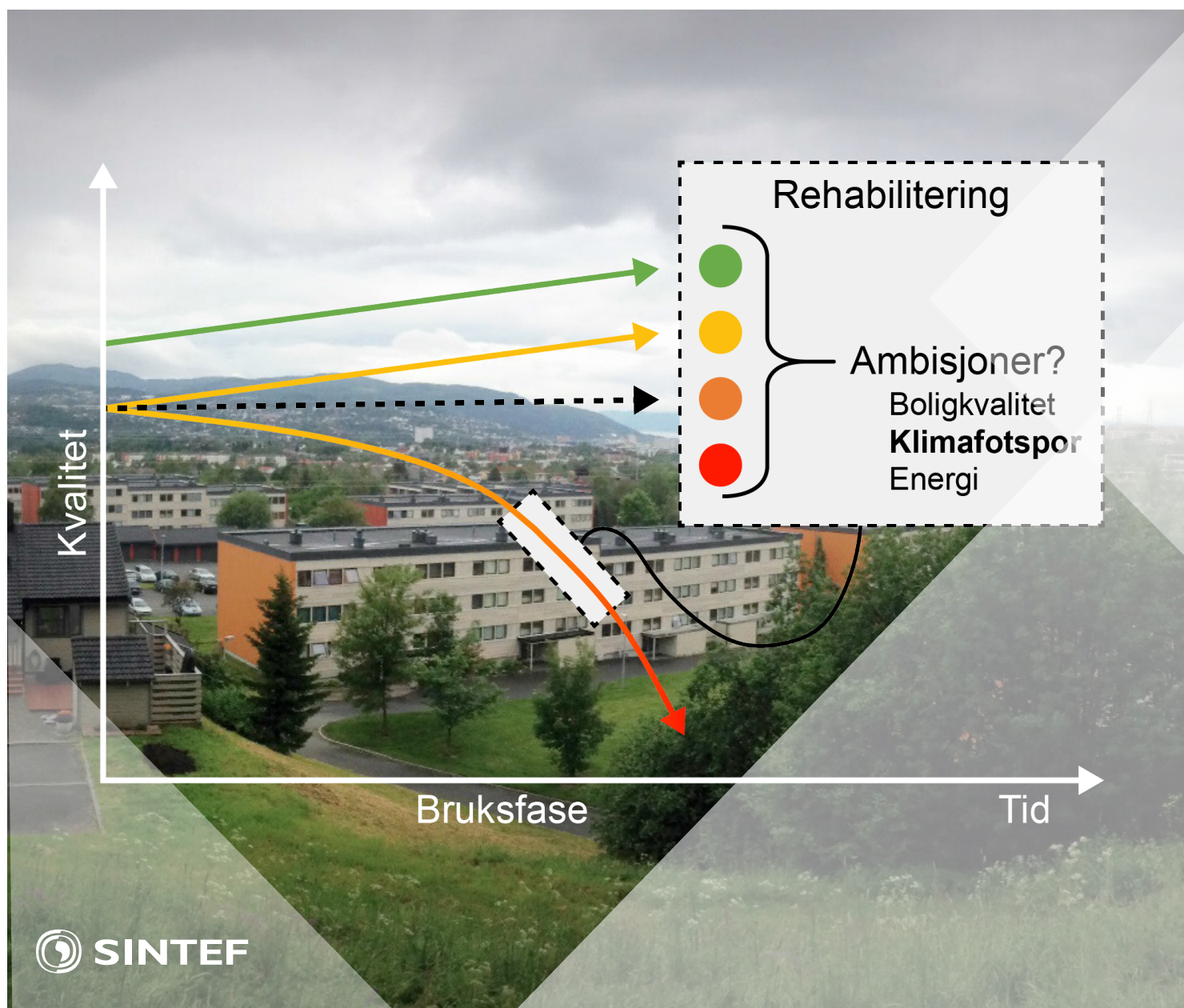


# Klimafotspor fra byggematerialer ved ambisiøs oppgradering av boligblokker



SINTEF Notat

Christofer Skaar, Kristin Elvebakk og Kristian Stenerud Skeie

# **Klimafotspor fra byggematerialer ved ambisiøs oppgradering av boligblokker**

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 27

Christofer Skaar, Kristin Elvebakk og Kristian Stenerud Skeie

### **Klimafotspor fra byggematerialer ved ambisiøs oppgradering av boligblokker**

Emneord:

klimafotspor, boligblokk, livsløpsanalyse, oppgradering

Prosjektnummer: 102012763

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1573-8 (pdf)

Foto, omslag: Kristian Stenerud Skeie, SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2018

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 73 59 30 00

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

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

## Forord

Formålet med dette prosjektet har vært å frambringe ny kunnskap om CO<sub>2</sub>-utslipp fra bygge-materialer ved rehabilitering av boligblokker fra 1980- og 1990-tallet. Dette er bygninger som i dag i liten grad er rehabilitert eller oppgradert, men som nå nærmer seg en tilstand hvor det er behov for rehabilitering. Dette gir også et mulighetsvindu for oppgradering til boliger med et godt inn klima, et lavt klimafotspor og med god kvalitet. Fokus i rapporten er på klimafotsporet, og basert på resultatene anbefaler vi en framgangsmåte for selve oppgraderingsprosessen og en framgangsmåte for beregning og oppfølging av klimafotsporet.

Vi vil takke Husbanken for finansiering. Prosjektet er finansiert av kompetansetilskudd til bærekraftig bolig- og byggkvalitet fra Husbanken (prosjektnummer 15/4449-5). Vi vil også takke alle som har bidratt underveis: Vegard Heide hos Husbanken, Runar Skippervik og Erland Olsen hos TOBB og våre kolleger Birgit Risholt og Anne Gunnarshaug Lien i SINTEF Byggforsk.

Deltakere fra SINTEF Byggforsk har vært Christofer Skaar, Kristin Elvebakk og Kristian Stenerud Skeie.

Trondheim, 2018-06-14

Jonas Holme  
Forskningsjef  
SINTEF Byggforsk

Christofer Skaar  
Prosjektleder  
SINTEF Byggforsk

# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>3</b>
<b>1 SAMMENDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>2 ENGLISH SUMMARY</b> .....	<b>6</b>
<b>3 INNLEDNING</b> .....	<b>7</b>
3.1 BAKGRUNN .....	7
3.2 MÅLSETTING .....	8
3.3 BAKGRUNN .....	9
3.4 FRAMGANGSMÅTE .....	10
3.4.1 Introduksjon .....	10
3.4.2 Energi .....	11
3.4.3 Klima .....	12
<b>4 STATUS FOR REHABILITERING AV BOLIGBLOKKER</b> .....	<b>15</b>
4.1 NASJONALT .....	15
4.2 BOLIGBYGGELAG: TOBB .....	16
<b>5 LEVETIDER</b> .....	<b>18</b>
5.1 ANBEFALINGER TIL LEVETIDSINTERVALLER .....	18
5.2 ESTIMERTE LEVETIDSINTERVALLER, NASJONALT .....	20
5.3 ESTIMERTE LEVETIDER, TOBB-BORETTSLAG .....	20
<b>6 ENERGI- OG KLIMABEREGNINGER FOR OPPGRADERING AV BOLIGBLOKKER</b> .....	<b>21</b>
6.1 TRE CASE-PROSJEKTER .....	21
6.2 VESTLIA .....	21
6.3 TYPISK BOLIGBLOKK FRA 1970-/1980-TALLET .....	25
6.4 TYPISK BOLIGBLOKK FRA 1980-/90-TALLET .....	26
6.5 SAMMENSTILLING .....	28
<b>7 OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER</b> .....	<b>29</b>
<b>8 REFERANSER</b> .....	<b>31</b>

# 1 Sammendrag

Formålet med dette prosjektet er å frambringe ny kunnskap om CO<sub>2</sub>-utslipp fra byggematerialer ved rehabilitering av boligblokker fra 1980- og 1990-tallet. Disse bygningene er i liten grad rehabilitert eller oppgradert, sammenliknet med boligblokker oppført før 1980. Vi kan forvente en sterk vekst i antall boligblokker med behov for rehabilitering eller oppgradering de neste årene. Hvis det i dag blir gjennomført omfattende tiltak på en boligblokk uten høye energi- og klimaambisjoner, så vil det være 20–40 år til neste gang det er behov for oppgradering. Vi står altså foran et mulighetsvindu som er i ferd med å åpnes.

I rapporten er det beregnet energi og klimafotspor for tre caser: en boligblokk fra 1970-tallet som allerede har gjennomgått en oppgradering, en typisk boligblokk fra 70/80-tallet og en typisk boligblokk fra 80/90-tallet. Energi- og klimaberegningene for de tre casene viser at høye energiambisjoner også gir et resultat på klimafotsporet, mens enkle oppgraderinger har tilsvarende liten effekt på klimafotsporet sammenliknet med den opprinnelige bygningen. Tiltakene som er vurdert under høye energiambisjoner, er mer ambisiøse enn typiske oppgraderinger. Resultatene viser at tiltak på bygningskropp og balansert ventilasjon kan redusere klimafotsporet per bruksareal (m<sup>2</sup>) med over 50 %, fra 25–30 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> per år til 11–14 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> per år.

Basert på resultatene i prosjektet vil vi anbefale en framgangsmåte for oppgraderingsprosessen og en framgangsmåte for beregning og oppfølging av klimafotsporet.

## Framgangsmåte for prosessen:

1. **Avklar ambisjoner** for hele oppgraderingen, herunder også for energi og klimapåvirkning.
2. Få en **oversikt over aktuelle enkelttiltak**.
3. Sett sammen enkelttiltakene til **oppgraderingsløsninger** som sammenliknes mot hverandre.
4. Bruk et **livsløpsperspektiv**. Tenk helhetlig og langsiktig, se hele bygget under ett og ha et langt tidsperspektiv.
5. **Få med** de største bidragene til klimafotsporet tidlig.
6. **Følg opp** klimafotspor fra idé til sluttregnskap.
7. **Benytt eksisterende kunnskap** om oppgradering, ta med klimaperspektivet inn der det eventuelt mangler.

## Framgangsmåte for beregning og oppfølging av klimafotsporet:

1. **Velg en metode** for beregning av klimafotsporet som samsvarer med ambisjonen for oppgradering.
2. **Vær konsekvent** i bruken av metoden i løpet av prosjektet.
3. **Benytt miljødeklarasjoner** (EPD, *Environmental Product Declarations*).
4. **Gjør innledende beregninger** for å identifisere hvilke tiltak, bygningsdeler, komponenter og materialer som har det største bidraget til klimafotsporet.
5. **Gjør kontinuerlige forbedringer**. Klimafotspor i et oppgraderingsprosjekt er ferskvare.

Fokus har vært på klimafotsporet for byggematerialer. For å gjennomføre en oppgradering med nullutslipps-ambisjon vil det være nødvendig å gjennomføre ytterligere tiltak både for å redusere energibehovet og for lokal fornybar energiproduksjon. Det er nødvendig å tenke helhetlig: Boliger må ha et godt inn klima, et lavt klimafotspor og god kvalitet. Hvilke boligkvaliteter som er viktigst i et spesifikt prosjekt, vil være avhengig av beboerens behov og prioriteringer.

## 2 English summary

The purpose of this project has been to generate new knowledge on the carbon footprint from building materials when renovating (e.g. retrofitting or upgrading) apartment buildings from the 1980s and 1990s. Today, few of these have been renovated compared to apartment buildings from before 1980. It is likely that we can expect a strong increase in the number of apartment buildings in need of retrofitting or upgrading in the near future. If these are renovated without ambitions of high energy and climate performance, then it will be 20–40 years until there is need for additional renovation. This means that we are near a window of opportunity for upgrading.

In the project we have calculated the energy performance and carbon footprint for three cases: an apartment building from the 70s that has recently been upgraded, a typical 70s/80s and a typical 80s/90s apartment building. Energy and carbon footprint has been calculated for the three cases, with various levels of energy ambition for each. The results show that upgrading with high energy ambition leads to a reduced carbon footprint, whereas the upgrades with low energy ambitions have a similar carbon footprint as the original building. The measures considered in the upgrading alternatives are more ambitious than typical upgrades, but they are available on the market today. The results show that measures on the building envelope and introduction of balanced ventilation can reduce the carbon footprint per area (*bruksareal, BRA*) by more than 50 %, e.g. from 25–30 kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>2</sup> per year to 11–14 kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>2</sup> per year.

Based on the project results we recommend a procedure for the upgrade process and a procedure for calculating and following up the carbon footprint.

Procedures for the process:

1. Have clear ambitions for the outcome, including energy and carbon footprint.
2. Get an overview of all relevant measures.
3. Create upgrade packages and compare these against each other.
4. Use a lifecycle perspective, looking at the building context and in a long-term perspective.
5. Include the major carbon footprint sources early.
6. Follow up the carbon footprint, from idea to final carbon account.
7. Use existing knowledge of upgrading processes and introduce the climate perspective where necessary.

Procedure for calculating and following up the carbon footprint:

1. Select a method for calculating the carbon footprint that matches the upgrading ambition.
2. Be consistent in the use of the method during the project.
3. Use Environmental Product Declarations (EPD).
4. Make preliminary calculations to identify which measures, building components, components and materials have the biggest contribution to the carbon footprint.
5. Make continuous improvements. Carbon footprint is fresh produce; when the project changes the carbon footprint changes.

The focus here has been on the carbon footprint of building materials. In order to carry out an upgrade with a zero greenhouse gas emissions ambition, it will also be necessary to take further measures both to reduce energy demand and to generate renewable energy to offset the carbon footprint from material and energy use. It is necessary to have a holistic perspective: housing must have healthy indoor climate, low carbon footprint and good quality. The required housing qualities will depend on the specific project, based on the needs and priorities of the residents.

