



Direktoratet for byggkvalitet

Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK

Utgave: Første utgave

Dato: 02.02.2018

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Direktoratet for byggkvalitet
Rapporttittel:	Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK
Utgave/dato:	Første utgave/ 02.02.2018
Filnavn:	Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK 02.01.18.docx
Arkiv ID:	
Oppdrag:	614692-01 - Utredning LCA i TEK Utredning
Oppdragsleder:	Mie Fuglseth
Avdeling:	Energi og miljø
Fag:	Energi og miljø i bygg
Skrevet av:	Mie Fuglseth, Julie Lyslo Skullestad, Oddbjørn Dahlstrøm, Espen Løken, Anne Sigrid Nordby og Alexander Borg
Kvalitetskontroll:	Liv Bjørhovde Rindal
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) for å utrede livsløpsbaserte miljøkrav i teknisk forskrift (TEK). Inger Grethe England har vært kontaktperson for oppdraget i DiBK. Mie Fuglseth har vært oppdragsleder for Asplan Viak. Julie Lyslo Skullestad, Oddbjørn Dahlstrøm, Espen Løken, Anne Sigrid Nordby og Alexander Borg har deltatt i arbeidet med utredning og rapportskrivning.

Sandvika, 02.02.2018



Mie Fuglseth
Oppdragsleder



Liv Bjørhovde Rindal
Kvalitetssikrer

SAMMENDRAG

Dagens Byggeteknisk forskrift (TEK) setter ikke krav til helhetlig livsløpsvurdering. I forbindelse med videreutvikling av TEK frem mot 2020, ønsket Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) derfor å få utredet hvordan livsløpsbaserte miljøkrav kan inkluderes i regelverket for å ivareta hensyn til energibruk og ytre miljø på en mer helhetlig måte enn kravene i dagens kapittel 9 Ytre miljø og kapittel 14 Energi. Denne rapporten dokumenterer arbeidet med utredning av muligheter og suksessfaktorer for, og konsekvenser av, å stille livsløpsbaserte miljøkrav i TEK, utført av Asplan Viak på oppdrag for DiBK.

Byggeteknisk forskrift skal sikre minimumskvalitet for alle bygninger, også for miljø. Komplette livsløpsvurdering kan være svært tidkrevende, og DiBK ønsket derfor å få vurdert hvilke aspekter av livsløpsvurdering som er kritiske for å gi en god evaluering av bygningers miljøpåvirkning. Utredningen handler i stor grad om å kartlegge hvordan man kan stille krav som er enkle nok til at de kan og vil gjennomføres, men grundige og omfattende nok til at de vil gi god miljøgevinst.

Fra diskusjonene presentert i denne rapporten, kan vi konkludere med at det er mulig og hensiktsmessig å innføre livsløpsbaserte miljøkrav i TEK. Dette vil kunne gi en mer helhetlig vurdering av bygningers miljøprestasjon. Med livsløpsbaserte miljøkrav mener vi i denne rapporten krav som ivaretar hele livsløpet til bygget, inkludert miljøpåvirkning som oppstår oppstrøms i verdikjeden, som for eksempel klimagassutslipp fra produksjon av byggematerialer.

For å ivareta de viktigste miljøhensynene for bygninger, bør det stilles livsløpsbaserte miljøkrav for følgende miljøtema i TEK:

- Klimapåvirkning
- Ressursbruk
- Helse- og miljøskadelige stoffer
- Emisjoner til inneklime

Det foreslås en delt modell for livsløpsbaserte miljøkrav i TEK. Krav til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer, emisjoner til inneklime og forbruk av truede ressurser bør danne et minimumsnivå for miljøprestasjon som alle utbyggere må oppfylle. Dagens TEK stiller allerede krav innen de to førstnevnte miljøtemaene. Erfaringsmessig blir imidlertid oppfyllelse av kravene i praksis sjelden dokumentert og ikke nødvendigvis overholdt. For å sikre at dagens krav etterfølges, anbefales det å inkludere mer spesifikke dokumentasjonskrav med angivelse av hvem som har ansvaret for at kravene overholdes.

