

# Miljøvurdering ved oppgradering av verneverdig bebyggelse



SINTEF Fag 58

Cecilie Flyen, Anne-Cathrine Flyen og Selamawit Mamo Fufa

**Miljøvurdering ved oppgradering av verneverdig bebyggelse**

Emneord: Bærekraft, EPD, LCA, livsløpsanalyse, miljøvurdering, oppgradering, verneverdig bebyggelse

Prosjektnummer: 102015676\_ *Miljøvennlig oppgradering og rehabilitering verneverdige bygg*

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1616-2

Foto, omslag: NIKU

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2019

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.: 40 00 51 00

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

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

SINTEF Fag

Cecilie Flyen, Anne-Cathrine Flyen og Selamawit Mamo Fufa

# **Miljøvurdering ved oppgradering av verneverdig bebyggelse**

SINTEF akademisk forlag

## Forord

Det foreligger i dag lite forskning og bakgrunnsinformasjon som støtter opp om det grønne fortrinnet til den eksisterende bygningsmassen. Særlig gjelder det verneverdige og fredete bygninger, som i mange sammenhenger har fått en ufortjent merkelapp som miljøverstinger. Som allerede eksisterende strukturer representerer kulturminner og verneverdige bygninger en stor og bærekraftig ressurs. Det er imidlertid lite kunnskap om hva som skal til for å utnytte disse ressursene på en god måte. Forskere hos SINTEF Byggforsk og NIKU er veldig opptatt av bærekraftig forvaltning, drift, vedlikehold og oppgradering av verneverdige bygninger. Vi ønsket derfor å vurdere hvordan man kan øke bevissthet og kunnskap om ressursene som ligger i den verneverdige og eksisterende bygningsmassen. Innen nybygging er det tatt i bruk mange forskjellige metoder for å oppnå så bærekraftige bygninger og byggeprosesser som mulig. En grunnleggende idé var å vurdere mulighetene til å anvende slik metodikk for vurdering av det grønne fortrinnet til eksisterende bygninger.

Riksantikvaren utlyste Forsknings og Utviklingsmidler i februar 2017, med et tydelig fokus på å møte klima- og miljøutfordringer. SINTEF Byggforsk og NIKU søkte i fellesskap om støtte til et prosjekt kalt MIL-ORG – Miljøvennlig Oppgradering og Rehabilitering av Gamle og verneverdige bygninger. MIL-ORG-prosjektet har tatt utgangspunkt i hvordan verneverdig bebyggelse kan bli miljø- og bærekraftvurdert som grunnlag for gjenbruk. Vi har vurdert om anvendelse av EPD-metodikk (Environmental Product Declaration) er en mulig fremgangsmåte for å svare på dette.

Denne rapporten dokumenterer funn og konklusjoner fra MIL-ORG-prosjektet. I tråd med Riksantikvarens ønsker ble det levert en statusrapport i desember 2017, som denne rapporten bygger videre på. Midlene har også bidratt til delfinansiering av en søknad om temaet til Forskningsrådet under Miljøforsk-utlysningen i september 2017. Videre er prosjektet presentert ved Riksantikvarens seminar om resultater fra FoU-finansierte prosjekter for 2017.

Vi takker for støtten og muligheten til å arbeide med dette temaet, og ser at det er et stort potensial for forskning, innovasjon og utvikling i feltet. Forfatterne takker for bidrag og innspill i arbeidet fra Marte Boro hos Riksantikvaren, og fra våre kolleger i NIKU og SINTEF Byggforsk.

Oslo, 30. mars 2018

Partow Pakdel Henriksen  
Forskningssjef  
SINTEF Byggforsk

Cecilie Flyen  
Prosjektleder  
SINTEF Byggforsk

## Sammendrag

Denne rapporten er et resultat av at SINTEF Byggforsk og NIKU ble tildelt midler fra Riksantikvarens FoU-midler til å gjennomføre prosjektet MIL-ORG – Miljøvennlig Oppgradering og Rehabilitering av Gamle og verneverdige bygninger. MIL-ORG-prosjektet har tatt utgangspunkt i hvordan verneverdig bebyggelse kan bli miljø- og bærekraftvurdert som grunnlag for gjenbruk. Vi har vurdert om anvendelse av EPD-metodikk (Environmental Product Declaration) er en mulig fremgangsmåte for å svare på dette. Rapporten er bygget opp med en innledende bakgrunn om feltet, inkludert definisjoner av forskjellige metoder og tilnærminger med mål om å gjøre bygget miljø mer bærekraftig. Videre presenteres en oversikt over hvordan disse metodene og tilnærmingene benyttes innen nybygg-sektoren og i byggenæringen generelt, med et hovedfokus på miljødeklarasjoner (Environmental Product Declarations, EPD). Deretter gis det en vurdering av hvordan dette kan benyttes innen eksisterende og verneverdig bebyggelse til å ta bærekraftige valg knyttet til restaureringsmaterialer, -elementer og bygningsdeler.

For dette prosjektet har det vært en grunnleggende målsetting å finne frem til hvordan også verneverdig bebyggelse kan bli miljømessig vurdert. For å kunne gjøre en slik vurdering må man benytte restaureringsløsninger som tar hensyn til bygningens verneverdi, bygningsteknologi, klimagassutslipp ved rehabilitering og videre bruk, klimatilpasning, reell brukskvalitet/komfort og levetid. Livsløpsvurderinger (LCA) og miljødeklarasjoner (EPD) for verneverdige bygninger vil kunne hjelpe eiere og byggherrer til å vurdere miljøvennlige løsninger og se hvor bærekraftig det er å oppgradere eksisterende bygningsmasse i forhold til å rive og bygge nytt (Selvig, E, 2011). En slik tilnærming vil også underbygge den bærekraftige verdien i den verneverdige bebyggelsen. Gjennom å benytte metodikken fra miljødeklarasjoner ønsker vi å etablere et standardisert grunnlag for bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger.

Vår hovedtilnærming har vært å se på om moderne metoder for å øke miljøeffektiviteten i nybygg, som LCA, BREEAM, EPD osv., kan anvendes også for verneverdige bygninger. Vi har primært hatt fokus på EPD.

I denne gjennomgangen har vi fokusert på miljødeklarasjon av bygningsmaterialer, bygningskomponenter og bygningsdeler (EPD). Miljødeklarasjonene er en av de minste «byggsteinene» i en miljøsertifisering av en hel bygning, og benyttes mye innen byggenæringen for å beregne miljøutslipp gjennom et helt livsløp for en bygning. Ettersom EPD (miljødeklarasjoner), LCA (livsløpsberegninger) og BREAM (miljøsertifisering av bygninger) henger så nøye sammen, går vi også litt inn på LCA og BREAM i den følgende oversikten. Vi har gjennomgått norske EPD-er og laget en oversikt over eksisterende EPD-er. Vi har også sett noe på forholdet mellom norsk og internasjonal EPD-utvikling, samt gjennomgått metodikk for EPD-utvikling.

Innenfor eksisterende og verneverdige bygninger er livsløpsbetraktninger og LCA-begrep velkjent. Miljødeklarasjoner, EPD, er i liten grad etablert som et kjent verktøy.

På bakgrunn av vår gjennomgang av EPD-metodikken innenfor byggenæringen mener vi det er helt klart at EPD-tankegangen vil kunne fungere godt som grunnlag for beslutning og vurdering av produkter ved restaurering og oppgradering av (gamle) verneverdige bygninger. Gjennom å benytte metodikken fra miljødeklarasjoner er det mulig å etablere et standardisert grunnlag for bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger. Miljødeklarasjonene kan brukes til å fastslå hvilke materialer som kan anvendes i rehabilitering av den verneverdige bygningsmassen, og til å vise hvilke utslippspotensialer som ligger i oppgradering med forskjellige løsninger og materialer.

## Summary in English

This report is a result of a cooperation between SINTEF Building and Infrastructure and the Norwegian Institute for Cultural Heritage Research in the project "MIL-ORG – Environmentally friendly upgrading and restoration of old and valuable/protected buildings". The MIL-ORG project is based on how protected buildings can become environmentally and sustainably assessed as a basis for reuse. We have considered whether the use of EPD methodology (Environmental Product Declaration) is a possible way of responding to this. The report opens with an initial background on the field, including definitions of different methods and approaches that aim to make the built environment more sustainable. Furthermore, an overview is presented of how these methods and approaches are used in the newbuilding sector and in the construction industry in general, with a main focus on environmental declarations (Environmental Product Declarations, EPD). Then an assessment is presented, of how this can be used in existing and protected buildings to make sustainable choices related to restoration materials, elements and building parts.

For this project, it has been a fundamental objective to find how protected buildings also may be considered environmentally. To enable such an assessment, restoration solutions must take into account the building's protective value, building technology, greenhouse gas emissions during rehabilitation and further use, climate adaptation, real quality of use/comfort and longevity. Life Cycle Assessments (LCA) and Environmental Declarations (EPD) for listed buildings could help owners and builders assess environmentally friendly solutions and see how sustainable it is to upgrade existing buildings to demolish and rebuild (Selvig, E, 2011). This will also underpin the sustainable value of the listed buildings and building environments. By employing the methodology from environmental declarations, we want to establish a standardized basis for sustainable upgrading of protected and protected buildings.

Our main approach has been to look at whether modern methods to increase the environmental efficiency of new buildings, such as LCA, BREEAM, EPD etc. can be used also for listed buildings. We have primarily focused on the EPD. In this review, we have focused on environmental declaration of building materials, building components, and building parts (EPD). The environmental declarations are among the smallest "building blocks" in an environmental certification of an entire building. EPD's are widely used in the construction industry to calculate environmental emissions through an entire life cycle for a building. As the EPD (environmental declarations), LCA (life cycle calculations) and BREEM (environmental certification of buildings) methodologies are so closely linked, we also look into LCA and BREEM in the following overview. We have reviewed Norwegian EPDs and created an overview of existing EPDs. We have also looked at the relationship between Norwegian and international EPD development and reviewed the methodology for EPD development.

Within existing and protected buildings, lifecycle considerations and LCA concepts are well known. Environmental declarations, EPD, are to a small extent established as a known tool. Based on our review of the EPD methodology within the construction industry, we believe it is quite clear that EPD thinking can function well as a basis for decision-making and assessment of products when restoring and upgrading (old) protected buildings. By using the methodology from environmental declarations, it is possible to establish a standardized basis for sustainable upgrading of protected and protected buildings. The environmental declarations can be used to determine which materials can be used in the rehabilitation of the listed building stock and to show which emission potentials lie in upgrading with different solutions and materials.

# Innhold

<b>FORORD.....</b>	<b>3</b>
<b>SAMMENDRAG.....</b>	<b>4</b>
<b>SUMMARY IN ENGLISH.....</b>	<b>5</b>
<b>INNHold.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUKSJON, METODE, GJENNOMFØRING.....</b>	<b>7</b>
1.1 BAKGRUNN .....	7
1.2 DEFINISJONER .....	8
1.3 RELEVANS OG PROBLEMSTILLINGER .....	9
1.4 TILNÆRMING OG METODE .....	10
1.5 GJENNOMFØRING OG LEVERANSER .....	10
<b>2. STATE-OF-THE-ART .....</b>	<b>12</b>
2.1 LCA OG EPD I BYGGENÆRINGEN GENERELT .....	12
2.2 LCA OG EPD FOR VERNEVERDIG BYGNINGSMASSE .....	17
<b>3. DRØFTING AV FUNN OM EPD.....</b>	<b>19</b>
3.1 EPD-ER I BYGGENÆRINGEN GENERELT .....	20
3.2 UTFORDRINGER VED RESTAURERING OG OPPGRADERING AV VERNEVERDIGE BYGNINGER... ..	21
3.3 FORSKERSØKNAD TIL NORGES FORSKNINGSRÅD.....	21
<b>4. KONKLUSJONER OG FORSLAG TIL VIDERE ARBEID .....</b>	<b>23</b>
4.1 KONKLUSJONER .....	23
4.2 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID .....	23
<b>5. REFERANSER.....</b>	<b>25</b>

## 1. Introduksjon, metode, gjennomføring

Riksantikvaren utlyste Forsknings og Utviklingsmidler i februar 2017, knyttet opp mot Riksantikvarens prioriterte forskningsbehov for perioden 2016 til 2021, med et tydelig fokus på å møte klima- og miljøutfordringer. Disse prioriterte forskningsbehovene sammenfaller i stor grad med de forskningsmessige satsningsområdene til SINTEF Byggforsk og Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU. NIKU og SINTEF Byggforsk har pågående samarbeid i forskningsprosjekter, og har god erfaring fra dette. Disse erfaringene ble lagt til grunn da søknaden til Riksantikvarens FoU-midler ble utformet.

