prevents energy lock-in?**

Several research methods are used to answer this question: Literature review, audit reports, workshops with relevant industry partners and experts on the field, as well as energy performance simulations.

In the introduction, the building typology of single family houses are mapped to identify the typical construction techniques, building performances and architectural characteristics for the three decades 1960s, 1970s and 1980s. The current conditions that lead homeowners to consider renovation and an analysis of renovation status are also briefly examined based on audit reports. Finally, a three step energy renovation strategy of the building envelope is presented, consisting of external walls, basement and roof/attic. For each step recommendations are given together with a description of the effect that can be expected from these measures. The order of the steps are inclined to be individual for each renovation project and need to be decided based on the house owners priorities and the technical condition of central building elements like e.g. roofing, cladding, windows and foundation drainage.

In chapter 7 a detailed feasibility study is performed for a typical catalogue house from the 1970s. Measures to improve the building envelope through the three steps (roof/attic, exterior walls and basement) are described along with necessary measures to improve ventilation and heating supply systems. In the following, energy performance evaluations are presented to illustrate what measures are necessary to reach three different ambition levels: current building code, low-energy house and lastly passive house standard according to the respective norms. The measures are selected to fulfill the requirements of the current support schemes for ambitious home renovations in Norway from Enova and Husbanken.

In the last chapter of the report, advantages and disadvantages of a stepwise upgrade strategy as opposed to upgrading in one single operation are discussed. The analysis reveals that the main challenge comes down to the detailing of the steps. It provides opportunities of creating synergy effects through the combination and timing of different measures. However, the main anticipation is to increase renovation rate, raise the ambition level and prevent 'energy lock in' by combining stepwise energy upgrades with the need for maintenance and distribution of renovation costs over time.



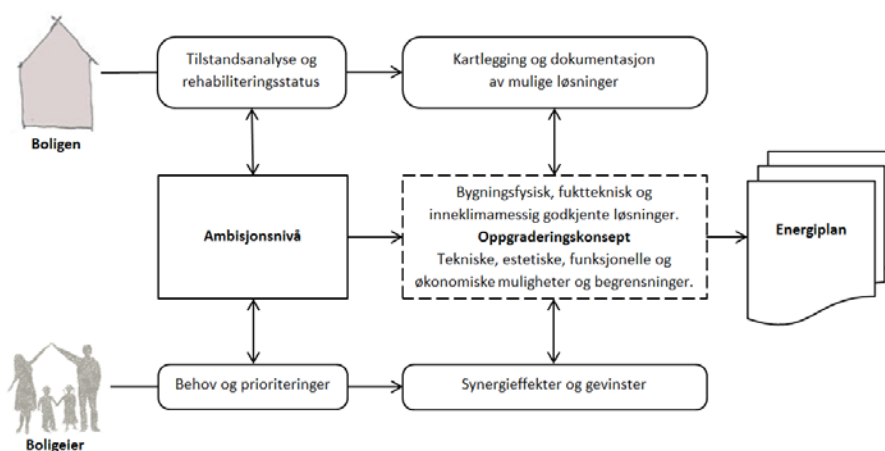
## Sammendrag

Rapporten omhandler trinnvis oppgradering av eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet til et ambisiøst nivå tilsvarende dagens forskriftskrav eller bedre. Hensikten med den trinnvise tilnærmingen er å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom, slik at flere boligeiere ser seg råd til å oppgradere eneboligen sin. Med utgangspunkt i en helhetlig plan for oppgraderingen (energiplan) kan boligeiere gjennomføre trinn for trinn etter egne prioriteringer og boligens behov. Summen av trinnene bringer boligen opp til dagens standard eller bedre, avhengig av ambisjonsnivå. En helhetlig plan forhindrer klattrehabilitering og bidrar samtidig til et trygt og fuktsikkert oppgraderingsforløp. Det sentrale forskningsspørsmålet som rapporten søker å besvare, er:

*Hvordan gjennomføre en trinnvis, ambisiøs oppgradering av eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet på en trygg og sikker måte som forhindrer klattrehabilitering?*

For å besvare dette spørsmålet er flere forskningsmetoder benyttet: litteraturstudie, gjennomgang av takstrapporter, workshops med bransjeaktører og eksperter på feltet, samt energisimuleringer.

Innledningsvis i rapporten beskrives bygningstypologien enebolig og spesielle kjennetegn ved den for hvert av de tre tiårene seksti, sytti- og åttitallet, med fokus på arkitektur, byggemåte og materialbruk. Rehabiliteringsstatusen for eneboligene fra denne tidsperioden er også belyst. Deretter beskrives en tretrinns energiplan for oppgradering bestående av ytterveggtrinnet, kjellertrinnet og taktrinnet. For hvert av trinnene beskrives tiltakene som inngår og hvilken effekt de har. Rekkefølgen for gjennomføringen av trinnene vil være unik for hvert enkelt rehabiliteringsprosjekt og bestemmes ut fra boligeiers prioriteringer og den bygningstekniske tilstanden til sentrale bygningselementer som taktekning, bordkledning, vinduer og drenering. Metodikken for utarbeiding av en energiplan er illustrert i figuren under.

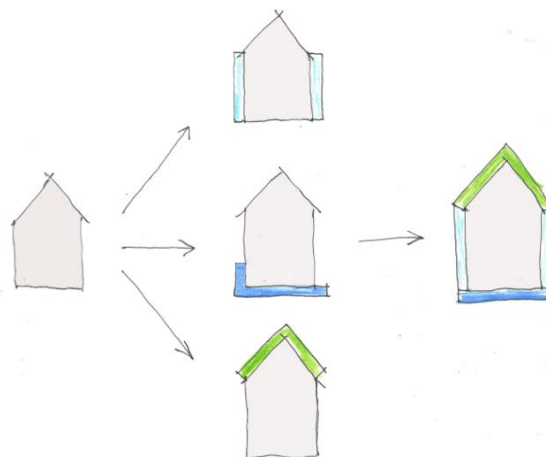


I rapportens kapittel 7 er det gjort en detaljert mulighetsstudie for et tidstypisk kataloghus fra 1970-tallet. Tiltak for taktrinnet, ytterveggtrinnet og kjellertrinnet er utførlig beskrevet. Deretter er det gjort en simuleringsstudie der hensikten har vært å vise hva som må til for å oppnå TEK10-nivå, lavenerginivå og passivhusnivå for syttitallseneboligen. Summen av alle tiltakene er valgt med tanke på å oppfylle kriteriene for oppgraderingsstøtte fra Enova (se om støtte og finansiering kapittel 7.4). TEK10-nivå oppfylder kriteriene til nivå 2, og lavenerginivå og passivhusnivå oppfylder kriteriene til nivå 1 i Enovas støtteordning.

Avslutningsvis i rapporten diskuteres fordelene og ulempene med trinnvis oppgradering kontra en oppgradering der alt gjøres i én operasjon. Analysen viser at en av hovedutfordringene handler om detaljeringen av trinnene. Forventningen til en trinnvis tilnærming til oppgraderingsoppgaven er å senke terskelen for å komme i gang ved å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom og bidra til målsettingen om å øke både rehabiliteringsraten og ambisjonsnivået.

# 1 Energiplan for trinnvis oppgradering av småhus

## 1.1 Bakgrunn



Figur 1.1

De tre trinnene i energiplanen: yttervegger – kjeller (golv og vegger mot terreng) – tak

En plan for trinnvis oppgradering med fokus på energisparing handler om at hvert trinn utføres og ses i sammenheng med neste trinn, slik at man unngår såkalt klattrehabilitering (som ellers kan medføre innelåst energieffektiviseringspotensial) og ivaretar godt inneklima i hele prosessen. De tre trinnene omfatter yttervegger, kjeller (golv og vegger mot terreng) og tak, samt installasjonstekniske tiltak. Rekkefølgen på trinnene kan man velge ut fra boligens tilstand og boligeierens prioriteringer. Oppgraderingen er på et ambisiøst nivå når alle tre trinnene er gjennomført. Med ambisiøst nivå for energioppgradering menes passivhusnivå, lavenerginivå eller TEK10-nivå.

De foreslåtte trinnene tar hensyn til tekniske, estetiske og økonomiske muligheter og begrensninger, samtidig som tiltakene må oppfylle fukt- og inneklimateknisk godkjente løsninger. Tiltakene vurderes spesielt med tanke på å oppfylle kriteriene for oppgraderingsstøtte fra Enova:

- forbedret varmetapstall gjennom tiltak på bygningskroppen (kontrolleres med beregning)
- redusert netto energibehov (omfatter også ventilasjonsløsningen)
- krav til fornybar andel (alternativer til elektrisitet, eller fossil olje/gass som oppvarming)

De siste årene har det blitt gjennomført flere kartlegginger av den norske boligmassen med sikte på å tallfeste potensial for energieffektivisering (Dokka mfl., 2009; Thyholt mfl., 2010; Prognosesenteret, 2011; Enova, 2012). Studiene påpeker at det er mulig å redusere boligmassens energiforbruk med 25–40 % hvis man gjennomfører energioppgradering i stor stil. Et eksempel fra IEA-SHC task 37 rapport (Thyholt mfl., 2010): «Hvis alle boliger før 1990 ble oppgradert med 10 cm ekstra isolasjon i vegger, golv og tak, nye vinduer med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>K og forbedret lufttetthet (n50) til mellom 2,5 og 3 (ved 50 Pa), vil det gi en reduksjon i energiforbruket på rundt 12 TWh/år – ca. 25 % av det totale energiforbruket i boligmassen.» Arnstadutvalget (Arnstad mfl., 2010), som ble nedsatt av Kommunal og regionaldepartementet i 2009 for å legge fram et forslag til mål og tidsplan for energieffektivisering i nye og eksisterende bygg, mente at det er avgjørende at regjeringa fastsetter konkrete mål for energieffektivisering i bygg. I målsettingene som ble foreslått av Arnstadutvalget om å « redusere levert energi til drift av bygg » i hele byggsektoren med 10 TWh i 2020 og 40 TWh i 2040, sammenliknet med « dagens nivå » på ca. 80 TWh/år, utgjør energieffektiviseringstiltak i eksisterende boliger en betydelig andel av det beregnede potensialet. I flere av potensialstudiene kommer det dessuten fram at det største potensialet for energieffektivisering av boligmassen fins i eneboligsegmentet.

Ambisiøs rehabilitering er behandlet for småhus blant annet gjennom prosjektene:

- «EKSBO – Kostnadseffektive energikonsepter for eksisterende boliger» (Mysen, 2008)
- «Mer kunnskap om energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse» (Miljøverndepartementet, 2011)
- «Zero energy renovation of single family houses» (Risholt, 2013)
- 2 Husbank-prosjekter (Moltemyr og Isterdalen, 2013)

I prosjektet CHOERENO er det nylig gjort en kartlegging av de mest ambisiøst oppgraderte eneboligene i Norge med utgangspunkt i blant annet NVE (Norges Vassdrags- og Energidirektorat) sin database over energimerkede eneboliger. Blant alle eneboliger bygd mellom 1950 og 1990 som har fått energimerke A eller B, kom man fram til ca. tjue eneboliger som er som forbildeprosjekter å regne per mars 2014<sup>1</sup>.

## 1.2 Boligmassen

### 1.2.1 Generelt

Den norske boligmassen består av drøye 2,2 millioner boliger, målt i antall bebodde boliger per 1.1.2011 (SSB, 2011). Småhusbebyggelsen utgjør tre fjerdedeler av dette, og så mye som 80 % av befolkningen bor i eneboliger, tomannsboliger eller andre småhus som rekkehus og kjedehus. Eneboligen er den desidert mest utbredte hustypen i småhussegmentet. Eneboliger utgjør over halvparten av alle boliger i Norge og er hjem for om lag 60 % av Norges befolkning (tabell 1.2.1).

Tabell 1.2.1

Bebodde boliger etter byggeår og bygningstype. Bosatte etter bygningstype (SSB per 1.1.2011)

Bygningstyper	Bebodde boliger etter byggeår <sup>a</sup>				Bosatte <sup>c</sup>		Bosatte per bolig
	Før 1960	1961–1990	Etter 1991	I alt <sup>b</sup> Antall <sup>b</sup>	Prosent	Antall	
I alt (antall)	670 000	947 000	491 000	2 205 191	4 898 537		2,2
I alt (prosent)	30 %	43 %	22 %	100 %	100 %		
Enebolig	343 788	551 452	200 289	53 % 1 166 721	60 %	2 948 583	2,5
Tomannsbolig	87 234	59 061	46 194	9 % 201 865	10 %	471 616	2,3
Andre småhus	55 151	126 271	74 437	12 % 260 860	11 %	554 293	2,1
Boligblokk	167 342	190 224	140 714	23 % 500 938	17 %	818 823	1,6
Annen bygningstype	16 662	19 885	29 735	3 % 74 807	2 %	105 222	1,4

<sup>a</sup> Som bebodde boliger regnes alle boliger med registrert bosatte ifølge folkeregisteret.

<sup>b</sup> 96 752 boliger der byggeår ikke er oppgitt utgjør resterende 4 %

<sup>c</sup> 181 418 personer bosatt i institusjon eller med uoppgitt boform er ikke medregnet.

Tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB, 2011)

### 1.2.2 Tidsvinduet for energioppgradering er åpent nå

Småhusene bygd på seksti-, sytti- og åttitallet er i stor grad modne for en hovedrehabilitering. Den forventede levetiden er over for sentrale bygningsdeler som tak, utvendig kledning og drenering. Det betyr at «tidsvinduet» for å gjøre en oppgradering med energieffekt er åpent nå for en stor andel eneboliger i Norge. Det økonomiske løftet som er nødvendig for å oppgradere huset til et ambisiøst energinivå i ett steg, er imidlertid tungt for mange. Dette er bakgrunnen for at det i dette prosjektet er utviklet et trinnvis oppgraderingsløp. Da kan investeringskostnadene fordeles over et større tidsrom, noe som muliggjør ambisiøs og trygg energioppgradering for flere.

<sup>1</sup> <http://www.cohereno.eu/> Målsettingen med COHERENO er å styrke samarbeidet mellom aktører som tilbyr tjenester innen ambisiøs oppgradering av eneboliger. Fem land deltar i prosjektet som varer fra 2013–2016.

Et mål med en energiplan er å belyse at selv om boligen preges av mange tidstypiske idealer, eller løsninger som nå har nådd sin maksimale levealder teknisk eller funksjonelt sett, fins det også eksisterende kvaliteter og potensialer som kan framheves med en helhetlig og systematisk tilnærming. Det skilles derfor mellom periodisk vedlikehold, eller rehabiliteringsarbeider (reparasjoner, utbedring og utskifting av komponenter), og oppgradering, som også kan innebære de nevnte arbeidene, men som i tillegg løfter bygningen til et høyere kvalitets- eller funksjonsnivå (figur 1.3). Derfor brukes begrepet energioppgradering om rehabiliteringsarbeid med sikte på å oppnå en høyere energistandard og andre gevinster.



Mange tiltak som gjøres med tanke på å bedre energistandarden, kan også bidra til å oppnå andre kvaliteter, som mer forutsigbart vedlikehold, bedre inn klima og komfort, jevnere innetemperatur, større fleksibilitet i plassering av varmekilder, universell utforming og fornyet arkitektonisk uttrykk. Forskningsprosjektet REBO<sup>2</sup> viser flere eksempler på dette (Kjølle mfl., 2013).

- bedre innemiljø: inneklima, komfort, lydforhold
- bedre dagslysforhold og forbindelse/utsyn til utemiljø
- økt tilgjengelighet og mer funksjonelle løsninger
- lavere oppvarmingskostnader
- lavere effektbehov og færre varmekilder
- større fleksibilitet i energiforsyning og i plassering av varmekilder
- fornyet arkitektonisk uttrykk
- høyere salgsverdi og bedre energimerke
- en mer miljøvennlig bolig
- et hus man kan være stolt av å bo i

10

## 2 Eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet

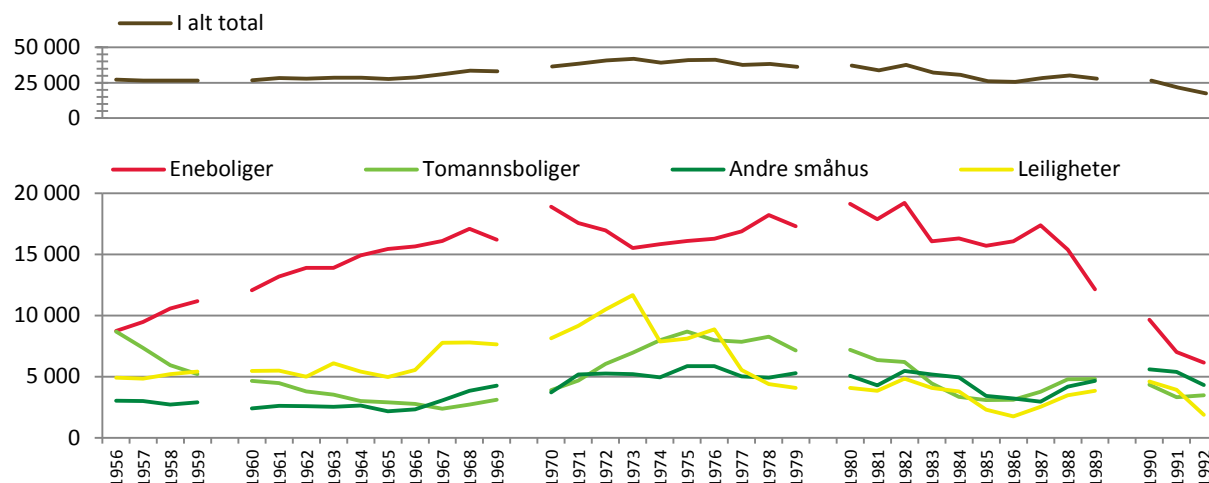
### 2.1 Eneboliger og andre småhus fra seksti-, sytti- og åttitallet

De aller fleste av eneboligene i Norge ble bygd etter andre verdenskrig (SSB, 2011). Til sammen fins det om lag 700 000 småhus fra perioden 1960–1990, med stor overvekt av eneboliger (tabell 1.2.1). Mye av småhusbebyggelsen i etterkrigstiden var husbankfinansiert. Typetegningen distribuert av blant andre Husbanken var viktig i de første tiårene, men utover 1960-tallet overtok ferdighusnæringen dette markedet. Fra sekstitallet opplevde ferdighusmarkedet en nærmest eksplosjonsaktig vekst med en nær firedobling av antall ferdighusfirmaer. Årsproduksjonen av antall ferdighus steg fra omlag 600 i 1963 til 10 000 i 1969 (Sørby, 1992). Den store utbredelsen av ferdighus på seksti-, sytti- og åttitallet, sammen med strenge regler fra Husbanken for å få boliglån, har ført til at bygningstypologien fra denne tidsperioden er ganske homogen. Det førte til relativt standardiserte og kostnadseffektive løsninger og en ganske ensartet småhusbebyggelse. Byggeskikken fra perioden er imidlertid preget av påvirkninger fra ulike stilretninger og av de til enhver tid gjeldende byggereglene og føringene for boliglån fra Husbanken. Litteraturgjennomgangen viser flere likheter i formen mellom det som ble bygd på seksti- og syttitallet, mens byggemetodene ble mer og mer standardiserte utover perioden.

Oversikten over boligbygging (figur 2.1) viser at hele tidsperioden ble dominert av eneboligbygging. I tiden før 1960 ble det derimot bygd mange to- og firemannsboliger. I første halvdel av 1950-tallet utgjorde to- og firemannsboligene 50–60 % av de ferdigstilte boligene, men i 1956 tok eneboligen over som den mest utbredte nybyggtypen. I statistikken over antall ferdigstilte boliger per år brukes andre kriterier for å dele inn i boligtyper enn i dagens statistikk over antall bebodde boliger (tabell 1.2.1). Spesielt gir dette stort utslag på 1970-tallet, da andelen nybygde tomannsboliger ser ut til å øke på bekostning av andre småhustyper, uten at det gjenspeiles i statistikken over bebodde boliger etter hustype per 2011 (tabell 1.2.1). Trolig skyldes det at mange av dagens eneboliger ble oppført som midlertidige tomannsboliger med utleiedel i sokkel og at de framgår som tomannsboliger i byggestatistikken under.

Figur 2.1

Antall ferdigstilte boliger per år (1956–1992), sortert etter bygningstype (NOS C188, 1995)



Tall fra Statistisk sentralbyrå, Historisk statistikk 1994 (NOS C188, 1995)

Innen norsk boligbygging er trehus den helt dominerende byggemetoden. I trehusboka fra 1987 (Ramstad, 1987) oppgis trehusandelen blant nybygde småhus til over 98 %. Statistikk over hovedbærematerialer bekrefter at i 1996 var om lag 92 % av alle eneboliger bygd i tre (tilsvarende størrelsesorden for rekkehus og andre småhus). Senere statistikk i fra 2010 viser at andelen blant nybygde boliger har vært synkende, men fortsatt er utbredelsen av trehus stor i det samlede småhussegmentet (Prognose-senteret, 2011; tall fra fra SSB 1996 og 2010). I dag bygges det langt flere leiligheter og andre småhus, perioden fra 1960–1990 vil trolig bli stående som eneboligenes tiår.

## 2.2 Hovedtrender i perioden 1960–1990

I litteraturen skilles det i hovedtrekk mellom byggestilen i etterkrigstiden før og etter ca. 1980. Den første perioden kjennetegnes av nøktern utforming og fargevalg. Det var en tid der spesielt framvekst av nye byggeteknikker gjorde seg synlig gjennom utforming og detaljering. Fra 1980 og fram til i dag har boligbyggingen tatt utgangspunkt i et mer mangfoldig motivbruk, og stilpreget er i større grad enn tidligere knyttet til dekorative elementer, friske farger og utenpåliggende pynt. Det er typisk i de større feltutbyggingene og arkitekttegnede enkelthus at de mest karakteristiske stiltrekkene kommer til syne, mens ferdighus og egentegnede hus ofte blander stiltrekk i fra flere perioder (Edvardsen og Ramstad, 2006).