Materialbruk og energibruk i drift av bygninger påvirker hverandre gjensidig. Derfor må disse sees i sammenheng når man vurderer klimapåvirkning over livsløpet. Klimapåvirkning fra byggematerialer forårsakes i stor grad av energibruk i verdikjeden (bundet energi), og energi kan derfor benyttes som en indirekte indikator for klimapåvirkning. Imidlertid er det forbundet høy usikkerhet med beregninger av bundet energi. Det er også andre prosesser i byggematerialers verdikjede enn energibruk som påvirker klimagassutslipp. Globalt oppvarmingspotensiale (GWP) er derfor en mer komplett indikator, i tillegg til å være et direkte mål på klimapåvirkning. Det anbefales at eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK benytter GWP fremfor bundet energi som målparameter for klimapåvirkning som miljøtema.

Klimakrav bør imidlertid ikke erstatte energikrav, ettersom dette kan føre til at oppmerksomhet flyttes vekk fra energieffektiviseringstiltak, som fortsatt kan være viktige for å fortsette utviklingen mot lavere klimapåvirkning fra bygninger.

Fordi det kan være relativt ressurskrevende å vurdere og dokumentere klimapåvirkning over hele livsløpet for en bygning, foreslås det en modell med rammekrav og tiltakskrav for klimapåvirkning. Denne modellen vil være tilsvarende dagens energikrav. Systemgrenser for rammekrav til klimapåvirkning i TEK må settes slik at livsløpsperspektivet ivaretas, men samtidig slik at kravene er gjennomførbare for alle utbyggere.

Det metodiske rammeverket i utkast til ny norsk standard for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720) kan benyttes som metodisk rammeverk for krav til klimapåvirkning over livsløpet. Ettersom NS 3720 kan forventes å bli førende for klimagassberegninger av bygninger i Norge, vil det være hensiktsmessig om eventuelle krav i TEK også fulgte retningslinjene standarden angir.

Krav til miljøprestasjon må ledsages av spesifikke dokumentasjonskrav, der ansvar for å følge opp at rett dokumentasjon blir levert inn er klart definert. Krav i TEK kan være et avgjørende virkemiddel for å sørge for at mer dokumentasjon av livsløpsbasert miljøpåvirkning på bygningsnivå blir utarbeidet og tilgjengeliggjort.

Det foreslås en trinnvis innføring av krav til klimagassberegninger i TEK. Å innføre dokumentasjonskrav, uten krav til miljøprestasjon i en periode før rammekrav/tiltakskrav introduseres, vil kunne minimere barrierer mot gjennomføring, og sikre at dokumentert miljøprestasjon er mest mulig reell.

Krav til dokumentasjon av miljøprestasjon i TEK kan være en avgjørende suksessfaktor for å redusere miljøpåvirkning fra bygningsmassen i fremtiden. Ved å innføre dokumentasjonskrav til klimapåvirkning og ressursbruk vil livsløpsbaserte miljøkrav i TEK kunne bidra til å få frem verdifull dokumentasjon som kan benyttes i statistikk og for å innhente kunnskap som kan gi enda bedre miljøkrav i fremtiden. Krav til dokumentasjon kan også være en viktig driver for at mer miljøinformasjon blir tilgjengelig. Dette vil kunne heve kvaliteten på vurderingene, som igjen legger grunnlag for spesifisering og forbedring av miljøkrav. I tillegg vil dokumentasjonskrav i TEK etablere informasjon om materialbruk, som kan legge til rette for at bygninger blir fremtidens ressursbank.