Det langsiktige hovedmålet er å utvikle gode metoder for miljødeklarasjon av eldre, verneverdig bebyggelse. Et slikt prosjekt er imidlertid for stort for å dekkes inn gjennom denne utlysningen. Finansieringen fra Riksantikvaren har resultert i en state-of-the-art-oversikt innenfor dette feltet. Midlene har også bidratt til delfinansiering av en søknad om temaet til Forskningsrådet under Miljøforsk-utlysningen i september 2017. I tildelingsbrevet ble de omsøkte midlene noe beskåret. I henhold til Riksantikvarens ønske ble denne beskjæringen tatt av de midlene som ble allokert til søknadsskrivingen. Resultatene fra prosjektet ble presentert ved Riksantikvarens seminar om resultater fra FoU-finansierte prosjekter for 2017.

Rapporten er bygget opp med en innledende bakgrunn om feltet, inkludert definisjoner av forskjellige metoder og tilnærminger som har som mål å gjøre bygget miljø mer bærekraftig. Videre presenteres en oversikt over hvordan disse metodene og tilnærmingene benyttes innen nybygg-sektoren og i byggenæringen generelt, med et hovedfokus på miljødeklarasjoner (Environmental Product Declarations, EPD). Deretter gis det en vurdering av hvordan miljødeklarasjoner kan benyttes innen eksisterende og verneverdig bebyggelse til å ta bærekraftige valg knyttet til restaureringsmaterialer, -elementer og bygningsdeler.

### 1.1 Bakgrunn

Gjennom internasjonale miljø- og klimaavtaler er det satt spesifikke krav til hvordan vi globalt og nasjonalt skal nå internasjonale mål for utslippsreduksjon, og hvilke nasjonale mål som følger av disse avtalene (UN/Parisavtalen, 2016). De nasjonale målene innebærer blant annet at vi må bygge, bruke og drifte bygningsmassen på en måte som medfører en kraftig reduksjon i utslipp av klimagasser. For å oppnå disse målene er det forutsatt at alle nybygg skal oppføres som lavenergi-, null- og plusshus i løpet av ganske få år (Mld. St. 33, 2012/2013). Norge har forpliktet seg til å redusere sine utslipp med 40 % innen 2030, basert på utslippene i 1990, og bli et lavutslipps-samfunn innen 2050 (Direktoratet for forvaltning og IKT, 2018).

Det er også fokusert på utslippsreduksjon ved eksisterende bygningsmasse og oppgradering av denne (Almås et.al. 2011; Eriksen et.al. 2009; Kaslegård 2010). Da forutsettes oppgradering til tilnærmelsesvis de samme utslippsnivåene som for ny bygningsmasse. Store deler av den eldre bygningsmassen er bygget med løsninger som ikke nødvendigvis vil klare å tilfredsstille slike nivåer av utslippsreduksjon, selv ved omfattende og svært ambisiøs oppgradering. For å nå de nasjonale målene for utslippsreduksjon og begrenning av negativ påvirkning på klimaendringer, er energibruk og utslipp av miljøgasser fra bygget miljø viktige tema i plan- og bygningslovgivningen. Tilhørende krav berører urban planlegging, og dermed også restaurering og oppgradering av verneverdige og fredete bygninger. Det kan ofte være strid mellom hva kravene sier og hva verneverdig bygningsmasse potensielt kan tåle av utslippsbegrensning gjennom tiltak eller oppgradering. Et bærekraftig samfunn er basert på bruk av verneverdige bygninger, naturverdier og økosystemer (MD 2010). Verneverdige bygninger er viktige for historisk kontinuitet og livskvalitet blant befolkningen. Mange bor i verneverdige bygningsmiljøer som danner en viktig ramme om hverdagslivet. Stortingsmelding 35 (Mld. St. 35, 2012/2013) viser til at verneverdige bygningsmiljøer representerer miljømessige, sosiale og økonomiske verdier som påvirker identitet, velvære og selvbilde, og bidrar til å styrke egenverdi og selvbilde. De senere årene har EU initiert



standardisering også innenfor energieffektivisering i kulturhistorisk og arkitektonisk verneverdige bygninger (CEN TC 436/WG8).

## 1.2 Definisjoner

I det følgende gir vi en kort beskrivelse av forskjellige metoder og tilnærminger innenfor byggenæringen som har som mål å gjøre bygget miljø mer bærekraftig, med forklaringer av forkortelser og kortnavn. Dette er metoder og tilnærminger som er velkjent innen byggenæringen, men som ikke er like kjent innenfor kulturminneforvaltningen. Likeledes går vi kort gjennom en del begreper på kulturminnefeltet som ikke er så velkjent i byggenæringen.

*Klimagassregnskap* er en beregning av klimagassutslipp (ingen andre typer miljøbelastninger) fra bygninger fra produksjonsfase, bruksfase og avhending, det vil si gjennom hele livsløpet. Klimagassregnskap defineres på ulike måter. Det finnes flere forskjellige utregningsverktøy, for eksempel har Statsbygg fått utviklet et eget verktøy som forenkler klimagassberegningene (klimagassregnskap.no).

*Livssyklusanalyse (LCA)* er en metode for å beregne hele miljøbelastningen til et produkt eller en tjeneste gjennom hele dets livsløp; fra råvareutvinning, produksjon, transport, bruksfase og avhending. Miljøbelastningen kan beregnes for hele eller deler av livsløpet, for eksempel fra «vugge til (fabrikk)port» eller «vugge til grav». I en LCA kan flere miljøbelastningskategorier beregnes, deriblant global oppvarming, toksisitet, forsuring, overgjødning, nedbrytning av ozonlaget.

*Environmental Product Declaration. EPD.* I byggenæringen lages det produktspesifikke oversikter for miljøbelastning, kalt EPD. En EPD er et dokument som gir oversikt over hvilke egenskaper et materiale (f.eks. treverk), byggeprodukt (f.eks. mørtel) eller -element (f.eks. vindu) har (<http://epd-norge.no/>). Videre gir en EPD oversikt over hvilken miljøbelastning produktet representerer. Her er det strengere krav i Norge enn internasjonalt til hvordan miljøbelastningen skal rapporteres.

*Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)* er en ytelsesbasert vurderingsmetode og et sertifiseringsystem for nybygg. I denne sammenheng beskriver ytelsen den miljøbelastningen bygget gir gjennom utslipp fra produksjonsfase, bruksfase og avhending, det vil si gjennom hele livsløpet. BREEAM er verdens eldste og Europas ledende miljøsertifiserings-verktøy for byggenæringen. Det ble lansert i 1990 av BRE i England.

*BREEAM-NOR* er en tilpasning av BREEAM til norske forhold, gjort av NGBC (Norwegian Green Building Council). BREEAM-NOR er et frivillig miljøsertifiserings-verktøy utarbeidet i samarbeid med den norske byggenæringen.

Begrepene fredet, vernet, verneverdig og bevaringsverdig er mye brukt i forbindelse med kulturminner, og blir ofte brukt om hverandre. Et verneverdig eller bevaringsverdig kulturminne (verneverdig og bevaringsverdig betyr det samme) er et kulturminne som har gjennomgått en kulturhistorisk vurdering og er identifisert som verneverdig.

*Fredning* er den strengeste formen for vern. Loven som benyttes ved fredning av kulturminner, er Kulturminneloven. Fredning innebærer at inngrep/endringer på kulturminnet, som går utover vanlig vedlikehold, må godkjennes av myndighetene.

*Regulert til hensynssone bevaring* er også et sterkt vern, men legger vanligvis ikke like strenge føringer som en fredning. Loven som benyttes til denne formen for vern, er Plan og bygningssloven. Kirkeloven og Naturmangfoldloven kan også regulere til bevaring.

*Listeført.* En annen måte å markere at et kulturminne er verneverdig på, er listeføring. Det innebærer at kulturminnet er oppført på en liste over objekter som skal forvaltes på en nærmere definert måte, som for eksempel NB!-registeret (nasjonale interesser i by), Listen over særlig verneverdige kirker og Gul liste til Byantikvaren i Oslo.

De fleste verneverdige kulturminner er ikke formelt vernet etter kulturminneloven eller plan- og bygningsloven. Mange blir likevel tatt godt vare på fordi de oppfattes som verdifulle av eiere og brukere.

### **1.3 Relevans og problemstillinger**

#### **Relevans**

Problemstillingene i denne rapporten svarer på forskningsbehovene knyttet til kulturminnene *i seg selv*, som uttrykkes i Riksantikvarens prioriterte forskningsbehov for perioden 2016-2021 (Riksantikvaren, 2016). De er i hovedsak relatert til forskningstemaene *Kulturminner, kulturmiljøer og landskap i møte med klima- og miljøutfordringer* og *De fysiske kulturminnene*, som blant annet er rettet mot å styrke kunnskapen om «kulturminners bevaring og vedlikehold». Riksantikvaren etterspør kunnskap og strategier for å takle utfordringene som forvaltningen møter og vil møte i form av økt belastning på alle typer kulturminner og -miljøer som konsekvens av klimaendringene. I beskrivelsen av forskningsbehovene presiseres det at det er «*viktig med forskning knyttet til kulturminner, kulturmiljøer og landskaps bevaring og vedlikehold – generelt og i et endret klima spesielt. Utvikling av materialer, teknologier og prosedyrer for langtidsbevaring og -sikring er avgjørende*» (ibid.). Prosjektet svarer også på det generelle fokuset som Klima- og miljødepartementet og Riksantikvaren har på effektene av klimaendringene, og bygger blant annet på andre prosjekter initiert av Riksantikvaren. Eksempler er prosjektene «*Effekter av klimaendringer på kulturminner og kulturmiljø*» og «*Kulturminner i klimaendring*», veilederen «*Råd om energisparing i gamle hus*» (Riksantikvaren, 2013) og informasjonsarket «*Klimaendringer og bevaringsverdige bygninger*» (Riksantikvaren, 2014).

#### **Problemstillinger**

Dette prosjektet fokuserer på hvordan vi kan oppnå riktig oppgradering av verneverdig bygningsmasse, som et viktig bidrag til bærekraftig utvikling av samfunnet. Oppgradering, energieffektivisering og klimatilpasning av verneverdige bygninger er i dag ofte forbundet med dyre løsninger, få muligheter for materialvariasjon eller bruk av moderne løsninger. Det kan også være stor fare for å skade bygningen ved intervensjon. Samtidig er det tydeliggjort gjennom flere utviklings- og forskningsprosjekter at det er viktig mulighetene til å oppgradere verneverdige bygninger og tilgang på informasjon forenkles. Hvis ikke, kan den verneverdige og/eller allerede fredete bygningsmassen etter hvert bli i for dårlig stand for beboelse, for dyr å vedlikeholde i henhold til gjeldende pbl- og antikvariske krav, og bli vanskelig å omsette i markedet (Godbolt et al., 2016; Flyen et al., 2015; Grytli, 2004). Resultatet vil kunne bli at verneverdien ikke opprettholdes på grunn av teknisk feilaktig oppgradering og tiltak som er i strid med ønsket vern av bygningsmassen. Dermed kan attraktiviteten til den eldste bygningsmassen på sikt synke dramatisk.