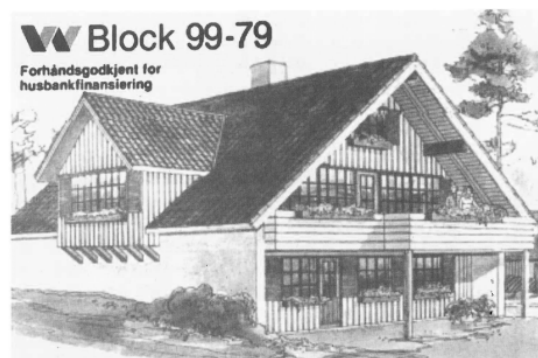
Sørby (1992) gir i boka *Klar-ferdig-hus!* en historisk oversikt over ferdighusmarkedet ved å vise til utviklingen av populære kataloghus og preferansene til boligkjøperne. Et overblikk over trender i småhusarkitekturen er gjengitt under.

Oversikt over stilarter i arkitekturen		Typologisk oversikt over småhusarkitekturen	
1945–1960	Etterkrigsperioden med saltak	1945–1960	Gjenreisingshuset
1960–1970	Modernisme og flate tak	1960–1970	Ferdighusene overtar
1968–1980	Strukturalisme	1970–1980	Andre generasjon ferdighus
1978–1982	Regional modernisme	1980–1990	Arkitektonisk «frislepp»
1980–1988	Postmodernisme og mange motiver		
1988–	Historiserende småhus		
(Edvardsen og Ramstad, 2006)		(Støa, 1996)	

I tiden rundt 1960 ble formspråket mer moderne, selv om husene i stor grad fortsatt var preget av nøkternhet som i tiårene før. Vektleggingen av norske tradisjoner, som var viktig i gjenreisningstiden etter krigen, kom i bakgrunnen for mer rasjonelle løsninger. Panoramavindu i stua med tilhørende kvaliteter var et tidlig eksempel på denne brytningen. Som nevnt satte rasjonalisering og industrialisering sitt preg på byggingen. Enkle saltak med kaldt loft og frittstående takstoler ble den nye byggeteknikken. På tross av at ferdighusmarkedet eksploderte i dette tiåret, førte det ikke i første omgang til et større mangfold. Husene som ble presentert i ferdighuskatalogene fra denne tiden, var til forveksling like. Et typisk hus på sekstitallet og begynnelsen av syttitallet var brunbeiset og bygd på ett plan på grunnmur eller med støpt kjellermur og kjeller-/sokkeletasje (Støa, 1996). Framveksten av sokkelhus hadde sammenheng med ønsket om å legge boliger i skrånet terreng og åpning i Byggeforskriften fra 1957 til å ta i bruk rom i underetasjen utover bi- og kjellerfunksjoner (Jørgensen og Martensen, 1996). Det var ikke uvanlig å bygge en «midlertidig tomannsbolig» med en liten, ekstra leilighet i sokkeletasjen i denne perioden. Hustypene fra sekstitallet var populære til langt utpå syttitallet, men i løpet av tiåret skjedde det et stilsifte (Sørby, 1992).



Figur 2.2 a  
«Typetegning 414» fra Boligdirektoratet, 1963  
(Jørgensen og Martensen, 1996)



Figur 2.2 b  
«Block 99» fra Block Watne, 1979 (Thue og Reiersen, 1996)



På syttitallet hadde ferdighusfirmaene utviklet tilbud som appellerte til både de med god økonomi og de som hadde mindre midler. Etterhvert kunne mange av husene i ferdighuskatalogene fås i en stor og velutstyrt utgave, eller en mindre versjon tilpasset Husbankens finansieringsordning (Sørby, 1992). Da det ble lettere å få lån, ble husene større utover perioden, og størrelsen på nybygde eneboliger nådde toppen på åttitallet. Store, hvitmalt eneboliger med amerikanske assosiasjoner ble svært populære ferdighus i andre halvdel av tiåret, ofte gjennomført i en romantisk stil med valmtak og store takutheng. Tyrolerhuset og varianter av det ble en annen bestselger hos ferdighusfabrikantene. Husene var karakterisert ved brede saltak med møneretning og gavlvegger på tvers av terrengskråningen, terrasser langs hele hovedfasaden, smårutete vinduer, buer og profilerte rekkverk og liknende (Støa, 1996). Også i denne perioden er det mulig å se sammenhenger mellom Husbankens normer og utformingen av ferdighusene. I slutten av tiåret og inn på åttitallet ble det oppført færre boliger med sokkeletasje og flere hus med bratt takvinkel slik at loftsrommet kunne brukes til opphold. Mange hus har også ark eller takopplett. Litteraturgjennomgangen viser til en langt større variasjon og en mer sammensatt boligmasse blant andre generasjon ferdighus.

## 2.3 Byggeteknisk utvikling

### 2.3.1 Generelt

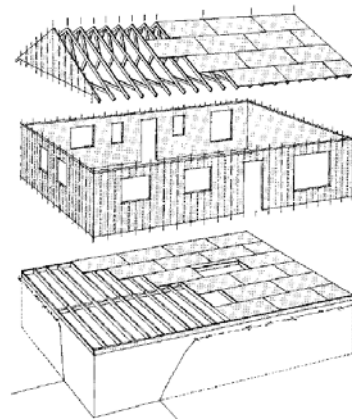
Opptakten til 1960-tallet kan anses som en overgangstid til moderne husbygging. Det foregikk en rasjonalisering og industrialisering av byggeprosessen med lette, fullt isolert bindingsverkskonstruksjoner og fabrikkframstilling av takstoler, ferdighussystemer og nye byggematerialer som høyverdig isolasjon og dampspærre i plast, og totrinnstetting. Erfaringer fra forskning og utprøving av nye løsninger ble viktig utover perioden, for så å bli tatt opp i markedet. Blant annet bidro nye produkter og løsninger for oppbygging av tretak og yttervegger under terreng til at det ble mulig å bygge boliger med kjeller- og loftsrom egnet for boligformål. Senere har utviklingen gått mot hus med bedre inneklima- og energitekniske egenskaper.

I andre del av kapitlet gis det en oversikt over tidligere krav til bygningskroppens energitekniske egenskaper og anbefalinger gitt i tidligere utgaver av boka *Trehus* (vedlegg 1). Det antas at de aller fleste småhus som ble bygd i perioden lå innenfor minstekravene til bygningskroppen i byggeforskriften, Husbankens retningslinjer og anbefalinger til utførelse gitt i *Trehus*. Det er imidlertid klart at de fleste eldre hus har lavere standard når det gjelder VVS, ventilasjon, oppvarming, lyd- og varmeisolering. I takt med nye forskrifter og forandringer i rammebetingelsene har krav til funksjoner og de tekniske løsningene som skal til for å oppnå ønsket ytelsesnivå, vært under stadig utvikling.

Som nevnt innledningsvis fokuseres det i dette kapitlet på egenskaper med konsekvenser for inndelingen i karakteristiske hustyper. Det er spesielt tre forhold som bør nevnes her: materialproduksjon i gjenreisningstiden, rasjonalisering og industrialisering og hus med bedre inneklima- og energitekniske egenskaper.



Figur 2.3.1 a  
Selvaaghuset fra 1948 (Foto: CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons)



Figur 2.3.1 b  
Prinsipp for plattformbygging fra Byggforskeren, 1960 (Byggforskerens arkiv)

### 2.3.2 Nye byggematerialer

Etter krigen var det trelastmangel så vel som boligmangel, og det ble derfor lagt stor vekt på tiltak for å kunne dekke etterspørselen. I den trelastknappe perioden etter 1950 ble det gitt premiering for «trebesparende konstruksjoner» gjennom byggeløyveordningen. For å få gjennomslag for å bygge i spinklere dimensjoner, ble det bygd flere prøvehus med lette bindingsverksvegger. Et tidlig eksempel er Selvaaghuset fra 1948 (figur 2.3.1 a). Det ble også bygd en del småhus med blokker av porebetong i denne perioden. Da rasjoneringen av trelast og byggevarer gradvis opphørte på midten av 1950-tallet, førte det til et tilbakefall for tyngre bindingsverkskonstruksjoner (Granum og Larsen, 1989). I 1956 økte Husbanken lånerammen for de som varmeisolerte, og bidro således med innføringen av «den nye byggeteknikken» med lette bindingsverksvegger og steinull- eller glassvattisolasjon (St.meld. nr. 68 1957). Fra 1956 til 1959 økte andelen varmeisolerte hus fra 27 % til 84 % av småhusene som Husbanken ga støtte til. Ved inngangen av 1960 var 91 % av disse husene planlagt varmeisolerte, og i 1965 hadde andelen steget til 99,7 % (Thue og Reiersen, 1996). Den synkende prisen på elastiske minerallullmatter og bedre isolasjonsytelse som følge av nye produksjonsprosesser på begynnelsen av sekstitallet bidro også til utbredelsen. Lette bindingsverksvegger ble fra slutten av femtitallet derfor nesten enerådende i småhussegmentet. Allmenn utførelse var 2" x 4" stendere med 10 cm isolasjon. Trehus av lette bindingsverkskonstruksjoner lot seg også kombinere med nye moderne materialer. Vindsperre av asfaltimpregnerte plater og dampspærre i plast ble vanlig utførelse i løpet av sekstitallet.

Oversikt over innføringen og produksjon av moderne byggematerialer: (etter Granum og Larsen, 1989)

- Glassvatt har vært produsert i form av sydde matter siden 1935. Etter krigen ble glassvatt solgt på rull med papir mellom lagene (som større tykkelser enn for sydde matter). I 1963 kom den nye glassullprosessen for elastiske matter med finere ull.
- Steinull ble produsert i form av sydde matter fra 1945, og som elastiske matter i fra 1949. Kvaliteten på mattene ble bedre etterhvert, særlig etter en ny spinneprosess som kom ca. 1965. De første mattene var ikke særlig elastiske og inneholdt mye slagstoff.
- Treullplater ble produsert i Norge fra 1935 med flere nye produksjonssteder etter krigen. De ble mest brukt som pusset isolasjon i betongkonstruksjoner (grunnmur, kjellervegger og himling).
- Trefiberplater (Hunton fra 1932, Langmoen, Nøsted bruk m.fl.), ble populære som erstatning for trepanel og som vindtett lag (bl.a. 22 mm porøse plater og 12 mm asfaltimpregnerte plater).
- Sponplater ble produsert i Norge fra slutten av 1950-årene, og gipsplater fra 1965. Asfaltshingel kom på markedet omtrent på samme tid.
- Prefabrikkerte takstoler ble vanlig i fra slutten av femtiårene. Spikerplatene og utstyr for innpressing ble importert fra USA. Flere bedrifter kom i gang med produksjon av takstoler i løpet av 1960-årene og etterhvert kom også norskproduserte spikerplater på markedet. Prefabrikkerte takstoler ble en viktig del av ferdighusproduksjonen.

### 2.3.3 Rasjonalisering og industrialisering

Det andre utviklingstrekket er rasjonalisering og industrialisering av byggeprosessen, med de følgende det fikk for konstruksjonsløsninger og vice versa. Det foregikk en betydelig produktutvikling, utprøving og standardisering av byggeteknikker i perioden. Etter opprettelsen av Byggforsk i 1953 var instittuttet tidlig ute med anvisninger for småhusbygging. Ett var prinsippet tottrinnstetting med fasadekledning som regnskjerm ytterst etterfulgt av et drenert og ventilert hulrom og et vindtett lag. Forskning på og erfaringer fra effektiv bygging fra andre land ble raskt tatt opp i markedet (Øyri, 2003). Fra 1960 ble de fleste småhus oppført gjennom effektiv byggeplassproduksjon. Figur 2.3.1 b viser plattformkonstruksjonen. I tillegg ble mange hus bygd med varierende grad av fabrikkframstilling. Ferdighus ble levert på byggeplass som prekapp eller elementbyggeri, eller i ferdige seksjoner.

### 2.3.4 Hus med bedre inneklima- og energitekniske egenskaper

Det tredje forholdet er utviklingen av hus med bedre inneklima- og energitekniske egenskaper. Etter 1960 har utviklingen gått mot tettere og bedre isolerte trehus. Som en del av kartleggingen er det nærliggende å spørre om utviklingen beskrevet over skjedde som en gradvis endring av praksis, eller trinnvis etter innføring av nye byggeforskrifter. Videre gis en kort oversikt over tidligere byggefor-



skrifter og utviklingen av minstekrav til bygningskroppens energitekniske egenskaper etter 1960 (DSB, 2013; Aasan og Kirkhus, 2002).

De første tallfaste minstekravene til isolasjonsytelse finner vi i Byggeforskriften 1949 (tabell 2.3.4), men forskriftene var enda ikke gjeldende utenfor byene og det var utbredt med preaksepterte konstruksjonsløsninger. Det ble skilt mellom bygninger i tre og mur (lette og tunge yttervegger). Det fantes fire ulike kravsnivå avhengig av lokalisering (Oslo er klimasone II). I 1965 trådte den første landsomfattende bygningsloven i kraft, og i 1969 fulgte den tilhørende byggeforskriften (Oslo er klimasone III). I tillegg til innskjerpede krav til varmeisolasjon, het det nå at alle deler av klimaskallet skal ha tilstrekkelig tetthet til å unngå at luft strømmer gjennom isolasjonen.

Tabell 2.3.4

Minstekrav til U-verdi ( $W/m^2K$ ) for småhus i perioden 1960–1990. Se [<http://oppslagsverket.dsb.no/>] for mer utfyllende informasjon om tidligere byggeforskrifter.

Bygningsdel	1949	1969	1983		1987
Merknad	Klimasoner I–IV	Klimasoner IV–I	Alt. 1	Alt. 2	*
Yttervegg, tre	0,70–1,05	0,46–0,58	0,25	0,35	0,30
Yttervegg, mur	0,81–1,16	0,70–1,04	0,80		0,30
Vindu			2,70	2,10	2,40
Dør			2,00		2,00
Tak	0,70–1,05	0,41–0,46	0,23		0,20
Kjellervegg (frostfri)	1,16–1,86	1,57–2,33	0,80		0,80
Golv mot kjeller		0,58–0,70	0,30		0,30
Golv mot det fri		0,41–0,46	0,23		0,20
Golv på grunnen			0,30		0,30

\* I Byggeforskrift 1987 gjaldt tre ulike kravsnivå til U-verdi for småhus avhengig av innetemperaturen. Inndeling:  $>18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $10\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$  og  $0\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (frostfritt)

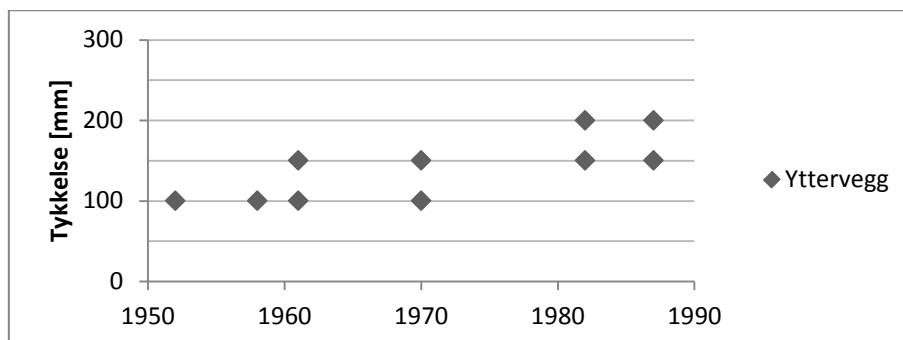
De moderate kravene til varmeisolasjon i byggeforskriftene 1949 og 1969 hadde trolig begrenset innvirkning på det som ble bygd i perioden. Til forskjell fra i dag ble selve energikravene i forskriftene i mindre grad brukt som et politisk virkemiddel, men som tidligere nevnt var Husbankens krav om U-verdi på  $0,40\text{ }W/m^2K$  for tak og vegg av større betydning i overgangen til lette bindingsverksvegger og moderne varmeisolasjon på slutten av 1950-tallet (St.meld. nr. 68 1957). Det kan se ut som om byggeforskriftene ikke holdt tritt med den teknologiske utviklingen i perioden.

I 1980 ble det annonsert nye krav til isolasjonsytelse uavhengig av konstruksjonsmateriale, og kravet til lufttetthet ble tallfestet til 4,0 luftskifter per time ved 50 Pa trykkforskjell. Klimasonene ble fjernet for å forenkle forskriften, slik at de samme kravene gjaldt i hele landet. Revisjonen skilte imidlertid mellom krav til småhus (med inntil to boenheter) og større bygninger. Disse endringene ble gjort gjeldende fra 1983 og utgitt som en del av Byggeforskrift 1985. To år senere ble Byggeforskrift 1987 utarbeidet. Byggeforskrift 1987 innførte felles krav til alle bygningstyper og medførte en moderat innstramming i kravene til U-verdi for bygningsdeler i småhus. Forskriften opprettholdt kravet til luftlekkasjetall for småhus og presiserte at virkningen av kuldebroer som følge av gjennombrutt isolering medregnes i varmetapet.

Stigende priser på energi og økende bevissthet rundt energirelaterte problemer førte trolig til at flere valgte å isolere med mer enn 10 cm isolasjon utover syttitallet. Som utgangspunkt gir anbefalingene til isolasjonstykkelse i tidligere utgaver av *Trehus* et bilde av denne utviklingen (etter Myhre, 1995). Som det kommer fram av betraktningene til figurene, ga trolig anbefalingene uttrykk for en langt høyere ytelse enn for mye av det som til enhver tid ble bygd. Det er også nær sammenheng mellom ulike konstruksjonsløsninger og isolasjonstykkelse.

Siden isolasjonstykkelsen i yttervegger har sammenheng med stendertykkelsen, antas det at disse egenskapene ikke endret seg nevneverdig for størstedelen av det som ble bygd i tiårene 1960–1980.

Stendertykkelsen var i praksis 4" fram til siste halvdel av syttitallet, da mange gikk over til større tykkelser, eller utføring for å få bedre isolasjon.



Figur 2.3.4 a

Isolasjonstykkelse i yttervegger. Anbefalinger i tidligere utgaver av Trehus utgitt i 1952, 1958, 1961, 1964, 1970, 1982 og 1987 (se vedlegg 1)

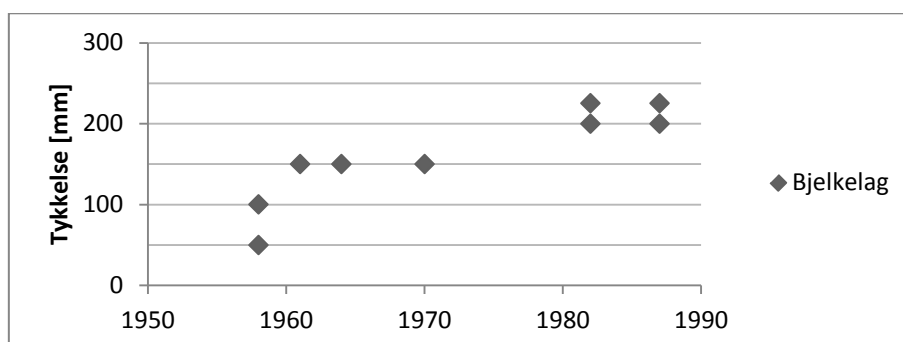
For loftsbjelkelaget er det rimelig å se på dette som en gradvis økning fra 10–15 cm på sekstitallet til 20–30 cm på åttitallet. I isolerte yttertak med luftspalte var 15 cm isolasjon vanlig utførelse i 1970–1980-årene, fram til kombinerte undertak med minst 20 cm isolasjon mellom sperrene kom på markedet.



Figur 2.3.4 b

Isolasjonstykkelse i loftsbjelkelag. Anbefalinger i tidligere utgaver av Trehus utgitt i 1952, 1958, 1961, 1964, 1970, 1982 og 1987 (se vedlegg 1)

Når det gjelder golvbjelkelag, var det naturlig å isolere mer i bjelkelag mot kalde kjellere enn i etasjeskiller mot oppvarmede rom. Etter hvert ble det vanligere å fylle kjellerbjelkelaget fullt ut med isolasjon. Hensynet til lyddemping og nedbøyning, som var et tidlig problem, førte også til nye funksjonskrav i løpet av perioden.



Figur 2.3.4 c

Isolasjonstykkelse i kjellerbjelkelag. Etter anbefalinger i tidligere utgaver av Trehus utgitt i 1952, 1958, 1961, 1964, 1970, 1982 og 1987 (se vedlegg 1)

Det er store variasjoner i hvor lufttette eldre bygninger er. Det som fins av studier av luftlekkasjetall for eksisterende bygninger, er begrenset, men for småhus fins det en del erfaringstall. Målinger utført på slutten av syttitallet av lekkasjetall for seksti fritt utvalgte sytttallsboliger viser en jevn fordeling fra 2, til 8,0 luftvekslinger i timen ved 50 Pascal trykkforskjell. Andre målinger utført av Byggforsk i tidsrommet 1988–2003 viser også store forskjeller (Blom og Uvsløkk, 2012). I energimerkesystemet anbefales det å bruke følgende biblioteksverdier for småhus dersom det ikke er gjennomført lekkasje-test av bygningen (Isachsen, 2013):

- Fram til 1969: 10,0
- 1969–1986: 8,0
- 1987–1996: 6,0
- 1997–2006: 4,0

Så godt som alle småhusene bygd i perioden 1960–1980 ble levert med naturlig ventilasjon (ventiler i yttervegg eller spalteventiler i vindu). Med naturlig ventilert menes boliger som assisteres av vifter i våtrom og kjøkkenavtrekkshette i perioder, foruten vinduslufting. En markedsundersøkelse blant levere- randører av småhusventilasjon i 1992 viser at det først var på åttitallet at andre alternativer ble vanlige (Blom og Skåret, 1995). I undersøkelsen oppgis det at blant småhus bygd mellom 1980 og 1992, hadde 52 % mekanisk avtrekk, og ytterligere 6 % ble levert med balansert ventilasjon. I et mekanisk avtrekksystem trekkes lufta ut fra våtrom og kjøkken med en sentral vifte. I de senere årene har mange montert fuktregulerte vifter på baderom. Noen har også ettermontert anlegg for balansert ventilasjon. Med balansert ventilasjon blir lufta både tilført og trukket ut av boligens rom ved hjelp av vifter. Kanaler for avtrekk og tilluft tilknyttes normalt et sentralt aggregat med varmegjenvinner.