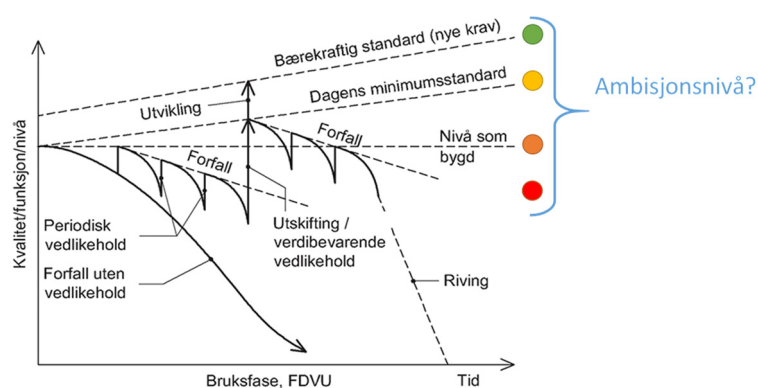
## 3 Innledning

### 3.1 Bakgrunn

I snart 100 år har det vært et vedvarende fokus på å redusere energibruk fra bygninger – fra isolasjonskrav i den første nasjonale loven om bygningsvesenet i 1924 til skjerpede energikrav i byggeteknisk forskrift i 2017 (TEK17). Dette har gitt resultater og har ført til redusert energibruk i bygninger i Norge. For boligblokker er energiforbruket mer enn halvert: fra 200–250 kWh/m<sup>2</sup> for bygninger bygd før 1980 til 95 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokker bygd etter TEK17 (Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012; SINTEF Byggforsk, 2016; Klima- og moderniseringsdepartementet, 2017). Dette gjør at eldre boliger ligger langt under dagens standard for energibruk. Periodisk vedlikehold og rehabilitering forhindrer boligene fra å forfalle og bidrar til å opprettholde tilnærmet samme nivå som da boligen ble bygd. Men jo eldre boligen blir, jo større vil avstanden til dagens standard være. For å holde tritt med utviklingen blir det nødvendig å oppgradere boligen.

Mer enn en tredjedel av europeiske utslipp kommer fra bygninger (European Commission, 2017), årsakene er først og fremst energibruk i drift og materialbruk til bygging, vedlikehold og oppgradering. Det er anslått at 80 % av eksisterende bygningsmasse fortsatt vil være i bruk i 2050 (Analyse & Strategy og Multiconsult, 2011), men det forutsetter at flere bygninger rives enn det som er tilfelle i dag. Med dagens rivningsrate på ca. 0,3 % (Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012) øker anslaget til omlag 90 %. Dette viser at oppgradering også er viktig i et klimaperspektiv. Det er behov for å redusere energibruken fra eksisterende bygningsmasse, og det gjøres gjennom oppgradering. Samtidig må vi unngå å forskyve klimaproblemene fra energibruk til materialbruk. Det krever at vi ser på bygningens klimafotspor i et livsløpsperspektiv.

For boligblokker har det vært fokusert mest på oppgradering av de som er bygd i perioden 1945–1980 (Berg et al., 2013). Boligblokker oppført i perioden 1980–1999 er nå 20–40 år gamle. De har behov for vedlikehold, samtidig som avstanden til dagens standard øker også for disse. Vedlikehold er over tid ikke tilstrekkelig for å unngå forfall; det vil være behov for større tiltak. Det gjør at de nærmer seg et beslutningstidspunkt: rehabilitering til opprinnelig nivå eller oppgradering til nærmere dagens nivå? Samtidig gir dette et mulighetsvindu til å gjennomføre en mer ambisiøs oppgradering, der det også tas hensyn til energibruk og klimafotspor.



Figur 1: Byggforvaltning og byggets kvalitet over tid (SINTEF Byggforsk, 2017a)

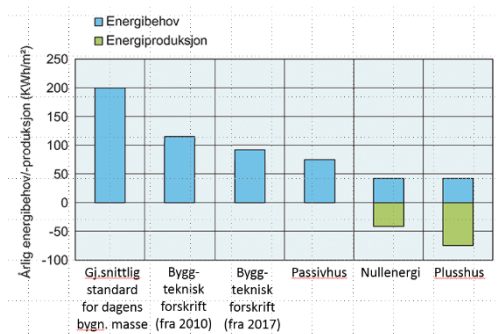
Figur 1 viser byggets standard (kvalitet/funksjon/nivå) over tid. Uten vedlikehold vil bygningen med tiden forfalle. Periodisk vedlikehold og rehabilitering bidrar til å bevare den opprinnelige standarden, mens oppgradering og verdibevarende vedlikehold bidrar til å øke bygningens standard. Når bygningen skal oppgraderes, vil ambisjonsnivået være avgjørende for hvilke tiltak som velges. Dette innebærer vedlikehold og utskifting av bygningsdeler med lang levetid. Bærende konstruksjoner har



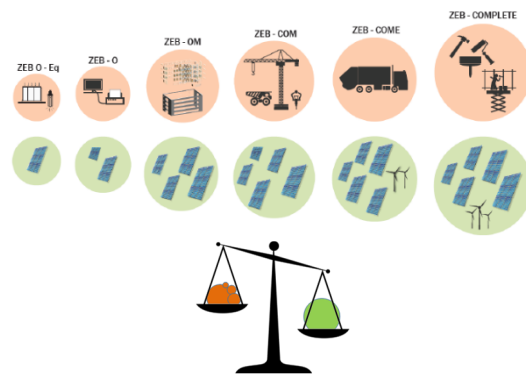
gjerning en teknisk levetid på 60 år før det er behov for reparasjon eller utskifting, mens tak, utvendig kledning, dører og vinduer kan ha 20–60 års levetid før reparasjon eller utskifting (SINTEF Byggforsk, 2017b). Etter at oppgraderingen er gjennomført vil altså mulighetsvinduet være lukket i minst 20 år fram i tid.

### 3.2 Målsetting

Formålet med denne rapporten er å frambringe ny kunnskap om CO<sub>2</sub>-utslipp fra byggematerialer ved rehabilitering av boligblokker fra 1980- og 1990-tallet.<sup>1</sup> Resultatet skal gi veiledning for i) hvordan klimafotsporet kan beregnes, ii) hvordan vi kan analysere om rehabiliteringstiltak gir både redusert energiforbruk og redusert klimafotspor og iii) kunnskap om reelle levetider for materialer og komponenter i boligblokker.



Figur 2: Energibehov og -produksjon, modifisert etter Byggforskserien 473.003 (SINTEF Byggforsk, 2015)



Begrepsforklaring:  
O: Energibruk i drift, M: Materialer og tekniske installasjoner, C: Byggeplass, E: Avhending, COMPLETE: Alle utslipp i byggets levetid  
Figur 3: Klima (Kristjansdottir et al., 2014)

Målgruppen for rapporten er fagpersoner (bygherrer, entreprenører, rådgivere, arkitekter) som har energi- og klimaambisjoner ut over dagens standard for boligblokker. Figur 2 og Figur 3 viser ulike nivåer av energi- og klimaprestasjon, som kan være et utgangspunkt for å velge ambisjonsnivå for en oppgradering.

Figur 2 viser gjennomsnittlig energibruk i dagens eksisterende bygningsmasse, sammenliknet med byggtekniske forskrifter (TEK10 og TEK 17) for nye hus, passivhus, nullenergihus og plusshus. For nullenergihus og plusshus er det nødvendig med fornybar energiproduksjon som kompenserer for energibruken i drift, altså de grønne områdene i Figur 2. En energiambisjon kan være å oppgradere til et av disse nivåene. For klimafotsporet kan vi skille mellom tre typer tiltak: de som i et livsløpsperspektiv bidrar til reduserte utslipp, tiltak som går i balanse og tiltak som gir økte utslipp. For at en oppgradering også skal være et klimatiltak, må de positive effektene oppveie utslippene som skyldes oppgraderingen. Positive tiltak kan for eksempel være redusert energibruk eller energiproduksjon, mens utslipp kommer fra energibruk, materialbruk, transport osv. Dette er illustrert i Figur 3. Her vises også seks ambisjonsnivåer fra Zero Emission Buildings-prosjektet (Kristjansdottir et al., 2014).

I denne rapporten undersøkes ambisiøse energioppgraderinger opp mot ZEB-OM-ambisjonen. Det inkluderer utslippene fra energibruk i drift (O, *operational energy*) og utslippene fra materialene som

<sup>1</sup> Bygninger klassifisert i NS 3457-3:2013 som 13 Boligblokk.

benyttes (*M, materials*), inkludert utskiftninger i byggets levetid. Rapporten er rettet mot byggematerialer og omfatter dermed ikke fornybar energiproduksjon på bygningen.

Selv om hovedfokus i rapporten er energibruk og klimafotspor, er det overordnede målet å bidra til at dagens boligblokker oppgraderes til boliger med høy kvalitet. Boliger må ha et godt inneklima og et lavt klimafotspor, og de må være energi- og kostnadseffektive. Ved en oppgradering forutsettes det at også andre tekniske, funksjonelle og estetiske kvaliteter ved boligene vurderes. Hvilke boligkvaliteter som er viktigst i et spesifikt prosjekt, vil være avhengig av beboerens behov og prioriteringer.

### 3.3 Bakgrunn

I de siste årene har det blitt gjennomførte en rekke forsknings- og kompetanseprosjekter i Norge med fokus på rehabilitering og energieffektivisering av boliger og kontorbygg. Det kan nevnes prosjekter som REBO (flerfamilieboliger) (Berg et al., 2013), UPGRADE (kontorbygg) (Sørnes et al., 2014) og SEOPP (eneboliger) (Skeie et al., 2014; Thomsen og Hauge, 2014). I disse prosjektene har det blitt utviklet ny kunnskap, og det har blitt gjennomført pilotprosjekter for å demonstrere løsninger. Parallelt med dette har SINTEF og andre norske partnere deltatt i europeiske forskningsprosjekter, for eksempel Retrokit (Kleiven et al., 2014) som har omhandlet prefabrikkerte løsninger for rehabilitering, Proficient (Proficient, 2012) som omhandler energieffektiv oppgradering av boligområder, og Cohereno (Grynning et al., 2017) som fokuserer på oppgradering av eneboliger og kunnskapsformidling.

Forskningssenteret Zero Emission Buildings har også hatt fokus på rehabilitering gjennom pilotbygget Powerhouse Kjørbo, men mest gjennom livsløpsanalyser av klimagassutslipp fra bygninger gjennom hele levetiden (Woods og Samdal, 2017; Georges et al., 2015). Når hele levetiden vurderes, så inkluderes også klimagassutslipp fra reparasjoner, vedlikehold og rehabilitering (CEN, 2011; Kristjansdottir et al., 2014).

Rehabilitering av bygninger medfører utslipp av klimagasser fra produksjon og transport av byggevarer, selve byggeprosessen, bruk av den oppgraderte bygningen, senere vedlikehold av bygningen, utskifting av komponenter og til sist utslipp fra riving ved levetidens slutt (Kristjansdottir et al., 2014). Studier gjennomført i forskningssenteret ZEB viser at utslipp fra materialer kan resultere i større CO<sub>2</sub>-utslipp enn samlede utslipp fra hele bruksperioden av bygget. Og av utslippene fra materialer, kommer en tredjedel fra utskifting av komponenter som vinduer, kledning og taktekning (Georges et al., 2015).

Disse studiene bruker normerte verdier for levetider til byggematerialer og komponenter. Imidlertid er det kjent at de normerte verdiene ofte ikke stemmer overens med virkelige levetider (Holøs og Sørnes, 2014; Kristjansdottir et al., 2014). Holøs og Sørnes (2014) viser at reell levetid for vinduer i norske boliger er 40 år, mens det i standarder gjerne opereres med levetider på 20–30 år. De reelle verdiene viser altså at vinduene skiftes sjeldnere enn hva standarder typisk angir, og dermed vil dette gi mindre klimagassutslipp enn ved bruk av normerte verdier. Den motsatte situasjonen er beskrevet i Kristjansdottir et al. (2014), som viser at for innredning og innvendige overflater i kontorbygg, så vil den reelle levetiden avhenge av lengden på leiekontrakten. Hyppige utskiftninger gir høye klimagassutslipp.

Vedlikehold medfører også klimagassutslipp. I KlimaTre-prosjektet er det gjennomført livsløpsanalyser, vugge til grav, av ulike kvaliteter trekledning, med og uten overflatebehandling (Plessner et al., 2013). Resultatene viser at overflatebehandlingen og vedlikeholdsintervall har en betydelig innvirkning på miljøegenskapene til trefasadene.

For boligblokker fins det ingen kjent statistikk over rehabiliteringsstatus for vedlikehold og levetider til byggematerialer og komponenter. Ved en klimagassanalyse av rehabilitering av boligblokker må man derfor per i dag benytte seg av normerte levetider fra databaser. Det vil ofte ikke representere en reell situasjon, og dermed ikke gi et riktig bilde som beslutningsgrunnlag for boligeierne. Videre er det kjent at beslutningsprosessene i borettslag er mer kompliserte enn for bygninger med én eller noen få eiere (Löfström et al., 2015; Hauge et al., 2011b).

Det er derfor behov for å undersøke rehabiliteringsstatus for boligsameier og borettslag for å få et datagrunnlag som kan benyttes til å estimere reelle levetider for komponenter og også få undersøkt og systematisert den reelle vedlikeholdssituasjon for norske boligblokker. Her vil en casestudie av borettslagene i et boligbyggeselskap (TOBB) være utgangspunktet for å undersøke reelle renoveringer og oppgraderinger. Datamaterialet vil benyttes til å estimere klimagassutslipp for ambisiøs energioppgradering av typiske boligblokker fra 1980-årene og én fra 1990-årene. Oppgraderingstiltakene vil velges basert på kjente løsninger for pilotbygg i gjennomførte forskningsprosjekter og beregninger av energibruk i henhold til NS 3700 (Standard Norge, 2013). Den ambisiøse energioppgraderingen skal resultere i et bygg på nullutslippsnivå slik det er definert i (Sartori et al., 2011).

En avgjørende faktor for lønnsomhet ved ambisiøs energioppgradering er at tiltakene kan gjennomføres når annet vedlikehold eller utbedringsarbeid er nødvendig. I SEOPP ble det gjennomført en undersøkelse av rehabiliteringsstatus for eneboliger bygd i perioden 1960–1990 (Thomsen og Hauge, 2014), men noen tilsvarende studie er ikke gjennomført for boligblokker. Undersøkelsen av rehabiliteringsstatus for boligblokker kan derfor også danne et grunnlag for lønnsomhetsbetraktninger av oppgraderingen, samt for en analyse av reelle muligheter for energisparing gjennom ambisiøs energioppgradering. Lønnsomhet er ikke vurdert i dette prosjektet, som utelukkende ser på klimafotspor for energioppgraderinger.

### **3.4 Framgangsmåte**

#### **3.4.1 Introduksjon**

Det er tre temaer som tas opp i dette prosjektet: Boligblokkers rolle i bygningsmassen, bygningsdelers levetider og oppgraderinger av boligblokker. Videre er prosjektet rettet mot tre forskjellige nivåer; nasjonalt (kapittel 4.1), boligbyggelag (kapittel 4.2) og borettslag (kapittel 6). Hovedfokuset har vært på borettslag. På nasjonalt nivå er det gjort en overordnet kartlegging av leiligheter i borettslag, basert på data fra SSB og forenklede energibetraktninger. Formålet er å kunne vurdere omfang og potensial for oppgradering av boligblokker, for å gi en kontekst til de to neste nivåene.