På bakgrunn av dette har vi utviklet følgende problemstillinger/forskningsspørsmål:

- Hvordan kan verneverdige bygninger i Norge møte klima- og miljøutfordringer og bli (enda) mer bærekraftige?
- Hvordan kan verneverdig bebyggelse bli miljø- og bærekraftvurdert som grunnlag for gjenbruk?
- Hvordan velge riktige materialer for mer bærekraftig restaurering og oppgradering?
- Finnes det bygningsspesifikk miljøinformasjon om gamle materialer og konstruksjoner?
- Er det mulig å lære fra/anvende moderne metoder benyttet for nye bygninger?

- Hvordan kan miljødeklarasjoner (EPD) brukes til å fastslå hvilke materialer som kan anvendes i rehabilitering av den verneverdige bygningsmassen?
- Hvordan kan miljødeklarasjoner (EPD) brukes til å vise hvilke utslippspotensialer som ligger i oppgradering med forskjellige løsninger og materialer?

#### 1.4 Tilnærming og metode

For dette prosjektet har det vært en grunnleggende målsetting å finne frem til hvordan også verneverdig bebyggelse kan bli miljømessig vurdert. For å kunne gjøre en slik vurdering må man benytte restaureringsløsninger som tar hensyn til bygningens verneverdi, bygningsteknologi, klimagassutslipp ved rehabilitering og videre bruk, klimatilpasning, reell brukskvalitet/komfort og levetid. Livsløpsvurderinger (LCA) og miljødeklarasjoner (EPD) for verneverdige bygninger vil kunne hjelpe eiere og byggherrer til å vurdere miljøvennlige løsninger og se hvor bærekraftig det er å oppgradere eksisterende bygningsmasse mot å rive og bygge nytt (Selvig, E, 2011). En slik tilnærming vil også underbygge den bærekraftige verdien i den verneverdige bebyggelsen. Gjennom å benytte metodikken fra miljødeklarasjoner ønsker vi å etablere et standardisert grunnlag for bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger.

Vår hovedtilnærming har vært å se på om moderne metoder for å øke miljøeffektiviteten i nybygg, som LCA, BREEAM, EPD osv., kan anvendes også for verneverdige bygninger. Vi har primært hatt fokus på EPD.

Dette prosjektet har jobbet med å innhente informasjon om hvordan EPD-er anvendes i byggenæringen generelt. Vi har også jobbet med en gjennomgang av hvordan man kan benytte metodikken og tankegangen bak EPD-er og utviklingen av dem til å etablere den samme metodikken knyttet til valg av klimavennlige restaureringsmaterialer.

Midlene som er tildelt fra Riksantikvaren, her har resultert i en state-of-the-art-oversikt innenfor dette feltet. Videre er det skrevet og sendt inn en forskersøknad til Norges Forskningsråd (NFR) til forskningsprogrammet MILJØFORSK med søknadsfrist i september 2017. Her er hovedfokus bredere enn i state-of-the-art-oversikten og omfatter både miljøvurdering i tradisjonell forstand, og sosio-kulturelle verneverdier. Grunnlaget lagt i dette prosjektet gjør oss i stand til å kunne etablere en metodikk for å vurdere slike utvidete miljøverdier i verneverdige bygninger.

Det er gjennomført en kartlegging av EPD-metodikk, og bruk av miljødeklarasjoner i byggenæringen i Norge. Videre pågår en kartlegging av hva som finnes om livssyklusanalyser og EPD-er for bygningsmaterialer som kan brukes i oppgradering og restaurering av verneverdig bygningsmasse. En oppsummering av disse kartleggingene er benyttet som litteraturgrunnlag i den innsendte søknaden.

#### 1.5 Gjennomføring og leveranser

For å svare på de skisserte problemstillingene, har prosjektet hatt følgende hovedoppgaver:

1. Kartlegging – innhenting av informasjon om hvordan miljødeklarasjoner/EPD-er fungerer innenfor byggenæringen generelt;
2. Kartlegging – innhenting av informasjon om hva som er gjort på livssyklusanalyser og EPD-er innen verneverdig bebyggelse nasjonalt og internasjonalt
3. Rapport med state of the art
4. Søknadsskriving: utforming av søknad til MILJØFORSK innenfor temaet miljødeklarasjon for verneverdige bygninger og bygningskonstruksjoner.

1. Kartlegging av EPD i byggenæringen generelt:

Gjennomført av Selamawit M. Fufa, Cecilie Flyen og Anne-Cathrine Flyen. Denne kartleggingen danner basis for hele denne rapporten.

2. Kartlegging av livssyklusanalyser og EPD-er av verneverdig bebyggelse:

Gjennomført av Anne-Cathrine Flyen, Cecilie Flyen og Selamawit M. Fufa. Denne arbeidsoppgaven har hatt et hovedfokus på kartlegging av bruk av EPD innen verneverdig bebyggelse.

3. Rapportering:

Skrevet av Cecilie Flyen, Anne-Cathrine Flyen og Selamawit M. Fufa. Sluttrapporteringen består av:

- Foredrag holdt på Riksantikvarens FoU-seminar den 25. januar 2018 med tittel «Miljøvennlig oppgradering og rehabilitering av gamle og verneverdige bygninger – MIL-ORG» . Dette foredraget er vedlagt som bilag til denne rapporten.
- Denne rapporten, med samme tittel.

4. Forskningssøknad ExClim

Skrevet av Cecilie Flyen., Anne-Cathrine Flyen og Selamawit M. Fufa. Søknaden fikk tittelen ExClim: *Existing buildings – a climate friendly resource*. Innsendt dato 6. september 2017, avgjørelse falt i desember 2017 i NFR. Prosjektsøknaden fikk dessverre ikke tildeling. Problemstillingene fra denne søknaden er videreført i EU/H2020-søknaden «REBUILD4HER» i samarbeid med partnere fra store deler av Europa. Her er Riksantikvaren invitert med som deltaker i referansegruppe. Søknad ble sendt til første skisserunde med frist 27. februar 2018. Denne søknaden nådde dessverre heller ikke frem.. Vår kontaktperson hos Riksantikvaren i «REBUILD4HER» har vært Marte Boro.

## 2. State-of-the-art

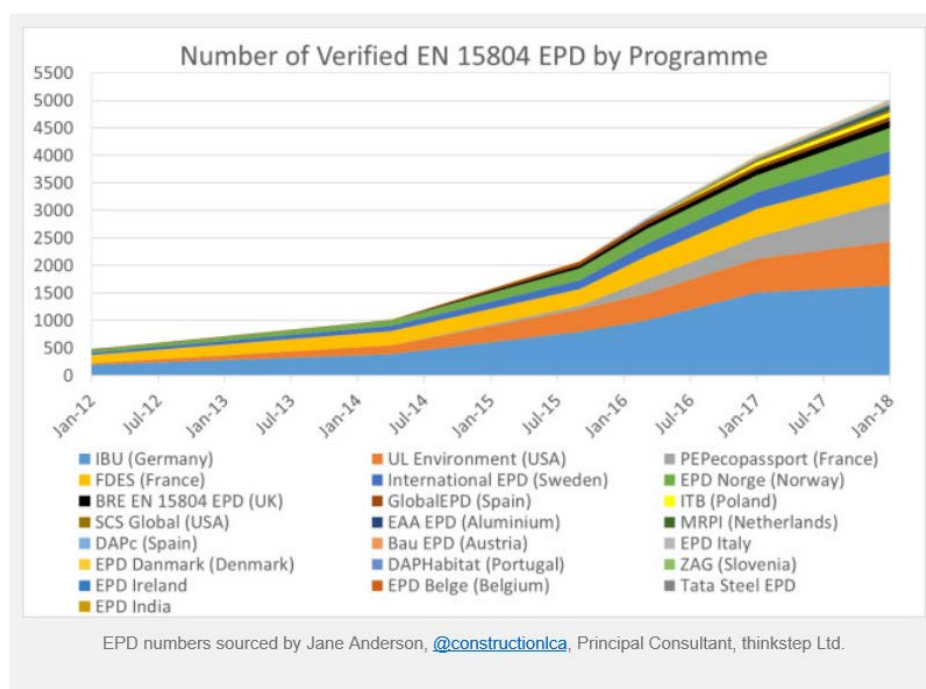
I denne gjennomgangen har vi fokusert på EPD av bygningsmaterialer, bygningskomponenter og bygningsdeler. Miljødeklarasjonene er en av de minste «byggesteinene» i en miljøsertifisering av en hel bygning, og benyttes mye innen byggenæringen for å beregne miljøutslipp gjennom et helt livsløp for en bygning. Ettersom EPD (miljødeklarasjoner), LCA og henger så nøye sammen, går vi også litt inn på LCA og BREAM i den følgende oversikten.

Vi har gjennomgått norske EPD-er og laget en oversikt over eksisterende EPD-er. Vi har også sett noe på forholdet mellom norsk og internasjonal EPD-utvikling, samt gjennomgått metodikk for EPD-utvikling.

### 2.1 LCA og EPD i byggenæringen generelt

En miljødeklarasjon er et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte. Forkortelsen EPD brukes både i norsk og internasjonal sammenheng. EPD for byggevarer er knyttet til standard ISO 21930 "Environmental declaration of building products", og er basert på livsløpsvurderinger etter ISO 14040-serien. EPD-en utvikles etter reglene i NS-EN 15804 (2014), som sikrer at miljøinformasjonen er i henhold til de fire kravene: objektivitet, sammenlignbarhet, troverdighet og adderbarhet. De standardiserte metodene er standard innenfor nybygging, og sikrer at miljøinformasjon om samme produktkategori lar seg sammenligne fra produkt til produkt, uavhengig av region eller land. Innenfor byggenæringen er hensikten at kunden skal kunne sammenligne miljøprofil og foreta en vurdering og et valg av materialer basert på miljødeklarasjonen (Wahlstrøm et.al. 2014).

Antallet EPD utarbeidet etter EN 15804 er i sterk vekst. I dag det finnes over 5 000 EPD tilgjengelig på verdensbasis (Figur 1). Veksten skyldes hovedsakelig økt anerkjennelse av EPD i miljøsertifiseringsordninger som BREEAM, der EPD for de største produktkategoriene gir poeng.