### 3 Rehabiliteringsstatus for seksti-, sytti- og åttitalls eneboliger

#### 3.1 Generelt

Over tid vil degradering fra blant annet vær og vind føre til skader og påvirke levetiden til bygningsdelene. Samtidig kan bruksendringer og forventninger til innemiljøet ha endret seg siden boligen opprinnelig ble oppført. Blant annet har velstandsøkningen ført til endringer i livsstilen vår og gitt flere muligheter til å pusse opp og modernisere boligen. Det er således interessant å se nærmere på hva som er gjort med husene siden de ble bygd og hvilke skader som går igjen. I kapittel 3.3 presenteres en studie av teknisk tilstand og rehabiliteringsstatus for norske eneboliger bygd i perioden 1960–1990.

#### 3.2 Tidsvindu for ambisiøs energioppgradering

I en potensial- og barrierestudie for energieffektivisering av Norske boliger fra 2012 (*Prognosesenteret, 2011*) er den norske boligmassen analysert med hensikt å definere energitilstand og rehabiliteringsstatus. Ett av hovedfunnene er at det er foretatt en betydelig energirenovering av den norske boligmassen totalt sett, og da spesielt de siste tjue årene. 52 % av det samlede boligarealet har gjennomgått ett eller flere energioppgraderingstiltak, som utskifting til bedre vinduer og tilleggsisolering av bygningskroppen. I tabellen under er rehabiliteringsstatusen for den norske boligmassen samlet for de tre boligtypene enebolig, leilighet og småhus (rekkehus, kjedede hus og flermannsboliger). Kolonnen «originalbolig» angir andelen av boliger som har samme tekniske standard i dag som da de var nye (det vil si at ingen oppgraderingstiltak er utført). Kolonnen «renovert» angir andel av boliger innenfor hver byggeperiode som har fått utført én eller flere typer energirelatert oppgradering. Tabellen viser også omfanget av vindusutskifting og etterisolering av vegger, tak og golv. Det er verdt å merke seg at bare 6 % av eneboligene bygd på syttitallet har etterisolerte vegger, og kun 3 % av eneboligene fra åttitallet har fått etterisolert veggene. Dette viser at «tidsvinduet» for energioppgradering står vidåpent for denne bygningsmassen.

Tabell 3.2

Rehabiliteringsstatus for tre boligtyper oppdelt i forskjellige tidsepoker etter byggeår (kilde: *Prognosesenteret, 2011*)

	Originalbolig	Renovert	Byttet vinduer	Etterisolert vegg	Etterisolert tak/golv
<b>Enebolig</b>					
Før 1956	9 %	91 %	74 %	64 %	55 %
1956-1970	24 %	76 %	64 %	32 %	44 %
1971-1980	61 %	39 %	35 %	6 %	20 %
1981-1990	83 %	17 %	12 %	3 %	14 %
1991-2000	95 %	5 %	4 %	3 %	2 %
2001-2010	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Leilighet</b>					
Før 1956	16 %	84 %	73 %	43 %	35 %
1956-1970	25 %	75 %	66 %	37 %	29 %
1971-1980	29 %	71 %	67 %	24 %	6 %
1981-1990	91 %	9 %	7 %	5 %	6 %
1991-2000	97 %	3 %	3 %	3 %	0 %
2001-2010	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Småhus</b>					
Før 1956	14 %	86 %	71 %	60 %	45 %
1956-1970	22 %	78 %	68 %	30 %	38 %
1971-1980	39 %	61 %	56 %	12 %	20 %
1981-1990	91 %	9 %	5 %	0 %	8 %
1991-2000	97 %	3 %	3 %	0 %	0 %
2001-2010	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %

I en studie utført av Building Performance Institute Europe (BPIE, 2011) er hovedrehabilitering anslått som sannsynlig etter 30–45 år, en trend som også potensial- og barrierestudien fra Enova (*Prognosesenteret, 2011*) indikerer. Dette er også vanlig levetid for sentrale bygningskomponenter som utvendig kledning, drenering og tak.

Behov for utbedring eller utskifting av disse bygningsdelene er ofte utløseren for vurdering av en hovedrehabilitering. Eldre bebyggelse (fra før 1956) har gjerne gjennomført betydelig oppgraderingstiltak – tidsvinduet for å gjennomføre en ambisiøs oppgradering er lukket.

### 3.3 Registrering av tilstand på utvalgte boliger

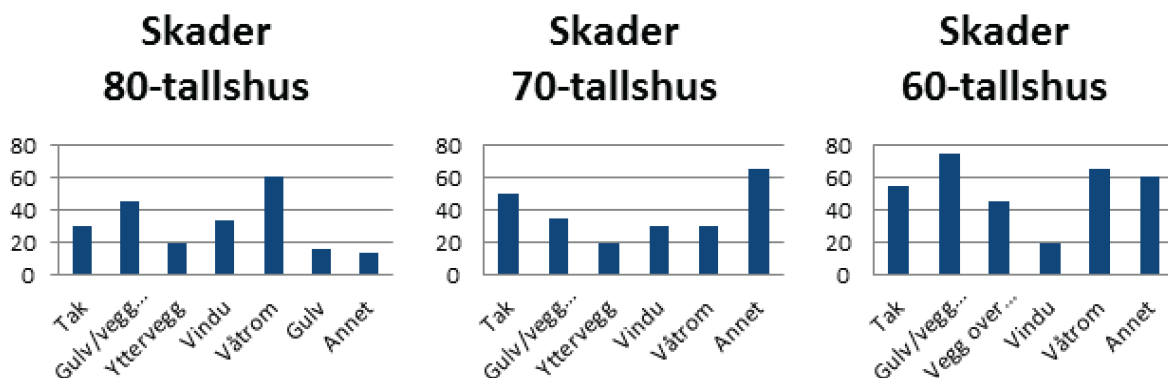
#### 3.3.1 Generelt

I dette prosjektet har vi gjort en registrering av tilstand og utbedringer på tjue hus bygd i perioden 1960–1969 og tjue hus bygd i perioden 1970–1979. Dette er sammenholdt med en tilsvarende studie av 93 hus bygd i perioden 1980–1989 i en doktoravhandling ved NTNU (Risholt, 2013). Boligene har god spredning når det gjelder byggeår, størrelse og geografisk plassering. Ved hjelp av takstrapporter, egenerklæringsskjema fra selger og bilder i prospekter har man undersøkt hvilke feil og mangler huse-  
ne har i dag, og hvilke utbedringer eieren har prioritert å få utført.

Av skader og utbedringer er det fokusert på de bygningsdelene som er av betydning for konstruksjo-  
nens levetid når det gjelder følgeskader og motstand mot klima. De fleste takstrapportene benytter  
BFS 620.015 *Intervaller for vedlikehold* som referanse for vedlikeholdsintervaller og estimert levetid  
for de ulike bygningsdelene. Enkelte takstrapporter oppgir TG 2 på bygningsdeler som har passert  
eller nærmer seg sin estimerte levealder. Hvordan dette rapporteres, varierer imidlertid mye. Vi har  
derfor valgt kun å registrere de tilfellene hvor det er faktisk symptomer eller svikt i bygningsdelen.  
Normalt bruksslitasje og vedlikehold er ikke registrert. Takstrapportene er basert på visuell tilstands-  
kontroll i henhold til NS 3424 *Tilstandsanalyse for byggverk. Innhold og gjennomføring*. Eventuelle  
skjulte feil og mangler eller skader som krever måleutstyr for å bli avdekket, er ikke inkludert i takst  
rapporten. Det reelle omfanget av skader må derfor påregnes å være større enn det som framkommer i  
dette kapitlet. Angående rehabiliteringsstatus kan man derimot sannsynliggjøre at tallene er mer kor-  
rekte. Gjennomførte rehabiliteringstiltak kan medvirke til å oppnå en høyere markedspris for boligen,  
og selger av huset vil derfor ønske å få fram informasjon om gjennomført rehabilitering og oppussing  
av mer estetisk karakter.

#### 3.3.2 Teknisk tilstand

Figur 7 viser observerte skader og mangler på sentrale bygningselementer for 133 eneboliger bygd i  
perioden 1960–1990. Antallet hus som er undersøkt er ikke stort nok til å representere et statistisk  
signifikant utvalg og må derfor ses på som et supplement til statistikken fra SSB som er benyttet i  
potensial- og barrierestudien referert til over (*Prognosesenteret, 2011*). Grunnlaget som er benyttet  
viser at det er klare forskjeller avhengig om husene er bygd på seksti-, sytti eller åttitallet.



Figur 3.3.2

Prosentvis andel av hus med skade på aktuell bygningsdel for 93 hus bygd på åttitallet, tjue hus bygd på syttitallet og tjue hus bygd på sekstitallet

Svikt i forbindelse med bade- eller vaskerom er en skade som er hyppig observert. Det er rapportert om skader eller mangler på våtrom i 60 % av husene som ble bygd på åttitallet. Disse skadene varierer i alvorlighetsgrad, fra kondensmerker i tak og riss i fliser til registrert forhøyede fuktverdier i konstruksjon og manglende sluk. Alle husene hadde minst to våtrom, de fleste hadde tre, mens noen igjen hadde fire. Det kan forklare noe av den høye andelen skader på åttitallshusene. Det var samtidig noen av husene hvor det var registrert skader på flere våtrom. De originale badene hadde typiske skader i form av svikt i overflatene som nå har nådd sin forventede levealder. Noen av de relativt nyoppussede baderommene hadde også skader. Det gjelder både i baderom der eier har gjort utbedringer selv eller

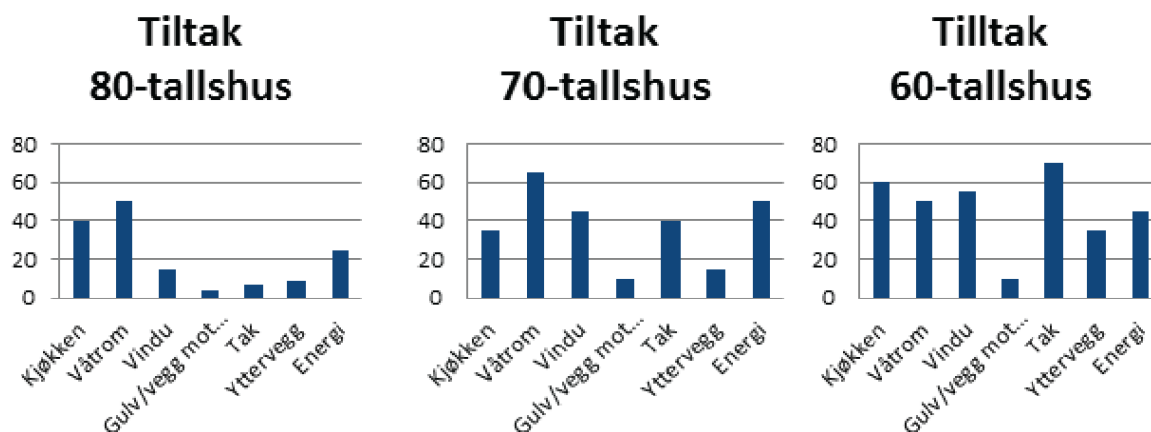
hatt egeninnsats og i baderom hvor oppussingen er utført av fagfolk. Skadene på disse baderommene var ofte mer omfattende enn skader på de originale baderommene. I flere tilfeller er det registrert forhøyede fuktverdier i golv og vegger. Det kan i mange tilfeller skyldes endret bruk av baderommene med for eksempel overgang fra dusjkabinett til dusjing rett på golv.

Kjeller er en annen skadeutsatt bygningsdel med registrerte skader eller mangler i forbindelse med vegger og golv mot grunnen. Det dreier seg i stor grad om fukt på grunnen av manglende fuktsikring eller svikt i dreneringen. For andre dreier det seg om at det helt eller delvis ikke er synlig grunnmursplast eller at det mangler klemlist på den. Med innredede kjellere kan den eventuelle skaden ofte ligge skjult i lang tid før den oppdages. Når den da oppdages, kan følgeskadene være omfattende. Følgelig er det her også mulig at det er store mørketall når det gjelder skjulte skader i innredede kjellere.

For skader på vinduer er punktering av isolerruta den klart hyppigste skaden. Også kondensmerker eller råte i karm og fôringer forekommer i en del tilfeller. Skader på tak inkluderer blant annet skader på takrenner og nedløp, kondens på undertak på grunnen av mangelfull utlufting eller lekkasjer i forbindelse med gjennomføringer. I noen tilfeller var selve lekkasjen tettet, mens følgeskader på undertak eller takplater ikke var utbedret. Skadene som er kategorisert som «Annet», er generelt skader i installasjoner som kan få eller har fått byggeteknisk betydning. Eksempler er sprekk i brannmur, lekkasje fra varmtvannsbereder eller feilkonstruert kjølerom med kondensproblematikk som følge.

### 3.3.3 Rehabiliteringsstatus

De fleste huseiere bruker mye tid og penger på å utbedre og oppdatere boligen sin. For enkelte hus er det likevel ikke opplyst om større utbedringer av noen byggeteknisk art. Stort sett er det de innvendige og utvendige overflatene som har blitt vedlikeholdt eller pusset opp på disse husene (maling av overflater og nytt belegg/parkett/flis på golv). Svært mange har investert i utstyr og installasjoner innen fagene VVS og elektro, samt satt inn ny innredning på kjøkken og baderom. Downlight og varmepumpe er her klart vanligere enn balanserte ventilasjonsanlegg. Enkelte har også skiftet innerdører eller lagt mye penger i å opparbeide uteområdene.



Figur 3.3.3

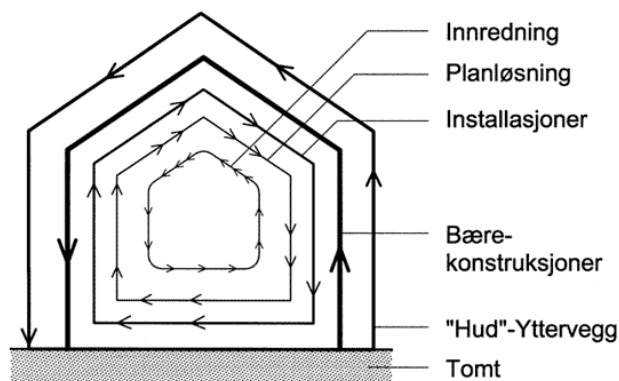
Prosentvis andel av 93 hus bygd på åttitallet, tjue hus bygd på syttitallet og tjue hus bygd på sekstitallet med gjennomførte tiltak på ulike bygningsdeler

Mens de registrerte skadene og manglene var relativt jevnt fordelt på de ulike bygningsdelene, er det her en tydelig polarisering når det gjelder hvilke tiltak boligeierne har valgt å prioritere. De mest vanlige rehabiliteringstiltakene er knyttet til fornying av kjøkken og baderom. Bak søylen «Energi» ligger varmepumper, og da primært luft-til-luft-varmepumper. Flere har skiftet takteking ettersom den har nådd sin forventede levetid. Særlig ses dette på sekstitalshusene (70 %), og også på syttitalshusene (40 %).

Undersøkelsen viser store differanser mellom antall skader og antall tiltak på kjeller og grunnmur. Bare 3 % av huseierne har gjort utbedringer i grunnen rundt huset (ny drenering) mens 45 % av husene har påvist skader eller mangler i grunnmur og kjeller.

### 3.4 Utgangspunktet for oppgradering

For å kunne tilfredsstille krav, behov og ønsker over tid, må et hus være tilpasningsdyktig. Det kan stilles spørsmål ved i hvilken grad småhusene fra perioden innehar slike egenskaper. Tre egenskaper som brukes til å beskrive en bygnings tilpasningsdyktighet, er fleksibilitet (mulighet til å endre planløsning), generalitet (mulighet for bruksendring) og elastisitet (mulighet for endret volum), se Byggforskserien 700.307 og Brand (1994). Tradisjonelt har utvidelser og ombygging vært en del av norsk byggeskikk og har bidratt til å skape en stedbundet arkitektur med faste mønstre for utvidelse av de forskjellige hustypene, se Byggforskserien 700.603 og De Vibe (1997). Med introduksjon av moderne varmeisolasjon og totrinnstetting ble lette bindingsverkskonstruksjoner i større grad separert fra klimaskallet. På samme tid ble det vanlig å prefabrikkere frittstående takkonstruksjoner, noe som ga nye muligheter for fleksibel planløsning og innredning (kapittel 2). Fra kartleggingen av rehabiliteringsstatus ser vi at installasjoner, planløsninger og innredning ofte er endret i løpet av de tretti til femti årene siden huset ble bygd. For eksempel har mange tatt i bruk tidligere uinnredede kjellere og loftsvolum til boligrom, noen ganger med utilsiktede konsekvenser.



Figur 3.4

Levetider for bygningens ulike deler, flere piler betyr raskere livsløp / kortere levetid (Illustrasjon: Byggforskserien 700.307)

Installasjoner, planløsninger og innredning endres ofte flere ganger gjennom bygningens levetid, og er i stor grad styrt av huseiers prioriteringer (figur 3.4). Bærekonstruksjoner, klimaskall og tomt er mer permanent og domineres av ytre forhold. Siden huseier som regel har mindre grad av innflytelse over ytre forhold, kan det være vanskelig å forutsi eksisterende tilstand på bygningsdelene. Som et første trinn i enhver boligoppgradering rådes man til å gjennomføre en grundig tilstandsanalyse for å fatte de riktige prioriteringene og for å unngå overraskelser når oppgraderingen først er i gang.

## 4 Plan for trinnvis oppgradering av boliger

### 4.1 Bakgrunn

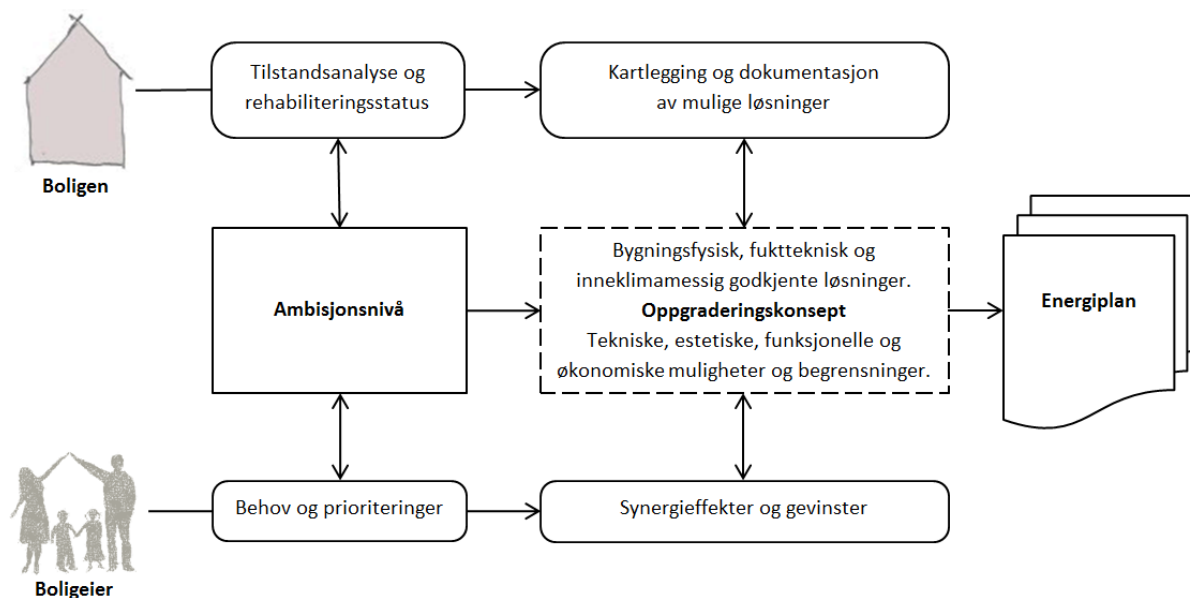
Begrepet *energiplan* ble første gang lansert i forbindelse med arbeidet til OEDs lavenergiutvalg. I Lavenergiutvalgets rapport (Reinås, 2009) heter det at: «*En energiplan angir muligheter og retning for langsiktige og ambisiøse tiltak som kan løfte et bygg fra en lavere energiklasse til energiklassene A eller B. En slik plan vil bidra til at det gjøres tilstrekkelig og riktige tiltak i forbindelse med renovering og modernisering. Energiplanen må utarbeides av kvalifisert personell.*»

Begrepet brukes i denne sammenhengen om en plan for trinnvis oppgradering av småhus til høy energistandard, tilsvarende TEK 10, lavenergi- og passivhusnivå. Hensikten med å lage en plan for trinnvis oppgradering er å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom, slik at flere kan gjøre en ambisiøs rehabilitering av sin bolig.

En energiplan skal inneholde en beskrivelse av hvilke ytelsesnivåer hver komponent, hver bygningsdel og hvert energisystem må ha for å oppnå de ambisiøse energimålsettingene. I beskrivelsen skal det også tas høyde for hvilke tiltak som må ses i sammenheng for å sikre godt inneklima, fuktsikre løsninger og gode bygningsfysiske løsninger gjennom hele oppgraderingsløpet.

Med utgangspunkt i en helhetlig energiplan der alle oppgraderingstrinnene ses i sammenheng, skal byggherren kunne gjennomføre trinn for trinn, slik at summen av trinnene bringer boligen opp til en høy standard. En energiplan vil hindre såkalt klattrehabilitering der man stenger for ambisiøs rehabilitering de neste tjue til tretti årene. Erfaringen fra prosjektet EKSBO (Mysen, 2008) viste at slik klattrehabilitering har relativt stor utbredelse. Typiske eksempler på dette er ekstrasolering med kun 50 mm isolasjon når kledningen skiftes og at ny drenering anlegges uten etterisolering (eller bare 50 mm) før tilfylling.

Figur 4.1 illustrerer sammenhengen mellom å gjennomføre en tilstandsanalyse, bestemme ambisjonsnivå og foreta prioriteringer i forhold til beboernes behov.