For boligbyggelag er formålet todelt. Det første er å vurdere omfang og potensial for oppgradering i Trondheim og Omegn Boligbyggelag (TOBB). Det andre er å vurdere bygningsdelers reelle levetider. Her har TOBB utarbeidet en oversikt over borettslagene de forvalter, inkludert boligtype, byggeår og rehabiliteringstiltak (type, omfang, år). Denne oversikten benyttes først for å karakterisere boligmassen og vurdere potensialet for oppgradering, og deretter for å vurdere faktiske levetider for bygningsdeler i borettslag, sammenliknet med typiske anbefalinger for vedlikehold og utskiftning av bygningsdeler. Formålet er å kunne vurdere om det er noen typiske kjennetegn ved vedlikehold og utskiftning i borettslag som skiller seg ut fra generelle anbefalinger, i et klimaperspektiv.

Det siste nivået er borettslag med boligblokker. Her er det benyttet to forskjellige framgangsmåter. Den ene er å se på en nylig oppgradert boligblokk fra 1970-tallet, for to forskjellige nivåer (faktisk oppgradering og ambisiøs oppgradering). Denne blokken har likhetstrekk med boligblokkene fra

1980-tallet, så det vil være en overføringsverdi i resultatene. Den andre framgangsmåten er å regne på to forskjellige ambisjoner for energioppgradering (enkel og ambisiøs) for en typisk blokk fra 1980-tallet (før TEK87) og for en typisk blokk fra 1990-tallet (i henholdt til TEK87). Formålet er å vurdere omfanget av oppgraderingene, for så å vurdere forskjellene mellom boligblokker innad i perioden 1980–1999.

Basert på dette utledes veiledning på framgangsmåte og metode for hvordan høye klimaambisjoner kan inkluderes i oppgraderingsprosjekt for boligblokker.

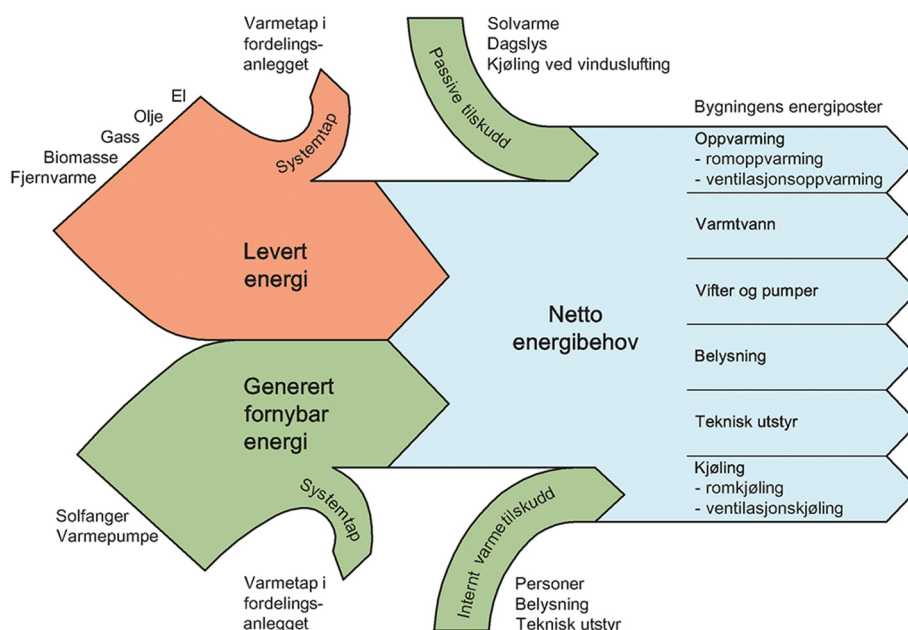
### 3.4.2 Energi

Energiberegningene er utført i henhold til beregningsmetode angitt i NS 3031:2017 (Standard Norge, 2014b). Her beregnes netto energibehov [kWh/m<sup>2</sup>], altså energibehov uten at energisystemets virkningsgrad i boligen eller systemtap i boligen er tatt med. Dette er samme beregningsmetode som benyttes i gjeldende byggt teknisk forskrift, TEK17 (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017).

Figur 4 viser hvilke elementer som er inkludert i beregningen av netto energibehov.

Energiberegningene kan også ses i sammenheng med energiambisjonene vist i Figur 2. Videre bør de ses i lys av forventede forskriftskrav til nær-nullenergibygg (nZEB, *nearly Zero-Energy Buildings*): Klimameldingen (Klima- og miljødepartementet, 2017) og byggemeldingen (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012) oppgir at nZEB skal defineres for norske bygninger innen 2020. Det foreligger en rekke nZEB-definisjoner i EU-land, som omfatter både eksisterende og nye bygninger (Buildings Performance Institute Europe, 2015). Det er ikke etablert en egen definisjon for Norge, men det er utarbeidet forslag til definisjon (Killingland et al., 2013). Per i dag er det heller ikke klart om den samme definisjonen vil være gjeldende for alle bygninger, eller om det vil være egne krav til eksisterende bygninger. I denne rapporten har fokus vært på materialene; andre typer energiforsyning enn elektrisitet har derfor ikke vært vurdert.

*Merk: ZEB og nZEB er to svært like forkortelser, men nZEB gjelder energi (nearly zero-energy buildings), mens ZEB (zero emission buildings) refererer til klimafotsporet.*



Figur 4: Netto energibehov (SINTEF Byggforsk, 2015)

### 3.4.3 Klima

Det fins i dag ikke én omforent metode for å beregne klimafotsporet av bygninger. Videre er det heller ikke krav i byggt teknisk forskrift til å beregne verken energi eller klima i et livsløpsperspektiv. Samtidig er dette et område hvor det har vært stor utvikling de siste 10 årene, og hvor det også har vært en harmonisering av beregningsmetoder både nasjonalt og internasjonalt. ZEB-metoden og klimaberegningene i BREEAM-NOR er i dag to av de vanligste framgangsmåtene som benyttes i den norske byggenæringen. For byggematerialer baserer begge seg på miljødeklarasjoner (EPD, *Environmental Product Declaration*) for å dokumentere klimafotsporet. Miljødeklarasjonene skal være utarbeidet i henhold til den internasjonale standarden ISO 21930 (International Organization for Standardization, 2007) og den europeiske standarden EN 15804 (Standard Norge, 2014a), samt være registrert hos Næringslivets stiftelse for miljødeklarasjoner (EPD-Norge) (EPD-Norway, 2016) eller en av dens samarbeidspartnere. Ved å bruke miljødeklarasjoner som underlag for byggevarene vil det være mulig å samle inn data og klimafotsporet uten å måtte gjennomføre en full livsløpsvurdering. Det er en forutsetning at sammenlikninger gjøres i en bygningskontekst, altså at man ikke gjør en sammenlikning uten å ta hensyn til konsekvensene for bygget i hele dets levetid.

Som nevnt ovenfor er den vanligste framgangsmåten for å beregne klimafotspor for byggematerialer basert på europeiske standarder for beregning av miljøpåvirkning fra bygninger og byggevarer. Disse er igjen basert på internasjonale standarder for livsløpsvurdering, ISO 14040 og ISO 14044 (International Organization for Standardization, 2006b; 2006a). En livsløpsvurdering er delt inn i fire forskjellige faser: i) fastsettelse av hensikt og omfang for studien, ii) opprette livsløpsregnskap for systemet man skal analysere, iii) vurdere miljøpåvirkningen av livsløpsregnskapet (effektvurdering) og iv) tolkning av resultatene. I en livsløpsanalyse er formålet å se på hvilken funksjon et system oppfyller. For boligblokker vil funksjonen være å tilby bolig som har en gitt kvalitet i en gitt periode. For å tallfeste funksjonen på en sammenliknbar enhet kan vi for eksempel benytte 1 m<sup>2</sup> bolig vedlikeholdt over 60 år.



Figur 5: Livsløpsvurdering er en metode for å vurdere miljøpåvirkning fra råvareutvinning til avhending (vugge til grav) (SINTEF Byggforsk, 2014)

Figur 5 illustrerer livsløpet for et bygg. Her ser vi materialflyten fra råvareutvinning til materialproduksjon, deretter videre til bygging og bruk av boligen, og til sist til resirkulering og avhending. Ambisjonsnivået ZEB-OM omfatter materialer som går med til å bygge boligen og energi/materialer/komponenter i bruksfasen. Aktiviteter på byggeplass og ved avhending av boligen er dermed ikke med i ambisjonsnivået ZEB-OM.

Produktfase			Konstruksjon installasjon fase		Bruksfase							Slutfase				Etter endt levetid
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjon installasjon fase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Oppussing	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til deponi	Gjenbruk-gjenvinning- resirkulering-potensiåle
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Figur 6: Systemgrenser for byggematerialer og bygninger i henhold til EN 15804 (CEN, 2013) og EN 15978 (CEN, 2011). ZEB-OM inkluderer A1-A3, B4 og B6.

Figur 6 viser systemgrensene slik de er definert i standardene for miljødeklarasjoner (CEN, 2013) i bærekraftvurderinger for bygg (CEN, 2011). Dette er de samme systemgrensene som benyttes for å beregne klimafotsporet av byggevarer i ZEB-metoden (Fufa, 2016). For ambisjonsnivået ZEB-OM er modulene A1-A3, B4 og B6 inkludert. Når vi henter data fra miljødeklarasjoner, må vi hente data for hvert materiale for de samme modulene.

Et område hvor valg av systemgrenser gir stort utslag, er elektrisitet. Hvis vi beregner klimagassutslippene for norsk elektrisitet i dag, så tilsvarer dette ca. 25 g CO<sub>2</sub>/kWh. Dette er framgangsmåten som benyttes i miljødeklarasjoner, som skal dokumentere utslipp for et produkt som fins på markedet nå. Men for å beregne klimaeffekten av redusert energiforbruk vil ikke denne framgangsmåten nødvendigvis gi et korrekt bilde av effekten. I ZEB-metoden er det valgt å bruke en gjennomsnittsfaktor for europeiske klimautslipp for framtidig elektrisitetsbruk, basert på et scenario fram mot 2050. Denne framgangsmåten gir en faktor på 130 g CO<sub>2</sub>/kWh for bruksfasen. I våre beregninger vil vi vise resultatene for begge disse faktorene.

I tillegg fins det klassifiserings- og sertifiseringsordninger, for eksempel BREEAM-NOR (NGBC, 2017) og Svanen (Svanen, 2017), som også fokuserer på energieffektivitet og klimafotspor. BREEAM-NOR klassifiserer bygninger etter poengoppnåelse på forskjellige temaer; her er det mulig å vinne poeng ved å redusere klimafotsporet i forhold til en referansebygning. Svanen har indirekte fokus på klimafotspor, foreløpig begrenset til valg av sementtype og tilpasset bruk av sement.

Vi vil her ikke gå i detalj på metoden for å beregne klimafotsporet og hvordan de underliggende miljødeklarasjonene utarbeides. For mer informasjon om metodene for å gjennomføre livsløpsvurderinger og klimagassregnskap i en bygningskontekst henviser vi til:

- Livsløpsvurderinger i Byggforskserien
  - 470.101 470.101 *Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger. Innføring og begreper*
  - 470.102 *Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpsvurdering (LCA)*
  - 470.103 *Miljødeklarasjoner (EPD) av byggevarer*
- Retningslinjer for ZEB-metoden (Fufa, 2016)
- Klimagassregnskap i BREEAM-NOR (NGBC, 2017)
- Miljødeklarasjoner: EPD-Norge (EPD-Norway, 2016)

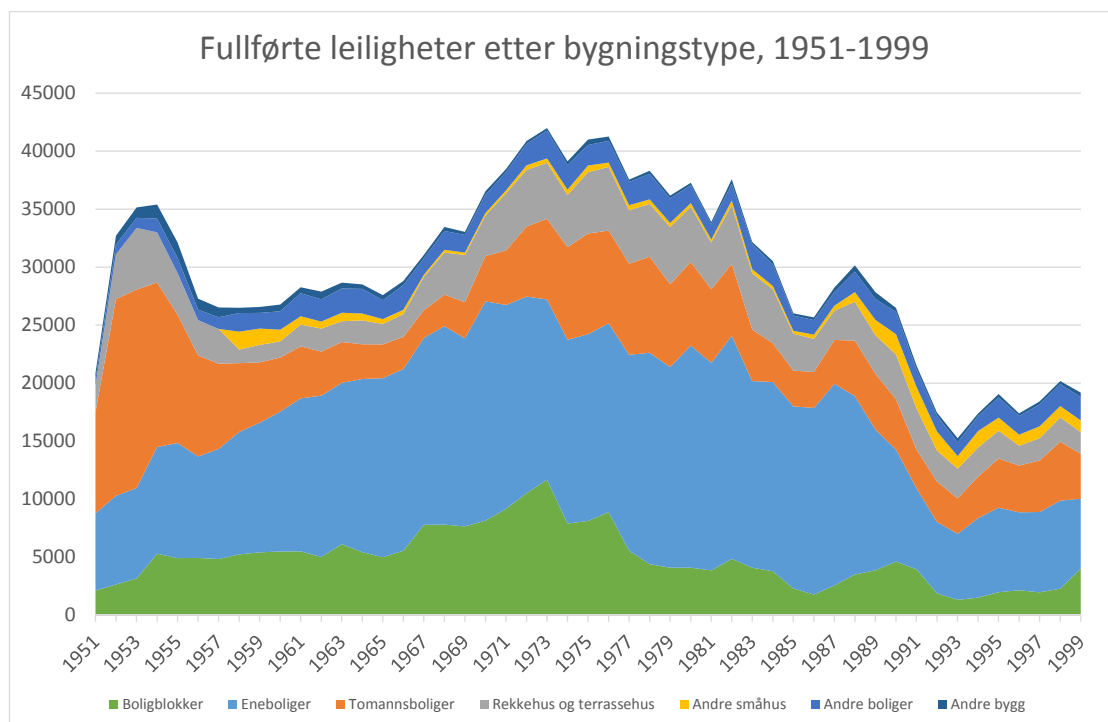
For mer informasjon om metodiske valg og konsekvensen av disse, se Husbanken-prosjektet *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer* (Nordby et al., 2015) og erfaringene fra NORNET-prosjektet (Schlanbusch et al., 2016).