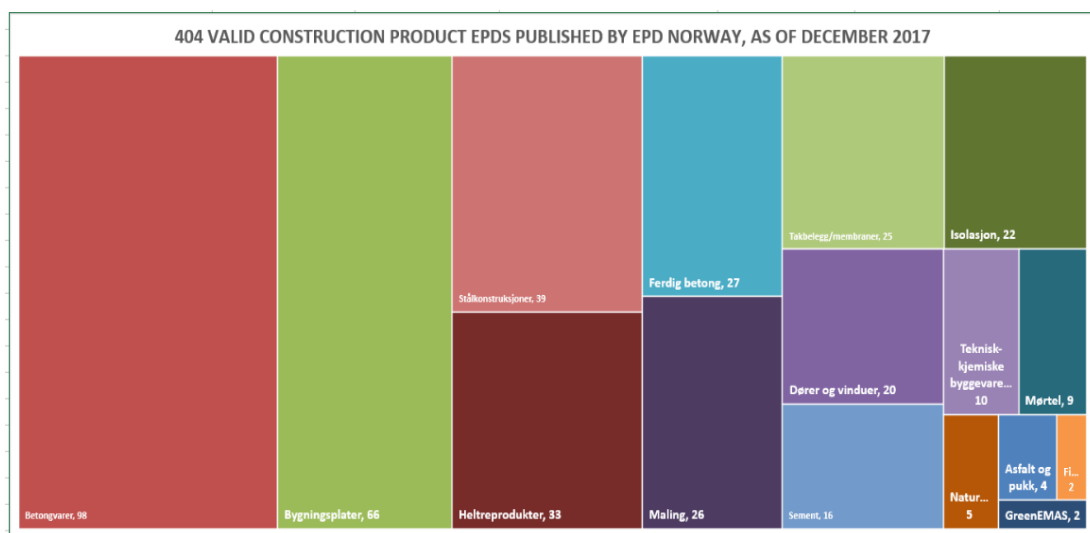


Figur 1 viser antallet verifiserte EPD etter EN 15804 på verdensbasis. (<https://constructionlca.wordpress.com/2018/02/20/epd-numbers-continue-to-increase/>)

BREEAM er Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy for bygninger. BREEAM-NOR er den norske tilpasningen av BREEAM og bransjens eget verktøy for å måle miljøprestasjon. Den norske versjonen er utviklet av Norwegian Green Building Council (NGBC) i tett samarbeid med bygg- og eiendomsnæringen i Norge ([www.NGBC.no/breeam-nor/](http://www.NGBC.no/breeam-nor/)).

I prosjekter som benytter metoden BREEAM, skal man dokumentere hvordan man kan oppnå et BREEAM-klassifisert bygg. Da gis det karakter for hvor bærekraftig en bygning er eller blir. Ved å dokumenter miljøegenskapene til de forskjellige materialene som inngår i bygningen og ha et fokus på at materialenes grønne fotavtrykk er så lite som mulig, vi man kunne oppnå en høy karakter. Miljøytelsen baseres blant annet på EPD. BREEAM er en vurdering som bruker vitenskapelig baserte beregninger og indikatorer som dekker en hel rekke miljømessige problemstillinger. Kategoriene er energiutslipp, vannforbruk, helse og velferd, forurensning, transport, materialbruk, avfall, økologi og styringsprosesser. Bygningen blir rangert og sertifisert etter en skala fra *Pass*, *Good*, *Very Good*, *Excellent* og *Outstanding*. I BREEAM gis poeng for å bruke minimum 15 bygningsprodukter med EPD (aktuelle produkter er listet i tabell 32 i BREEAM manualen). EPD-ene må da være knyttet til de materialene som brukes mest i bygningen (brukt i minimum 25 % av produktgruppens areal, volum eller vekt), og EPD-en må være utarbeidet i henhold til EN ISO 14025, EN 15804 eller ISO 21930. ([http://www.byggutengrenser.no/filer/nedlasting/Materialdelen %20BREEAM-nor%20121211.pdf](http://www.byggutengrenser.no/filer/nedlasting/Materialdelen%20BREEAM-nor%20121211.pdf)). Denne tilnærmingen kan tenkes anvendt også for EPD-er for oppgradering av verneverdige bygg.

Kravene til energieffektivisering, minimering av CO<sub>2</sub>-utslipp, livsløpsanalyser og miljødeklarasjoner (EPD-er) innenfor byggenæringen er stadig økende. I dag dokumenterer de fleste EPD-er ikke scenarioer for bruksfasen (bruk, vedlikehold, reparasjon, utskiftning og rehabilitering) (Tellnes et al., 2014). Men det er dette segmentet som er aktuelt for rehabilitering og oppgradering av eksisterende og verneverdig bygningsmasse. Utvikling av EPD-er er markedsdrevet av store produsenter, og det finnes mange små aktører (for eksempel håndverkere) som ikke har råd til å produsere sine egne. Til nå har det ikke vært særlig fokus på å finne løsninger som er tilpasset eldre bygningstyper og materialer, og absolutt ikke tilpasset verneverdier og vernehensyn. Det finnes i dag få eller ingen miljødeklarasjoner for gamle materialtyper og bygningsdeler (det vil si vinduer og dører) som er gyldige for eldre, fredete og/eller verneverdige bygninger (se Figur 2).



Figur 2 viser antall gjeldende EPD som er publisert fra EPD Norge per desember 2017.

Byggesektoren står for rundt 2/5 av total/globalt energiforbruk og 1/3 av det globale klimagassutslippet i Norge (IEA, 2013). Dagens søkelys mot "nesten 0-energi-bygninger" ("nearly zero energy buildings") med mål om å redusere energiforbruket også i bruksfasen av

en bygning, krever et sterkere fokus på bygningsmaterialenes miljøpåvirkning fra produksjon, byggefase, vedlikehold og drift, utskiftning og slutfase (Ibn-Mohammed et al., 2013; Lützkendorf et al., 2014). Innsatsen for å dempe globale klimaendringer og promotere bærekraftig utvikling øker, og behovet for metoder for evaluering og kommunisering av miljøytelsen for nye og eksisterende bygninger i et livssyklus-perspektiv blir tilsvarende større.

### **Om livssyklusvurderinger og -analyser**

Livssyklusvurderinger (Life cycle assessment, LCA) er en velbrukt metode for å evaluere miljøpåvirkningen gjennom en bygnings livsløp. Slike vurderinger kan gjøres på material-, produkt eller bygningsnivå. Det er likevel en utfordring å sammenligne og evaluere livsløpsanalyser, ettersom man ikke kan være sikker på at de baserer seg på de samme metodene og tilsvarende datagrunnlag. I byggesektoren er det derfor utviklet flere metoder for å forenkle kalkulering, sammenligning og formidling av LCA-resultater, herunder miljødeklarasjon av materialer (Environmental product declaration, EPD). Målet med slike miljødeklarasjoner har vært å sikre pålitelig sammenligning av miljøytelsene til produkter som har samme funksjon gjennom å utvikle holdbar, transparent og kvalitetssikret informasjon fra LCA-studier, og presentere det i et felles format.

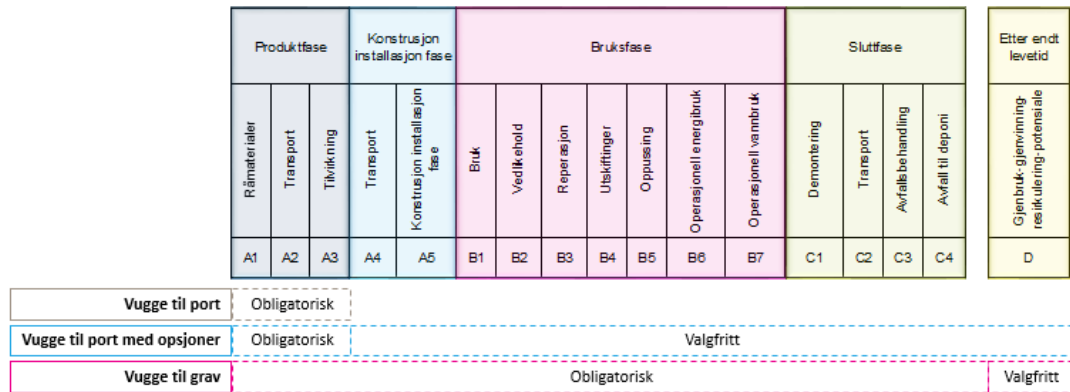
### **Om miljødeklarasjoner – Environmental Product Declarations (EPD)**

Miljødeklarasjoner, eller EPD-er, er laget slik at de skal kunne benyttes av alle de forskjellige aktørene i byggeindustrien, og til forskjellige formål. Dette kan være sammenligning av produkter, utvelgelse av materialer, miljøvurdering av hele bygninger og andre konstruksjoner, miljøklassifisering, ordninger for miljøvurderinger (for eksempel BREEAM), innkjøp og offentlige anskaffelser, miljøstyringssystemer og øko-design. En EPD forteller ikke nødvendigvis hvorvidt et produkt er "grønt" eller miljøvennlig, men gjør brukeren i stand til å sammenligne produkter og velge det som har lavest miljøpåvirkning. For at sammenligningen skal være reell, må brukeren kunne være sikker på at EPD-ene er utformet ved hjelp av de samme standardiserte produktkategori-reglene, de samme måleenhetene (for eksempel løpemeter listverk) og for samme fase av livssyklusen.

En miljødeklarasjon (EPD) er kategorisert som en type III miljøsertifisering, definert i henhold til ISO 14025. Det finnes om lag 120 frivillige miljøsertifiseringssystemer for byggeprodukter i dagens marked (Ecolabel Index, 2016). Standardserien ISO 14000 klassifiserer miljøsertifiseringssystemene i tre typer: Type I (sertifisert merkeordning, i henhold til ISO 14024), Type II (Egenrapporterte miljøytelser, i henhold til ISO 14021) og Type III (EPD, i henhold til ISO 14025). Alle miljømerkingssystemer har det samme målet om å formidle verifiserbar informasjon om miljøytelsene, og derigjennom stimulere markedet til stadig miljøforbedring (Ecolabel Index, 2014). Miljømerking er frivillig. Likevel er ordningen i ferd med å bli et viktig konkurransefortrinn, ettersom stadig flere produsenter, forhandlere og kunder støtter seg på dem i valg av produkter. Alle Miljødeklarasjoner må revideres og verifiseres av en tredjeparts verifikator før de kan publiseres av programoperatøren som har utferdiget deklarasjonen.

Utviklingen av EPD-er for byggeprodukter er basert på kravene i ISO 14025, ISO 21930, EN 15804, prinsippene for LCA (som beskrevet i ISO 14040 og ISO14044), et sett pre-definerte produktspesifikke standardregler og retningslinjer kalt Produktkategoriregler (Product Category Rules, PCR), og nasjonale retningslinjer utviklet av programoperatørene (ansvarlige for å utvikle reglene og tredjeparts verifisering av EPD-ene). Produktkategorireglene definerer blant annet funksjonsheter (avgrensning av det produktet som skal analyseres), systemgrenser for LCA (vugge til port, vugge til port med opsjoner, eller vugge til grav, se Figur 3) og hvilken miljøpåvirkning som skal rapporteres i en EPD. En livssyklusanalyse gjennomføres i henhold til den modulbaserte tilnærmingen som er definert i EN 15804 (2012), der hver modul utgjør en fase i livssyklusen (Figur 3). De fire hovedfasene er Produktfasen (A1-A3), Gjennomføringsfasen (A4-A5), Bruksstadium (B1-B7) og Livsløpets slutfase (C1-

C4). I tillegg er det definert et stadium (Optional, D) utenfor systemgrensen, som tar høyde for potensielle positive effekter av prosessering eller gjenbruk av materialer etter slutfasen.



Figur 3 viser fase i livssyklusen og omfang av EPD

Miljødeklarasjoner (EPD-er) kan bare sammenlignes når de har like produktkategoriregler (PCR), og alle relevante livssyklusfaser er inkludert. Tilsvarende kan produkter ikke sammenlignes med mindre deres funksjonalitet og bruk er vurdert. EPD-er kan være basert på et gjennomsnitt fra næringen eller sektoren, og dermed basert på generiske gjennomsnittsdata samlet fra flere produsenter av samme type produkt. En miljødeklarasjon kan også være produktspesifikk, basert på spesifikke data om et produkt fra én produsent. I mye større grad enn ved bruk av generiske gjennomsnittsverdier, gir produktspesifikke EPD-er økt transparens, kredibilitet og bidrar til større åpenhet i næringen for sammenligning av spesifikke produkter.