Figur 4.1

Metodikk for utarbeidelse av en energiplan

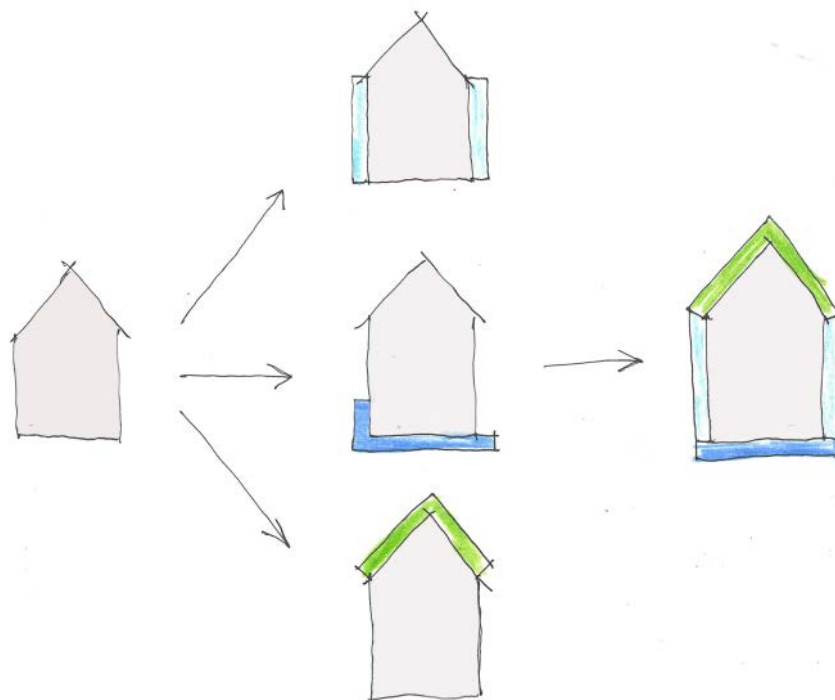
I SEOPP-rapporten «*Boligeieres beslutningsprosesser ved oppgradering*» beskrives flere motivasjonsfaktorer, drivere og barrierer for oppgradering og energieffektivisering av eneboliger på bakgrunn av dybdeintervjuer med huseiere (Thomsen og Hauge, 2014).



## 4.2 Tretrinns oppgradering av bygningskroppen

### 4.2.1 Generelt

Rehabilitering av bygningskroppen kan gjennomføres i de tre trinnene taktrinnet, veggtrinnet og kjellertrinnet. Rekkefølgen på gjennomføringen av trinnene vil være unik for hvert enkelt rehabiliteringsprosjekt og bestemmes ut fra boligeiers prioriteringer og den bygningstekniske tilstanden til sentrale bygningselement som taktekking, bordkledning, vinduer og drenering.



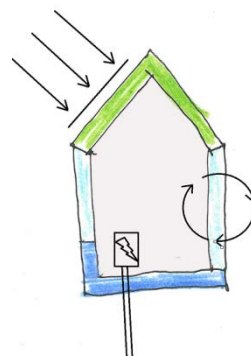
Figur 4.2.1

*Energiplan. Rehabilitering i tre trinn til ambisiøs energistandard; Taktrinnet – ytterveggtrinnet – kjellertrinnet. Utgangspunktet for rehabiliteringen er illustrert med huset til venstre. Det ferdig rehabiliterte med huset til høyre.*

Hvilke tiltak som inngår i de tre trinnene, er detaljert beskrevet i kapittel 7, der oppgraderingsløpet for et typisk syttitallshus er beskrevet for tre ulike ambisjonsnivåer.

Energiplanen skal også vise i hvilke trinn innstallering av balansert ventilasjon, framtidsrettet energiforsyning og eventuelt nytt elektrisk anlegg og VVS skal gjennomføres. De tekniske installasjonene kan også utgjøre et eget trinn, for eksempel ved at tiltakene som gjøres innvendig, utføres først. Det vil imidlertid være hensiktsmessig å la de trinnene som reduserer oppvarmingsbehovet mest være grunnlaget for dimensjonering og valg av oppvarmingssystem. Se avsnitt 4.3 om energikonseptene for mer om dette temaet.

Når oppgraderingen gjennomføres i flere omganger, kan det også gi endringsmuligheter for tiltaksforløpet underveis. Et eksempel er å legge til rette for å utsette tiltak på energisystemet til et framtidig trinn fordi man forventer nærliggende teknologiutvikling eller prisreduksjon på fornybare energiløsninger. Det er også viktig å vurdere om det er nødvendig å klargjøre for tiltak som skal gjennomføres i et senere trinn (f.eks. ventilasjonskanaler).



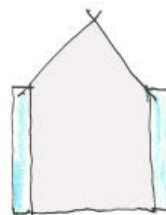
#### 4.2.2 Taktrinnet

- Etterisolering for å redusere varmetap og kuldebroer
- Ny vindsperre og tettedetaljer for å redusere luftlekkasjer
- Klargjøring for eventuell fornybar energiproduksjon (solfanger eller solceller) som kan erstatte tradisjonell takteking på deler av taket
- Ny takteking dersom den opprinnelige har nådd sin levetid og ikke kan gjenbrukes
- Eventuelt balansert ventilasjon dersom ny vindsperre eller tettedetaljer utført i dette trinnet reduserer boligens lekkasjetall betydelig.



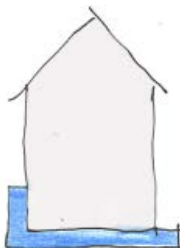
#### 4.2.3 Ytterveggtrinnet

- Etterisolering for å redusere varmetap og kuldebroer
- Utskifting av vindu og ytterdører for å redusere varmetap og kuldebroer
- Ny vindsperre og tettedetaljer for å redusere luftlekkasjer
- Klargjøring for eventuell fornybar energiproduksjon på fasade (solfanger eller solceller)
- Ny utvendig kledning, som sammen med nye vinduer (plassering, størrelse og proporsjon) og detaljering kan bidra til fornyet arkitektonisk uttrykk
- Balansert ventilasjon med varmegjenvinning for å sikre tilstrekkelig luftskifte etter at bygningskroppen har blitt betydelig tettere – nødvendig for å sikre god luftkvalitet og ventilere ut fukt

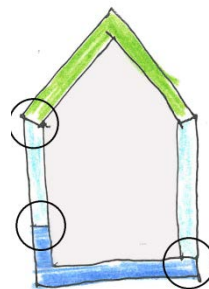


#### 4.2.4 Kjellertrinnet

- Etablering av ny drenering for å redusere fuktbelastningen på kjellerarealene
- Utvendig etterisolering av kjellervegger for å bidra til uttørking og redusere varmetap og kuldebroer
- Utskifting av vinduer og ytterdører i kjeller for å redusere varmetap og kuldebroer
- Etterisolering av golv mot grunnen for å redusere varmetap og kuldebroer
- Etablering av rørnett for vannbåret varme dersom det er aktuelt
- Etterisolering av innervegger og tak i eventuelle uoppvarmede arealer (lagerrom)



Løsninger for overganger mellom yttertak, yttervegg og kjeller kan være utfordrende. Det må sikres god, kontinuerlig vindtetting med klemming ved overgangene. Detaljeringen avhenger av rekkefølgen for gjennomføring av trinnene. Størrelsen på opprinnelige takutstikk og hvilke trinn som gjøres først av veggtrinnet og taktrinnet, vil ha betydning for prosjekteringen av denne detaljen. Hvis kjellertrinnet gjennomføres først, vil beslaget i overgangen mellom kjellermuren og veggen over stå synlig fram til veggtrinnet gjennomføres. Sammensetningen av trinnene er imidlertid ikke absolutt. På et sokkelhus fra syttitallet kan det for eksempel være aktuelt at hele frontveggen kles med luftet trekledning, både sokkelveggen, som er i mur, og veggen over, som er bindingsverk.



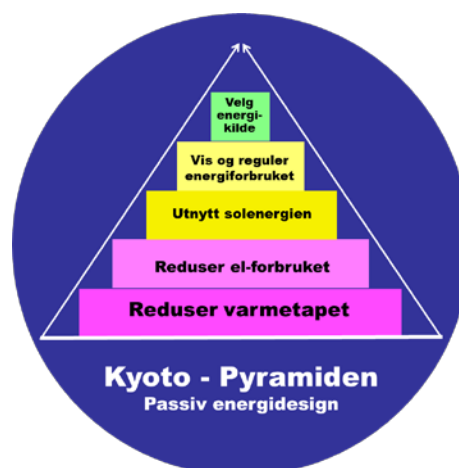
## 4.3 Oppgraderingstiltak

### 4.3.1 Generelt

Energiplanen går ut på å definere krav til komponentytelse for bygningskroppen og tekniske installasjoner. Tiltak prioriteres etter hva som er mulig å oppnå og hvilke tiltak som er hensiktsmessige, sett i forhold til ønsket ambisjonsnivå for oppgraderingen. I mange tilfeller vil ulike oppgraderingstiltak virke inn på hverandre, mens rammebetingelser og tilleggsgvinster samt lån og støtteordninger også vil spille en viktig rolle i utarbeidelsen (figur 3.4 og 4.1).

Oppgradering av bygningskroppen, ventilasjons- og oppvarmingssystemet må ses i sammenheng for å finne fram til gode og robuste helhetsløsninger. Gjennom å prioritere energitiltak som reduserer energibehovet, legges grunnlaget for dimensjonering av energisystemet.

Tiltak på bygningskroppen som reduserer varmetap, kuldebroer og luftlekkasjer vil sammen med varmegjenvinning av ventilasjonslufta bidra til å redusere energibehovet til oppvarming betydelig. Det vil være aktuelt å vurdere alternative, fornybare energikilder til å dekke inn det resterende energibehovet med tilpassede systemer for varmeavgivelse (golvvarme, radiator, ventilasjon etc.). Energibruken kan reduseres ytterligere ved bevisstgjøring om eget energibruk, f.eks. ved lettfattelig visuell presentasjon som viser hva energien har gått til siste døgn, uke, måned etc. Løsninger kan utformes som gir mulighet til å ta kontroll over energiforbruket og endre egne vaner, eller en kan forsøke å redusere energibruken gjennom installering av styringssystemer for oppvarming og ventilasjon over døgnet.



Figur 4.3.2  
Kyotopyramiden (SINTEF og Husbanken).

### 4.3.2 Installering av balansert ventilasjon

Installering av balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning er den foretrukne løsningen med hensyn til redusert energibruk, termisk inneklima (forvarmet friskluft), luftkvalitet og fuktsikker løsning (fjerning av fuktig luft). Hele ventilasjonsanlegget bør legges på varm side av bygningskonstruksjonene, og ikke for eksempel på kaldt loft, som var vanlig tidligere. Med kanalene på varm side unngår man unødvendige hull i klimaskjermen (dampsjiktet og isolasjonssjiktet), og hindrer også nedkjøling av forvarmet luft. Det er også viktig å planlegge for så korte kanalstrekk som mulig, med hensyn til både rengjøring av kanaler, ventilasjonsstøy, lavere trykktap og redusert energiforbruk til vifter.

Balansert ventilasjon er primært lagt til ytterveggtrinnet, ettersom det er sannsynlig at de fleste luftlekkasjene er tilknyttet veggene i forbindelse med vinduer og dører, innhuk og utstikk i fasadelivet, overgang til grunnmur og tak samt i forbindelse med gjennomføringer for elektro og ventilasjon (avtrekk, kjøkkenvifter, ventiler o.l.). Likevel kan det være boliger med betydelige luftlekkasjer også gjennom taket. Spesielt hus med tradisjonelle A-takstoler og luftede kneloft er erfaringsmessig utsatt for luftlekkasjer gjennom taket, ettersom det er vanskelig å oppnå kontinuerlig og tett vind- og dampspærre. En måte å sikre seg på er å installere balansert ventilasjon i det trinnet som utføres først av veggtrinnet og taktinnet. Et annet alternativ er å foreta en trykktest vinterstid og forsøke å kartlegge hvor de største luftlekkasjene er ved hjelp av termografering for det aktuelle huset. Det vil gi grunnlag for å bestemme på hvilket tidspunkt mekanisk ventilasjon bør installeres for å sikre tilstrekkelig luftskifte for å fjerne fukt og sikre god luftkvalitet.

### 4.3.3 Etterisolering

Etterisolering av tak, yttervegger og kjellervegger kan gjøres utvendig eller innvendig. I denne rapporten legges utvendig etterisolering til grunn. Utvendig etterisolering reduserer ikke boarealet, er til mindre sjenanse for beboerne i rehabiliteringsfasen og minimerer effektivt kuldebroer.

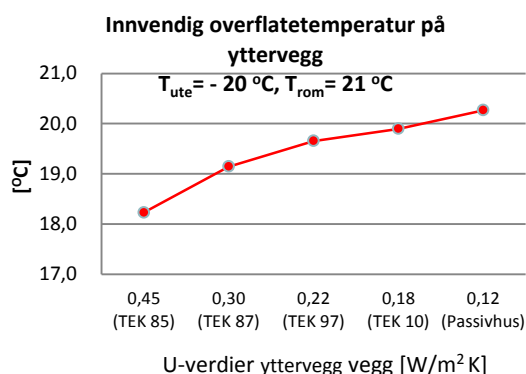
En utfordring med utvendig etterisolering er at tilstanden, og dermed funksjonen, til opprinnelig dampsperre vanskelig lar seg kartlegge uten destruktive tiltak. Man kan foreta stikkprøver fra utsiden ved å løfte fram eksisterende isolasjon når den inspiseres for gjenbruk, men et helhetlig og fullgodt bilde av dampsperra er vanskelig å få. Imidlertid vil god vindtetting og utførelse av tettedetaljer fjerne drivtrykket som trekker fukt ut i konstruksjonen (infiltrasjon) gjennom utettheter i dampsperra. Diffusjon og konveksjon i isolasjonssjiktet vil erfaringsmessig i liten grad transportere fukt ut i konstruksjonen. Det er fukttransport via infiltrasjon som er utfordringen. I hus med svært god utførelse av vindtettesjiktet og mekanisk balansert ventilasjon er derfor ikke den opprinnelige dampsperras tilstand så kritisk. I praksis vil dette si at en slipper å gjøre destruktive inngrep fra innsiden for å sjekke tilstanden til opprinnelig dampsperre.

Boligens egnethet til å få opp til 200–300 mm tykkere vegger varierer avhengig av bygningsformen og plassering av vinduer og dører. Er vinduer og dører plassert inn mot hjørner, kan det medføre at det må gjøres strukturelle endringer (flytting av stendere og bærepunkter) for å gi plass til samme vindus- og dørstørrelser. Dette vil være resurskrevende, og omfanget av arbeidet kan bli stort.

### 4.3.4 Utskifting av vinduer

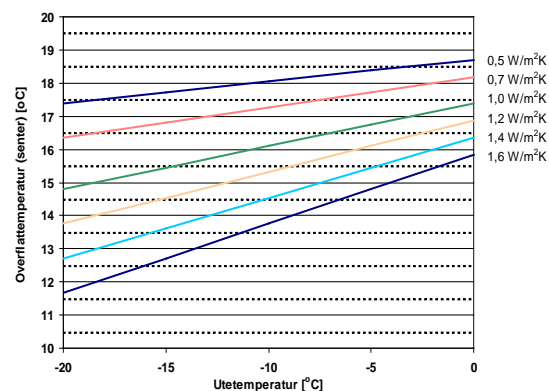
Utskifting av vinduer til vinduer med høy energiytelse, (det vil si lav U-verdi), vil føre til høyere innvendig overflatetemperatur (figur 4.3.4 a). Det vil bedre komforten og redusere faren for kaldras og innvendig kondensering på vinduet, hvilket ofte er et problem med gamle vinduer. Godt utført innsetting og tetting rundt vinduene vil også fjerne trekk. Lufttetting og vinduer uten spalteventiler vil også redusere det naturlige luftskiftet, og må ses i sammenheng med utbedring av ventilasjonsløsningen.

De nye vinduene kan plasseres med samme avstand til kledningen som tidligere, slik at utseendet på fasaden opprettholdes, men dersom vinduene plasseres helt ut mot kledningen, oppstår det kuldebro og ekstra varmetap. Hvis vinduene i stedet plasseres på nivå med vindsperra, eller et stykke inn i veggen, stiller det store krav til regntetthet og detaljering. Prinsippet for totrinnstetting med adskilt regn- og lufttetting må brukes på alle utvendige vindus- og dørfuger.



Figur 4.3.4 a

Innvendig overflatetemperatur på yttervegg ved ulike isolasjonsgrader. Verdiene er beregnet uten innslag av avkjølende kuldebroer og infiltrasjon. (Illustrasjon: Wigenstad mfl., 2012).



Figur 4.3.4 b

Beregnet innvendig overflatetemperatur i senter av vindusruta avhengig av U-verdi for glasset og utvendig utetemperatur (Illustrasjon: Wigenstad mfl., 2012)

### 4.3.5 Fornybar energiforsyning

Fornybar energiforsyning, ofte med avgivelse via systemer for vannbåret varme (golvvarme eller radiator) har positiv effekt på inn klima og fuktsikkerhet. Lavtemperaturvarme i radiatorer eller golvvarme er gunstig med hensyn til termisk komfort, men også for å unngå støvforbrenning, som kan være et problem med elvarme. Det er viktig at gjennomføringer gjennom klimaskjerm fra for eksempel solfanger eller varmepumpe tettes godt både innvendig og utvendig med mansjetter og teip. Det er gunstig at systemer for vannbåret varme legges så åpent som mulig, og minst mulig skjult i konstruksjoner, for å kunne oppdage eventuelle lekkasjer på et tidlig stadium.

### 4.3.6 Utemiljø

Tomta og nærmiljøet endres vanligvis i liten grad over tid, men likevel kan det ha forekommet endringer i uteklima, nabobebyggelse, vegetasjon eller annet i omgivelsene siden huset ble bygd. Det er aktuelt å gjøre en kartlegging av konsekvenser ved større tiltak som utgraving av drenerende masser eller fortetting av tomta ved utvidelse og ombygging. Konsekvenser for byggeskikk og tilpasning i forhold til bygde og naturlige omgivelser, samt eventuelle vernehensyn, vil være av betydning. Klimatilpasset beliggenhet, forbedring av dagslys og privatliv er tilleggsgevinster man kan oppnå med bearbeiding av vindus-/glassflater, leegger, uteplasser og halvklimaliserte rom. Med i vurderingen hører også tomta og nærmiljøets potensial for fornybar energiproduksjon.

## 4.4 Energiplan som dokumentasjon for tilskudd og lån

### 4.4.1 Generelt

Begrepet «energiplan utført av sertifisert rådgiver» brukes også om tiltaksplaner som kan brukes som dokumentasjon ovenfor myndighetene for å utløse tilskudd og fordelaktige lån. Gjennom Enovas støtteordning rettet mot boligeiere, som ble lansert i 2013, kan man søke om støtte til at en kvalifisert energirådgiver lager en tiltaksplan, det vil si en energiplan, og en energiattest for boligen som et første trinn i prosessen. Med energiplanen som grunnlag kan man søke om støtte til selve oppgraderingen av boligen. Energiplanen skal være så detaljert at den kan fungere som anbudsdokument for innhenting av pristilbud fra utførende tredjepart. Enova gir tilskudd til to oppgraderingsnivåer. For å motta støtte må man oppnå kravene til varmetapstall, netto energibehov og oppvarmingsmerke for de to nivåene. Beregningene skal gjøres ved hjelp av en egen modul i Energimerkesystemet (Enova EMS). Kravene til varmetapstall, netto energibehov og energiforsyning per desember 2013 er angitt i de følgende avsnittene. Husbanken kan gi gunstig lån for oppgradering av boliger til de samme nivåene som for Enova-støtten, og har mulighet for å gi lån til ett trinn om gangen når en godkjent energiplan foreligger.

### 4.4.2 Varmetapstall

For å kvalifisere til støtte fra Enova må boligens varmetapstall minst reduseres med 30 %, og ikke overskride krav i tabell 4.4.2. Varmetapstallet er differensiert på tre størrelseskategorier av boliger<sup>3</sup>.

Tabell 4.4.2

Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap

	Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap, $H_{tr,inf}''$ 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 $A_{fl} \geq 250 \text{ m}^2$
Oppgradering nivå 1	0,66	0,60	0,54
Oppgradering nivå 2	0,87	0,81	0,69

$A_{fl}$  er oppvarmet del av BRA.  $H_{tr,inf}''$  er varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap.

<sup>3</sup> Varmetapstallet er bygningens samlede varmetap i Watt ved en grads temperaturforskjell delt på oppvarmet bruksareal. For å beregne varmetapstallet brukes et varmetapsbudsjettt der det listes opp spesifikke varmetap for ulike bygningsdeler som følge av luftlekkasjer og transmisjonstap i bygningskroppen. Se eksempel på utregning i tabellene i kapittel 5.

#### 4.4.3 Krav til netto energibehov

Gjennom det overordnede kravet kan oppgradering av boligen skje med mulighet for å bytte mellom tiltak på bygningskroppen, men det innebærer som regel behov for varmegjenvinning av ventilasjonsluften. Krav til netto energibehov er uavhengig av varmforsyningssystem, og kravet er gjenkjennelig fra TEK 10, hvor netto energibehov (energiramme) for småhus er  $120 + (1600/A_{\text{fl}})$ . Boligens netto energibehov får ikke være høyere enn angitt i tabell 4.4.3.

	Årlig netto totalt energibehov, kWh/m <sup>2</sup>
Oppgradering nivå 1	$100 + 1600/A_{\text{fl}}$
Oppgradering nivå 2	$125 + 1600/A_{\text{fl}}$

$A_{\text{fl}}$  er oppvarmet del av BRA, energibehovet beregnes per m<sup>2</sup>  $A_{\text{fl}}$ .

#### 4.4.4 Krav til energiforsyning

Kravet til energiforsyning er at oppvarmingskarakteren skal være bedre enn rød. Med dette kravet unngås oppvarmingsløsninger basert på ren elektrisitet eller fossilt brennstoff.