De viktigste suksesskriteriene for hvert miljøtema er oppsummert i tabellen under:

Metodikk	Type krav	Prosess	Systemgrenser	
			Livsløpsfaser	Bygningsdeler
KLIMAPÅVIRKNING				
LCA-metodikk iht. utkast til ny standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720	Rammekrav og tiltakskrav	Dokumentasjonskrav først, krav til miljøprestasjon i neste trinn.	Rammekrav: Iht. NS 3720. Ev. minstekrav: A1-A3 (Produksjon av byggematerialer til oppføring av bygningen) (inkludert A4, (transport til byggeplass - dersom	Rammekrav: 2.1 Grunn og fundamenter 2.2 Bæresystemer 2.3 Yttervegger 2.4 Innervegger 2.5 Dekker 2.6 Yttertak 4.9 Andre elkraftinstallasjoner (solcelleanlegg)

			juridisk mulig å inkludere) B1-B5 (Materialbruk som skyldes bruk, vedlikehold, reparasjon, utskiftning av byggematerialer og renovering) B6 (Energibruk i drift) C3-C4 (Avfallshåndtering) <u>Tiltakskrav:</u> A1-A3+B4 (Materialproduksjon, inkludert utskiftning)	<u>Tiltakskrav:</u> Bygningsdeler: Grunn og fundamenter Bærekonstruksjon Bærende yttervegger Dekker Vinduer <i>eller</i> Materialgrupper: Betong Sementprodukter Armeringsstål Konstruksjonsstål Trykkfast isolasjon Utvendig kledning
TOTAL RESSURSBRUK				
Iht. prinsipper i sirkulær økonomi	Kun dokumentasjonskrav (avfallskrav allerede implementert i TEK, kan forbedres)	Dokumentasjonskrav	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
TRUEDE RESSURSER				
Vurdering av innhold av definerte truede ressurser. Krav til fravær av følgende ressurser anbefales: Tømmer fra sårbare/vernede områder Sink Kobber Krom	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
HELSE- OG MILJØSKADELIGE STOFFER				
Vurdering av innhold av skadelige stoffer iht. lovkrav.	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
EMISJONER TIL INNEKLIMA				
Vurdering av emisjoner iht. lovkrav.	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Kun bruksfasen relevant	Produkter eksponert mot inneklimate

ORD OG BEGREPER

ALLOKERING

Prinsipp i metodikk for LCA for fordeling av utslipp som skjer i aktiviteter som leverer mer enn et produkt.

BIOGENT KARBON

Biogent karbon er en del av det naturlige karbonkretsløpet som utveksler karbon mellom atmosfæren, vannmassene, levende organismer, jordsmonnet og berggrunnen. Står i motsetning til fossilt karbon, som er lagret i og under jordskorpen. Forbrenning av fossile brensler gir derfor et netto tilskudd av karbon til det naturlige karbonkretsløpet, mens forbrenning av biogene brensler (for eksempel ved) ikke gir noe netto tilskudd i det lange løp.

BUNDET ENERGI

Akkumulert energibruk gjennom verdikjeden for et produkt.

CO₂-EKVIVALENTER

Måleenhet for klimapåvirkning. Angir potensiell global oppvarmingseffekt (GWP), relativt til oppvarmingseffekten til utslipp av CO₂ til atmosfæren. Forkortes ofte som CO₂-ekv. eller CO₂e.

DIREKTE UTSLIPP

Utslipp (av klimagasser) som oppstår på samme sted og til samme tid som prosessen man betrakter. For eksempel forbrenningsutslipp.

DOWNCYCLING

Engelsk uttrykk for gjenvinning hvor et materiale benyttes til et materiale av dårligere kvalitet.

EMISJONER

Avgassing til omgivelsene.

ENERGIGJENVINNING

Forbrenning av avfall med utnyttelse av energien til f.eks. fjernvarmeproduksjon.

EPD

Forkortelse for Environmental Product Declaration. Kalles også miljødeklarasjon på norsk. Kortfattet tredjepartsverifisert og registrert dokument med informasjon om produkters miljøprestasjon gjennom hele livsløpet. Både bakenforliggende livsløpsvurdering og EPD er alltid basert på internasjonale standarder

GJENBRUK

Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved ombruk eller gjenvinning.

GJENVINNING

Enhver utnytting hvor avfallsmaterialer bearbeides til produkter, materialer eller stoffer. Her inngår bearbeidelse av organisk materiale, men ikke energiutnyttelse og bearbeidning til materialer som skal brukes til brensel eller oppfyllingsformål.