Informasjonen i livssyklusanalysene kan være for kompleks for andre enn LCA-spesialister. Dette har vært en driver for utvikling av miljødeklarasjoner, for å forenkle tilgangen til produktrelatert miljøinformasjon (Rønning et al., 2014). EPD Norge har utarbeidet veileder og verktøy for enkel og nøyaktig informasjon om hvordan man skal tolke innholdet i en EPD (Tellnes et al., 2014; EPD Norge, 2016). Videre har de harmonisert metoder for å gjøre det enklere å utvikle sammenlignbare og transparente EPD. Dette letter forståelsen av EPD'er og gjør sammenligning av forskjellige materialer og løsninger enklere, ved tilgjengeliggjøring av informasjonen i miljødeklarasjonene.

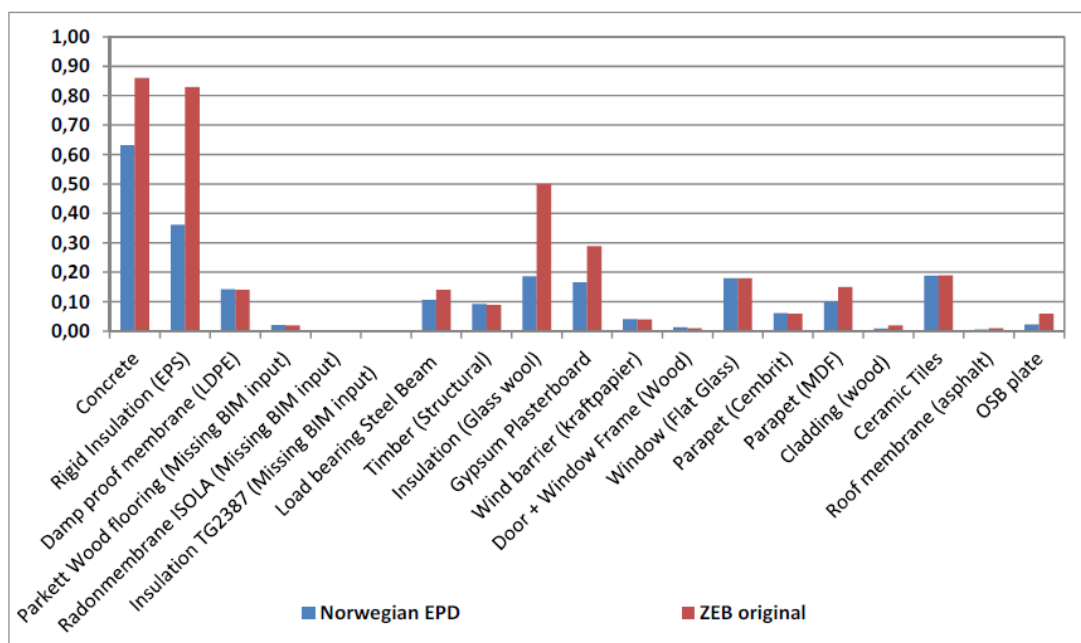
EPD Norge er medlem av Eco Platform og har også signert en gjensidig avtale med International EPD system (svensk programoperatør) og IBU (tysk programoperatør) om fasilitering og harmonisering av EPD slik at de bygges opp på samme måte. EPD Norge er videre med i internasjonale prosjekter for å digitalisere EPD for å etablere en felles og åpen data-struktur for EPD-er, slik at EPD informasjon skal kunne overføres elektronisk mellom EPD-operatører og til andre brukere av EPD. Målet er å øke effektivitet, innsyn/transparens og tilgang til internasjonale markeder for norske EPD-eiere til en lavere kostnad (Tellnes et al., 2014; EPD Norge, 2016).

Forskjellige forskningsinstitutter bruker miljødeklarasjoner for å dokumentere produktspesifikk informasjon om miljøbelastninger i forskningsprosjekter (Wiik et al., 2017; Fufa et al., 2016; Schlanbusch et al., 2017; Lolli et al., 2017; Fufa et al., 2017). Et eksempel er resultatene fra en sensitivitetsanalyse gjennomført av ZEB-senteret (The Research Centre on Zero Emission Buildings – ZEB<sup>1</sup>), der bundne utslipp er kalkulert i en konseptstudie av en eebolig (Figur 4). Kalkulasjonene viser en reduksjon på 20 % når man bytter ut generiske

<sup>1</sup> <http://zeb.no/index.php/en/about-zeb/about-the-zeb-centre>, nedlastet og lest 16.1.2018



data fra Ecoinvent med produktspesifikke data fra norske miljødeklarasjoner for de materialene med de høyeste utslippene (Houlihan Wiberg et al., 2015).



Figur 4 viser CO<sub>2</sub>-utslipp fra opprinnelige studier i ZEB forskningsprogram sammenlignet med grunnlag som bruker EPD (Houlihan Wiberg et al., 2015).

### Hvordan anvendes miljødeklarasjoner/EPD?

Statsbygg var de første til å etterspørre EPD'er for produkter i offentlige byggeprosjekter, for å styrke bruk av produkter med dokumentert livssyklusinformasjon<sup>2</sup>. Det har medført at større markedsaktører, byggherreorganisasjoner, eiendomsutviklere og flere kommuner og kommunale foretak nå setter krav til bruk av produkter gjennom kontraheringsprosessen i byggeprosesser for nybygg, rehabilitering/restaurering og vedlikeholdsprosjekter, for å dokumentere miljøpåvirkning fra de inngående produktene og tjenestene som skal kontraheres. Videre bruker produsenter av byggeprodukter EPD-er til å evaluere, forbedre og kommunisere miljøytelsen av sine produkter i hele produksjonskjeden. Eksempelvis er betongindustrien trukket frem som et godt eksempel på hvordan de har brukt miljødeklarasjoner for å minske miljøpåvirkningen fra sine produkter.

For å forenkle anvendelsen og integrere informasjonen fra miljødeklarasjonene i prosjekteringen av bygninger, har det vært gjennomført flere studier. Målet har vært å integrere produktspesifikke EPD-er direkte inn i digitale bygningsinformasjonsmodeller (Building Information Modelling, BIM). Slik integrering vil øke forståelsen for de miljømessige påvirkningene fra en bygning allerede i tidlige prosjekteringsfaser i byggeprosessen (Schlanbusch et al., 2016). Standard Norge, Byggenæringens Landsforening og flere andre partnere har igangsatt et prosjekt for å utvikle en modell for hvordan digitale EPD-data kan integreres i bygningsinformasjonsmodeller/BIM (Byggevareindustrien, 2016). Bruken av EPD-er har utviklet seg kraftig i norsk byggenæring etter at BREEAM-NOR ble lansert. BREEAM-NOR er en norsk tilpasning av den britiske vurderingsmetoden BREEAM, og krediterer prosjekter som bruker produkter med miljøvurderinger/EPD.

EPD-er kan benyttes for å vurdere miljøytelsen til nye materialer brukt til restaurering, reparasjon og oppgradering av eksisterende bygninger. Per i dag er gjennomføringsfasen (A1 – A3) den eneste obligatoriske delen av en EPD. Denne fasen dekker vugge-til-port, og informasjonen i miljødeklarasjonene er utviklet på basis av faktiske produksjonsdata. Utslipp

<sup>2</sup> <http://www.bygg.no/article/28877>, nedlastet og lest 16.1.2018

fra nedstrøms faser (bruk, drift, vedlikehold og riving/gjenbruk) må vurderes basert på antakelser (scenariobasert informasjon). De færreste EPD-er inneholder slik informasjon, som er relevant for reparasjon, rehabilitering og oppgradering av eksisterende bygninger. Dessuten er EPD-ene bare basert på ett mulig scenario, og er ikke kontekst- eller områdespesifikt, og scenariene som benyttes i EPD-ene, kan derfor ikke anvendes direkte.

Selv om et materiale eller bygningselement har en gyldig miljødeklarasjon, betyr ikke dette implisitt at produktet har en bedre miljøytelse enn andre produkter som ikke har EPD. Miljødeklarasjonen tilrettelegger informasjon til en bruker, klart for tolkning og sammenligning med andre produkter. Mangel på kunnskap eller erfaring i tolkning av den informasjonen som tilrettelegges i miljødeklarasjonen er blant hovedutfordringene for brukere av miljødeklarasjoner/EPD (Jónsdóttir, 2015; Passer et al., 2015; Ibáñez-Forés et al., 2016; Rätty et al., 2016). Vanligvis vurderes ikke fremtidige teknologiske innovasjoner, eventuelt strengere utslippsreguleringer, når man utvikler miljøvurderinger (Verbeeck and Hens, 2010).

Gjenbruk av materialer blir i miljøvurderinger evaluert i henhold til prinsippet om Forurensar betaler (PR CEN/TR 16970:2016). Dette medfører at utslipp og tilknyttede virkninger som har sin opprinnelse i et tidligere produkt, er medtatt i utslippsregnskapet til det systemet som genererer avfallet. Miljøbelastninger og avfall som er et resultat av videre bearbeiding av sekundære materialer (eller drivstoff), er regnet inn som en del av det nye produktet. Denne tilnærmingen sikrer en tydelig fordeling av produktspesifikke miljøbelastninger, uten at belastningene fra den primære bruken av materialet også pålegges nedstrøms faser i livssyklusen, til en sekundær bruker av det samme materialet og vice versa (Wahlström et al., 2014). Slik unngår man dobbelt beregning av miljøbelastninger ved gjenbruk av materialer.

Det er også en økning i usikkerhetene ved fordeling av bundne utslipp for resten av brukstiden til materialer ved oppgradering, reparasjon, restaurering eller vedlikehold (Fufa, et al., 2017). Ifølge NS-EN 15978 (2011) burde miljøbelastninger fra eksisterende materialer eller bygningskomponenter fordeles prosentvis i henhold til gjenstående brukstid til de aktuelle materialene eller komponentene. I det norske forskningssenteret ZEB3 har man definert at bundne utslipp skal knyttes til den foregående livssyklusen til bygningen som oppgraderes, repareres m.m., og derfor ikke skal videreføres til kalkulasjon av de bundne utslippene for en ny eller oppgradert/restaurert bygning (Fufa et al., 2017b). Det betyr at alle bundne utslipp som medfølger eksisterende bygning som skal gjennomgå en restaurering, oppgradering, og/eller ombygging, allerede er kalkulert inn og derfor blir satt til null.

## 2.2 LCA og EPD for verneverdig bygningsmasse

Innenfor eksisterende og verneverdige bygninger er livsløpsbetraktninger og LCA-begrep velkjent. Miljødeklarasjoner, EPD, er i liten grad etablert som et kjent verktøy.

Dersom man skal beregne miljøutslipp fra en eksisterende bygning ved hjelp av livssyklusanalyser, blir fotavtrykket til bygningen satt til null; utslippene forbundet med produksjon av materialer, transport til byggeplassen og oppføring av bygningen er allerede gjort (NS-EN 15978:2011). Det fører til at gjenbruk/videreføring av eksisterende bygninger er mer bærekraftig enn å bygge nytt. Allerede fra utgangspunktet har den eksisterende bygningen derfor et fortrinn fremfor nybygg, noe som er sammenfallende med antikvariske verdier og hensyn. I det øyeblikket man ser på driften av bygningen, vil regnestykket bli et annet. Hvis man sammenligner utslippsregnskapet til driften av en eksisterende bygning med utslippsregnskapet til driften av en ny bygning, vil den nye bygningen ha et langt lavere utslipp. Det som er interessant her, er dermed det totale utslippsregnskapet. Sett i et livssyklusperspektiv vil den gamle, verneverdige bygningen ha et enormt grønt fortrinn

<sup>3</sup> <http://zeb.no/index.php/en/about-zeb/about-the-zeb-centre>, nedlastet og lest 16.1.2018

fremfor den nye bygningen selv om det gjennomføres relativt omfattende rehabiliteringsarbeid<sup>4</sup>. Fra bygningene settes i drift, vil den gamle bygningen begynne å spise av dette fortrinnet (Artola et al., 2016).