*Merk: Det er under utarbeidelse en norsk standard – NS 3720 – som definerer en metode for klimagassberegninger for bygninger. Standarden er forventet i løpet av 2018. Den europeiske standarden for miljødeklarasjoner av byggevarer er i høringsutkastet oppgitt som en normativ referanse, som harmonerer med framgangsmåten beskrevet i denne rapporten for klimafotsporet for materialbruk.*

## 4 Status for rehabilitering av boligblokker

### 4.1 Nasjonalt

I 2016 var energiforbruket i norske husholdninger på 48 TWh, altså mer enn halvparten av energibruken i bygninger (Statistisk sentralbyrå, 2017a). I overkant av 80 % av dette er elektrisitet. Basert på data fra TOBB er det anslått et energiforbruk på 200 kWh/m<sup>2</sup> for boligblokker bygd i perioden 1980–1997, mens det for boligblokker bygd etter 1987 er anslått et energiforbruk på 150 kWh/m<sup>2</sup>. Førstnevnte følger kravene fra TEK69, mens sistnevnte følger kravene fra TEK87. Beregninger i dette prosjektet for to typiske boligblokker gir et energibehov på ca. 234 kWh/m<sup>2</sup> for leiligheter bygd på 1980-tallet og ca. 191 kWh/m<sup>2</sup> for leiligheter bygd på 90-tallet (se beregninger i kapittel 0). Utgangspunktet for disse beregningene er at leilighetene skal oppfylle kravene i gjeldende forskrifter i byggeåret. Faktisk energibehov kan variere fra disse anslagene. Det kan være mange årsaker til dette, men det er en kjensgjerning at leiligheter bygd i perioden 1981–2000 er dårlig ventilert (Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012). Her kan det være at faktisk energibruk øker etter en oppgradering. For denne type leiligheter vil da ikke en oppgradering av ventilasjonsanlegget være et energi- eller klimatiltak, men et inneklimatiltak.<sup>2</sup>



Figur 7: Fullførte leiligheter etter bygningstype, 1951–1999 (basert på Statistisk sentralbyrå (2017b))

Figur 7 viser fullførte leiligheter etter bygningstype fra 1951 til 1999. Her framgår det at det i perioden 1980–1999 ble bygd i overkant av 60 000 blokkleiligheter. Det utgjør ca. 10 % av alle leiligheter i boligblokker. Med et anslått energibehov på 200 kWh/m<sup>2</sup> og en gjennomsnittlig størrelse på 70 m<sup>2</sup> vil energibehovet for disse leilighetene være 0,84 TWh. Hvor store klimautslipp dette vil føre til, er avhengig av hvilken CO<sub>2</sub>-faktor vi benytter på elektrisiteten. Bruker vi dagens elektrisitet

<sup>2</sup> For Starrmyra borettslag ble det beregnet at energibehovet kunne bli redusert fra 163 kWh/m<sup>2</sup> per år til 121 kWh/m<sup>2</sup> per år ved installasjon av balansert ventilasjon. Dette var basert på at luftskiftet var i henhold til forskriftskrav. Målinger viste at det reelle luftskiftet var mindre enn 0,25 luftvekslinger per time, noe som ville ført til en økning i energibruket ved etablering av balansert ventilasjon med varmegjenvinning (Holøs, 2012). Balansert ventilasjon ville i dette tilfellet vært et inneklimatiltak, ikke et energi- eller klimatiltak.

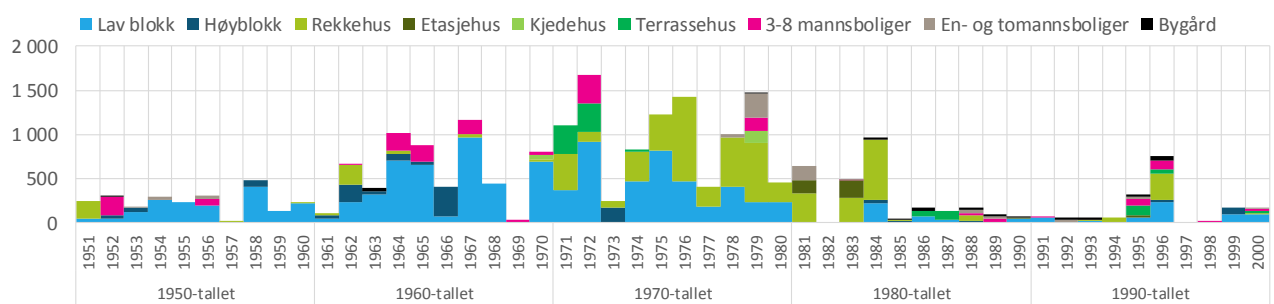


fra Norge får vi 25 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh, som gir et utslipp på 21 000 tonn CO<sub>2</sub> per år. Bruker vi ZEB-metodens faktor for gjennomsnittlig europeisk elektrisitet fram mot 2050 på 130 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh, så får vi et utslipp på 109 000 tonn CO<sub>2</sub> per år. Det tilsvarer klimafotsporet til mer enn 10 000 nordmenn.

#### 4.2 Boligbyggelag: TOBB

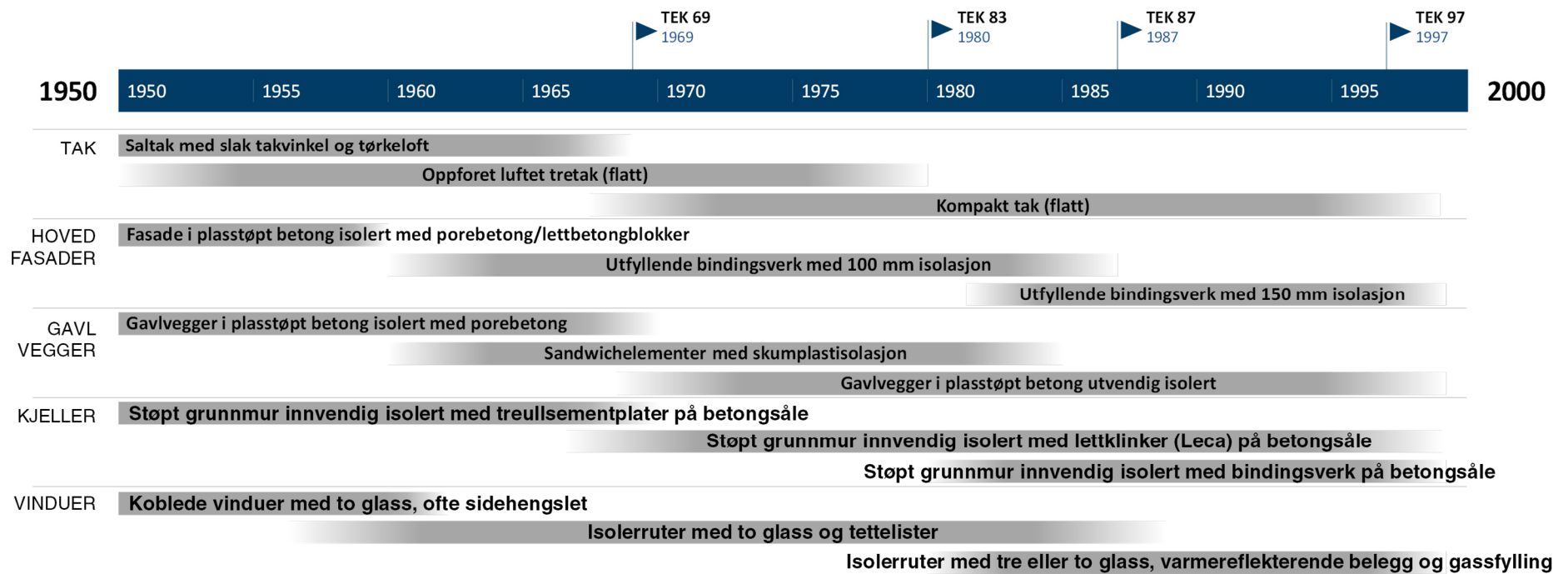
Trondheim og Omegn Boligbyggelag (TOBB) er det største boligbyggelaget i Midt-Norge (TOBB, 2017). De har mer enn 60 000 medlemmer og i Midt-Norge forvalter de 30 000 boliger i om lag 600 borettslag. TOBB rehabiliterer kontinuerlig borettslagene de forvalter.

Figur 9 viser en oversikt over typisk oppbygging av boligblokker i perioden 1950 til 2000 (Skeie et al., 2018). Som det framgår av figuren, så er det en endring på 1980-tallet på flere områder, for eksempel fra luftede tretak til kompakte tak, med økende mengde isolasjon.



Figur 8: TOBB-leiligheter etter bygningstype (Skeie et al., 2018)

Figur 8 viser en oversikt over TOBB-leiligheter etter bygningstype og Figur 9 viser typisk oppbygging av boligblokker i perioden 1950–2000. I perioden 1980–1999 er det bygd 25 borettslag med bygninger i kategorien terrassehus, etasjehus, lavblokk eller høyblokk. Energibehovet er i dag beregnet til å være 16 GWh/år. Oppgradering til TEK10 og TEK17 reduserer energibehovet til henholdsvis 9,5 GWh/år og 7,8 GWh/år. Passivhusstandard vil redusere det ytterligere, til 6,2 GWh/år. Med CO<sub>2</sub>-faktor på 25 g CO<sub>2</sub>/kWh tilsvarer dette en reduksjon på ca. 160–250 tonn CO<sub>2</sub>/år, mens med en CO<sub>2</sub>-faktor på 130 g CO<sub>2</sub>/kWh tilsvarer det 850–1 280 tonn CO<sub>2</sub>/år. 1 280 tonn CO<sub>2</sub> tilsvarer klimafotsporet til mer enn 120 personer.



Figur 9: Oppbygging av boligblokker i perioden 1950–2000 (Skeie et al., 2018)

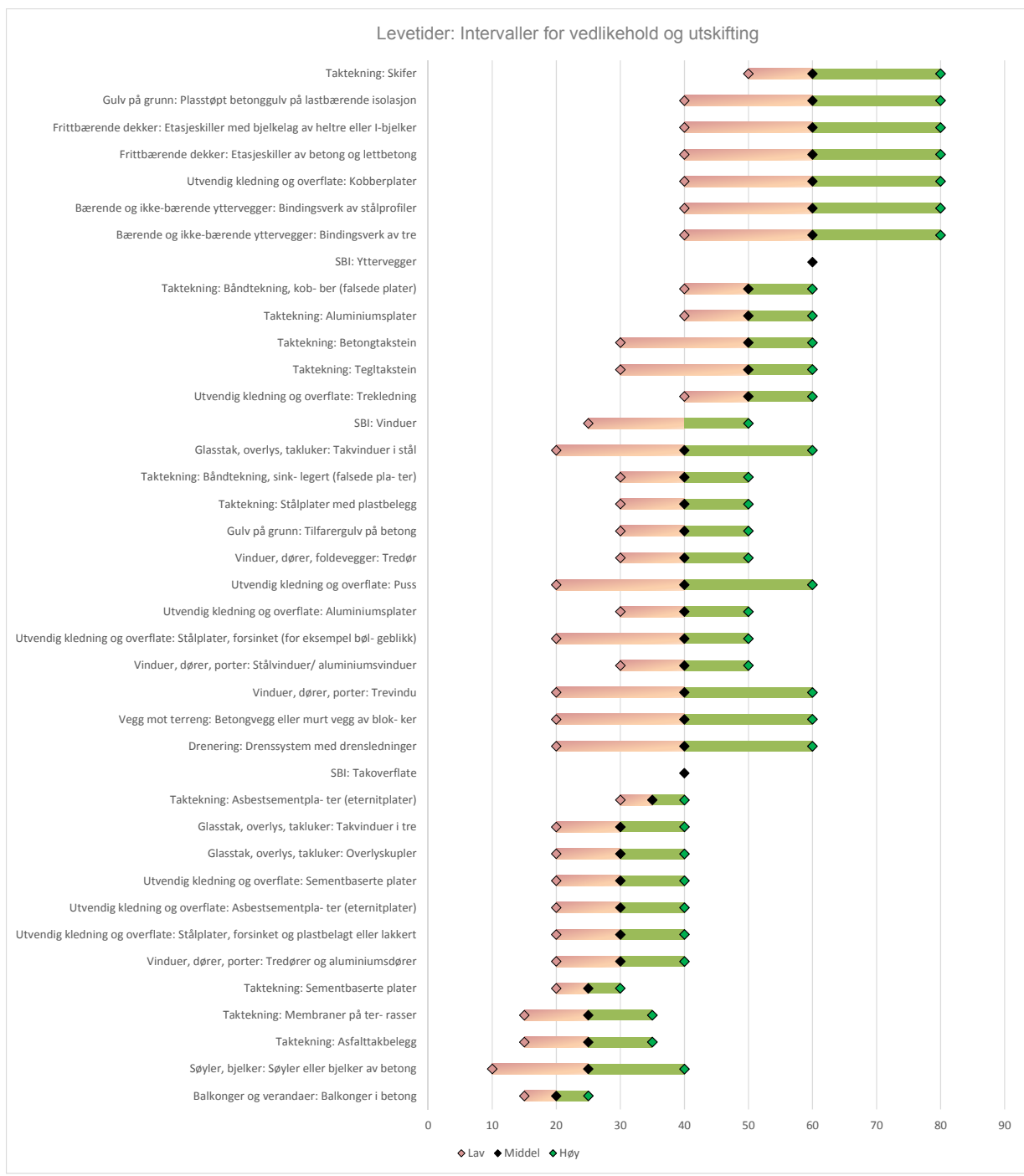
## 5 Levetider

### 5.1 Anbefalinger til levetidsintervaller

Det er utarbeidet oversikter over typiske levetidsintervaller for bygningsdeler, blant annet av SINTEF Byggforsk (2017b) og SBI i Danmark (Aagaard et al., 2013). Levetidsintervallene må benyttes med forsiktighet; de er veiledende og kan ikke brukes til å bedømme en bygningsdel i en konkret bygning. I dette prosjektet er fokus på energi og klima. Komponenter som drenering, rørsystem og øvrige tekniske anlegg er derfor ikke omtalt.

Per i dag fins det ingen samlet oversikt over reelle levetider for bygningsdeler i boligblokker. I tillegg er det en utfordring at mange boligblokker er i borettslag, hvor fordelingen av ansvar og plikter er annerledes enn for andre typer boliger. Beboer/andelseier er ansvarlig for vedlikehold/oppgradering av egen bolig, mens det er borettslaget som er ansvarlig for ytre vedlikehold. Dette gjør at det indre og ytre vedlikeholdet ikke blir planlagt parallelt, noe som medfører at det ikke nødvendigvis er samsvar mellom når en bolig har behov for vedlikehold/oppgradering og når bygget har behov for det. I et borettslag kreves det 2/3 flertall på generalforsamlingen for å kunne vedta en oppgradering. Det må altså være en felles forståelse for behovet blant beboerne. Dette kan være en barriere mot oppgradering (Klöckner og Nayum, 2017; Hauge et al., 2012).