GWP	Forkortelse for Global Warming Potential. Mål på klimapåvirkning. Angir potensiale for å forårsake global oppvarming. Måleenhet er CO ₂ -ekvivalenter.
INDIREKTE UTSLIPP	Utslipp (av klimagasser) som drives av prosessen/produktet man betrakter, men som oppstår på et annet sted og/eller på et annet tidspunkt. For eksempel utslipp som oppstår i produksjonskjeden for et brensel.
KARAKTERISERINGSFAKTOR	Beregningsfaktor som brukes i effektvurderingssteget av en LCA for å angi potensiell effekt innenfor en bestemt miljøpåvirkningskategori. Eksempel på en karakteriseringsfaktor er GWP for klimapåvirkning.
KLIMAEFFEKT	Se klimapåvirkning.
KLIMAGASSER	Gasser som påvirker klimaet ved å virke inn på jordens og atmosfærens strålingsbalanse. Dette skjer ved at gassene enten absorberer eller reflekterer/sprer kortbølget stråling fra solen og/eller absorberer langbølget stråling fra jorden. Kyotoprotokollen regulerer utslipp av 6 ulike klimagasser/grupper av gasser: Karbondioksid (CO ₂), metan (CH ₄), lystgass (N ₂ O), hydrofluorkarboner (HFK), svovelheksafluorid (SF ₆) og perfluorkarboner (PFK).
KLIMAGASSBEREGNINGER	Analyse av utslipp av klimagasser forbundet med hele eller deler av livsløpet til et produkt eller en tjeneste.
KLIMAGASSREGNSKAP	Annet navn på klimagassberegninger. Mye brukt om klimagassberegninger for bygninger der alle (eller de fleste) bygningsdeler og materialer er medregnet.
KLIMAPÅVIRKNING	Potensiale for å forårsake globale klimaendringer gjennom å øke den globale gjennomsnittstemperaturen.
LCA	Engelsk navn på livsløpsvurdering – Life Cycle Assessment
LCI	Engelsk navn på livsløpsinventar – Life Cycle Inventory
LIVSLØPSVURDERING	Analysemetode der man sammenstiller miljøpåvirkningen av alle ledd i en produksjonskjede. Norsk navn på LCA.
LIVSLØPSINVENTAR	Liste over alle inn- og utgående strømmer av substanser som kreves for å fremskaffe et produkt eller en prosess. Substansene omfatter energi, råmaterialer, produkter, bi-produkter, avfall og utslipp. Brukes som grunnlag for å beregne miljøpåvirkninger forårsaket av produktet eller prosessen.
MATERIALGJENVINNING	Alle typer gjenvinning, unntatt energitnyttelse og omarbeiding av avfall til materialer som skal brukes som brensel.

MILJØDEKLARASJON	Norsk navn på EPD.
OMBRUK	Enhver operasjon hvor produkter eller komponenter som ikke er avfall, brukes om igjen til samme formål som de var laget for.
PEF	Primary Energy Factors, forkortelse for primærenergifaktorer
PEF	Product Environmental Footprint. En type tredjepartsverifisert miljødokumentasjon for produkter utviklet av EU.
PRIMÆRENERGI	Energi fra fornybare og ikke-fornybare ressurser som ikke har vært gjennom noen form for konvertering eller transformasjon.
PRODUKSJONSUTSLIPP	Utslipp (her: av klimagasser) som forårsakes gjennom produksjonskjeden til et produkt, fra råvareutvinning til ferdig produkt ved fabrikkport.
RAMMEKRAV	Krav om å tilfredsstille en satt øvre ramme, for eksempel maksimalt netto energibehov i kWh per m ² .
RESIRKULERING	Annet ord for gjenvinning (fornorsking av engelsk uttrykk).
SIRKULÆR ØKONOMI	Prinsipp for økonomisk virksomhet som har som mål at ressurser forblir i økonomien lengst mulig. I motsetning til en lineær økonomisk modell, basert på at man utvinner ressurser, produserer, bruker og kvitter seg med dem via deponi/forbrenning, så er en sirkulær økonomi basert på gjenbruk, reparasjon, oppussing/forbedring og materialgjenvinning i et kretsløp hvor færrest mulig ressurser går tapt, og hvor produktene og ressursene de består av blir høyt verdsatt.
SYSTEMGRENSER	Avgrensning i tid og sted for hva som inkluderes i en analyse.
TILTAKSKRAV	Krav om at spesifikke tiltak skal gjennomføres. I TEK kan man (for boligbygg) velge å oppfylle tiltakskrav for energieffektivitet for spesifikke bygningsdeler (f.eks. vinduer) som et alternativ til å oppfylle rammekrav for energibehov.
UPCYCLING	Engelsk uttrykk for å gjenvinne materialer til en høyere kvalitet, for eksempel å utnytte gamle aviser til å lage isolasjonsmateriale (se også «downcycling»).
UTSLIPPSFAKTOR	Beregningsfaktor for utslipp (her: av klimagasser) per enhet av en ressurs i henhold til spesifiserte systemgrenser. For