Ifølge Rønning et al. 2014 er det allment kjent at bruks- eller driftsfasen er den viktigste fasen når det gjelder energibruk gjennom byggets levetid. Forståelse og bruk av begrepet «driftsfase» er likevel ikke entydig. I de fleste LCA-studier benyttes begrepet kun om energibruk til oppvarming og kjøling. Vedlikehold, behov for ombygging etc. er i veldig liten grad inkludert i LCA av byggverk. Generelt viser våre søk i både norsk og internasjonal litteratur at det er anerkjent at bruksfasen til en bygning fører til det desidert største klimagassutslippet (Iyer-Raniga and Wong, 2011; Gustavsson et al., 2009; Ramesh et al., 2010).

I en norsk studie som prøver å svare på om et nybygget lavenergihus har lavere klimagassutslipp beregnet over livssyklusen enn en rehabilitert, verneverdig bygning (Selvig et al., 2011), konkluderes det med at klimagassutslippene fra den verneverdige bygningen er litt lavere etter gjennomførte energieffektiviserende tiltak enn utslippene fra den nybygde bygningen. Dette er kun beregnet teoretisk, og ikke gjennomført i praksis. Utregningen er basert på verktøyet [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no). Det er benyttet et 60-årsperspektiv som grunnlag, og ikke gjennomført en fullstendig livssyklusanalyse. Rapporten viser at det er teoretisk mulig å oppnå en utslippsreduksjon ved rehabilitering av verneverdige bygninger som fører til omtrent tilsvarende energibehov/utslipp i driftsfasen som en nybygget lavenergibygning. Det er imidlertid et problem at rapporten har ufullstendige beskrivelser av de tiltakene som er gjort, slik at man ikke ut fra rapporten kan vurdere om tiltakene som er gjennomført er i strid med vernehensyn eller ikke. Det er foreslått tiltak som både teknisk og vernemessig er frarådet; innvendig etterisolering av yttervegger i tømmer. Dette tiltaket er likevel ikke det som har størst effekt. Summen av øvrige foreslåtte tiltak, som sannsynligvis kan gjennomføres uten risiko for tap av verneverdi, tydeliggjør et betydelig potensial for energieffektivisering i driftsfasen.

I Riksantikvarens bystrategi for 2017 – 2020 trekkes det frem at "helhetlige livssyklusanalyser viser at rivning og nybygging ofte gir større klimagassutslipp enn bevaring og gjenbruk" (Riksantikvaren, 2017, p. 17). Vår gjennomgang av norsk litteratur innenfor dette området gir imidlertid få holdepunkter eller forskningsmessig holdbare bevis til å kunne hevde dette. Det er likevel enighet om at eksisterende og verneverdige bygninger kan energieffektiviseres, og at det kan oppnås betydelig effekt ved gjennomføring av tiltak som samtidig tar hensyn til verneverdier.

I et analysearbeid bestilt av Riksantikvaren har Asplan Viak utført klimagassberegninger for oppgraderingen av eneboligen Villa Dammen i Moss. I tillegg til klimagassberegninger for oppgraderingsprosessen, er det utført beregninger som sammenligner videre drift av Villa Dammen i nåtilstand med scenarier for drift uten oppgraderingen, og med scenarier for oppføring og drift av et nytt standard boligbygg. Villa Dammen ble oppført i 1936 og oppgradert i 2014/15. Analysene viser at dersom faktisk energibruk legges til grunn for utslippsberegningene, gir Villa Dammen, oppgradert bygg, lavere levetidsutslipp enn et standardbygg oppført etter dagens forskriftskrav. Dette indikerer at skånsom oppgradering, nøye valgte energitiltak og veiledning i energibesparende atferd vil være svært gode klimatiltak i eldre bygg. Beregninger viser at 80 % av dagens bygningsmasse i Norge fortsatt vil være i bruk etter 2050 (Almås et al., 2011).

---

<sup>4</sup> <https://www.lendlease.com/better-places/20170317-refitting-old-buildings/>, nedlastet og lest 17.03.2017

### 3. Drøfting av funn om EPD

De økende kravene til å møte klimaendringene med bærekraftige løsninger har for lengst truffet byggenæringen. Behovet for gode metoder for å evaluere og kommunisere nye og eksisterende bygningers miljøbelastninger over hele sitt livsløp er essensielle. Etter hvert som nye bygninger blir mer energigivnlige, øker den relative andelen av bundet energi og tilhørende klimabelastning knyttet til utvinning av råmaterialer, behandling, fremstilling, transport, bygging, vedlikehold, renovering og riving (Dixit et.al. 2012). Når man skal bygge mer energieffektive bygninger, vil med andre ord materialene stå for en større andel av energiutslippene, ettersom det stilles stadig større krav til isolering m.m. Ved reparasjon, vedlikehold, restaurering og oppgradering til mer energieffektive løsninger er det nødvendig å ha et underlag for å si noe om materialenes energieffektivitet og miljøutslipp.

Det finnes mange studier knyttet til analyser av energibruk i driftsfasen, men langt færre har analysert iboende energi og utslipp fra selve bygningsmaterialene (Praseeda et.al. 2016, Lolli et.al. 2016). Livssyklusanalyser har blitt en vanlig metode for evaluering av miljøbelastninger i løpet av en bygnings livsløp både på material-, produkt- og bygningsnivå. Livssyklusperspektivet er også bygget inn i spørsmål knyttet til energieffektiv restaurering for å kunne vurdere og velge de mest energioptimale løsningene for bygningen (Pombo et.al. 2016). I Norge finnes det sterke forskningsmiljøer og et økende krav om bruk av livsløpsanalyser i bygninger (Schlanbusch et.al. 2016). Samtidig er det krevende å sammenligne og evaluere resultater fra forskjellige livsløpsanalyser. Dette blant annet fordi det er mange forskjellige metoder for å beregne utslipp, datakildene er forskjellige, og det er forskjellige metodiske valg i forskjellige livsløpsanalyser. Mye er likevel gjort for å bøte på disse problemstillingene slik at sammenligning av resultatene skal være mulig. Dette er bakgrunnen for at metoder for miljødeklarasjon, Environmental product declaration (EPD), er utviklet. EPD-metodikken er ment å sikre at informasjonen som gis er pålitelig og transparent, og at den er basert på kvalitetssikret informasjon fra livsløpsstudier i et felles format, basert på felles regelverk. Dette er svært viktig for å kunne foreta en reell sammenligning av produkter som er ment å oppfylle samme oppgave.

Byggevarereprodusenter benytter EPD-er til å produsere livsløpsanalyser for å kunne evaluere, forbedre og kommunisere miljøeffektene av sine produkter. EPD-er blir også benyttet av forskningsinstitusjoner som for eksempel SINTEF, til å samle produktspesifikk miljøinformasjon når de skal utvikle livsløpsanalyser av bygninger i forskjellige forskningsprosjekter (Lolli et.al. 2016, Fufa et.al. 2017, Fufa, Skaar et.al. 2017). Et eksempel på slik livsløpsanalyse er The Norwegian ZEB-senter sin sårbarhetsanalyse av et en-familiehus. Denne beregningen viste en reduksjon i miljøutslipp på 20 % når man benyttet produktspesifikke data fra norske EPD-er istedenfor å benytte generelle verdier (Houlihan Wiberg et.al. 2015). Nylige studier har fokusert på å integrere produkt EPD-er i Building Information Modelling (BIM) for å kunne bedre forståelsen av bygningers miljøpåvirkning i et tidlig stadium av designfasen. For tiden pågår et arbeid i regi av Byggenæringens Landsforbund (BNL) og flere andre partnere med å utvikle en norsk standard for å muliggjøre integrering av digitale EPD-data i design-filer i BIM (Byggevarereindustrien 2016).

EPD-tankegangen er altså i stadig økende grad brukt i nyutvikling av bygningsmassen. Innenfor eksisterende bygningsmasse, og i særdeleshet eldre verneverdige bygninger, har EPD-metodikken ikke vært anvendt i særlig grad. Det underliggende ønsket i prosjektet var å finne frem til hvordan også verneverdig bebyggelse kan bli miljømessig vurdert, og hvordan man kan bruke en slik vurdering til å velge restaurerings- og oppgraderingsløsninger som tar hensyn til bygningens verneverdi, bygningsteknologi, klimagassutslipp ved rehabilitering og videre bruk, klimatilpasning, reell brukskvalitet/komfort og levetid. Livsløpsvurderinger (LCA) og miljødeklarasjoner (EPD) for verneverdige bygninger vil kunne hjelpe eiere/byggherrer til å vurdere miljøvennlige løsninger og se hvor bærekraftig det er å oppgradere eksisterende bygningsmasse i forhold til å rive og bygge nytt. Dette vil også underbygge den bærekraftige verdien i den verneverdige bebyggelsen.

### 3.1 EPD-er i byggenæringen generelt

Foreløpige resultater viser at behovet for å utvikle en egnet metode for evaluering og kommunisering av nye og eksisterende bygningers miljøprofil i et livssyklusperspektiv, tydeliggjøres i tråd med økende krav og innsats for å redusere globale klimaendringer og fremme bærekraftig utvikling. Livssyklusvurdering (LCA) er en velfungerende metode for å vurdere bygningers miljøpåvirkning gjennom hele livssyklusen, på material-, produkt- eller bygningsnivå. Evaluering og sammenligning av LCA-resultater fra forskjellige studier er utfordrende. De siste årene har det skjedd en stor utvikling innenfor byggesektoren for å forbedre slik sammenligning. Dette har forenklet beregning, sammenligning og kommunikasjon av LCA-resultater. For å formidle kvantitativ, transparent, og kvalitetssikret informasjon fra LCA-studier i et felles format, er miljøproduktdeklarasjoner (EPD) blitt utviklet. Dette formatet er basert på et sett felles regler (produktkategoriregler, PCR), for å muliggjøre en reell sammenligning av miljøytelsen til produkter som for øvrig oppfyller samme funksjon.

En EPD er et uavhengig verifisert dokument som oppsummerer miljøpåvirkningen til et produkt. EPD er et av de dominerende verktøyene for kommunisering og dokumentasjon av miljøytelsen innen byggeprodukter i Norge. Miljødeklarasjoner har raskt blitt en viktig komponent for utvelgelse av produkter i bygg- og infrastruktursektoren i Europa. Forskjellige aktører fra byggesektoren, som entreprenører, konsulenter og arkitekter, bruker ofte EPD-er for å evaluere det miljømessige fotavtrykket fra en hel bygning som grunnlag for velbegrunnede beslutninger. Produsenter bruker EPD-er for å evaluere, forbedre og kommunisere miljøytelsen til sine produkter. EPD-er er en enkel kilde til å skaffe mye kunnskap, og omfatter et bredt spekter av informasjon om miljøpåvirkningen, noe som letter sammenligning av forskjellige produkter. Dermed slipper brukere å lete i mange forskjellige dokumenter for å skape et inntrykk av miljøytelsen til hvert enkelt produkt. Resultatene fra livssyklusanalyser, slik de er presentert i form av EPD-er, kan integreres i bygningsinformasjonsmodeller (BIM) og derved implementeres rett inn i rådgivernes prosjekteringsgrunnlag. Dette letter forståelsen av bygningens miljøpåvirkning allerede tidlig i prosjekteringsfasen. Informasjonen som presenteres i EPD-er kan også brukes som en datakilde innenfor andre merkeordninger. Merkeordningen Ecoproduct er ett eksempel på en norsk utviklet metode for å velge miljøvennlige byggematerialer. Ordningen er basert på informasjon fra EPD-er. Til tross for at utvikling og bruk av EPD-er er frivillig, er det sannsynlig at kjøperkrav og industrinormer heller enn lovkrav og forskrifter vil fortsette å drive videre og utvidet bruk av EPD-ordningen i Norge. Videreutvikling og bruk av EPD-er blir mer og mer vanlig, og er primært drevet av ordninger som for eksempel BREEAM, systemer som gir poeng til bygninger der produkter som innehar EPD anvendes.