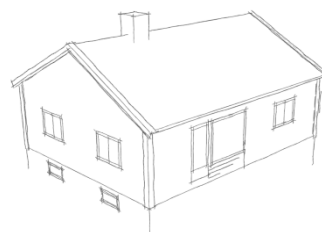
## 5 Beskrivelse av seksti-, sytti- og åttitalshus


### 5.1 Enebolig fra sekstitallet

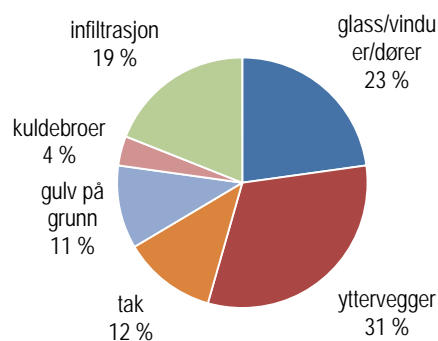
I perioden fra før 1960 ble mange hus oppført med full eller delvis utgravd kjeller på flat tomt. Til tross for høyere anleggskostnader ga en ekstra etasje et stort oppbevaringsareal med mulighet for senere innredning til oppholdsrom.

Eksempelhuset er et tidstypisk husbankhus fra slutten av femtitallet, tidlig sekstital. Typehuset har enkel form, saltak med mørkeloft og enkle detaljer. Huset er plassbygd i lette bindingsverksvegger med 10 cm mineralull i vegger og i loftsbjelkelaget, som var vanlig utførelse på sekstitallet. Loftet brukes til oppbevaring, og saltaket er konstruert av sperrer med mønsås som understøttes innvendig.

Store behov for omfattende utbedringer, eller utvidelse med tilbygg/påbygg er en viktig drivkraft for rehabilitering. Huset er forholdsvis lite med grunnflate på 76 m<sup>2</sup>, og utgravd kjelleretasje. Kjelleren er tatt i bruk og innredet med ekstra bad, et soverom og kjellerstue i forbindelse med renovering på åttitallet. Enkelte av vinduene ble utvidet ved renoveringen, men dagslysforholdene i kjeller er fortsatt dårlige. Kjellerveggene ble opprinnelig utført med 7,5 cm treullsementplater på innsiden, eller 5 cm stenderverk, samt golv på tilfarere med 5 cm etterisolering av betongplata. I sammenheng med at dreneringen har blitt dårligere over tid, har utførelsen i kjeller ført til fuktskader med påvist råte på innvendige kjellervegger og innneklimaproblemer som blir forsterket av lavt luftskifte.



Beregnet energiforbruk før rehabilitering (etter NS-3031 (SIMIEN))	
Oppvarmet BRA	152 m <sup>2</sup>
Andel vinduer og dører	14 % av BRA
Levert energi	265 kWh/m <sup>2</sup>
Energimerke (EMS): - Elektrisk romoppvarming - Vedfyring	
Netto energibehov	260 kWh/m <sup>2</sup>
- Romoppvarming	202 kWh/m <sup>2</sup>

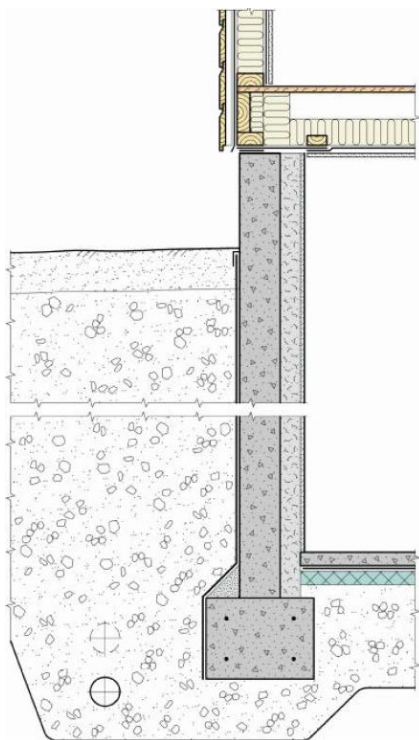


Figur 5.1 a  
Varmetapsbudsjett for sekstitalshuset, prosentvis fordeling av transmisjons- og infiltrasjonstap over bygningskroppen (se tabell for verdier).

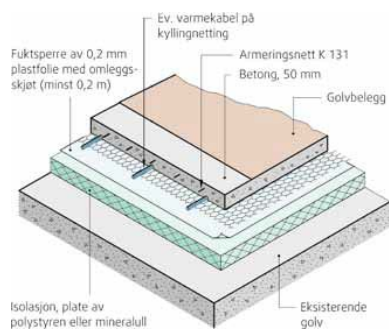
Tabell 5.1  
Beskrivelse av bygningskroppen

Bygningsdel	U-verdi	Beskrivelse	Areal	H'' [W/m <sup>2</sup> K]
Yttervegg i tre	0,41	Bindingsverksvegg med 100 mm mineralull	158	0,50
Kjellervegg over terreng	0,82	200 mm støpt mur med 75 mm innv. treullsement		
Kjellervegg under terreng	0,53	200 mm støpt mur med 75 mm innv. treullsement		
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68-73 mm lett bindingsverksvegg		
Golv på grunn	0,70 (0,33)	80 mm støpt golv, 5 cm isolasjon	76	0,17
Himling mot loft	0,38	100 mm mineralull mellom undergurter	76	0,19
Vinduer og dører	2,7 og 2,4	Tolags ruter med trekarm, uisolerte ytterdører	21	0,36
Normalisert kuldebro	0,06			0,06
Estimert lekkasjetall	10			0,30
			<b>SUM</b>	<b>1,58</b>

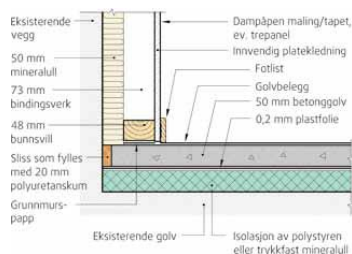




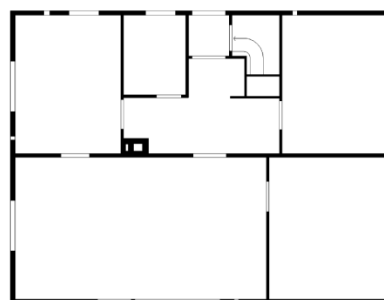
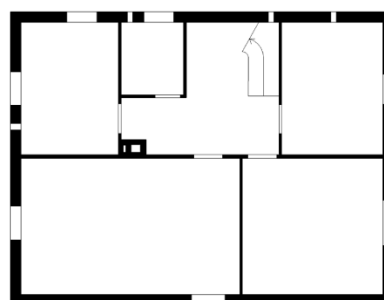
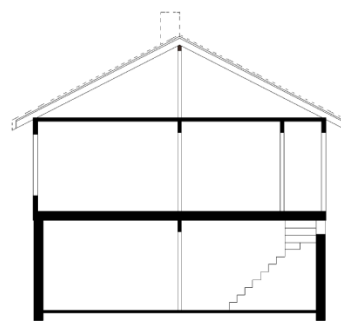
**Figur 5.1 b**  
Eksempel på eldre kjellervegg (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



**Figur 5.1 c**  
Prinsipp for ny golvoppbygning med betongpåstøp. Isolasjon, fuktsikring, varmekabler og betongpåstøp (Illustrasjon: SINTEF Byggforsk 2008)



**Figur 5.1 d**  
Eksempel på overgang mellom golv med påstøp og innvendig isolert bindingsverksvegg (Illustrasjon: SINTEF Byggforsk, 2008)



**Figur 5.1 e**  
Snitt og plan av sekstitallsbolig

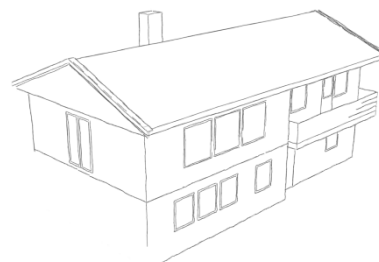



## 5.2 Enebolig fra syttitallet

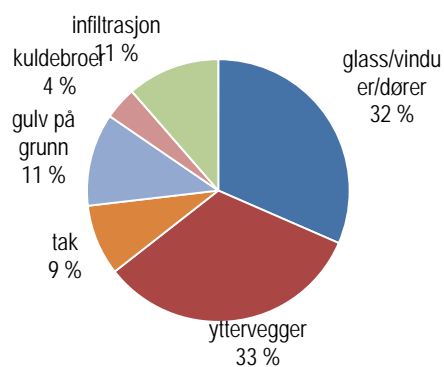
De første hustypene for skrånet terreng med inngang, soverom og rom for varig opphold i kjeller, kom på slutten av femtitallet. Eneboliger med en liten, ekstra leilighet i underetasjen ble populære hustyper fra omtrent 1970, siden målesystemet for leieareal var gunstig og hus-typen kunne bygges på steder der det ellers var vanskelig å få tillatelse (Thue og Reiersen, 1996).

Eksempelhuset er tilpasset skrånende tomt, med leilighet i underetasjen. Underetasjen er støpt med full kjeller i bakre del og delvis over terrenget foran, slik at den egnet seg til rom for varig opphold. Frontveggen (ned mot dalen) er typisk utført i lett bindingsverk og bordkledning i hele sin høyde på to etasjer. Planløsningen viser soveromsfløy samt kjøkken og stue på et hovedplan. Mange hus for skrånende tomt har hovedinngangen i sokkeletasjen. De fleste ferdighusmodellene på syttitallet ble levert prekappet til byggeplassen, eller som prefabrikkerte elementer reist i hele seksjoner. Oppbyggingen var hovedsakelig den samme som før.

Syttitallseneboligen er bygd etter byggeforskriften av 1969, hovedsakelig utført med 10 cm isolasjon i vegg og bjelkelag mot kald loft. Utover perioden ble det vanligere å isolere 5–10 cm mer i bjelkelag og golv. Siden denne utviklingen skjedde gradvis, er det antatt 15 cm isolasjon mot kald loft. Saltaket får større takutstikk enn på det typiske sekstitalshuset, det har mindre takvinkel, og er konstruert av prefabrikkerte, frittstående takstoler.



Beregnet energiforbruk før rehabilitering (etter NS-3031 (SIMIEN))	
Oppvarmet BRA	171 m <sup>2</sup>
Andel vinduer og dører	19 % av BRA
Lever energi	262 kWh/m <sup>2</sup>
Energimerke (EMS): - Elektrisk romoppvarming - Vedfyring	
Netto energibehov	257 kWh/m <sup>2</sup>
Romoppvarming:	199 kWh/m <sup>2</sup>

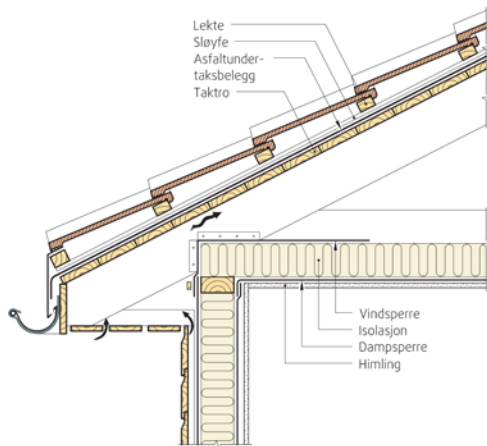


Figur 5.2 a  
Varmetapsbudsjett for syttitalls-huset, prosentvis fordeling av transmisjons- og infiltrasjonstap over bygningskroppen (se tabell 5.2 for verdier)

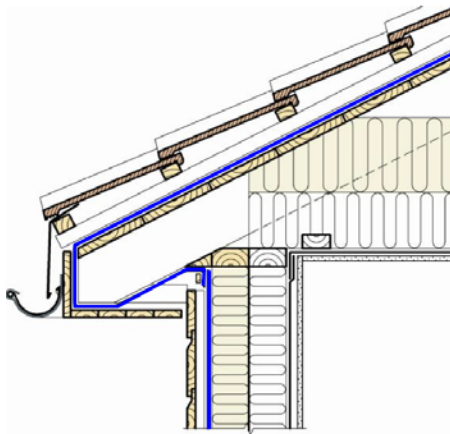
Tabell 5.2

Beskrivelse av bygningskroppen

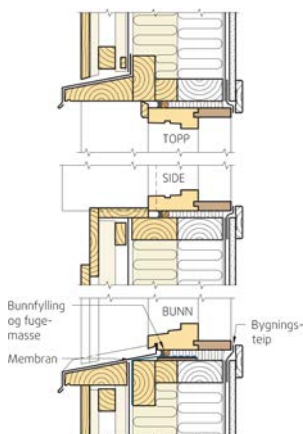
Bygningsdel	U-verdi	Beskrivelse	Areal	H'' [W/m <sup>2</sup> K]
Yttervegg i tre	0,41	Bindingsverksvegg med 100 mm mineralull	173	0,49
Kjellervegg over terreng	0,66	200 mm murblokker med 50 mm innv. mineralull		
Kjellervegg under terreng	0,54	200 mm murblokker med 50 mm innv. mineralull		
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68–73 mm lett bindingsverksvegg		
Golv på grunn	0,61 (0,35)	80 mm støpt golv, 5 cm isolasjon.	86	0,17
Himling mot loft	0,28	150 mm mineralull mellom undergurter	86	0,13
Vinduer og dører	2,7 og 2,4	Tolags ruter med trekarm, uisolerte ytterdører	32	0,47
Normalisert kuldebro	0,06			0,06
Estimert lekkasjetall	8			0,17
			<b>SUM</b>	<b>1,50</b>



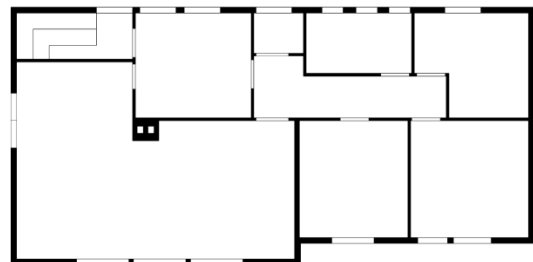
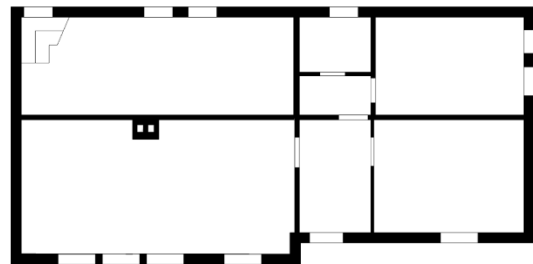
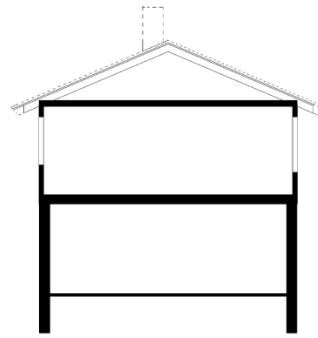
Figur 5.2 b  
Luftet loftsrom med 10 cm isolasjon mellom undergurter (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



Figur 5.2 c  
Prinsipp for kontinuerlig vindtetting og omgjøring til lukket loftsrom (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



Figur 5.2 d  
Prinsipp for inntrukket vindusplassering (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



Figur 5.2 e  
Snitt og plan av syttitallsbolig


### 5.3 Enebolig fra åttitallet

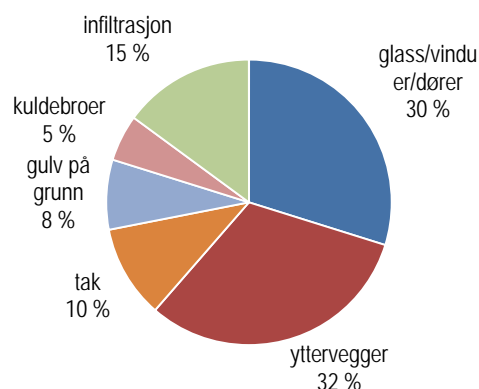
I feltutbyggingene på 1970- og 1980-tallet ble det ofte brukt store anleggsmaskiner til planeringsarbeidene, slik at opparbeiding av tomt og fundamentering kunne gjøres svært rasjonelt. En stor andel småhus ble bygd med loftsrom i 1980-årene. A-takstoler og sperretakskonstruksjoner med ark eller takopplett ble brukt for å få full utnyttelse av loftsrommet.



Åttitalshuset hører til den andre generasjonen av ferdighus. Det utvalgte kataloghuset gir assosiasjoner til Tyrolerhusene. Huset er utført etter kravene i revidert TEK-69 (1983), som ble annonsert i 1980, med 15 cm isolasjon i yttervegg og 15 cm isolasjon i takstolene, tolags vinduer med sprosser, underetasje i lettklinkerblokker med isolert innvendig bindingsverk og støpt plate på mark med 100 mm underliggende isolasjon.

På åttitallet fikk A-takstolen stor utbredelse. I den tradisjonelle løsningen med oppvarmet loftsrom i midtre del og kalde rom mot raft (kneloft) samt i møne (kryploft) var det vanskelig å oppnå gode tetteløsninger. Hustypene med A-takstoler er derfor spesielt utsatt for luftlekkasjer i tak. Flere vinduer bærer preg av å nå slutten av levetiden, og noen har delvis punkterte glass, selv om trekarmene fortsatt er i relativt god stand. Dagslysforholdene er ikke så gode, siden huset har relativt lavt glassareal, store takutstikk, flere balkonger og vinduer med sprosser stort sett plassert i de dominerende gavlveggene.

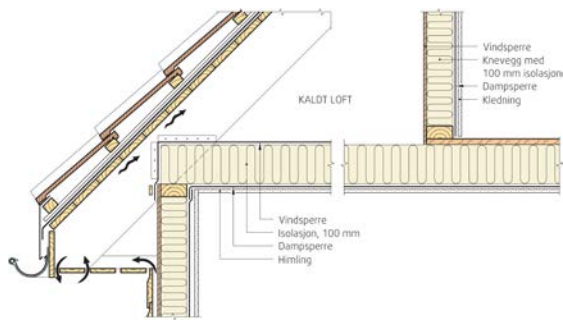
Beregnet energiforbruk før rehabilitering (etter NS-3031 (SIMIEN))	
Oppvarmet BRA	153 m <sup>2</sup>
Andel vinduer og dører	14 % av BRA
Levert energi	215 kWh/m <sup>2</sup>
Energimerke (EMS): - Elektrisk romoppvarming - Vedfyring	
Netto energibehov	212 kWh/m <sup>2</sup>
Romoppvarming:	153 kWh/m <sup>2</sup>



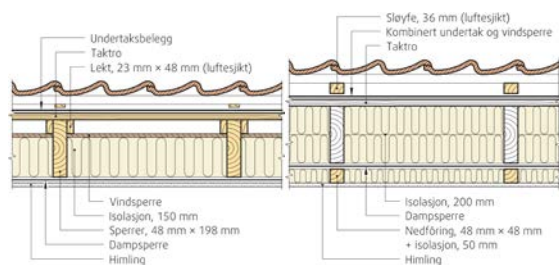
Figur 5.3a  
Varmetapsbudsjett for åttitalshuset, prosentvis fordeling av transmisjons- og infiltrasjonstap over bygningskroppen (se tabell 5.3 for verdier)

Tabell 5.3  
Beskrivelse av bygningskroppen

Bygningsdel	U-verdi	Beskrivelse	Areal	H'' [W/m <sup>2</sup> K]
Yttervegg i tre	0,28	Bindingsverksvegg med 150 mm mineralull	163	0,36
Sokkelvegg over terreng	0,34	250 mm lettklinkerblokker med 50 mm mineralull		
Sokkelvegg under terreng	0,54	250 mm lettklinkerblokker med 50 mm mineralull		
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68–73 mm lett bindingsverksvegg		
Golv på grunn	0,34 (0,26)	100 mm støpt plate, 100 mm EPS under	54	0,09
Sperretak med knevegg	0,30	150 mm loftsbjelkelag/tak, 100 mm i knevegg	63	0,12
Vinduer og dører	2,4 og 1,90	Tolags ruter med trekarm og eldre ytterdører	22	0,34
Normalisert kuldebro	0,06			0,06
Estimert lekkasjetall	8			0,17
			<b>SUM</b>	<b>1,14</b>



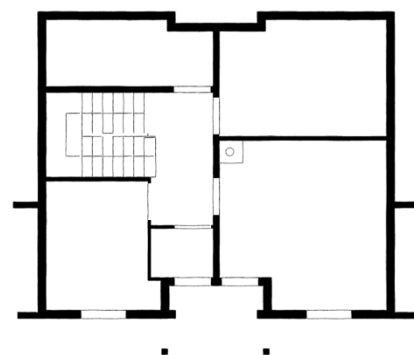
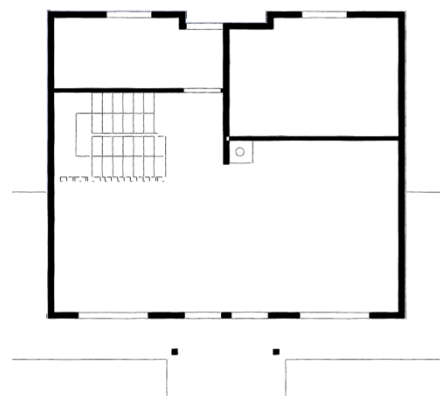
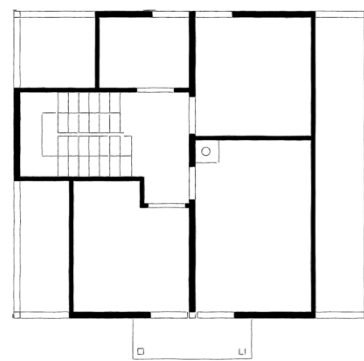
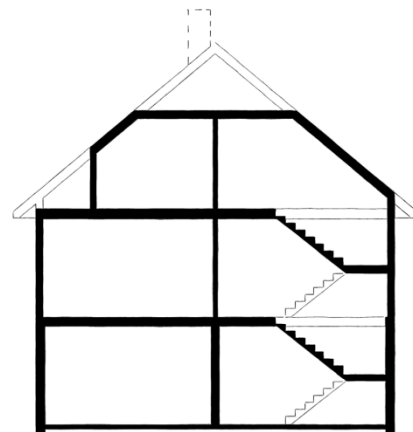
**Figur 5.3 b**  
Eksempel på A-takstoler i 1½-etasjes bolig fra 1980-tallet, isolert med 150 mm isolasjon i skråtak og himling, og 100 mm isolasjon i veggene. Nedre del av knevegg og overgang mot takutstikk. (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



**Figur 5.3 c**  
Tverrsnitt av skråtaket. Venstre figur viser opprinnelig oppbygging med 50 mm luftspalte mellom vindspærre og undertak. Figuren til høyre viser omgjøring til kombinert undertak og innvendig etterisolering med 50 mm påføring. (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)



**Figur 5.3 d**  
Eksempel på omgjøring til kombinert undertak og innvendig etterisolering med 50 mm påføring. (Illustrasjon: Bøhlerengen, 2009)

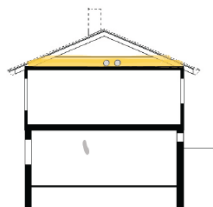


**Figur 5.3 e**  
Snitt og plan, åttitallsbolig

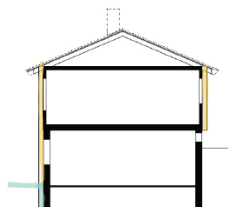
## 6 Mulighetsstudie av syttitallseneboligen (TEK 10, LE, PH)

### 6.1 Beskrivelse av trinnene

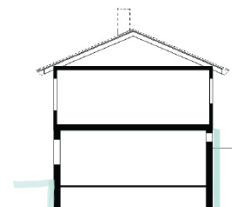
#### Taktrinnet (tiltak 1-4)



#### Ytterveggtrinnet (tiltak 5-10)



#### Kjellertrinnet (tiltak 11-14)



#### 6.1.1 Taktrinnet (tiltak 1–4)

Ved trinnvis rehabilitering vil kjellertrinnet og taktrinnet i liten grad føre til redusert luftskifte, ettersom kun en liten del av luftlekkasjene går gjennom himling mot kaldt loft og gjennom kjellerveggene i sokkeletasjen. Ventilasjon og luftkvalitet blir derfor i liten grad påvirket av disse tiltakene. Likevel kan det være boliger fra perioden med betydelige luftlekkasjer også gjennom taket, se diskusjon av hus med A-takstol og luftede kneloft i avsnitt 4.3.2 I de tilfellene der store deler av luftlekkasjene er gjennom taket, og veggene er relativt tette, bør det installeres balansert ventilasjon i dette trinnet. Kanalføringer kan også med fordel legges klare i påvente av installering av balansert ventilasjon i neste oppgraderingstrinn.