Figur 10 gir en oversikt over intervaller for vedlikehold og utskifting fra SINTEF Byggforsk, supplert med verdier fra SBI i Danmark for å se hvordan levetid vurderes i en annen skandinavisk kontekst. Levetidene er typisk oppgitt med kort, middels og langt levetidsintervall. Her er kort vist i rødt, middels i svart og langt i grønt. Vi ser at det er en rekke bygningsdeler som kan forventes å måtte repareres eller skiftes ut etter 20–40 år. Det gjelder blant annet utvendig kledning (20–80 år; middelvei 40 år), vinduer (25–60 år; middelvei 40 år) og taktekning (30–80 år; middelvei 40–50 år).



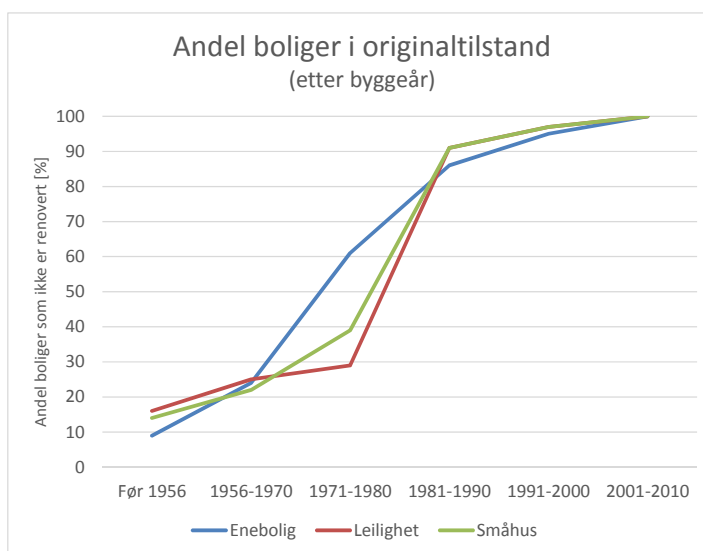
Figur 10: Intervaller for vedlikehold og utskifting(2017b). Teksten til venstre for kolon angir bygningsdel (tresifret nivå i bygningsdelstabellen). Teksten til høyre for kolon angir hvilket materiale/konstruksjon intervallet er angitt for. Verdier merket SBI er for Danmark (Aagaard et al., 2013).

## 5.2 Estimerte levetidsintervaller, nasjonalt

I Enovas potensial- og barrierestudie fra 2012 (Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012) er det beregnet hvor stor andel av norske boliger som er renovert, og hvilke typer tiltak som er gjort. Resultatene er vist i Figur 11. Her ser vi at det for leiligheter som er under 40 år, er en lav andel av boliger som har gjort tiltak: 3 % av leiligheter bygd etter 1991 og 9 % av leiligheter bygd etter 1981 har gjort tiltak. Men går vi ett tiår tilbake, til leiligheter bygd i perioden 1971–1980, er andelen økt til 71 %. Det er altså en betydelig økning i løpet av et tiår. Ser vi på vinduer, så er det kun 7 % av leiligheter fra 1981–1990 som har skiftet dem. Dette er vinduer som er 22–32 år; altså er det et fåtall som skifter vinduer i nedre halvdel av levetiden (jf. levetidstabellene over).

	Original bolig	Renovert	Byttet vinduer	Etterisolert vegg	Etterisolert tak/-gulv
<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 %

Figur 11: Oversikt over boligens tekniske stand (Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012)



Figur 12: Grafisk framstilling av hvor stor andel av boligmassen som ikke har gjennomgått renoveringstiltak (grafisk framstilling av kolonnen Originalbolig i Figur 11)

Hvis trenden fortsetter som vist over, vil det være et betydelig behov for renovering og oppgradering av boligblokker i de kommende årene. Det gjør at mulighetsvinduet åpnes for ambisiøse klima- og energioppgraderinger. Når vi samtidig vet vi at kun halvparten av oppgraderinger i dag inkluderer energitiltak (Bjørnstad, 2015; Klinski et al., 2017), er det også en stor risiko for at dette mulighetsvinduet vil lukkes for de neste 20–40 årene hvis det bare gjennomføres oppgraderinger uten energi- og klimatiltak.

## 5.3 Estimerte levetider, TOBB-borettslag

I perioden 2006–2012 gjennomgikk 85 borettslag større tiltak på bygningene i forbindelse med vedlikehold eller rehabilitering (Skaar et al., 2017; Skeie et al., 2018). 33 av borettslagene gjennomførte samtidig tiltak som var energibesparende, hvorav 10 var totalrehabiliteringer (etterisolering av tak og vegger, utskifting av vinduer, økt tetthet). Av disse 10 var det 3 borettslag som innførte varmegjenvinning ved å installere balansert ventilasjon.

Av de 25 borettslagene med boligblokker som er bygd i perioden 1980–1999, er det 6 som har gjennomført rehabiliteringstiltak. Alle disse er bygd i 1984 eller tidligere. Ett av disse borettslagene har installert balansert ventilasjon med varmegjenvinning; andre typiske tiltak er utskifting av vinduer og etterisolering av tak og vegger.

Datagrunnlaget fra TOBB indikerer at reelle levetidsintervaller i boligblokker i stor grad ligger i intervallet fra middel til høy i oversikten over levetider i kapittel 0.

## 6 Energi- og klimaberegninger for oppgradering av boligblokker

### 6.1 Tre case-prosjekter

I de påfølgende kapitlene er det utført energi- og klimaberegninger for tre case-prosjekter. For hver case er det regnet på energi- og klimastatus for opprinnelig bygning, sammenliknet med alternative ambisjonsnivåer for en oppgradering. Den første casen er basert på Vestlia borettslag, som er bygd i 1971 og dermed er oppført i henhold til krav i TEK69. Her er det regnet på to alternativer: en enkel og en ambisiøs oppgradering. De to neste casene er forenklede beregninger for to boligblokker som er basert på referansebygg for fastsettelse av energirammekravene i byggeteknisk forskrift (TEK-boksen for boligblokker) (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017). Den første er for en typisk boligblokk fra 1970-/80-tallet og det andre er for en typisk boligblokk fra 1980-/90-tallet. Her er det for hver boligblokk regnet på tre alternativer: en enkel oppgradering, en oppgradering med lavenergi som ambisjon og en oppgradering med passivhus som ambisjon. Energi- og klimaberegninger er utarbeidet for alle alternativene. Klimaberegningene er utarbeidet med systemgrensene for ZEB-OM-ambisjonsnivået. Siden det ikke er inkludert energiproduksjon vil det ikke være mulig for boligblokkene å nå ZEB-OM-ambisjonen; resultatene viser hvor nært boligblokken kommer ZEB-OM ut fra oppgraderinger med en høy energiambisjon.

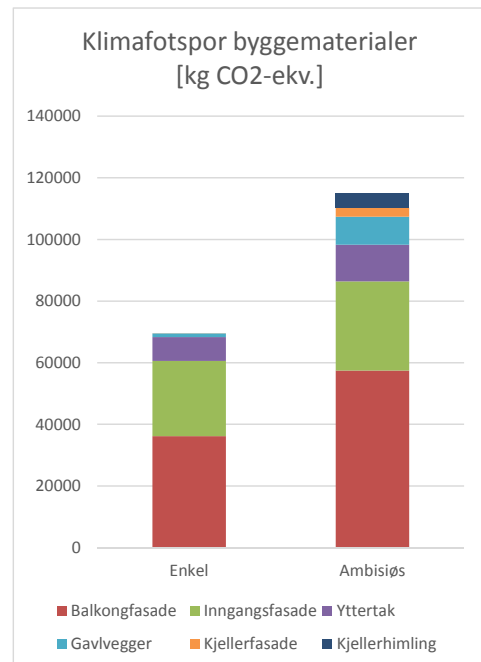
### 6.2 Vestlia

Beregningene for Vestlia er basert på et forprosjekt for RFF Midt-Norge (Skeie et al., 2018; Skaar et al., 2017). Vestlia er et borettslag i Trondheim som er representativt for mange boligblokker fra 1970-tallet og også tidlig 80-tall. Borettslaget består av 324 boenheter fordelt på 16 blokker. Energi- og klimaberegningene er utført for én av disse blokkene. Dette er en blokk med 6 toromsleiligheter og 18 treromsleiligheter. Total oppvarmet del av bruksareal (BRA) er 1 833 m<sup>2</sup>.

Borettslaget gjennomgikk en større rehabilitering i 2012–2013. I den forbindelse ble det prosjektert både en enkel og en mer ambisiøs oppgradering. Basert på dette grunnlaget er det utarbeidet energi- og klimaberegninger for Vestlia. De to oppgraderingene er beskrevet nedenfor.

*Enkel oppgradering:* Denne oppgraderingen inkluderer etterisolering av tak (100 mm ekstra isolasjon), etterisolering av vegger (50 mm ekstra isolasjon) og utskifting av vinduer (til u-verdi 1,1). I denne oppgraderingen er det installert individuell balansert ventilasjon (viftepar med varmegjenvinning) i tillegg til eksisterende avtrekk fra bad og kjøkken. Den enkle oppgraderingen gir et netto energibehov på **179 kWh/m<sup>2</sup> per år**. Denne oppgraderingen tilfredsstiller ikke energirammen i TEK17 for boligblokker.

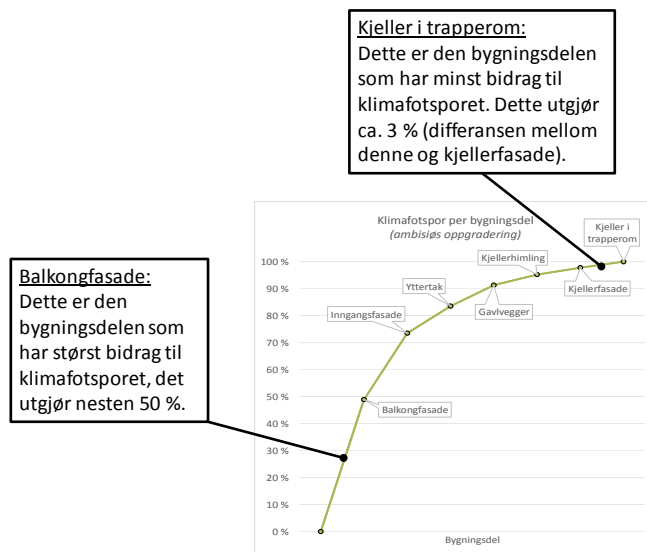
*Ambisiøs oppgradering:* Denne oppgraderingen inkluderer etterisolering av tak (200 mm ekstra isolasjon), etterisolering av vegger (150 mm ekstra isolasjon) og utskifting av vinduer (til u-verdi 0,8). I tillegg er det gjort tiltak for å redusere kuldebroer ved balkong, i kjeller og i trapperom. I denne oppgraderingen er det også installert sentralt anlegg for balansert ventilasjon, med



Figur 13: Klimafotspor for de to alternative oppgraderingene for Vestlia, enkel oppgradering og ambisiøs oppgradering.

varmegjenvinning. Den ambisiøse oppgraderingen gir et netto energibehov på **91 kWh/m<sup>2</sup> per år**. Denne oppgraderingen tilfredsstiller energirammen i TEK17 for boligblokker.

Klimafotsporet i henhold til systemgrensene for ZEB-OM er beregnet for begge oppgraderingene, hvor totalresultatene er vist i Figur 13. For å kunne redusere klimafotsporet er det nødvendig å forstå hva som er de viktigste bidragene. Figur 15–Figur 20 viser klimafotsporet fordelt per bygningsdel, per material og per arbeidstype (fag). Figur 14 er et lese-eksempel for å illustrere hvordan figurene er bygd opp. I denne figuren er det klimafotsporet per bygningsdel som er vist. Her ser vi at den bygningsdelen som har størst bidrag, er balkongfasaden. Den står for nesten halve klimafotsporet. Den minst viktige bygningsdelen er kjelleren. Denne bygningsdelens bidrag utgjør ca. 3 %, som er differansen mellom punktet "kjeller i trapperom" og det foregående punktet "kjellerfasade". De øvrige figurene er bygd opp på samme måte.



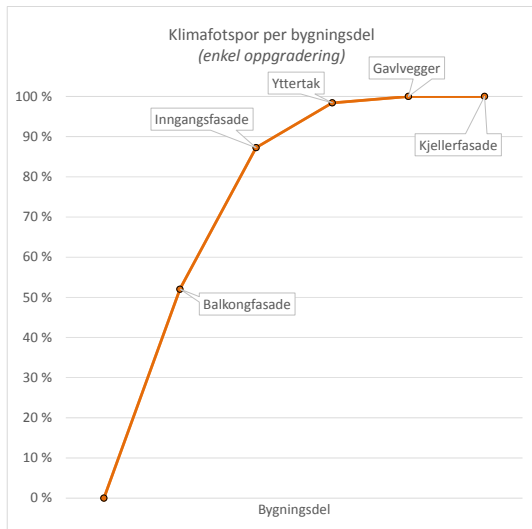
Figur 14: Lese-eksempel på framstillingen i Figur 15-Figur 20. Figurene angir hvilke bygningsdeler, materialer og fag som har de største bidragene til klimafotsporet.

Figur 15 og Figur 16 viser klimafotsporet per bygningsdel. Her ser vi at bygningsdelene kommer i samme rekkefølge: Det er altså balkongfasade, inngangsfasade, yttertak og gavlvegger som har de største bidragene, uansett ambisjonsnivå. Dette er en indikasjon på at det bør fokuseres på disse bygningsdelene.

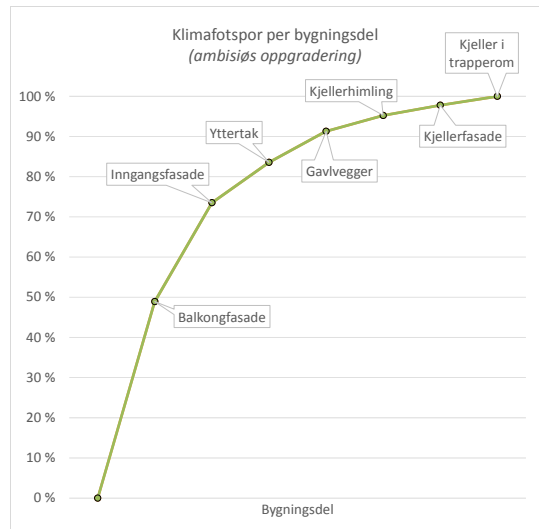
Figur 17 og Figur 18 viser klimafotsporet per materiale. Her ser vi at det er en forskjell mellom de to ambisjonsnivåene. Isolasjon har størst påvirkning i den ambisiøse oppgraderingen, mens det er vinduene som har det største bidraget på den enkle oppgraderingen.

Figur 19 og Figur 20 viser klimafotsporet per fag. Her ser vi et liknende resultat som i de to foregående figurene. Tømrerarbeid inkluderer isolasjon; dette er altså det viktigste faget for den ambisiøse oppgraderingen. For den enkle oppgraderingen er det installasjon av vinduene som har det største klimafotsporet.