Selv om EPD-er i dag er mye anvendt, er produksjonsfasen (A1-3) for tiden det eneste obligatoriske livssyklusstadiet for EPD for de fleste produkter. Dermed inkluderer få EPD-er scenarier for bruksfasen, som drift, forvaltning, reparasjoner og vedlikehold, til tross for at dette er relevant for oppgradering, restaurering og vedlikehold av eksisterende bygninger. Videre blir utvikling av nye EPD-er basert på en LCA-metodikk der alle beregninger utføres basert på scenarier for dagens beste praksis. Dette forutsetter at teknologier og prosedyrer som er tilgjengelige på analysetidspunktet, er konstante og ikke har endret seg for et produkt ved slutten av levetiden. Anvendelsen av produktet kan med andre ord endre seg, men dette tar ikke analysen hensyn til. EPD-tankegangen innebærer ikke at et produkt har bedre miljøytelse enn andre produkter, men skaffer til veie informasjon til brukeren om produktets iboende miljøegenskaper. Slik tilrettelegger EPD-er for at brukeren selv tolker informasjonen i EPD-en og kan sammenligne og velge produkter. En av hovedutfordringene for å etablere bred anvendelse av EPD-er er mangel på erfaring og kunnskap om tolkning og bruk av informasjonen som tilbys i EPD-ene. EPD er med andre ord ikke et dokument/sertifikat for å vise materialets eller produsentens egen fortreffelighet, men en objektiv og nøytral oversikt/innholdsfortegnelse over egenskaper. Informasjonen i EPD-ene er i dag begrenset til miljøaspekter, og dekker ikke de sosiale og økonomiske egenskapene til produktet.

### 3.2 utfordringer ved restaurering og oppgradering av verneverdige bygninger

Kravene til energieffektivisering, minimering av CO<sub>2</sub>-utslipp, livsløpsanalyser og miljødeklarasjoner (EPD'er) innenfor byggenæringen er stadig økende. I dag dokumenterer de fleste EPD-er ikke scenarioer for bruksfasen (bruk, vedlikehold, reparasjon, utskiftning og rehabilitering), men det er dette segmentet som er aktuelt for rehabilitering og oppgradering av eksisterende og verneverdig bygningsmasse (Tellnes et al., 2014). Utvikling av EPD-er er markedsdrevet av store produsenter, og det finnes mange små aktører (for eksempel håndverkere) som ikke har råd til å produsere sine egne. Til nå har det ikke vært særlig fokus på å finne løsninger som er tilpasset eldre bygningstyper og materialer, og absolutt ikke tilpasset verneverdier og vernehensyn. Det finnes i dag få eller ingen miljødeklarasjoner for gamle materialtyper og bygningsdeler (det vil si vinduer og dører) som er gyldige for eldre, fredete og/eller verneverdige bygninger.

Det foreligger i dag lite forskning og bakgrunnsinformasjon som støtter opp om det grønne fortrinnet til den eksisterende bygningsmassen. Dette gjelder særlig verneverdige og fredete bygninger, som i mange sammenhenger har fått en ufortjent merkelapp som miljøverstinger.

Både med hensyn til verneverdi, materialvalg og tekniske løsninger fordrer disse bygningene spesielle tilnærminger ved bærekraftig oppgradering for videre bruk, drift og vedlikehold. Som allerede eksisterende strukturer, representerer kulturminner og verneverdige bygninger en stor og bærekraftig ressurs. Forskning og undersøkelser viser at bevaring av eldre bygninger kan gi mye mindre forurensning, avfall og energiforbruk enn å rive og bygge nytt (kilde [www.miljostatus.no](http://www.miljostatus.no)). Det er derfor av stor viktighet å se nærmere på hva de ideoende ressursene i eksisterende bygget miljø betyr for en bærekraftig urban utvikling. Det er også en kjennsgjerning at den eksisterende og verneverdige bebyggelsen har behov for en omfattende oppgradering for å kunne takle effekter av pågående og kommende klimaendringer. Det mangler informasjon om miljøegenskaper i gamle bygninger, bygningsdeler og materialer. Dette er nødvendig for å kunne oppgradere den verneverdige bygningsmassen slik at den vil kunne takle klimaendringene, velge riktige materialer for å sikre teknisk og verneverdige kvaliteter og redusere utslipp fra bruksfasen.

EPD-ene baserer seg på livsløpstankegang, og dette er ikke en ny tankegang innenfor vernehensyn. Samtidig som den er velkjent er det likevel mange hensyn som ikke er dekket (de fleste), og potensialet for å utnytte denne tankegangen ved gjenbruk, restaurering og oppgradering av eksisterende og verneverdige bygninger er stort og uutnyttet. Litteraturgjennomgang og gjennomgang av foreliggende norske EPD-er så langt viser at det i svært liten grad er tenkt på å utvikle EPD'er for restaurering, rehabilitering og reovering av eksisterende bebyggelse uavhengig av alder. Når det gjelder EPD-er spesifikt for verneverdige bygninger med "gammeldagse" teknikker, materialer og bygningselementer, er lite gjort. Det finnes noen få unntak knyttet til mørtler og rene heltreprodukter. Imidlertid er det et problem at det er mange små aktører i næringen, og disse har sjelden økonomisk ryggrad til å utvikle EPD-er for sine produkter. Mange produkter må spesiallages til enkeltprosjekter (spesielt bygningselementer), og EPD-utvikling vil representere et godt grunnlag for håndverkere og byggherre ved prioritering, sammenligning og valg av løsninger og produkter (som ved nybygging).

### 3.3 Forskersøknad til Norges forskningsråd

Som del av tildelingen fra Riksantikvarens FoU-midler utviklet vi høsten 2017 en forskningssøknad ved navn ExClim: *Existing buildings – a climate friendly resource*. Søknaden ble sendt til programmet Miljøforsk i Forskningsrådet 6. september 2017, men fikk dessverre ikke tildeling. SINTEF Byggforsk er involvert i en ny EU-søknad, der problemstillinger fra søknaden føres videre (REBUILD4HER).

Hovedmålet med forskningsprosjektet var å:

Øke bevissthet, forståelse og kunnskap om hvordan bærekraftige ressurser innebygget i den historiske verneverdige bygningsmassen best kan bidra og oppfordre til utvikling av fremtidige bærekraftige samfunn og gjenbruk av gamle bygninger.

Sekundære mål var å:

- Utforske verneverdige bygningers miljøytelse ved bruk av LCA-analyser;
- Anvende og utvikle EPD-er for produkter til bruk i restaurerings- og oppgraderingsprosesser av verneverdige bygninger;
- Utvikle og anvende nye metoder for å sikre vurdering også av sosiokulturelle verdier (kulturelle, historiske, arkitektoniske, urbane, funksjonelle, teknologiske, tekniske og erfaringsmessige);
- Beregne helhetlig bærekraft i verneverdige bygninger og urbane miljøer, for å kartlegge totalt fotavtrykk;
- Definere kumulerte iboende miljømessige og bærekraftige sosiale effekter og gevinster i verneverdige bygninger.

## 4. Konklusjoner og forslag til videre arbeid

### 4.1 Konklusjoner

På bakgrunn av vår gjennomgang av EPD-metodikken innen byggenæringen mener vi det er helt klart at EPD-tankegang vil kunne fungere godt som grunnlag for beslutning og vurdering av produkter ved restaurering og oppgradering av (gamle) verneverdige bygninger. Gjennom å benytte metodikken fra miljødeklarasjoner er det mulig å etablere et standardisert grunnlag for bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger. Miljødeklarasjonene kan brukes til å fastslå hvilke materialer som kan anvendes i rehabilitering av den verneverdige bygningsmassen, og til å vise hvilke utslipspotensialer som ligger i oppgradering med forskjellige løsninger og materialer.

Målsettingen må være å kunne gi svar på følgende spørsmål:

- Hvordan kan verneverdige bygninger i Norge møte klima- og miljøutfordringer og bli (enda) mer bærekraftige?
- Hvordan kan verneverdig bebyggelse bli miljø- og bærekraftvurdert som grunnlag for gjenbruk?
- Hvordan velge riktige materialer for mer bærekraftig restaurering og oppgradering?
- Finnes det bygningsspesifikk miljøinformasjon om gamle materialer og konstruksjoner?
- Er det mulig å lære fra/anvende moderne metoder benyttet for nye bygninger?
- Hvordan kan miljødeklarasjoner (EPD) brukes til å fastslå hvilke materialer som kan anvendes i rehabilitering av den verneverdige bygningsmassen?
- Hvordan kan miljødeklarasjoner (EPD) brukes til å vise hvilke utslipspotensialer som ligger i oppgradering med forskjellige løsninger og materialer?
- Hvordan kan man utvikle et system som kan miljøsertifisere eksisterende bygninger med høy verneverdi? (BREAM-old)

Vi ser at det i dag finnes svært få eksisterende miljødeklarasjoner for materialer som egner seg til bruk i eldre, verneverdige bygninger. Det mangler blant annet EPD-er for malinger, mørtler og alternative isolasjonsmaterialer, og produktkategorier med sammensetninger av flere materialer (for eksempel vinduer). Dette innebærer at det er et stort utviklingsbehov. Imidlertid er det et problem at det mangler eierskap og finansieringsmuligheter til slik utvikling.

EU standardiseringsarbeider innen energieffektivisering av verneverdige bygninger kan komme til å få stor påvirkning på lovutviklingen i fremtiden. I denne sammenheng kan også EPD-er ha stor betydning som et hjelpemiddel.

Det er med andre ord mange grunner til å jobbe videre med utvikling av EPD-er. Her er også mange åpenbare forskningsbehov, men lite tilgjengelige forskningsmidler.

### 4.2 Forslag til videre arbeid

Problem 1: Har marked og behov, mangler eierskap/interesse/finansiering for utvikling

Behov: Utvikling av EPD'er for gamle materialer og løsninger

Videre arbeid: Er dette noe Riksantikvaren kan ta et ansvar for å bringe et skritt videre?

Problem 2: Er EPD for verneverdige bygninger for prematurt?

Behov: Aksept for at tankegangen innen nybygg kan utnyttes bedre også innenfor eksisterende og verneverdig bebyggelse.

Videre arbeid: Arbeide videre med fokus på bærekraft i eksisterende bygningsmasse og medvirkning til grønn urban utvikling



Problem 3: Åpenbare forskningsbehov, men lite tilgjengelige forskningsmidler

Behov:

Gjennomføre forskningsprosjekt der det både gjøres teoretiske beregninger og måling av faktiske forhold ved energieffektiviseringstiltak utført på verneverdig bebyggelse.

Videre arbeid: Jobbe videre med finansieringsmuligheter i samarbeid med Riksantikvaren. Fortsette arbeidet med EU-søknaden REBUILD4HER. Søke Forskningsrådet på nytt (når det kommer en utlysning som passer).