Når taktekningen er moden for utskifting, benytter man muligheten til å etterisolere. Til å forbedre tettheten og redusere varmetapet gjennom tak til ambisiøst nivå er det tre prinsipielle løsninger som er aktuelle. Hvilken løsning som er best egnet, er blant annet avhengig av takkonstruksjonen og hvor god framkommelighet det er på loftet. Felles for de tre løsningene er at etterisolering av kaldt loft gjøres samtidig med utskifting av taktekning og omgjøring til lukket, uventilert loftsrom med kombinert undertak og vindsperre.

- I. Utvendig etterisolering (f.eks. utført med I-bjelker)
- II. Tilleggisolering oppå loftsbjelkelaget (isolasjonsmatter med papir, eller innblåsing)
- III. Fordeling av isolasjon mellom taksperrer, gavlvegger og loftsbjelkelag

Et kontinuerlig, vindtett lag rundt husets ytre klimaskjerm bidrar til å bedre tettheten. Løsningen hindrer også kaldluftsinntrengning og inndrev av snø og regn. Man må ta stilling til hvordan vindsperre skal føres i overgangen fra underlagstak til yttervegg og hva slags takutstikk man ønsker. Hvor store takutstikk det opprinnelige huset har, hvilket trinn man gjør først av vegg- og taktrinnet, samt huseiers ønsker, vil spille inn i prosjekteringen av denne detaljen. I prinsippet er det to mulige løsninger for å oppnå kontinuerlig vindtetting:

- a. Kombinert underlagstak ført rundt gesims og klemmt mot vindsperre på vegg
- b. Kombinert underlagstak med løse takutstikk, eller uten takutstikk, klemmt mot vindsperre på vegg

1. Først vurderer man tilstanden på loftet og eventuelt om takkonstruksjonen må forsterkes i forhold til nye gjeldende krav til snø- og vindlast. Kartlegging av konstruksjonens oppbygging, belastninger, svakheter i utførelse og potensielt skadeomfang kan gjøres etter Byggforskserien 725.117.

Det kalde loftet tettes rundt gjennomføringer for å tilrettelegge for et lukket, uventilert loft dersom prinsipp-løsning II eller III benyttes. Siden etterisolering vil senke temperaturen på det kalde loftet, er det viktig å kontrollere og om nødvendig utbedre dampsperra for å hindre at varm inneluft trenger opp i det kalde loftet og kondenserer. Alle skjøter, omlegg og svakheter der plastfolien brytes av gjennom-

føringer som for eksempel ventilasjonsrør, pipeløp eller loftsluke, må tettes (se avsnitt 4.3.2). Se Byggforskserien for detaljer og anbefalinger.

2. Ved å kombinere etterisolering med utskifting av taktekningen er det mulig å oppnå en meget tett utvendig vindtetting gjennom å etablere et kontinuerlig tettesjikt rundt hele kaldloftet. En forutsetning er at undertaket strippest ned til taktroa og at den er tilstrekkelig dampåpen (samlet  $S_d < 0,5$ ). Nytt kombinert underlagstak og vindtetting på rull legges oppå eksisterende rupanel. Det er avgjørende at oppbyggingen av det nye yttertaket tillater uttørking utover og at ventilering og drenering av taket blir riktig utført for å forhindre snøsmelting og ising.

Det kan være aktuelt å sage av utstikk på takstoler i forbindelse med tilpasning til vegg. En løsning med løse takutstikk kan forenkle klemming av vindsperre/undertak mot yttervegg samtidig som man vil stå fritt til å velge form og uttrykk til takutstikket. Alternativt drar man vindtetting på tak over takutstikket for å gi kontinuerlig tettesjikt med klemming mot vindsperre i yttervegg (se prinsippskisse i avsnitt 5.2). Nye sløyfer og lekter må dimensjoneres for tyngre takteking og eventuelt for å kunne øke takutstikket over gavlvegger eller gesims.

3. Alternativ I går ut på å etterisolere med utvendig oppføring samtidig med utskifting av yttertaket.

Når det er behov for å fornye taktekningen og man likevel må skifte lekter, sløyfer og eventuelt fornye undertaket, så ligger det godt til rette for å etterisolere fra utvendig side. I hus med loftsrom og A-takstoler, eller sperretak, er dette den eneste løsningen for å etterisolere uten å miste innvendig takhøyde. For syttitallsboligen med kald loft kan det også være aktuelt å etterisolere utvendig og tette loftet, som en avart av alternativ III beskrevet under.

Hvis det ikke kan eller ønskes å etterisoleres utvendig, vil det i hus med isolerte yttertak (eks. A-takstol, eller sperretak) være et alternativ å føre ned med 50 mm isolasjon for å oppnå ønsket isolasjonstykkelse. Prinsippet er vist for 80-tallsboligen i figur 5.3c og 5.3d, der hulrommet mellom sperrene fylles med isolasjon samtidig med utskifting av takteking og omgjøring til nytt kombinert undertak. Med en slik løsning som vist der den skrå himlingen får en isolasjonstykkelse på 250 mm, og det brukes litt mer enn 300 mm i andre deler av taket, er det fullt mulig å nå minstekravet i TEK10 ( $U \leq 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ).

I det valgte alternativ II for syttitallsbushuset tilleggisolierer man oppå eksisterende isolasjon i loftsbjelkelaget (takstolenes undergurter) og helt ut i takstolen på loftet i forbindelse med omgjøringen til uventilert loftsrom. Eventuelt kan gammel isolasjonsvatt fjernes og erstattes med moderne isolasjonsmaterialer med bedre isolasjonsevne (høyere lambdaverdi). Hvis ventilasjonskanalene føres på loftet, må man legge tilstrekkelig isolasjon over, og være nøye med å tette godt rundt alle gjennomføringer (jfr. punkt 1). De foreslåtte isolasjonstykkelsene i kapittel 7 tilsier papirbelegg i midten mellom lagene for å hindre konveksjon i isolasjonen. For å få til skikkelig fordeling av isolasjonen kan innblåst isolasjon være et godt alternativ, spesielt på loft der det er begrenset framkommelighet.

Alternativ III beskriver en løsning som kan være gunstig der det er god framkommelighet på loftet. Spesielt hvis loftsrommet egner seg til lagring, kan det være gunstig å fordele noe av isolasjonen (som ellers legges oppå loftsbjelkelaget) mellom sperrer/overgurter i yttertaket. Det vil også være nødvendig å etterisolere og tette gavlveggene for å oppnå et halvklimatisert loftsrom. Dette medfører at det behøves mer isolasjon og flere tettearbeider. Fordelen er høyere temperaturer i loftsrommet, som i sin tur vil minske faren for kondensering. Isoleringen av yttertaket vil også bidra til å flytte kondenspunkt utover i konstruksjonen, noe som reduserer kondensfare mot undersiden av taktroa. Med en slik løsning må man legge til rette for gangbaner og lagerplattformer.

4. Man kan også gjøre tiltak på varmeanlegg i dette trinnet (må ta stilling til om det skal installeres eller legges til rette for montering av solfangeranlegg i taktrinnet jf. alternativ 1).

Alternativ 1: Man monterer solfangere og klargjør opplegg for omgjøring til vannbåret varme på badetrom og i gang, med radiator i stue (ev. kjellerstue) og ny varmtvannstank for å dekke minst 50 % av behovet for varmt tappevann.

Alternativ 2: Man installerer nye rentbrennende vedovner og luft-til-luft-varmepumpe. En varmepumpe kan trolig dekke en større del av oppvarmingsbehovet etter rehabilitering, da effektbehovet er redusert.

Alternativ 3: Man installerer ved- eller pelletskamin med vannmantel til oppvarming av varmt tappevann (ev. med reduksjon av diameter på pipeløpet) og gjør samtidig om oppvarmingssystemet til vannbåret varme på badetrom og i gang, med radiator i stue (ev. kjellerstue). Eks. panelovner beholdes til veggtrinnet er gjennomført.

### **6.1.2 Ytterveggtrinnet (tiltak 5–10)**

Dette trinnet omfatter etterisolering av yttervegg med luftet kledning, etablering av ny vindsperre med tilhørende tettedetaljer, utskifting av vindu og ytterdører og montering av balansert ventilasjon.

En god og kontinuerlig vindsperre som er dampåpen, vil redusere luftlekkasjer og dermed risiko for fuktinfiltrasjon ut i konstruksjonene, og samtidig tillate uttørking utover. I kombinasjon med balansert ventilasjon er dette et meget robust fuktteknisk tiltak. Siden tiltakene i dette trinnet (etterisolering av vegg og utskifting av vindu og dører) vil redusere luftlekkasjene betraktelig, er installering av balansert ventilasjon viktig for å fjerne fukt og dermed føre til en totalt sett betydelig mer fuktsikker løsning.

5. Som følge av etterisoleringen vil de ytre delene av konstruksjonen bli kaldere og få høyere relativ fuktighet. Det er derfor viktig å sjekke at eksisterende dampsperr er i god nok stand, ellers må den utbedres (se avsnitt 4.3.3 Etterisolering). Alternativt må man være sikker på at vindsperren er så god at fukttransport ved infiltrasjon utover i konstruksjonen blir neglisjerbar. En trykktest vil avsløre om vindsperren er god nok.

6. Yttervegg i tre: Gammel kledning og vindtetting fjernes, og hvis mulig beholdes eksisterende isolasjon (avsnitt 4.3.3 Etterisolering). Utenpå isoleres vegg med nødvendig isolasjonstykkelse for å nå ønsket ambisjonsnivå, enten i et kontinuerlig sjikt (som trykklaste isolasjonsplater), med påskrudde I-profiler på eksisterende vegg eller med påføring i vanlig bindingsverk. Utenpå isolasjon fører man ny, kontinuerlig vindtetting, med teipet og klemte overgang til vindtetting på tak, kjeller og rundt dører og vinduer.

7. Vinduer og dører skiftes til passivhuskvalitet. Som beskrevet i avsnitt 4.3.4 Utskifting av vinduer kan vinduene flyttes inn i konstruksjonen for å oppnå lavere kuldebroverdi, men detaljering og utførelse blir da ekstra viktig. 30–40 mm innenfor vindsperren er den mest gunstige plasseringen med hensyn til varmetap.

Siden vinduene plasseres et stykke inn i vegg, krever det en bredere bunnfuge, noe som får konsekvenser for karmstørrelsen. For at vann ikke skal kunne trenge inn i vegg under, legger man en membran under vannbrettbeslaget. Mellom regnskjerm og lufttetting må det være et drenert hulrom (avsnitt 4.3.4).

8. Tiltak på yttertak (kombinert undertak og vindtetting) med lukking av loftsrommet, ny vindtetting på yttervegg og god vindtetting rundt vinder og dører vil gjøre det mulig å få til et kontinuerlig vindtettsjikt, og kan i teorien redusere luftlekkasjene til nær passivhusnivå. Ved utvendig isolering vil kuldebroer i overgang fra kjellermur til yttervegg, yttervegg/kjellervegg og golv på grunnen reduseres betraktelig. Kuldebroer rundt vinduer og dører vil også reduseres avhengig av ny plassering i yttervegg.



Gamle spalteventiler må tettes og isoleres i sammenheng med arbeid på ytterveggen og innstallering av ny ventilasjonsløsning.

9. Ventilasjon: Den gamle avtrekksventilasjonen byttes ut med et balansert ventilasjonsanlegg med roterende varmegjenvinner med høy temperaturvirkningsgrad.

Aggregatet plasseres i vaskekjeller i sokkeletasjen, og nye kanaler føres på varm side av konstruksjonen. Hvis kanalene skal føres på kaldloftet, må man isolere tilstrekkelig over kanalene, samt tette godt i gjennomføringer. Hvis planløsningen tillater det, kan tillufta fordeles hovedsakelig til soverom med overstrømming til andre arealer. Ellers må både soverom og andre oppholdsrom tilføres tilstrekkelig frisk luft. Avtrekk fordeles mellom bad, vaskerom og kjøkken med mulighet for å forsere luftmengdene i perioder.

### **6.1.3 Kjellertrinnet (tiltak 11–14)**

Utvendig isolering av kjellervegg og utvendig randisolering av kjellergolv bør kombineres med arbeider for å utbedre dreneringen og øvrig fuktsikring. Tiltakene 10–13 er spesielt gunstige for å bedre varmekomforten og eliminere risikoen for overflatekondens i sokkeletasjen. Tiltakene bør iverksettes hvis rom i kjelleren skal omgjøres til nye bruksformål, ved behov for utbedring av drenering, eller når det påvises fuktskader og problemer med innklimaet i kjeller. Vannbåret varme tiltak 4.

11. Sjekk om golvet har fuktsperre og isolasjon. Hvis ikke, er det nødvendig med ny oppbygning. Se Byggforskserien for konkrete løsninger på fuktsperre og oppbygging av golvet. Siden etterisolering av kjellergolv har praktiske og økonomiske begrensninger, vises det til tre forskjellige prinsipper for de tre ulike nivåene (alternativer rangert etter ambisjonsnivå):

- I. Beholde opprinnelig golv forutsatt at det er radon- og fuktsikkert utført. For at dette skal være et aktuelt alternativ, bør det allerede være minst 50 mm isolasjon mot grunnen.
- II. Tettetiltak og etterisolering med trykkfast isolasjon (produkt med lav varmekonduktivitet) på eksisterende betongplate. Innvendig etterisolering begrenses normalt av romhøyden i underetasjen til 30–100 mm isolasjon, i tillegg til at eventuell påstøp bygger noe. Dørterskler, innerdører og elektriske anlegg må tilpasses til nye golvhøyder i rommene som etterisoleres.
- III. Opphugging, etterisolering og ny oppbygging med betongpåstøp er den foretrukne løsningen (se prinsipppløsning i avsnitt 5).

12. Utvendig isolering av kjellervegger som utføres samtidig med utbedring av drenering, er et godt energiteknisk tiltak. Det er også veldig gunstig med hensyn til fuktsikkerhet og bedre termisk komfort.

Når man graver opp på utsiden, oppgraderer man drenering og øvrig fuktsikring samtidig med etterisolering. I prinsippet må man lage god drenering rundt kjellerveggene ned til under kjellergolvets nivå (drensledning). Nedløp fra takrenner må tilpasses til utvendig etterisolering og ny drensledning.

Samtidig med skifting av dreneringen isolerer man kjellervegg med utvendig isolasjon. Man bør også legge minst 100 mm trykkfast isolasjon (f.eks. EPS) som 1 meter bred randisolering på forsiden av huset (der størstedelen av kjellerveggen ligger over terreng), for å forminske kuldebroer i overgangen mot golv. Over grunnen monterer man trykkfast isolasjon med fibersementplate og beslag i overgangen.

Innvendig isolasjon begrenses til maks halvparten av samlet isolasjonstykkelse. Hvis kjellerveggen har fuktskader, må man fjerne eventuell innvendig isolasjon for å sikre god uttørking i kjelleretasjen. Fuktrisikoen er størst for fuktfølsomme materialer som er nærmest kjellerveggen, og øker med innvendig isolasjonstykkelse.

Utvendig tilleggisolering gir høyere innvendige overflatetemperaturer, som minsker kondensfare og bidrar til uttørking. Forutsatt at veggen er tørr, kan man isolere innvendig med tilsammen 50–100 mm isolasjon for ytterligere energigevinst.



13. Etterisolering av golv mot uoppvarmede rom kan være aktuelt i noen hus. I eksempelboligen er imidlertid lagerrom inkludert i klimaskallet, som forutsetter at man gjør tilsvarende tiltak på golv mot grunnen og utvendig etterisolering yttervegg og/eller drenering som for resten av boligen. En eventuell nedføring med ekstra isolasjon i kjellerhimling mot uoppvarmede rom begrenses av romhøyden i underetasjen.

14. Etterisolering av innervegger mot uoppvarmede rom kan også være aktuelt. Det anbefales imidlertid å isolere uoppvarmede kjellerareal utvendig i sammenheng med utskifting av drenering (tiltak 11).

## 6.2 Tiltak tilnærmet TEK 10-nivå:

### 6.2.1 Taktrinnet

1. Tilleggisolering i loftsbjelkelaget, kontroll av opprinnelig dampsperre og tettelisten rundt loftsluke
2. Ny, diffusjonsåpen og kontinuerlig vindtetting klargjort for tetting mot yttervegg trinnet. Omgjøring til dampåpent undertak og ny takteking (ev. gjenbruk av takstein)
3. 250 mm tilleggisolering i loftsbjelkelaget
4. Installering av luft-til-luft-varmepumpe og rentbrennende vedovn

### 6.2.2 Ytterveggtrinnet

5. Sjekk av dampsperre og eventuelt tiltak på elanlegg
6. Utvendig etterisolering (150 mm)
7. Utskifting av alle vinduer til trelagsvinduer ( $U\text{-verdi} < 1,0$ )
8. Reduserte luftlekkasjer og kuldebroer
9. Balansert ventilasjon (minst 80 % temperaturvirkningsgrad)
10. Termografering og tetthetsprøving

### 6.2.3 Kjellertrinnet

11. Utvendig etterisolering (150 mm) + innvendig i uisolerte deler av sokkeletasje (50 mm)
12. Ingen endring i golv, bare utvendig randisolering
13. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsvarende tiltak 11)
14. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsvarende tiltak 12)

Bygningsdel	FØR TILTAK		ETTER TILTAK	
	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av eksis- terende	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av minste tiltak
Yttervegg i tre	0,41	bindingsverksvegg med 100 mm mineralull	$< 0,18$	+ 150 mm tilleggisolering på utsiden
Kjellervegg over terreng	0,66	200 mm murblokker med 50 mm innv. mineralull	$< 0,20$	+ 150 mm tilleggisolering på utside (alt. 100 mm utv. + tot. 100 mm innv.)
Kjellervegg under terreng	0,54	200 mm murblokker med 50 mm innv. mineralull	$< 0,16$	+ 150 mm tilleggisolering på utside (alt. 100 mm utv. + tot. 100 mm innv.)
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68–73 mm lett bindingsverksvegg	–	Inkludering i klimaskall
Golv på grunnen	0,61 (0,35)	80 mm støpt golv, 50 mm isolasjon	$< 0,61$ (0,33)	Uendret, forutsatt at eksisterende golv er riktig utført (fuktsperre) <sup>4</sup>
Himling mot loft	0,28	150 mm mineralull mellom undergurter	$< 0,11$	+ 250 mm isolasjon og tetttiltak jfr. omgjøring til uventilert loftsrom
Vinduer og dører	2,7	Tolags ruter med tre-karm	$< 1,0$	Trelags vinduer og ev. nye dører med tilsvarende kvalitet
Normalisert kuldebro	0,06		$< 0,04$	Ubrutt isolasjonslag på kjeller-mur, randisolering og ny drenering
Estimert lekkasjetall	$< 8$	Dampsperre (tynn plast)	$n_{50} < 2,5$	Kontinuerlig tettesjikt, (vindtett duk på rull og omgjøring til lukket loftsrom med klemte skjøter og tetting rundt raftet)

<sup>4</sup> Tiltaket oppfyller ikke TEK 10-minstekravet til U-verdi for golv.