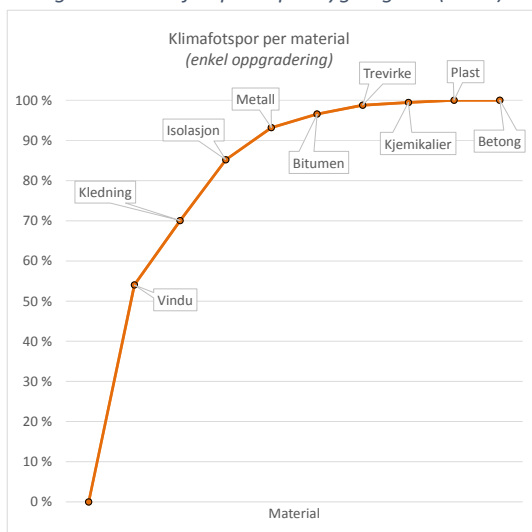
Ved å analysere resultatene ved hjelp av ulike framstillinger blir det enklere å forstå hva som påvirker klimafotsporet og hvor vi bør fokusere for å redusere det.



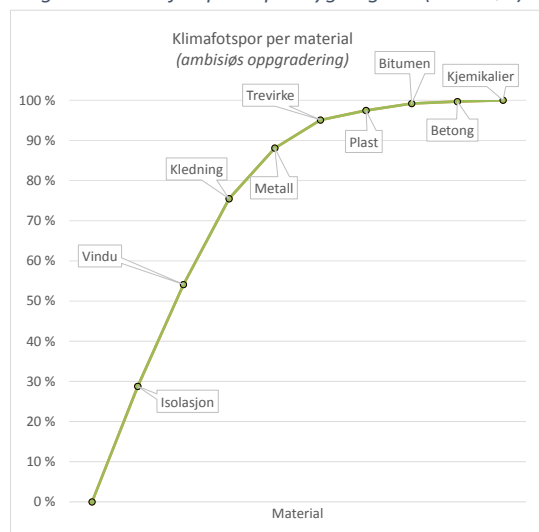
Figur 15: Klimafotsoret per bygningsdel (enkel)



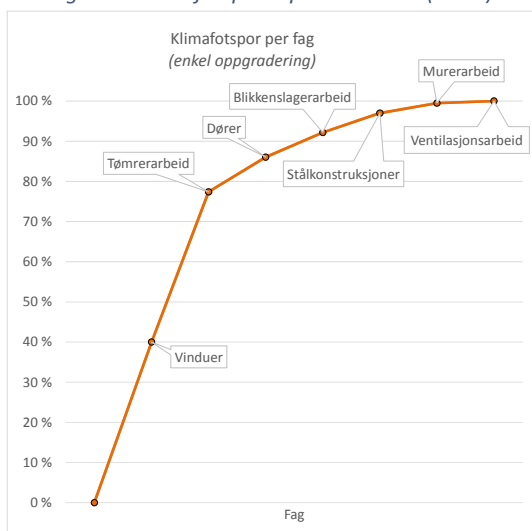
Figur 16: Klimafotsoret per bygningsdel (ambisiøs)



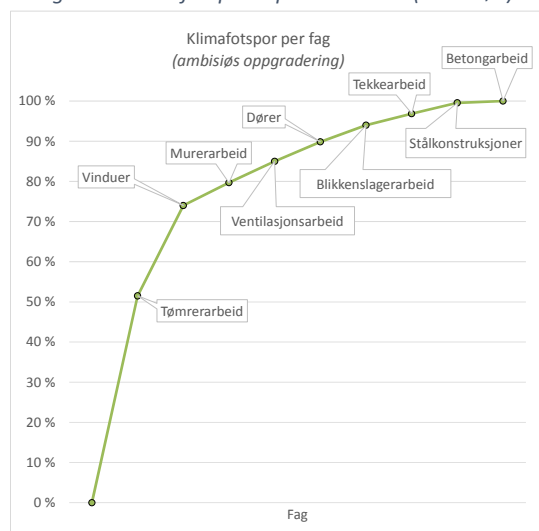
Figur 17: Klimafotsoret per materiale (enkel)



Figur 18: Klimafotsoret per materiale (ambisiøs)

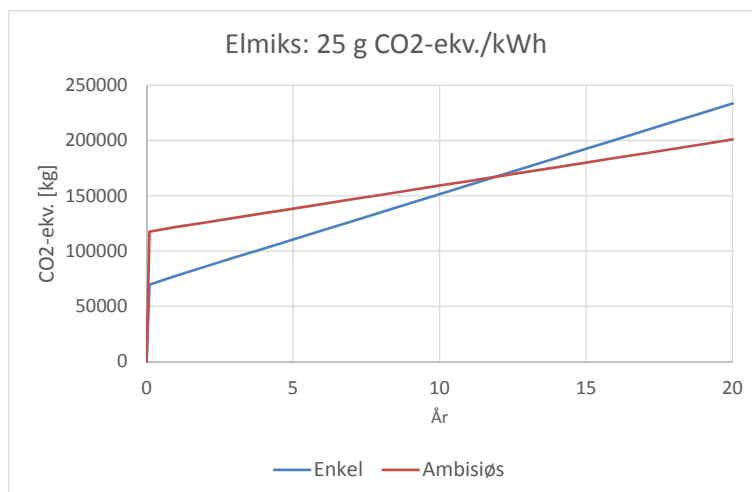


Figur 19: Klimafotsoret per fag (enkel)

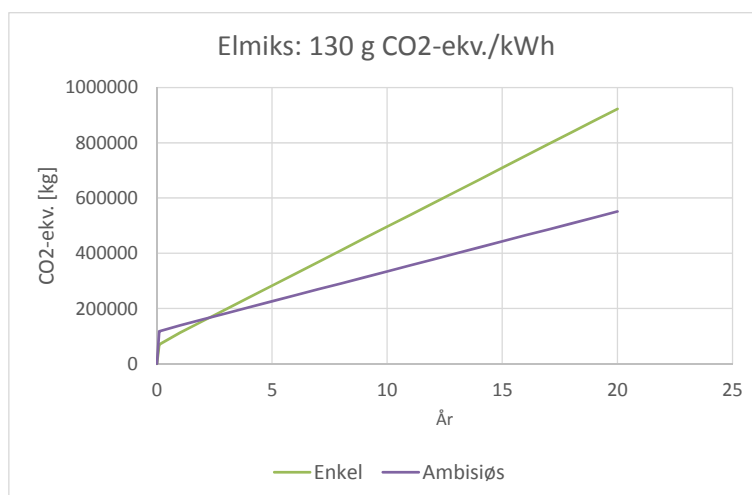


Figur 20: Klimafotsoret per fag (ambisiøs)





Figur 21: Klimafotsporet de første 20 årene, ved 25 g CO<sub>2</sub>-ekv. per kWh for energibehovet



Figur 22: Klimafotsporet de første 20 årene, ved 130 g CO<sub>2</sub>-ekv. per kWh for energibehovet

I bruksfasen er det utskiftinger (modul B4) og energibruk (modul B6) som bidrar til klimafotsporet. Figur 21 og Figur 22 viser klimafotsporet de første 20 årene for to ulike CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisitet. Vi antar at alle bygningsdeler har en levetid på minst 20 år, så i denne perioden er det ingen behov for utskifting. Klimafotsporet kommer dermed fra elektrisitet i bruksfasen. For å vurdere følsomheten av resultatene har vi beregnet dem med to forskjellige CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisitet. 25 g CO<sub>2</sub>/kWh er klimafotsporet per kWh for norsk elektrisitet i dag og er i samme størrelsesorden som for miljødeklarasjoner (EPD) (EPD-Norway, 2016), mens 130 g CO<sub>2</sub>/kWh er klimafotsporet per kWh for europeisk elektrisitet i snitt fram mot 2050 (Fufa, 2016).

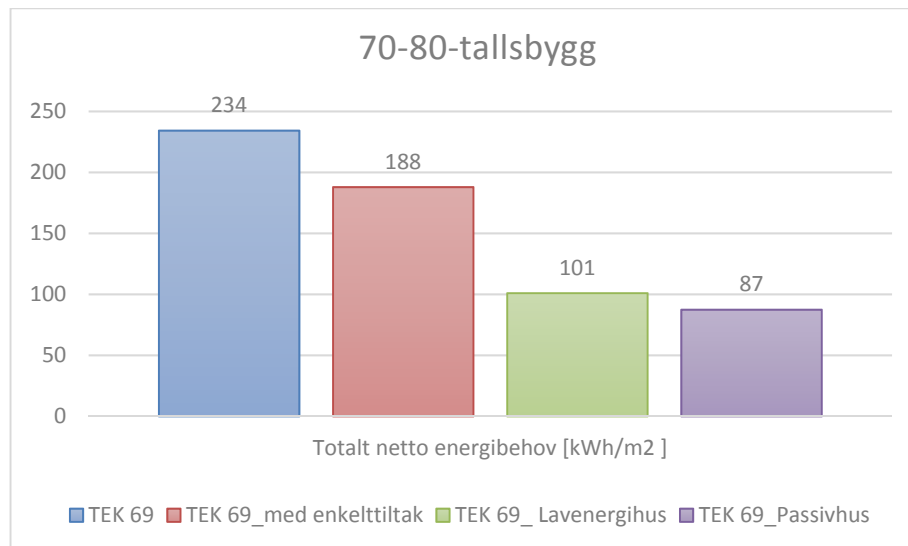
Den ambisiøse oppgraderingen har høyere utslipp fra byggefasen, men lavere i bruksfasen. Her ser vi at den ambisiøse kommer bedre ut over tid i begge tilfellene. Forskjellen ligger i hvor de to linjene krysser hverandre, altså når den enkle oppgraderingen samlet sett får høyere klimautslipp enn den ambisiøse. Ved 25 g CO<sub>2</sub>/kWh er dette etter 12 år. Ved 130 g CO<sub>2</sub>/kWh så skjer det allerede etter 3 år. Årsaken til at det er lavere tilbakebetalingstid for den ambisiøse oppgraderingen, er at det i den enkle oppgraderingen er lavere varmegjenvinning. Her er det fortsatt behov for mekanisk avtrekk fra bad og kjøkken.

### 6.3 Typisk boligblokk fra 1970-/1980-tallet

Dette er en boligblokk bygd i henhold til TEK69 og skal representere en typisk boligblokk bygd på 1970- og 1980-tallet. Boligblokken har 300 m<sup>2</sup> grunnflate og 900 m<sup>2</sup> bruksareal (BRA). Videre har den 638 m<sup>2</sup> yttervegger (458 m<sup>2</sup> vegg og 180 m<sup>2</sup> vinduer, dører og glassfelter). Energibehovet er beregnet for tre forskjellige ambisjonsnivåer: enkle tiltak, lavenergihus og passivhus. De største tiltakene som gjøres for de ulike ambisjonsnivåene, er:

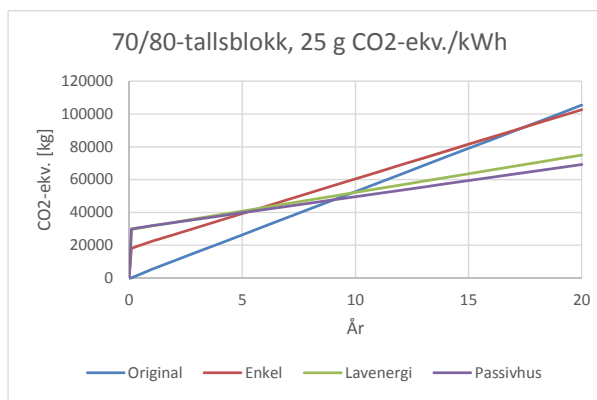
- Enkel: og nye vinduer (U-verdi 1,2): 50 mm ekstra isolasjon på yttervegger og nye vinduer. Ingen endring på tak.
- Lavenergihus: nye vinduer (U-verdi 1,0): 250 mm ekstra påføret isolasjon på yttervegger, nye vinduer, 50 mm ekstra isolasjon mot kjeller, 200 mm ekstra isolasjon på tak og balansert ventilasjon med varmegjenvinning på 75 %.
- Passivhus: nye vinduer (U-verdi 0,8): 300 mm kontinuerlig isolasjon på langvegger, 350 mm kontinuerlig isolasjon på gavlvegger, 350 mm isolasjon på tak, nye vinduer, 50 mm ekstra isolasjon mot kjeller og balansert ventilasjon med varmegjenvinning på 85 %.

Materialene for disse tiltakene er inkludert, bortsett fra materialer til balansert ventilasjon. Årsaken er at hovedfokus for prosjektet er på byggematerialene og ikke de tekniske installasjonene.

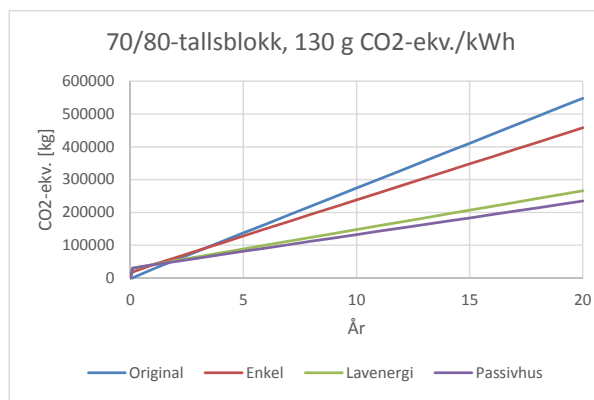


Figur 23: Totalt netto energibehov for de ulike ambisjonsnivåene for 1970-/80-tallsblokken.

Figur 23 viser en visuell framstilling av beregnet netto energibehov for opprinnelig situasjon samt de tre ulike ambisjonsnivåene for oppgradering. Totalt reduseres energibehovet fra 234 kWh/m<sup>2</sup> per år til 87 kWh/m<sup>2</sup> per år. I en oppgradering vil det også være mulig å gjøre tiltak på tekniske installasjoner, både for bedre styring og for andre energibesparende tiltak. Det vil kunne gi ytterligere gevinst på klimafotsporet.



Figur 24: Klimafotsporet første 20 år, med 25 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh



Figur 25: Klimafotsporet første 20 år, med 130 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh

Figur 24 og Figur 25 viser klimafotsporet for boligblokken i original tilstand, sammenliknet med tre forskjellige ambisjonsnivåer for oppgradering og med to forskjellige CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisitet. Vi ser at alternativene kommer i samme rekkefølge i begge grafene, hvor det mest ambisiøse har det laveste klimafotsporet og den originale blokken har det høyeste klimafotsporet. Men samtidig ser vi at det for oppgraderingen til enkel er lite forskjell fra den originale boligblokken etter 20 år. Det tyder på at denne oppgraderingen er et mindre robust klimatiltak enn de to mer ambisiøse.