## 5. Referanser

- Almås, A. J., Lisø, K.R., Hygen, H.O., Øyen, C.F. & Thue, J.V. (2011). An approach to impact assessments of buildings in a changing climate. *Building Research & Information*, 2011. 39(3): s. 227-238.
- Aksoezen, M., Daniel, M., Hassler, U. & Kohler, N. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. *Energy and Buildings*. 87: s. 74-86.
- Artola, I., Raedemaekers, K., Williams, R. & Yearwood, J. (2016). Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe.
- Byggevareindustrien (2016). Broen mellom EPD og BIM, pressemelding. Hentet 11. august 2016 fra <http://www.byggevareindustrien.no/hjem/tilsagn-om-kompetansetilskudd-til-prosjektet-broen-mellom-epd-og-bim-article812-186.html>.
- CEN TC 346/ WG8: CEN Technical Committee, Conservation of Cultural Heritage.
- Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi). (2018). Klima og miljø i offentlige anskaffingar. Hentet 5. januar 2018 fra <https://www.anskaffelser.no/klima-og-miljo>.
- Dixit, M.K., Fernández-Solís, J.L., Lavy, S. & Culp, C.H. (2012). Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(6): s. 3730-3743.
- Ecolabel Index. (2016). All ecolabels on building products. Hentet 31.mai 2016 fra [http://www.ecolabelindex.com/ecolabels/?st=category,building\\_products](http://www.ecolabelindex.com/ecolabels/?st=category,building_products).
- EN 15804. (2012). Sustainability of construction works Environmental product declarations Core for the product category of construction products. *European Committee for Standardization*. Brussel, Belgia
- EPD Norge (2016). Bruksanvisninger i hvordan tolke EPD'er. Hentet 28.mai 2017 fra <http://epd-norge.no/bruksanvisninger-i-hvordan-tolke-epd-er/category379.html>
- Eriksen, S., Øyen, C. F., Kasa, S. & Underthun, A. (2009). Weakening adaptive capacity? Effects of organizational and institutional change on the housing sector in Norway. *Climate and Development*, 2009. 1(2): s. 111-129
- Enova. (2017). Energiltak i bolig. Hentet 15. april 2017 fra <https://www.enova.no/privat>
- Fuglseth, M. (2016). *Klimagassberegninger Villa Dammen*. Oppdragsrapport 608284-01 fra Asplan viak for Riksantikvaren
- Flyen, C., Flyen, A.C., Hauge, Å.L. & Godbolt, Å.L. (2015). Climate for change – Urban regeneration in cultural heritage housing. ENHR International Conference in Lisbon, Portugal (abstract proceedings). I prosess for publisering i vitenskapelig tidsskrift
- Fufa, S.M., Schlanbusch, R.D., Sørnes, K., Inman, M. & Andresen, I. (2016). *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report no 29/2016.
- Fufa, S.M., M.K. Wiik, R.D. Schlanbusch & I. Andresen. (2017). The influence of estimated service life on the embodied emission of ZEBs when choosing low-carbon building

product. XIV International Conference on Durability of Building Materials and Components. 2017:29-31. Mai 2017, Ghent, Belgia.

- Gazulla Santos, C. (2014). 5 - Using life cycle assessment (LCA) methodology to develop eco-labels for construction and building materials. *Eco-efficient Construction and Building Materials, Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies*, s. 84–97, Woodhead Publishing.
- Godbolt, Å., Flyen, C., Hauge, Å.L., Flyen, A.C. & Moen, L.L. (2018). Future resilience of cultural heritage buildings – how do residents make sense on public authorities' sustainability measures? *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, Volume 9, No. 1, 2018. Emerald Publishing Limited
- Grytli, E. (2004). *Fiin gammel årgang*. SINTEF, Trondheim
- Gustavsen, B. (2003). New Forms of Knowledge Production & the Role of Action Research. *Action Research*.1(2): s. 153-164.
- Houlihan Wiberg, A., Georges, L., Fufa Mamo, S., Good Clara Stina & Risholt, B. (2015). Sensitivity analysis of the life cycle emissions from an NZEB concept. CISBAT 2015. Switzerland, Lausanne.
- Huq, S. & Reid, H. (2004). Mainstreaming Adaptation in Development. *IDS Bulletin*. 35(3): s. 15-21.
- Ibáñez-Forés, V., Pacheco-Blanco, B., Capuz-Rizo, S.F.& Bovea, M.D. (2016). Environmental Product Declarations: exploring their evolution and the factors affecting their demand in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 2016. 116: s. 157-169.
- Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L. & Acquaye, A. (2013). Operational vs. embodied emissions in buildings – A review of current trends. *Energy and Buildings*. 2013-66: s. 232-245
- IEA. (2013). Transition to Sustainable Buildings. Hentet fra [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013\\_free.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013_free.pdf). 2013
- ISO 14025. (2010). Environmental labels and declarations Type III environmental declarations. Principles and procedures. International Organization for standardization. Geneve, Sveits
- ISO 14044. (2006). Environmental management – Life cycle assessment-Requirements and guidelines. International Organization for standardization. Geneve, Sveits
- ISO 21930. (2007). Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products. International Organization for standardization. Geneve, Sveits
- Jónsdóttir, S.B. (2015). Nordic guide to sustainable materials. WP 3: Survey results – Knowledge and demand of EPD.
- Kaslegard, A.S. (2010). *Climate Change and Cultural Heritage in the Nordic Countries*. TemaNord 2010:599. Nordic Council of Ministers, København

- Klima- og miljødepartementet (2016). *Klima- og miljødepartementets prioriterte forskningsbehov 2016-2021*. Hentet fra [https://www.regjeringen.no/contentassets/a1872f19e96c44229dddc810991abd5a/t-1552\\_b.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/a1872f19e96c44229dddc810991abd5a/t-1552_b.pdf)
- Lolli, N., Fufa, Inman, S.M. & Inman, M. (2017). A Parametric Tool for the Assessment of Operational Energy Use, Embodied Energy and Embodied Material Emissions in Building. *Energy Procedia*, 2017:111: s. 21-30
- Lützkendorf, T., Foliente, G., Balouktsi, M. & Wiberg, A.H. (2014). Net-zero buildings: Incorporating embodied impacts. *Building Research & Information*, 2014. 43(1): s. 62-81
- MD (2010). *Miljøvernforvaltningens prioriterte forskningsbehov 2010–2015*. Miljøverndepartementet
- Mld. St. 33 (2012/2013). *Stortingsmelding 33 (2012–2013) Klimatilpasning i Norge*. Miljøverndepartementet
- Mld. St. 35 (2012/2013). *Stortingsmelding 35 (2012–2013) Framtid med fotfeste: Kulturminnepolitikken*. Miljøverndepartementet
- NS-EN 15804:2012+A1:2013. (2014). Sustainability of construction works Environmental product declarations Core for the product category of construction products. Standard Norge, Oslo
- NS-EN 15978. (2011). Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method 2011, Standard Norge, Oslo
- NS-EN 16883. (2017). Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving the energy performance of historic buildings. 2017, Standard Norge, Oslo
- Passer, A., Lasvaux, S., Allacker, K., De Lathauwer, D., Spirinckx, C., Wittstock, B., Kellenberger, D., Gschösser, F., Wall, J. & Wallbaum, H. (2015). Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 20(9): s. 1199-1212.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*. 40(3): s. 394-398.
- Pombo, O., Allacker, K. Rivala, B. & Neila, J. (2016). Sustainability assessment of energy saving measures: A multi-criteria approach for residential buildings retrofitting – A case study of the Spanish housing stock. *Energy and Buildings*, 2016. 116: s. 384-394.
- Praseeda, K.I., Reddy, B.V.V. & Mani, M. (2016). Embodied and operational energy of urban residential buildings in India. *Energy and Buildings*, 2016. 110: s. 211-219.
- Ramesh, T., Prakash, R. & Shukla, K.K. (2010) Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings Volume 42, Issue 10*, 2010, s. 1592-1600.
- Räty, T., Toppinen, A., Roos, A., Riala, M. & Nyrud, A.Q. (2016). Environmental Policy in the Nordic Wood Product Industry: Insights Into Firms' Strategies and Communication. *Business Strategy and the Environment*, 2016. 25(1): s. 10-27.

- Riksantikvaren. (2013). *Veileder. Råd om energisparing i gamle hus*. Riksantikvaren
- Riksantikvaren. (2014). 3.15.2 Klimaendringer og bevaringsverdige bygninger (informasjonsark). I serien *Riksantikvarens informasjon om kulturminner*. Riksantikvaren
- Riksantikvaren. (2016). Riksantikvarenes innspill til Klima- og miljødepartementet sitt dokument *Klima- og miljødepartementets prioriterte forskningsbehov (2016-2021)*. Riksantikvaren
- Riksantikvaren. (2017). Riksantikvarenes bystrategi 2017-2020 (trykt). Riksantikvaren
- Rønning, A., Lyng, K.A. & Vold, M. (2011). *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer*. Litteraturstudie. Rapport Østfoldforskning OR.02.11.
- Rønning, A., Vold, M., Lyng, K.A. & Normann, S. (2014). *Vedlikehold av betongprodukter. Hvordan håndtere vedlikehold av betongfasader i EPD?* Rapport
- Schlanbusch, R.D., Fufa, S.M., Andresen, I. & Mjøsnes, T. (2017). ZEB pilot Heimdal high school and sports hall. Design phase report. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report 34.
- Schlanbusch, R.D., Fufa, S.M., Häkkinen, T., Vares, S., Birgisdottir, H. & Ylmén, P. Experiences with LCA in the Nordic Building Industry – Challenges, Needs and Solutions. *Energy Procedia*, 2016. 96: s. 82-93.
- Selvig, E. (2011). Klimagassberegninger for vernede boligbygg vs. Nye lavenergiboliger. En sammenligning av et vernet laftet boligbygg (1812/1920), rehabilitert (2005-2010) og et nytt boligbygg, lavenergihus, klasse II (2010). CIVITAS, Oslo
- Sheppard, S.R.J. (2005). Landscape visualisation and climate change: the potential for influencing perceptions and behaviour. *Environmental Science & Policy*. 8(6): s. 637-654.
- Smit, B. & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*. 16(3): s. 282-292.
- Tellnes, Lars G., Inman, Marianne R., Iversen, Ole M. K., Malnes, Dagfinn, Schlandbusch, Reidun Dahl. (2014). Harmonising the documentation of scenarios beyond cradle to gate, EN 158041. Prosjektrapport i prosjektet "Bedre grunnlag for valg av miljøvennlige byggevarer III" til Husbanken (14/6084-4)
- UN/Parisavtalen 2016 (2016). Hentet fra <http://www.fn.no/Tema/Klima/Klimaforhandlinger/Dette-er-Paris-avtalen>
- Verbeeck, G. & Hens, H. (2010). Life cycle inventory of buildings: A calculation method. *Building and Environment*. 45(4): s. 1037-1041.
- Wahlström, M., J. Laine-Ylijoki, H. Järnström, T. Kaartinen, M. Erlandsson, A. P. Cousins, O. Wik, P. Suer, A. Oberender, O. Hjelmar, H. Birgisdottir, S. Butera, T. F. Astrup & A. Jørgensen. (2014). Environmentally Sustainable Construction Products and Materials – Assessment of release. NORDIC INNOVATION REPORT 2014:03

- Wiberg, A.H., Georges, L. Fufa, S. M., Risholt, B. and Stina, G.C. (2015). *A zero emission concept analysis of a single family house: Part 2 sensitivity analysis*. ZEB. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB), Project report no 21
- Wiik, M.K., Schlanbusch, R.D., Wiberg, A.H., & Kristjansdottir, T. (2017). *ZEB Tool Manual. User Guide. Version 1*. The Research Centre for Zero Emission Buildings. External memo.

# MILJØVURDERING VED OPPGRADERING AV VERNEVERDIG BEBYGGELSE

Kan EPD (Miljødeklarasjon av bygningsmaterialer, bygningskomponenter og bygningsdeler) egne seg til bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger? Blant konklusjonene i denne rapporten er:

- EPD kan fungere godt som grunnlag for å velge produkter med minst mulig utslipp ved restaurering og oppgradering av verneverdig bebyggelse.
- Ved å bruke EPD er det mulig å etablere et standardisert grunnlag for bærekraftig oppgradering av verneverdige og fredete bygninger.

Rapporten springer ut av prosjektet MIL-ORG (Miljøvennlig Oppgradering og Rehabilitering av Gamle og verneverdige bygninger), finansiert av Riksantikvaren.