## 6.3 Tiltak tilnærmet lavenerginivå:

### 6.3.1 Taktrinnet

1. Tilleggisolering i loftsbjelkelaget, kontroll av opprinnelig dampsperre og tettelisten rundt loftsluke
2. Ny, diffusjonsåpen og kontinuerlig vindtetting klargjort for tetting mot ytterveggtrinnet. Omgjøring til dampåpent undertak og ny taktekning (ev. gjenbruk av takstein)
3. 300 mm tilleggisolering i loftsbjelkelaget
4. Installering av pelletskamin med vannmantel og ny varmtvannsbereder med vannbåret varmeavgivelse i golv på badet og radiator i stua

### 6.3.2 Ytterveggtrinnet

5. Sjekk av dampsperre og eventuelt tiltak på elanlegg
6. Utvendig etterisolering (200 mm)
7. Utskifting av alle vinduer til passivhusvinduer (U-verdi < 0,80)
8. Reduserte luftlekkasjer og kuldebroer
9. Balansert ventilasjon (minst 80 % temperaturvirkningsgrad)
10. Termografering og tetthetsprøving

### 6.3.3 Kjellertrinnet

11. Utvendig etterisolering (200 mm) + innvendig i uisolerte deler av sokkeletasje (50 mm)
12. 50 mm trykkfast isolasjon, fuktsikring og utvendig randisolering
13. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsv. tiltak 11)
14. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsv. tiltak 12)

Bygningsdel	FØR TILTAK		ETTER TILTAK	
	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av eksisterende	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av minste tiltak
Yttervegg i tre	0,41	bindingsverksvegg med 100 mm mineralull	< 0,15	+ 200 mm tilleggisolering på utsiden
Kjellervegg over terreng	0,66	200 mm murblokker med 50 mm innv. isolasjon	< 0,18	+ 200 mm tilleggisolering på utsiden + tot. 5 cm på innsiden
Kjellervegg under terreng	0,54	200 mm murblokker med 50 mm innv. isolasjon	< 0,15	+ 200 mm tilleggisolering på utsiden + tot. 5 cm på innsiden
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68-73 mm lett bindingsverksvegg	–	Inkludering i klimaskall
Golv på grunn	0,61 (0,35)	80 mm støpt golv, 50 mm isolasjon	< 0,36 (0,25)	+ 50 mm trykkfast isolasjon på oversiden (heving av terskler i sokkel)
Himling mot loft	0,28	150 mm mineralull mellom undergurter	< 0,10	+ 300 mm isolasjon (minst) og tetteltak jfr. omgjøring til uventilert loftsrom
Vinduer og dører	2,7	Tolags ruter med trekarm	< 0,80	Trelags vinduer og nye dører med passivhuskvalitet
Normalisert kuldebro	< 0,06		< 0,04	Ubrutt isolasjonslag på trevegg og kjellermur, randisolering
Estimert lekkasjetall	< 8	Dampsperre (tynn plast)	n <sub>50</sub> < 1,0	Kontinuerlig tettesjikt, (vindtett duk på rull (diffusjonsåpen) og omgjøring til dampåpent undertak med klemte skjøter og tetting rundt raftet

## 6.4 Tiltak tilnærmet passivhusnivå:

### 6.4.1 Taktrinnet

1. Tilleggisolering i loftsbjelkelaget, kontroll av opprinnelig dampsperre og tettelisten rundt loftsluke
2. Ny, diffusjonsåpen og kontinuerlig vindtetting klargjort for tetting mot yttervegg trinnet. Omgjøring til dampåpent undertak og ny takteking (ev. gjenbruk av takstein)
3. 350 mm tilleggisolering i loftsbjelkelaget
4. Installering av 6 m<sup>2</sup> solfangere til varmtvann og vannbåret varme i golv på badet og radiator i stua

### 6.4.2 Ytterveggtrinnet

5. Sjekk av dampsperre og eventuelt tiltak på elanlegg
6. Utvendig etterisolering (250 mm)
7. Utskifting av alle vinduer og dører til passivhusvinduer/-dører (U-verdi < 0,77)
8. Reduserte luftlekkasjer og kuldebroer
9. Balansert ventilasjon (minst 85 % temperaturvirkningsgrad)
10. Termografering og tetthetsprøving

### 6.4.3 Kjellertrinnet

11. 250 mm utvendig tilleggisolasjon i sokkeletasje
12. Utgraving av kjellergolv, til sammen 250 mm trykkfast isolasjon og utvendig randisolering
13. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsvarende tiltak 11)
14. Inkludering av kjellerbod i klimaskall (tilsvarende tiltak 12)

Bygningsdel	FØR TILTAK		ETTER TILTAK	
	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av eksisterende	U-verdi/ lekkasjetall/ kuldebro- verdi	Beskrivelse av minste tiltak
Yttervegg i tre	0,41	Bindingsverksvegg med 100 mm mineralull	< 0,11	+ 250 mm tilleggisolering på utsiden + utskifting av eks. isolasjon (kl. 35)
Kjellervegg over terreng	0,66	200 mm murblokker med 50 mm innv. isolasjon	< 0,12	+ 250 mm tilleggisolering på utsiden + tot. 50 mm innvendig
Kjellervegg under terreng	0,54	200 mm murblokker med 50 mm innv. isolasjon	< 0,10	+ 250 mm tilleggisolering på utsiden + tot. 50 mm innvendig
Mot uoppv. kjellerbod	0,48	68–73 mm lett bindingsverksvegg	–	Inkludering i klimaskall
Golv på grunn	0,61 (0,35)	80 mm støpt golv, 50 mm isolasjon	< 0,14 (0,12)	Totalt 250 mm isolasjon mot grunnen (utgraving)
Himling mot loft	0,28	150 mm mineralull mellom undergurer	< 0,09	+ 350 mm isolasjon og tetteltak i forbindelse med omgjøring til uventilert loftsrom
Vinduer og dører	2,7	Tolags ruter med trekarm	< 0,77	Trelags vinduer og nye dører med passivhuskvalitet
Normalisert kuldebro	< 0,06		< 0,03	Ubrutt isolasjonslag på trevegg og kjellermur, randisolering
Estimert lekkasjetall	< 8	Dampsperre (tynn plast)	n <sub>50</sub> < 0,60	Kontinuerlig tettesjikt, (vindtett duk på rull (diffusjonsåpen) og omgjøring til dampåpent undertak med klemte skjøter og tetting rundt raftet)

## 6.5 Evaluering mot Enova-støtteordningen

Tiltakene er valgt spesielt med tanke på å oppfylle kriteriene for oppgraderingsstøtte fra Enova (avsnitt 4.4). Imidlertid er det viktig å påpeke at i dagens støtteordning (2014) må tiltakene gjennomføres innen 18 måneder fra tilsagnet er gitt. Enova-støtten er dermed ikke tilpasset en trinnvis oppgradering. Evalueringen er gjennomført ved hjelp av en egen beregningsmodul i Energimerkesystemet (Enova EMS-modul). Kravene til varmetapstall, netto energibehov og energiforsyning er angitt i avsnitt 4.4. Oslo-klima er valgt i evalueringen.

- Samlede tiltak på syttitallshuset «tilnærmet TEK 10-nivå» oppfyller kriteriene til nivå 2.
- Samlede tiltak på syttitallshuset «tilnærmet lavenerginivå» og «tilnærmet passivhusnivå» oppfyller kriteriene til nivå 1.

## 6.6 Energigevinsten for hvert trinn

For syttitallshuset er det regnet på energispareeffekten av de ulike trinnene i de foreslåtte oppgraderingspakken. Siden lekkasjetallet vil ha stor innvirkning på oppvarmingsbehovet, og det er såpass vanskelig å anslå tettheten man kan oppnå mellom de mulige oppgraderingsforløpene (eksempelvis der taktrinnet etterfølges av veggtrinnet), er ikke disse overslagsberegningene tatt med i rapporten. Det som imidlertid er tydelig, er at store deler av energisparepotensialet realiseres i det trinnet der tettheten blir betydelig forbedret og det installeres balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Dette vil i de fleste tilfeller være i veggtrinnet. Hvis deler av syttitallshusets opprinnelige varmetap er redusert i et foregående trinn, kan det være oppnåelig å tilfredsstille nivå 2 i Enova-støtteordningen og oppnå minst 30 % reduksjon av varmetapet ved oppgradering i veggtrinnet alene. Uavhengig av hvilket trinn man monterer balansert ventilasjon, er det viktig å følge opp med tetting av vindusspalter, veggventiler og andre punkteringer for å gi ventilasjonsanlegget gode arbeidsforhold.

I vedlegg 2 er det oppgitt varmetapsberegninger for syttitallshuset etter oppgradering til de tre ulike nivåene. Illustrasjonene synligjør hvordan for eksempel en bedre lambdaverdi på isolasjonen og dertil endring i U-verdien til bygningsdelen, eller en forandring i glassareal, slår ut på det totale varmetapstallet. Brattheten på kurvene synligjør varmetapet fra bygningsdelene og potensial for å forbedre komponentytelsen. Kurvene er derfor brattere for TEK 10-nivå enn for nivået som nærmer seg passivhusstandarden (NS 3700).

Etter prinsippet i Kyotopyramiden er det hensiktsmessig å dimensjonere oppvarmingssystemet etter at en del av varmetapet og effektbehovet er redusert. Det er foreslått tre ulike løsninger for oppgradering av energiforsyningen, men flere kan være aktuelle. I utgangspunktet vil blant annet beboernes vaner og varmtvannsforbruk være utslagsgivende for valget av energisystem. En løsning som innebærer oppvarming av tappevann med alternative energibærere er gunstig for å redusere elektrisitetsforbruket. Eksempler er ved- og pelletkamin med vannmantel, ved- og pelletkjel i tilegnet fyrrom, og solfanger med varmeveksling mot varmtvannstank. Slike systemer utformes med vannbåret varmeavgivelse. Hvitevarer med såkalt *hot-fill*-kapasitet, det vil si vaske- og oppvaskmaskiner som har inntak for varmtvann, kan også effektivisere elektrisitetsbehovet.

I beregningene som evaluerer mot et bestemt nivå, brukes standard tabellverdier for varmtvannsbehov og elektrisitetsbehov til husholdningsartikler. Selv om det er bygningskroppen som er hovedfokus i rapporten, fins det en rekke andre løsninger og installasjoner som vil gi spart energi, som LED-lys og energieffektive hvitevarer. Med avanserte måle- og styringssystemer kan energiforbruket reduseres både ved økt bevissthet om egne vaner og ved automatisk styring av temperaturer og annet utstyr.

## 7 Diskusjon og oppsummering

### 7.1 Generelt

Energiplan for systematisk oppgradering av småhus til ambisiøst nivå er i denne rapporten beskrevet som en tretrinns oppgradering hvor hvert trinn utføres og ses i sammenheng med neste trinn. Målet er å oppnå gode løsninger og godt inneklima i hele prosessen. De tre trinnene omfatter tak, yttervegger og kjeller. Installasjonstekniske tiltak utføres i forbindelse med de trinnene som passer best. Rekkefølgen på trinnene kan velges i forhold til boligens tilstand og boligeierens prioriteringer. Hvert trinn har noen utfordringer for tilpassing til neste trinn som må løses på en god måte. Oppgraderingen er på et ambisiøst nivå når alle de tre trinnene er gjennomført. For hvert av trinnene som foreslås er det viktig å ta hensyn til tekniske, estetiske og økonomiske muligheter og begrensninger, samtidig som tiltakene må oppfylle fukttekniske og inneklimatekniske godkjente krav.

### 7.2 Tre trinn eller alt i én operasjon

Den viktigste fordel med den trinnvise tilnærmingen er å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom når de økonomiske mulighetene er til stede eller når behovene oppstår. Systematisk, trinnvis oppgradering kan øke rehabiliteringsraten for ambisiøs oppgradering og samtidig redusere klattrehabilitering, som gjerne fører til reduserte muligheter for energirehabilitering i neste runde. TNS Gallups klimabarometer for 2013 viser at folk flest ønsker å rehabilitere litt om gangen etter som de får råd (38 %) eller gjøre arbeidet samtidig med annen nødvendig oppgradering. Det er først når utskiftinger og rehabilitering likevel skal gjennomføres, at en ambisiøs oppgradering er økonomisk lønnsom.

Selv om det er både praktiske og økonomiske fordeler med å utføre en oppgradering trinnvis, bør man likevel stille spørsmål om hvorvidt det kan resultere i mer arbeid, større totalcost og dårligere sluttresultat. En oppgradering der alt gjøres i én operasjon, er rimeligere å planlegge og krever mindre kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende håndverkere. Kostnadene til rigging begrenses til én periode, og det vil være lettere å oppnå en god utførelse blant annet for overganger mellom tak, vegger og grunnmur. Det er også en fordel at byggearbeidene er begrenset til én periode og at man slipper å bo på en byggeplass i år etter år.

Oppgradering i tre trinn eller i én operasjon har både fordeler og ulemper for ulike aktører i byggebransjen. Flere trinn kan bety økt aktivitet og fortjeneste, men også mer krav til spesiell kompetanse og mer tid til kommunikasjon med boligeierne og mellom faggrupper om hva som er de gode løsningene.

En oppgradering som gjennomføres i flere omganger, gir endringsmuligheter underveis. Et eksempel er å utsette tiltak på energisystemet fordi det forventes nærliggende teknologiutvikling eller prisreduksjon på fornybare energiløsninger. I rapporten *Europe's buildings under the microscope* (BPIE, 2011) beskrives et totrinns oppgraderingsscenario der første trinn er de mest lønnsomme tiltakene og neste trinn er de mer omfattende tiltakene som gjennomføres når kunnskapen og erfaringen i markedet er bedre og energikostnadene høyere. De mest lønnsomme tiltakene kan være balansert ventilasjon og etterisolering av loft. Forventninger til nye byggemetoder kan være utvikling av systemer for prefabrikerte elementer med stor fleksibilitet og gode muligheter for individuelle tilpasninger. Det er en viss fare for at totrinns-scenariet blir en tankemåte som fører til utsetting av ambisiøse tiltak og en økning i klattrehabilitering av nødvendige tiltak. Et moment som støtter denne tankemåten, er at utviklingen på området ser ut til å skje veldig raskt og at en trinnvis plan med en viss åpenhet for nye løsninger derfor bør etterstrebes.

Planlegging av en omfattende oppgradering bør uansett gjøres samlet, både for innvendige og utvendige tiltak. Innvendige oppgraderinger som utskifting av kjøkken, bad, elektrisk anlegg og vannrør bør også inkluderes i planen. En tilstandsanalyse er et viktig utgangspunkt for planen og vil synliggjøre hvilke tiltak som haster mest. Kartlegging av forventet levetid på eksisterende bygningsdeler og

vurdering av holdbarhet på eventuelle kritiske mellomløsninger og beboernes behov vil ha betydning for prioriteringene.

### 7.3 Dokumentering og måling

Dokumentering av gjennomførte oppgraderinger og vedlikeholdstiltak er viktig ved salg av en bolig. Ved trinnvis oppgradering er dokumentering av tiltak spesielt viktig som grunnlag for neste trinn. Måling av energibesparelser er mest interessant når hele oppgraderingen er gjennomført fordi energigevinsten for hvert av trinnene varierer mye. Forventninger til oppgradering av et syttitallshus til TEK 10-standard er for eksempel redusert beregnet oppvarmingsbehov på 70 %. Bare golvtrinnet gir trolig ikke mer enn 10 % reduksjon, og bare taktrinnet vil gi 10 % reduksjon. Veggtrinnet inkludert balansert ventilasjon vil gi 25 % besparelse dersom luftlekkasjer fra golv og tak fortsatt er store, men 50 % når hele oppgraderingen er ferdig.

### 7.4 Finansiering

Finansieringsmuligheter, støtte fra Enova og gunstig lån fra Husbanken kan være avgjørende for beslutningen om å gjennomføre oppgraderingstiltak til et ambisiøst energinivå. Dersom boligeier allerede har store lån, kan oppgradering i flere trinn være eneste mulighet. Enova gir støtte til oppgradering på to nivåer, hvor nivå 2 er tilnærmet TEK 10-nivå og nivå 1 er mer ambisiøst. For å oppnå kravene til nivå 1 eller nivå 2 er det nødvendig å gjennomføre alle de tre trinnene. Tiltakene må gjennomføres innen 18 måneder fra tilsagnet er gitt. Enova-støtten er ikke tilpasset en trinnvis oppgradering, men for en bolig som har gjennomført oppgradering av tak og golv tidligere kan støttenivå 2 være aktuell for veggtrinnet når det gir minst 30 % reduksjon av varmetapstallet. Husbanken kan gi gunstig lån for oppgradering av boliger og har mulighet for å gi lån til ett trinn om gangen når en godkjent energiplan foreligger. Prosjekter som oppfyller Enovas krav for «Støtte til oppgradering av bolig, nivå 1, eller nivå 2», oppfyller automatisk Husbankens krav til utbedring.

### 7.5 Prefabrikkerte elementer og volummarkedet

Oppgradering av eldre hus kan ofte bety arbeidskrevende løsninger med mye tilpasninger. Etterisolering av loft med legging av vindtetting mellom sperrene eller sjekking av dampsperre i vegger og himling er eksempler på dette. Dersom etterisolering skal legges på utsiden av huset, kan det gjøres som prefabrikkerte elementer både for tak og for vegger. Hustypene fra perioden 1960–1990 er godt egnet for etterisolering med ferdige elementer. Husene har enkle former, byggemetodene ble mer og mer standardiserte i perioden, og det er mange like hus. På samme måte som rasjonelle byggemåter var viktig i denne perioden, vil rasjonell oppgradering bli viktig for denne boligmassen framover.

Industrielt framstilt prefabrikkering kan bidra til å redusere både kostnader og byggetid, men slike løsninger vil i større grad måtte gjennomføres i én operasjon. Taktrinnet kan likevel være egnet for etterisolering med elementer, men så vil veggtrinnet kreve mer tilpasning i neste fase. Prefabrikkering av element har utfordringer med tetthet og skjøting. Derfor er det en fordel med så store elementer som mulig, gjerne hele vegger. Elementer på opp til 13 m kan transporteres på norske veier. Oppmåling og tilpassing til eksisterende hus kan imidlertid være en utfordring for store elementer, men nye digitale metoder vil etterhvert løse dette.

### 7.6 Nye produkter

Bruk av nye materialer og produkter vil etterhvert gi slankere løsninger for godt isolerte bygningskonstruksjoner. Vakuumisolasjon og aerogelmatter er to typer isolasjonsmaterialer med henholdsvis en tredjedel og en halvdel av tykkelsen sammenliknet med mineralull. Høye kostnader gjør det foreløpig uaktuelt å bruke disse materialene i stort omfang, men for å begrense kuldebroer eller for å isolere ett karnapp er disse produktene godt egnet. Bruk av reflekterende folier i vegger, golv eller tak kan også gi enkle, rimelige og slanke løsninger. Økt fokus på oppgradering til ambisiøst og moderne nivå skaper et stort marked for nye produkter og løsninger.

## 7.7 Avfall og miljøbelastning

Rehabilitering produserer mye avfall. Det er ofte flere avfallscontainere på en byggeplass for rehabilitering enn på en byggeplass for nybygging. Et miljøregnskap hvor CO<sub>2</sub>, forurensning og avfallsmengde er inkludert i tillegg til spart energi vil vise i hvilken grad man bør velge gjenbruk av isolasjon og andre byggematerialer. Utskifting av isolasjonen i veggene vil for eksempel gi redusert varmetap, men vil samtidig skape betydelig mer avfall som må håndteres. Produksjon av ny isolasjon har dessuten innebygd energi som må tas med i regnskapet og veies mot spart energi for den rehabiliterte bygningen. I prosjektet SEOPP blir miljøregnskap og innebygd energi ikke vurdert. Resultater fra forskningssenteret FME ZEB (Zero Emission Buildings 2009–2017) vil imidlertid gi svar på denne problemstillingen.

## 7.8 Barrierer i reguleringsbestemmelsene

Oppgradering med utvendig etterisolering kan komme i konflikt med reguleringsbestemmelser for bebygd areal og avstand til nabogrense, samt med gesims- og mønehøyder. Det vil ikke være nok på sikt med dispensasjon fra kommunene i hvert enkelt tilfelle. Hvis oppgradering skal gjennomføres i stort omfang, må etterisolering være forhåndsgodkjent, og nødvendige endringer bør gjennomføres i lovverket og i kommunale reguleringsplaner.

## 7.9 Videre arbeid

En viktig utfordring ved trinnvis oppgradering er overgangen mellom trinnene. Når taket oppgraderes først, og veggen oppgraderes i neste trinn noen år senere, er det viktig både å få en fin løsning for taket i første omgang og å få til en tett og arkitektonisk fin løsning for hele huset i neste omgang. Løsninger for dette er beskrevet for syttitallshuset i kapittel 6. Flere løsninger for flere hustyper vil bli utarbeidet og diskutert videre i prosjektet SEOPP som varer i to år til, ut 2016.

En analyse av kostnader vil bli gjennomført.

To typiske boliger skal oppgraderes som demohus i løpet av prosjektperioden for SEOPP. Demohusene skal brukes i en form for aksjonsforskning hvor huseier, prosjekteier, forskere, industripartnere og offentlige partnere skal jobbe sammen. Mesterhus er prosjekteier og en Mesterhus-bedrift skal være utførende for oppgraderingen. Ratio arkitekter er en av partnerne og skal være arkitekt for demohusene og utvikle løsninger som er mest mulig generiske og egnet for gjenbruk. Oppgraderingene vil gjøres i én operasjon, men løsninger for trinnvis oppgradering vil bli vurdert parallelt med planleggingen av den helhetlige oppgraderingen for demohusene.

Nærmere 500 huseiere har meldt sin interesse for å delta med boligen sin som demohus. Dette er en tydelig indikasjon på at oppgradering av eldre boliger til en moderne og mer miljøvennlig standard utgjør et stort marked hvor innovasjonsprosjektet SEOPP har mulighet til å gi et viktig bidrag.