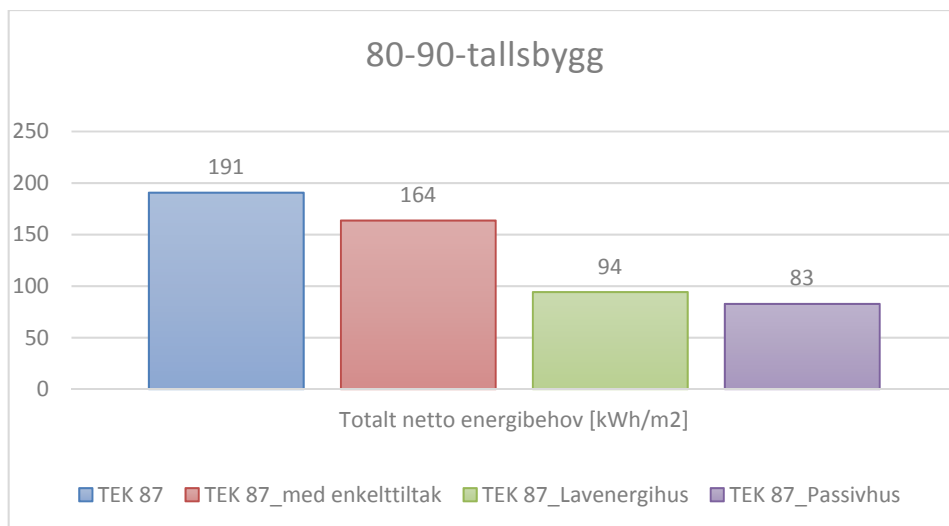
Her kommer knekkpunktene tidligere enn i Vestlia-eksemplet. En av årsakene til det er at klimafotsporet her bare inkluderer forskjellen i materialbruk mellom de tre alternative oppgraderingene. Det faktiske klimafotsporet vil altså være høyere, men det inkluderer tiltak som uansett ville vært nødvendig å gjøre for å vedlikeholde og rehabilitere boligblokken.

#### 6.4 Typisk boligblokk fra 1980-/90-tallet

Dette er en boligblokk bygd i henhold til TEK87 og skal representere en typisk boligblokk bygd på 1980- og 1990-tallet, fram til TEK97. Ytre mål er identisk med den forrige blokken, 300 m<sup>2</sup> grunnflate og 900 m<sup>2</sup> bruksareal (BRA) med 638 m<sup>2</sup> yttervegger (458 m<sup>2</sup> vegg og 180 m<sup>2</sup> vinduer, dører og glassfelter). Energibehovet er beregnet for de samme tre ambisjonsnivåene som over: enkle tiltak, lavenergihus og passivhus. De største tiltakene som gjøres for de ulike ambisjonsnivåene, er:

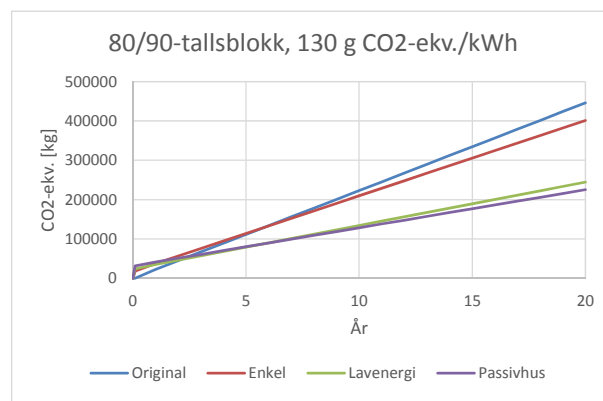
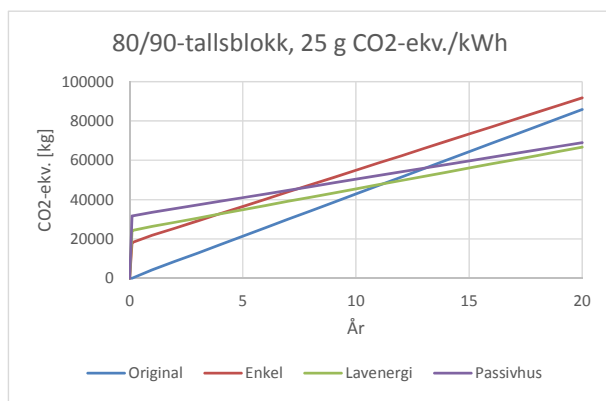
- Enkel: og nye vinduer (U-verdi 1,2): 50 mm ekstra isolasjon på yttervegger og nye vinduer. Ingen endring på tak.
- Lavenergihus: nye vinduer (U-verdi 1,0): 150 mm ekstra påfôret isolasjon på yttervegger, 150 mm ekstra isolasjon på tak, nye vinduer, 50 mm ekstra isolasjon mot kjeller, 100 mm utvendig isolasjon av kjellervegger og balansert ventilasjon med varmegjenvinning på 75 %.
- Passivhus: nye vinduer (U-verdi 0,8): 250 mm kontinuerlig isolasjon på yttervegger, 200 mm isolasjon på tak, nye vinduer, 50 mm ekstra isolasjon mot kjeller, 100 mm utvendig isolasjon av kjellervegger og balansert ventilasjon med varmegjenvinning på 85 %.

Materialene for disse tiltakene er inkludert, bortsett fra for balansert ventilasjon. Årsaken er at hovedfokus for prosjektet er på byggematerialene og ikke de tekniske installasjonene.



Figur 26: Energiposter for 1980-/90-tallsblokken, fire varianter

Figur 26 er en visuell framstilling av beregnet netto energibehov for opprinnelig situasjon, samt de tre ulike ambisjonsnivåene for oppgradering. Totalt reduseres energibehovet fra 191 kWh/m<sup>2</sup> per år til 83 kWh/m<sup>2</sup> per år. I en oppgradering vil det også her være mulig å gjøre ytterligere tiltak på tekniske installasjoner for å redusere klimafotsporet.



Figur 27: Klimafotsporet første 20 år, med 25 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh

Figur 28: Klimafotsporet første 20 år, med 130 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh

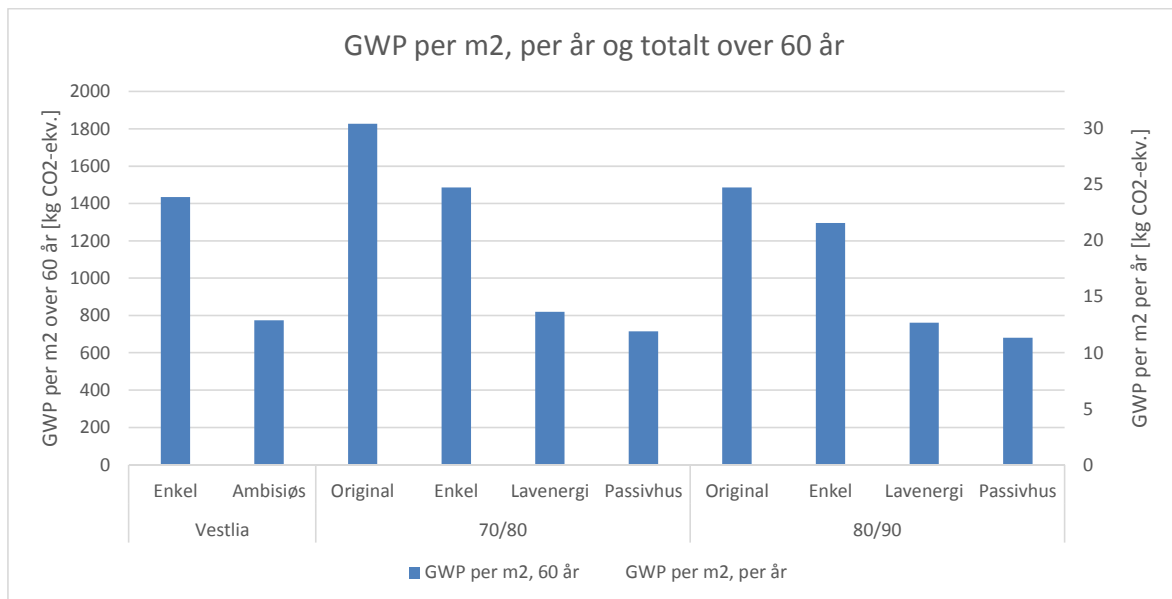
Figur 27 og Figur 28 viser klimafotsporet for boligblokken i original tilstand, sammenliknet med tre forskjellige ambisjonsnivåer for oppgradering og med to forskjellige CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisitet. Til forskjell fra blokken fra 70-/80-tallet ser vi her at rekkefølgen ikke er den samme i begge grafene. Lavenergi har lavest klimafotspor med 25 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh, mens passivhus kommer lavest ut med 130 g CO<sub>2</sub>/kWh. Men forskjellene er ikke store nok til å utgjøre en signifikant forskjell. Videre ser vi at original og enkel har betydelig høyere klimafotspor enn lavenergi og passivhus. Som for 70-/80-tallsblokken tyder dette på at enkel oppgradering heller ikke her er et robust klimatiltak. Det kan igjen virke umiddelbart ulogisk, med tanke på at lavhengende frukt ofte har størst effekt. Men også her er årsaken at det i de enkle oppgraderingene er langt lavere varmegjenvinning for ventilasjonsluft, siden det fortsatt er behov for mekanisk avtrekk fra kjøkken og bad.

Vi ser også her at alternativene kommer i samme rekkefølge i begge grafene, hvor det mest ambisiøse har det laveste klimafotsporet og den originale blokken har det høyeste klimafotsporet. Men samtidig ser vi at det for oppgraderingen til enkel er lite forskjell fra den originale boligblokken etter 20 år. Det tyder på at denne oppgraderingen er et mindre robust klimatiltak enn de to mer ambisiøse.

Også her kommer knekkpunktene tidligere enn i Vestlia-eksemplet, og av samme årsak: Klimafotsporet her er regnet på materialene, som er forskjellige i de tre alternative oppgraderingene. Det faktiske klimafotsporet vil være høyere, men det inkluderer tiltak som uansett vil være nødvendig å gjøre for å vedlikeholde og rehabilitere boligblokken selv til opprinnelig nivå.

## 6.5 Sammenstilling

Gjennomgangen av de tre casene viser at det er mulig å sette opp et klimaregnskap med ZEB-OM-ambisjon ved å beregne energi- og materialbruken for de aktuelle oppgraderingstiltakene. Typiske tiltak på bygningskroppen inkluderer etterisolering, utskifting av vinduer og utskifting av kledning. For disse materialene og komponentene er det i stor grad tilgjengelige data i form av miljødeklarasjoner. Det forutsetter at energiberegningene kompletteres med anslag på materialmengder og -typer for at klimafotsporet skal kunne beregnes.



Figur 29: Klimafotsporet per m<sup>2</sup> over 60 år, totalt for hele perioden (venstre akse) og fordelt per år (høyre akse)

Figur 29 viser en oversikt over klimafotsporet per bruksareal (BRA, m<sup>2</sup>). Her ser vi at det er omtrent samme størrelsesorden per kvadratmeter for oppgraderingene med høyt ambisjonsnivå, mens originalt nivå og enkel oppgradering også er i samme størrelsesorden. Resultatene viser også hvor stort klimafotspor som gjenstår før ZEB-OM-ambisjonen er nådd. Ambisjonen kan nås ved lokal fornybar energiproduksjon, eventuelt i kombinasjon med ytterligere tiltak for å redusere energibehovet.

Videre viser gjennomgangen at det for oppgradering av boligblokker er en sammenheng mellom energiambisjoner og klimaambisjoner. Alle casene viser at høyere energiambisjoner gir lavere klimafotspor; trenden er den samme fra 1970-tallet til 1990-tallet. Ingen av de ambisiøse casene gir økt utslipp i forhold til originalbygningen, men det er en risiko for at enkle oppgraderinger uten stor nok reduksjon i energibehovet på sikt kan gi et høyere klimafotspor. Resultatene tyder på at ambisiøs oppgradering av boligblokker kan føre til lavere klimafotspor og at kjente tiltak er tilstrekkelig for å nå høye energiambisjoner.

## 7 Oppsummering og anbefalinger

Boligblokker oppført i perioden 1980–1999 er i liten grad rehabilitert eller oppgradert, sammenliknet med boligblokker oppført før 1980. Det tyder på at vi står foran en sterk vekst i antall boligblokker som har behov for vedlikehold – enten rehabilitering til opprinnelig nivå eller oppgradering til et nivå nærmere dagens standard. Undersøkelser av levetider for materialer, komponenter og bygningsdeler viser også at vi står foran et mulighetsvindu for å få gjennomført oppgraderinger med høye energi- og klimaambisjoner. Hvis det i dag blir gjennomført omfattende tiltak på en boligblokk uten høye energi- og klimaambisjoner, vil dette mulighetsvinduet lukkes for de neste 20–40 årene for boligblokken.

Energi- og klimaberegningene for de tre casene viser at høye energiambisjoner også gir redusert klimafotspor, mens enkle oppgraderinger har liten effekt på klimafotsporet. En følsomhetsanalyse for CO<sub>2</sub>-faktorer for elektrisitet viser at konklusjonene er de samme både med norsk og gjennomsnittlig europeisk elektrisitetsmiks. At den enkle oppgraderingen har høyere nedbetalingstid enn den ambisiøse oppgraderingen kan umiddelbart virke bakvendt, siden lavthengende frukt ofte har størst effekt (jf. loven om avtakende utbytte). Årsaken er at varmegjenvinningen i den enkle oppgraderingen er langt lavere enn i den ambisiøse, siden det fortsatt vil være behov for mekanisk avtrekk fra bad og kjøkken.

Tiltakene som er vurdert, er mer ambisiøse enn typiske oppgraderinger, men alle er tilgjengelige på markedet i dag. Resultatene er ikke nødvendigvis generaliserbare til alle boligblokker fra samme periode fordi både boligblokkens tilstand i utgangspunktet og beboernes valg av tiltak vil kunne variere. En utfordring er at det er vesentlige barrierer for å få gjennomslag for ambisiøs energi- og klimaoppgradering hos boligeiere, inkludert behov for kunnskap og kompetanse (Hauge et al., 2011; Klöckner og Nayum, 2017; Klinski et al., 2017).