## Referanser

- Arnstad, E. mfl. (2010) Energieffektivisering av bygg: en ambisiøs og realistisk plan mot 2040. Oslo, Statens bygningstekniske etat. 97 s. («Arnstadrapporten»)
- Aasan, L. og Kirkhus A. 2002. *Innføring i byggereglene: krav til bygninger - byggesak - ansvar, godkjenning og kontroll*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Blom, P. og Skåret, E. 1995. *Ventilasjon og luftkvalitet i småhus: feltundersøkelse og litteraturgjennomgang*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Blom, P. og Uvsløkk, S. 2012 *Bygg Tett!* SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 98. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- BPIE. 2011. *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings*. Brussel: Buildings Performance Institute Europe.
- Brand, S. 1994. *How buildings learn: what happens after they're built*. New York: Viking.
- Byggforskserien 612.011 *Stilarter i arkitekturen etter 1945*
- Byggforskserien 700.307 *Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler*
- Byggforskserien 700.320 *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*
- Byggforskserien 700.603 *Utvidelse og ombygging av småhus*
- Byggforskserien 725.117 *Utbedring av skader i skrå tretak med kaldt loft*
- Bøhlerengen, T. 2009. *Etterisolering*. Faktaserien 6. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- De Vibe, E.S. 1997. *Estetikk i plan- og byggesaker: veileder*. Oslo: Kommunal- og arbeidsdepartementet.
- Dokka, T.H., Hauge, G., Thyholt, M., Klinski, M. og Kirkhus, A. 2009. *Energieffektivisering i bygninger: – mye miljø for pengene*. Prosjektrapport 40. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Edvardsen, K.I. og Ramstad, T.Ø. 2006. *Trehus*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Enova. 2012. *Potensial- og barrierestudie: Energieffektivisering i norske bygg*. Trondheim: Enova.
- EPBD. 2011. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast).
- Granum, H. og Larsen, K.E. 1989. *Ferdighus og typehus i Norge 1940–1970: Materiale fra et seminar ved NTH/SINTEF, 9.–10. mars 1989*. Trondheim: Universitetet i Trondheim, NTH.
- Isachsen, O.K. 2013. *Praktisk veileder for energimerking*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Jørgensen, Kurt og Martensen, Johan-Ditlef. 1996. *Debatten om boligkvalitet og arbeidet med type-tegninger*. Oslo: Husbanken.
- Kjølle, K., Denizou, K., Lien, A.G., Magnus, E., Buvik, K., Hauge, Å., Klinski, M., Löfström, E., Wigenstad, T. og Øyen, C. 2013. *Flerfaglig analyse av casestudier i REBO. Bærekraftig oppgradering av boligblokker*. SINTEF Fag 10. Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Knudsen, H.N. og Jensen O.M. 2013. *Energirenovering: Incitamenter og barrierer blandt husejere i Furesø Kommune*. SBI 2013:22. København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Kommunal- og regionaldepartementet. 2010. *Energieffektivisering av bygg – en ambisiøs og realistisk plan mot 2040*. Oslo.

Miljøverndepartementet. 2011. *Mer kunnskap om energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse. Potensial for energisparing for et utvalg bygningstyper med og uten hensyn til kulturminnevern. Beskrivelse av tiltak og beregning av lønnsomhet*. Oslo: Nordconsult.

Multiconsult. 2009. *Biblioteker til energimerkeordningen – oversikt over biblioteker*. Notat 03-09. Oslo: Multiconsult.

Myhre, L. 1995. *Some environmental and economic aspects of energy saving measures in houses: an estimation model for total energy consumption and emissions to air from the Norwegian dwelling stock, and a life cycle assessment method for energy saving measures in houses*. Trondheim: NTH.

Mysen, M. 2008. *Energireduserende tiltak i Husarveien 26 – energisystemer*. SINTEF Byggforsk rapport 3B0188. Oslo: SINTEF Byggforsk.

NOS C188. 1995. *Historisk statistikk 1994*. <https://www.ssb.no/a/histstat/hs1994.html>

NS 3031 *Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Oslo: Standard Norge, 2012.

NS 3700 *Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger*. Oslo: Standard Norge, 2010.

Prognosesenteret. 2011. *Potensial- og barrierestudie: Energieffektivisering av norske boliger*. Trondheim: Enova.

Ramstad, T.Ø, red. 1987. *Trehus. Håndbok nr. 38*. Oslo: Norges byggforskningsinstitut.

Reinås, J. 2009. *Energieffektivisering. Rapport utarbeidet av Lavenergiutvalget*. Oslo: Lavenergiutvalget.

Risholt, B. 2013. *Zero energy renovation of single family houses*. Avhandling (ph.d.) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

SINTEF Byggforsk. 2008. *Lag rom i kjelleren: fuktsikre løsninger og andre gode råd*. 2. utg. Faktaserien 1. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Stortingsmelding 68 (1957). *Husbankens virksomhet i 1956*.

Stortingsmelding 28 (2011–2012). *Gode bygg for eit betre samfunn. Ein framtidsretta bygningspolitikk*.

Strandbakken, P. 2006. *Barrierer for gode energiløsninger i husholdningene* (Barriers towards good energy solutions in the households). Oppdragsrapport 12. Oslo: Statens Institutt for Forbruksforskning.

Støa, Eli. 1996. *Boliger og kultur. Norske boligfelt på 80-tallet sett i lys av beboernes boligidealer*. Doktoravhandling ved NTH, Universitetet i Trondheim.

SSB. 2011. *Folke og Boligtellingen, boliger, 19. november 2011*. Statistisk sentralbyrå, Seksjon for befolkningsstatistikk, Publisert: 26. februar 2013.

Sørby, Hild. 1992. *Klar-ferdig-hus! Norske ferdighus gjennom tidene*. Oslo: Gyldendal.

Sørvoll, Jardar. 2011. *Norsk boligpolitikk i forandring, 1970–2010*. NOVA Rapport 16/2011. Oslo: Norsk institutt om oppvekst, velferd og aldring.

Thomsen J. og Hauge Å.L. 2014. *Boligeieres beslutningsprosesser i oppgraderingsprosjekter, Systematisk energioppgradering av småhus – SEOPP*. SINTEF Fag 20. Oslo: SINTEF akademisk forlag.

Thue, Elisabeth og Reiersen, Elsa. 1996. *De tusen hjem. Den Norske Stats Husbank 1946–1996*. Oslo: Gyldendal.

Thyholt, M., Pettersen, T.D., Haavik, T. og Wachenfeldt, B.J. 2009. *Energy analysis of the Norwegian dwelling stock*. IEA SHC Task 37: Advanced Housing Renovation by Solar and Conservation, Norge, April 2009.

Wigenstad, S., Schild, P., Klinski, M. og Simonsen, I. 2012. *Ventilasjons- og varmeløsninger i boliger med lavt energibehov*. SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 110. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Øyri, S., red. 2003. *Byggforsk gjennom 50 år. Norges Byggforskningsinstitutt (NBI) 1953–2000*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

## Vedlegg 1,

### Utvalgte anvisninger i Byggforskserien

Nåværende og utgåtte anvisninger fins i Byggforsk Kunnskapssystemer, BKS. Anvisningene gir også mye informasjon om tilstandsvurdering, vanlige skader og råd til utbedring av eksisterende bygninger.

I denne rapporten er de utvalgte anvisningene benyttet for å fastsette U-verdier for eksisterende hus:

533.102 *Vinduer. Typer og funksjoner*

722.506 *Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom*

723.312 *Etterisolering av betong- og murvegger*

723.511 *Etterisolering av yttervegger av tre*

723.638 *Utskifting av vinduer*

725.403 *Etterisolering av tretak*

### Eldre bøker fra Byggforsk i Trehus-serien

Eldre utgaver av trehusboka og andre tidligere lærebøker kan være en god kilde til informasjon om eldre byggteknikker. Enkelte av bøkene er tilgjengelige elektronisk for norske IP-adresser gjennom NB digital.

Granum, H. og Lundby, S.E. 1952. *Trehus i dag*. Anvisning 1. Oslo: Norges Teknisk Naturvitenskapelige Forskningsråd.

Granum, H. og Lundby, S.E. 1958. *Trehus*. Anvisning 8. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Granum, H. og Lundby, S.E. 1961. *Trehus 1961*. Håndbok nr. 12. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Granum, H. og Lundby, S.E. 1964. *Trehus 1965*. Håndbok nr. 17. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Aschehoug, Ø. og Granum, H. 1970. *Trehus 70*. Håndbok nr. 22. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Edvardsen, K. I. 1982. *Trehus 80*. Håndbok nr. 34. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

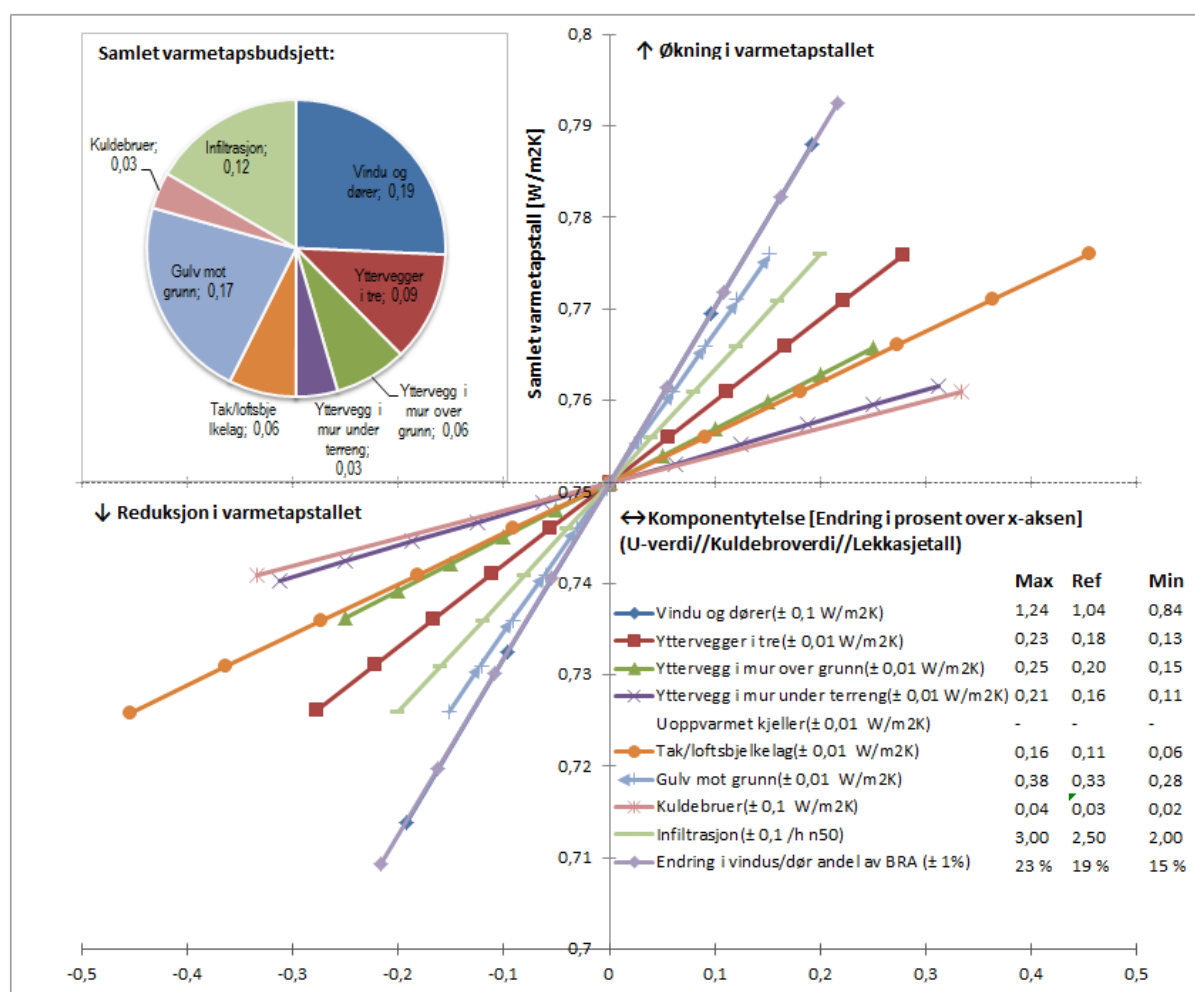
Ramstad, T.Ø. 1987. *Trehus*. Håndbok nr. 38. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Edvardsen, K.I. og Torjussen, L. 1997. *Trehus*. Håndbok nr. 45. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

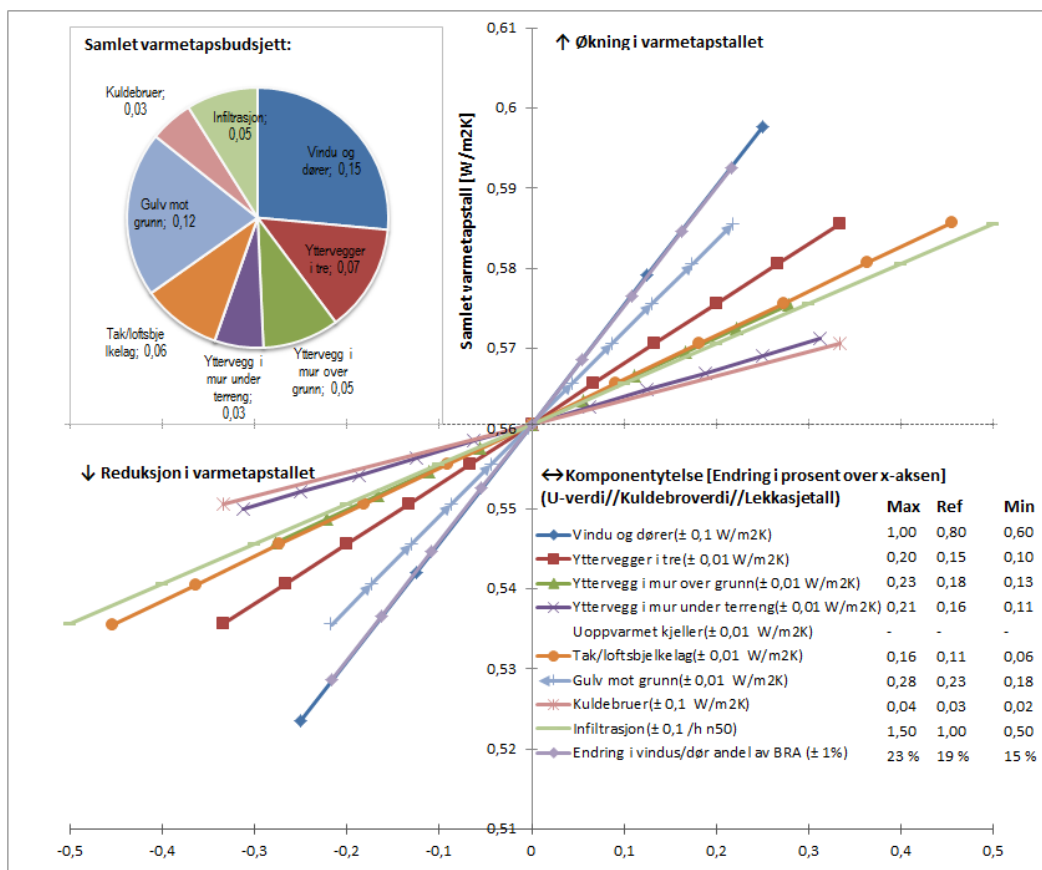
## Vedlegg 2, Varmetapsbudsjett fra mulighetsstudie av syttitallseneboligen

I framstillingene under viser Y-aksen samlet varmetapstall for hver av de tre referansenivåene: 0.75 W/m<sup>2</sup>K, 0.56 W/m<sup>2</sup>K og 0.41 W/m<sup>2</sup>K. Størrelsen på varmetapet fra bygningsdelene gjenspeiles i brattheten på kurvene. X-aksen viser endring i komponentytelse i +/- 50 % av referansenivået (dvs. opp til 50 % reduksjon i U-verdien f.eks. i loftsbjelkelaget). Prosent er valgt for å kunne sammenlikne endring i U-verdier, lekkasjetall, glassandel eller kuldebroverdi om hverandre. Punktene på kurvene merker av endringer av U-verdi i steg på 0.01 W/m<sup>2</sup>K (gjelder på vegger, tak og golv, samt kuldebroverdien). For markeringene av vinduer, lekkasjetall, er det brukt et steg på 0,1. Endring i glassandel oppgis i prosent (1 % steg). Det er opp til fem punkter som er avbildet i hver retning.

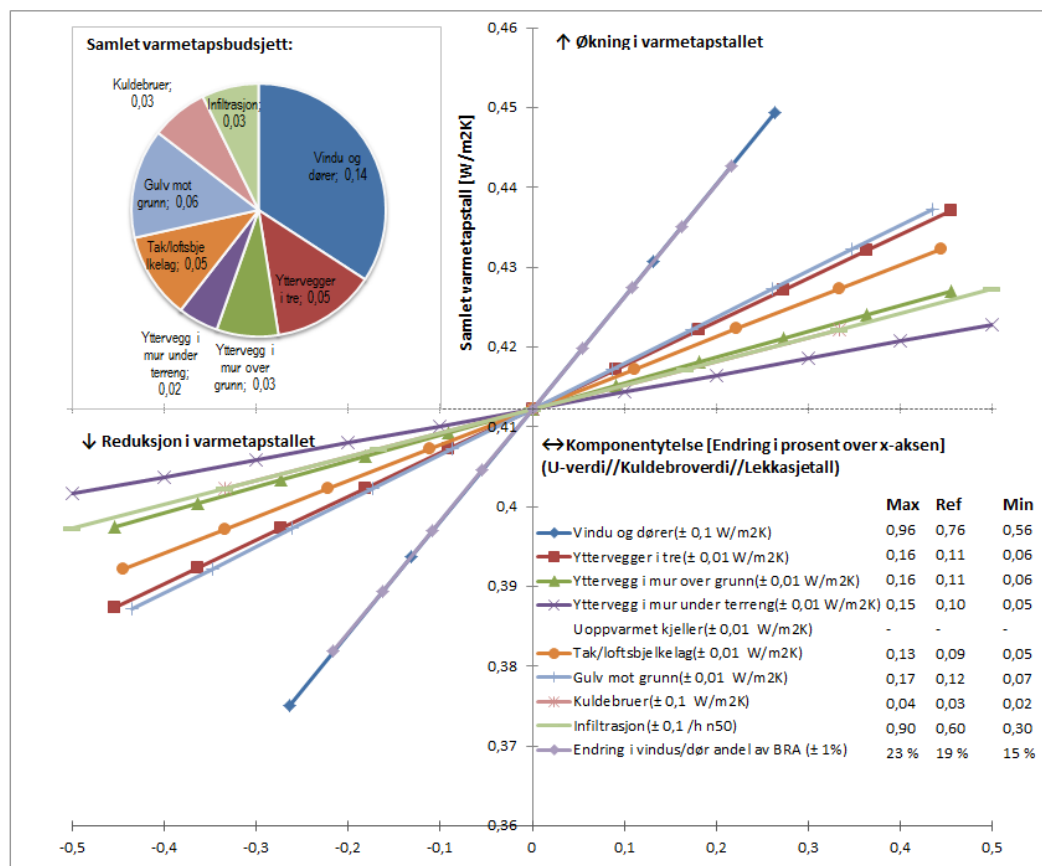
Diagrammene synliggjør hvordan en liten endring i U-verd, eller endring i bygningens lekkasjetall påvirker det totale varmetapet. Det er også mulig å se hvordan en endring av glassandelen (areal av vindu og dører delt på oppvarmet BRA) påvirker bygningens varmetap. For eksempel vil en økning fra 19 % til 20 % glassandel øke varmetapet med ca. 0,01 W/m<sup>2</sup>K under TE -10-nivå (forutsatt at U-verdi til vinduer + dører forblir 1,04 W/m<sup>2</sup>K). Tilsvarende vil en endring av U-verdien på loftsbjelkelaget fra 0,11 til 0,09 W/m<sup>2</sup>K, eller fra 0,20 til 0,16 W/m<sup>2</sup>K på yttervegger over terreng gi en reduksjon i varmetapet i samme størrelsesorden (- 0,01 W/m<sup>2</sup>K). Hvis U-verdien eller arealet til bygningsdelen justeres og kurven tegnes opp på nytt, endres også brattheten på kurven, siden den gjenspeiler varmetapet fra bygningsdelen og potensialet til å endre komponentytelsen. Sammenlikner man de tre diagrammene, ser man tydelig at kurvene for passivhusnivå er betydelig slakere enn for de andre to nivåene, men det vil eksempelvis fortsatt være noe å hente på å redusere varmetapet fra vinduene.



Figur, tilnærmet TEK-10 bygningskropp. Samlet varmetapstall 0,75 W/m<sup>2</sup>K.



Figur, tilnærmet Lavenergi nivå 1 bygningskropp. Samlet varmetapstall 0,56 W/m<sup>2</sup>K.



Figur, tilnærmet passivhusnivå bygningskropp. Samlet varmetapstall 0,41 W/m<sup>2</sup>K.

# Energiplan – tre trinn for tre epoker

## SYSTEMATISK ENERGIOPPGRADERING AV SMÅHUS – SEOPP

Denne rapporten omhandler trinnvis oppgradering av eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet til et ambisiøst nivå tilsvarende dagens forskriftskrav eller bedre. Hensikten med den trinnvise tilnærmingen er å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom, slik at flere boligeiere ser seg råd til å oppgradere eneboligen sin. Med utgangspunkt i en helhetlig plan for oppgraderingen kan boligeiere gjennomføre trinn for trinn etter egne prioriteringer og boligens behov. Summen av trinnene bringer boligen opp til dagens standard eller bedre. En helhetlig plan forhindrer klattrehabilitering og bidrar samtidig til et trygt og fuktsikkert oppgraderingsforløp.

Innledningsvis i rapporten beskrives bygningstypologien enebolig og spesielle kjennetegn ved den for hvert av de tre tiårene seksti, sytti- og åttitallet, med fokus på arkitektur, byggemåte og materialbruk. Rehabiliteringsstatusen for eneboligene fra denne tidsperioden er også belyst. Deretter beskrives et tretrinns oppgraderingsforløp bestående av ytterveggstrinnet, kjellertrinnet og taktrinnet. For hvert trinn beskrives tiltakene som inngår og hvilken effekt de har. En detaljert mulighetsstudie for et typisk kataloghus fra 70-tallet er vist.

Avslutningsvis i rapporten diskuteres fordelene og ulempene med trinnvis oppgradering kontra en oppgradering der alt gjøres i én operasjon. Analysen viser at en av hovedutfordringene handler om detaljeringen av trinnene.