Framgangsmåten i casene viser hvordan man kan gå fram for å vurdere ulike alternativer for oppgradering med høy energi- og klimaambisjon. Basert på dette vil vi anbefale følgende **framgangsmåte for prosessen**:

1. **Avklar ambisjoner** for hele oppgraderingen, herunder også for energi og klima.
2. Få en **oversikt over aktuelle enkelttiltak**. Utgangspunktet kan variere etter bygningstype, alder, tilstand, geografi, beboerbehov m.m.
3. Sett sammen enkelttiltakene til **oppgraderingsløsninger** som sammenliknes med hverandre.
4. Bruk et **livsløpsperspektiv**. Tenk helhetlig og langsiktig, se hele bygningen under ett og ha et langt tidsperspektiv. Ta hensyn til vedlikeholdsbehov og utskifting ved valg av materialer og komponenter.
5. **Få med** de største bidragene til klimafotsporet tidlig (materialer/komponenter, bygningsdeler).
6. **Følg opp** klimafotspor fra idé til sluttregnskap. Innledende beregninger har stor usikkerhet og vi vet at det kan være stor variasjon i klimafotspor selv for liknende produkter fra en leverandør til en annen. Klimafotsporet må derfor følges opp fra idé til valg av leverandør og produkt.
7. **Benytt eksisterende kunnskap** om oppgradering, ta med klimaperspektivet inn der det eventuelt mangler. En god start på beslutningsprosesser er veilederen *Få oppslutning om oppgradering – veileder for styret i borettslag og sameier* (Hauge, 2015).

For å kunne gjøre gode vurderinger er det nødvendig å velge en metode og være systematisk og konsekvent i bruken av denne for å følge opp klimafotsporet. Uten dette vil det ikke være mulig å

kunne gjøre en rettferdig sammenlikning av oppgraderingsløsninger. Vi vil anbefale følgende **framgangsmåte for beregning og oppfølging av klimafotsporet:**

6. **Velg en metode** for beregning av klimafotsporet som samsvarer med ambisjonen for oppgradering.
1. **Vær konsekvent** i bruken av metoden i løpet av prosjektet. Omfang av metode kan gå fra å tenke på konsekvenser i et livsløpsperspektiv (livsløpstenking) til ZEB-COMPLETE. Metoden kan endres underveis, men man må da være bevisst på konsekvensene for tidligere beregninger og resultater.
2. **Benytt miljødeklarasjoner** (EPD, *Environmental Product Declarations*). Dette gir et underlag som er harmonisert med tanke på systemgrenser og metodevalg for livsløpsvurderinger. Det gir også mulighet til å stille krav til klimafotspor hos leverandørene.
3. **Gjør innledende beregninger** for å identifisere hvilke tiltak, bygningsdeler, komponenter og materialer som har det største bidraget til klimafotsporet. Dette gir et grunnlag for å vurdere hvor det er mest hensiktsmessig å gjøre tiltak.
4. **Gjør kontinuerlige forbedringer**. Klimafotspor i et oppgraderingsprosjekt er ferskvare. Når forutsetningene endres (for eksempel valg av design, produkt, leverandør), må også klimafotsporet oppdateres.

I denne rapporten har vi fokusert på klimafotsporet for byggematerialer. For å gjennomføre en oppgradering med ZEB-ambisjon vil det være nødvendig å gjennomføre ytterligere tiltak som reduserer energibehovet i tillegg til de som er benyttet her. Det kan være alternative energikilder, varmegjenvinning av gråvann, styringssystemer, bevisstgjøring, tiltak på byggeplass m.m. For å nå en ZEB-ambisjon er det også nødvendig med energiproduksjon, for å balansere klimafotsporet. Til sist vil vi igjen påpeke at det er nødvendig å tenke helhetlig. Bærekraftige boliger må ha et godt inn klima, et lavt klimafotspor og være energi- og kostnadseffektive. Hvilke boligkvaliteter som er viktigst i et spesifikt prosjekt, vil være avhengig av beboerens behov og forståelse av boligkvalitet. Ved en oppgradering forutsettes det at også andre tekniske, funksjonelle og estetiske kvaliteter ved boligene vurderes.

*Prosjektet er finansiert av kompetansetilskudd til bærekraftig bolig- og byggkvalitet fra Husbanken, referanse 15/4449-5.*

## 8 Referanser

- Aagaard, N.-J., Brandt, E., Aggerholm, S. og Haugbølle, K., 2013. *Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi*. SBI 2013:30. København: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Analyse & Strategy og Multiconsult, 2011. *Konsekvensanalyse av å innføre nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg*. Oslo: Multiconsult.
- Berg, B., Denizou, K., Wigenstad, T., Buvik, K., Hauge, Å.L., Kittang, D., Magnus, E., Thorshaug, K., Øyen, C.F. og Knudsen, W., 2013. *Kunnskapsstatus i REBO : Bærekraftig oppgradering av boligblokker – med fokus på miljøvennlig energibruk og universell utforming*. SINTEF Notat 8. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Bjørnstad, E., 2015. *Rehabilitering og energioppgradering av boliger. Drøfting av begreper og måling av omfang*. Enovareport 2015:10. Trondheim: Enova SF.
- Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2015. *Factsheet – Nearly Zero Energy Buildings. Definitions Across Europe*. [pdf] BPIE. Tilgjengelig på: <[http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE\\_factsheet\\_nZEB\\_definitions\\_a\\_cross\\_Europe.pdf](http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_a_cross_Europe.pdf)>.
- Cen, 2011. *NS-EN 15978 Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode = Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method*. Oslo: Standard Norge.
- Cen, 2013. *EN 15804:2012 + A1:2013 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*.
- European Commission, 2017. *Energy: Buildings*. [online]. European Commission. Tilgjengelig på: <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>> [Lest 2017-10-31].
- Epd-Norway, 2016. *EPD-Norway*. [online]. Tilgjengelig på: <<http://www.epd-norge.no>>.
- Fufa, S.M.S., Schlanbusch, R.D, Sørnes, K., Inman, M. og Andresen, I., 2016. *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. ZEB Project Report 29. Trondheim: SINTEF og NTNU.
- Georges, L., Haase, M., Wiberg, A.H., Kristjansdottir, T. og Risholt, B., 2015. Life cycle emissions analysis of two nZEB concepts. *Building Research and Information*, 43 (1): 82–93.
- Grynning, S., Wærnes, E., Kvande, T. og Time, B., 2017. Climate adaptation of buildings through MOM – and upgrading – State of the art and research needs. *Energy Procedia*, 132: 622–627.
- Hauge, Å.L. 2015. *Få oppslutning om oppgradering! Veileder for styret i borettslag og sameier*. Oslo: NBBL og SINTEF Byggeforsk.
- Hauge, Å.L., Amundsen, K.H. og Mellegård, S.E., 2011. *Beslutningsprosesser i borettslag og sameiere. Hva fører til bærekraftige oppgraderingsprosjekter?* Prosjektrapport 82. Oslo: SINTEF Byggeforsk.
- Hauge, Å.L., Thomsen, J. og Löfström, E., 2012. How to get residents/owners in housing cooperatives to agree on sustainable renovation. *Energy Efficiency*, 6 (2): 315–328.
- Holøs, S.B., 2012. *Skifte av vinduer ga tettere hus*. [Foredrag]. Tilgjengelig på: <[http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2012/04\\_Holos.pdf](http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2012/04_Holos.pdf)>.
- Holøs, S.B. og Sørnes, K., 2014. Timber framed windows in a historical perspective: Energy and cost assessment over the life cycle. *World Sustainable Building 2014 Conference, 28–30 Oct., Barcelona*.
- International Organization for Standardization (ISO), 2006a. *Miljøstyring, livsløpsvurdering, krav og retningslinjer (ISO 14044:2006) = Environmental management, life cycle assessment, requirements and guidelines (ISO 14044:2006)*. Oslo: Standard Norge.
- International Organization for Standardization (ISO), 2006b. *Miljøstyring, livsløpsvurdering, prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006) = Environmental management, life cycle assessment, principles and framework (ISO 14040:2006)*. Oslo: Standard Norge.



- International Organization for Standardization (ISO), 2007. *ISO 21930 Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Killingland, M., Lånke, A.F., Ragnøy, M.M., Aga, P., Smits, F., Andresen, I., Elvebakk, K. og Holthe, F., 2013. *Nesten nullenergibygg. Forslag til nasjonal definisjon*. Oslo: Rambøll og Link Arkitektur.
- Kleiven, T., Woods, R. og Risholt, B.D., 2014. *Retrofitting multifamily buildings with prefabricated modules – RETROKIT. Stakeholder needs and views*. SINTEF Research 21. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Klima- og miljødepartementet, 2017. *Klimastrategi for 2030 – norsk omstilling i europeisk samarbeid*. Meld. St. 41 (2016–2017). Oslo: Departementet.
- Klinski, M., Hauge, Å.L., Godbolt, Å.L. og Skeie, K.S., 2017. *Energioppgradering av norske boliger – Evaluering av scenariorapporter og forslag til virkemidler*. ZEB Project Report 32. Trondheim: SINTEF og NTNU.
- Klöckner, C.A. og Nayum, A., 2017. Psychological and structural facilitators and barriers to energy upgrades of the privately owned building stock. *Energy*, 140: 1005–1017.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017. *Byggteknisk forskrift (TEK17)*. [online]. Tilgjengelig på: <<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>>.
- Kommunal- og regionaldepartementet, 2012. *Gode bygg for eit betre samfunn*. Meld. St. 28 (2011–2012). Oslo: Departementet.
- Kristjansdottir, T., Fjeldheim, H., Selvig, E., Risholt, B., Time, B., Georges, L., Dokka, T. H., Bourelle, J., Bohne, R.A. og Cervenka, Z., 2014. *A Norwegian ZEB-definition embodied emission*. ZEB Project Report 17. Trondheim: SINTEF og NTNU.
- Löfström, E., Hauge, Å.L., Mellegård, S., Fredriksen, E. og Klinski, M., 2015. *Bevisste strategier for oppgradering av boligselskaper*. SINTEF Fag 32. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- NGBC. 2017. *BREEAM-NOR*. [online]. Tilgjengelig på: <<http://ngbc.no/breeam-nor/>>.
- Nordby, A.S., Solli, C. og Dahlstrøm, O., 2015. *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer*. Trondheim: Husbanken og Asplan Viak.
- Plesser, T.S.W., Kristjansdottir, T.F., Tellnes, L., Flæte, P.O., Gobakken, L.R. og Alfredsen, G., 2013. *Miljøanalyse av trefasader*. SINTEF Fag 5. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Proficient, 2012. *Proficient*. [online]. Tilgjengelig på: <<http://www.proficient-project.eu>> [Lest 2017-10-31].
- Prognosesenteret AS og Entelligens AS, 2012. *Potensial- og barrierestudie: Energieffektivisering av norske boliger*. Enova rapport 2012:01.1. Trondheim: Enova.
- Sartori, I., Dokka, T.H. og Andresen, I., 2011. Proposal of a Norwegian Zeb Definition: Assessing the Implications for Design. *Journal of Green Building*, 6 (3): 133–150.
- Schlanbusch, R.D., Fufa, S.M., Häkkinen, T., Vares, S., Birgisdottir, H. og Ylmén, P., 2016. Experiences with LCA in the Nordic Building Industry – Challenges, Needs and Solutions. *Energy Procedia*, 96: 82–93.
- SINTEF Byggforsk 2014. *Byggforskserien 470.101 Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger*. Innføring og begreper. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk 2015. *Byggforskserien 473.003 Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk 2016. *Byggforskserien 473.101 Energikrav til bygninger*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk 2017a. *Byggforskserien 600.004 Byggforvaltning. Begreper og definisjoner*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk 2017b. *Byggforskserien 700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

- Skaar, C., Lien, A.G., Skeie, K.S., Skipervik, R. og Olsen, E., 2017. Identifying nearly zero-energy building candidates – a case study of the renovation potential of a Trondheim housing cooperative. *NTNU Sustainability Science Conference, 2017, Trondheim*.
- Skeie, K.S., Kleiven, T., Lien, A.G. og Risholt, B., 2014. *Energiplan – tre trinn for tre epoker: Systematisk energioppgradering av småhus – SEOPP*. SINTEF Fag 25. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Skeie, K.S., Lien, A.G., Skaar, C., Olsen, E., Skipervik, R., Iversen, B.I. og Westermann, P.-K., 2018. *Rehabilitering av borettslag til nesten nullenerginivå*. SINTEF Notat 26. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Statistisk sentralbyrå, 2017a. *Energiforbruk i husholdninger og fritidshus. Tabell 11563*. [online]. SSB. Tilgjengelig på: <<http://www.ssb.no/314156/energiforbruk-i-husholdninger-og-fritidshus>> [Lest 2017-10-31].
- Statistisk sentralbyrå, 2017b. *Fullførte leiligheter etter bygningstype*. [online]. SSB. Tilgjengelig på: <[https://www.ssb.no/a/kortnavn/hist\\_tab/17-6.html](https://www.ssb.no/a/kortnavn/hist_tab/17-6.html)> [Lest 2017-10-31].
- Standard Norge, 2013. *NS 3700:2013 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Boligbygninger*. Oslo: Standard Norge.
- Standard Norge, 2014a. *NS-EN 15804:2012 + A1:2013. Bærekraftige byggverk – Miljødeklarasjoner – Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer = Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*. Oslo: Standard Norge.
- Standard Norge 2014b. *NS 3031:2014 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Oslo: Standard Norge.
- Svanen, 2017. *Stiftelsen Miljømerking*. [online]. Tilgjengelig på: <<http://www.svanemerket.no>> [Lest 2017-10-31].
- Sørnes, K., Nordby, A.S., Fjeldheim, H., Hashem, S.M.B., Mysen, M. og Schlanbusch, R.D., 2014. *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. SINTEF Fag 18. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Thomsen, J. og Hauge, Å.L. 2014. *Boligeieres beslutningsprosesser ved oppgradering. Systematisk Energioppgradering av småhus – SEOPP*. SINTEF Fag 20. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Tobb, 2017. *Om oss*. [online]. Tilgjengelig på: <<https://tobb.no/om-oss>> [Lest 2017-10-31].
- Woods, R. og Samdal, M., red., 2017. *ZEB Final Report 2009–2017*. Trondheim: The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB).



# KLIMAFOTSPOR FRA BYGGEMATERIALER VED AMBISIØS OPPGRADERING AV BOLIGBLOKKER

En stor mengde av boligblokkene fra 1980- og 1990-tallet vil snart trenge rehabilitering. Hvilke framgangsmåter og metoder bør vi velge for at oppgraderingen skal bli mest mulig klimavennlig?

Ut fra analyse av tre caser konkluderer denne rapporten med at energiambisiøs oppgradering gir gode sjanser for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippet fra disse bygningene i framtiden. Å ikke benytte anledningen ved nært forestående oppgradering vil bety å skyve muligheten fra seg for 30–40 år framover i tid.

Basert på resultatene i prosjektet anbefaler rapporten en framgangsmåte for oppgraderingsprosessen og en framgangsmåte for beregning og oppfølging av klimafotsporet.