eksempel direkte utslipp fra forbrenning av olje tilsvarende 1 kWh energi, eller utslipp fra produksjon av 1 m³ betong.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	1
1.1	Utredningens formål	1
1.2	Avgrensninger	3
1.3	Rapportens oppbygning	3
1.4	Miljøkrav i nåværende teknisk forskrift (TEK)	4
1.5	Høringsinnspill til nåværende TEK	8
2	Miljøpåvirkning fra bygninger.....	11
2.1	Typer miljøpåvirkning fra bygninger.....	11
2.2	Miljøpåvirkning over bygningers livsløp	12
2.3	Miljøpåvirkning fra ulike bygningsdeler	16
3	Metodisk rammeverk for utredningen	19
3.1	Livsløpsbaserte miljøvurderinger.....	19
3.2	Miljøtema	22
4	Erfaringer med livsløpsbaserte miljøkrav i andre europeiske land	32
4.1	Forskrifter og statlige initiativer i andre europeiske land	32
4.2	Frivillige ordninger og merkeordninger	33
4.3	Eksisterende metoder og verktøy for livsløpsbaserte miljøvurderinger av bygg.....	33
5	Livsløpsbaserte miljøkrav i TEK – muligheter og konsekvenser	36
5.1	Erfaringer med å stille miljøkrav til materialer i byggeprosjekter	36
5.2	Form på krav	40
5.3	Suksesskriterier og metodiske valg for klimapåvirkning.....	45
5.4	Suksesskriterier og metodiske valg for øvrige miljøtema	58
5.5	Dokumentasjonskrav.....	60
5.6	Målkonflikter.....	67
5.7	Prosess	67
6	Muligheter for videre arbeid.....	70
6.1	Grensesnitt mellom livsløpsbaserte miljøkrav og energikrav	70
6.2	Høringsrunder og kartlegging av barrierer for ulike typer utbyggere	70

7	Konklusjon.....	72
8	Referanser	76
	Vedlegg.....	82

VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1 Byggeforskrifter og arbeid for å redusere miljøpåvirkning fra bygninger i andre europeiske land

Vedlegg 2 Frivillige ordninger og merkeordninger

Vedlegg 3 Oversikt over eksisterende metoder og verktøy for livsløpsbasert miljøvurdering av bygg

Vedlegg 4 Kilder til miljøpåvirkning for ulike typer bygg

Vedlegg 5 LCA-metodikk

1 INNLEDNING

1.1 Utredningens formål

Dagens TEK setter ikke krav til helhetlig livsløpsvurdering. I forbindelse med videreutvikling av TEK frem mot 2020, ønsker DiBK derfor å få utredet hvordan livsløpsbaserte miljøkrav kan inkluderes i regelverket for å ivareta hensyn til energibruk og ytre miljø på en mer helhetlig måte enn kravene i dagens kapittel 9 Ytre miljø og kapittel 14 Energi.

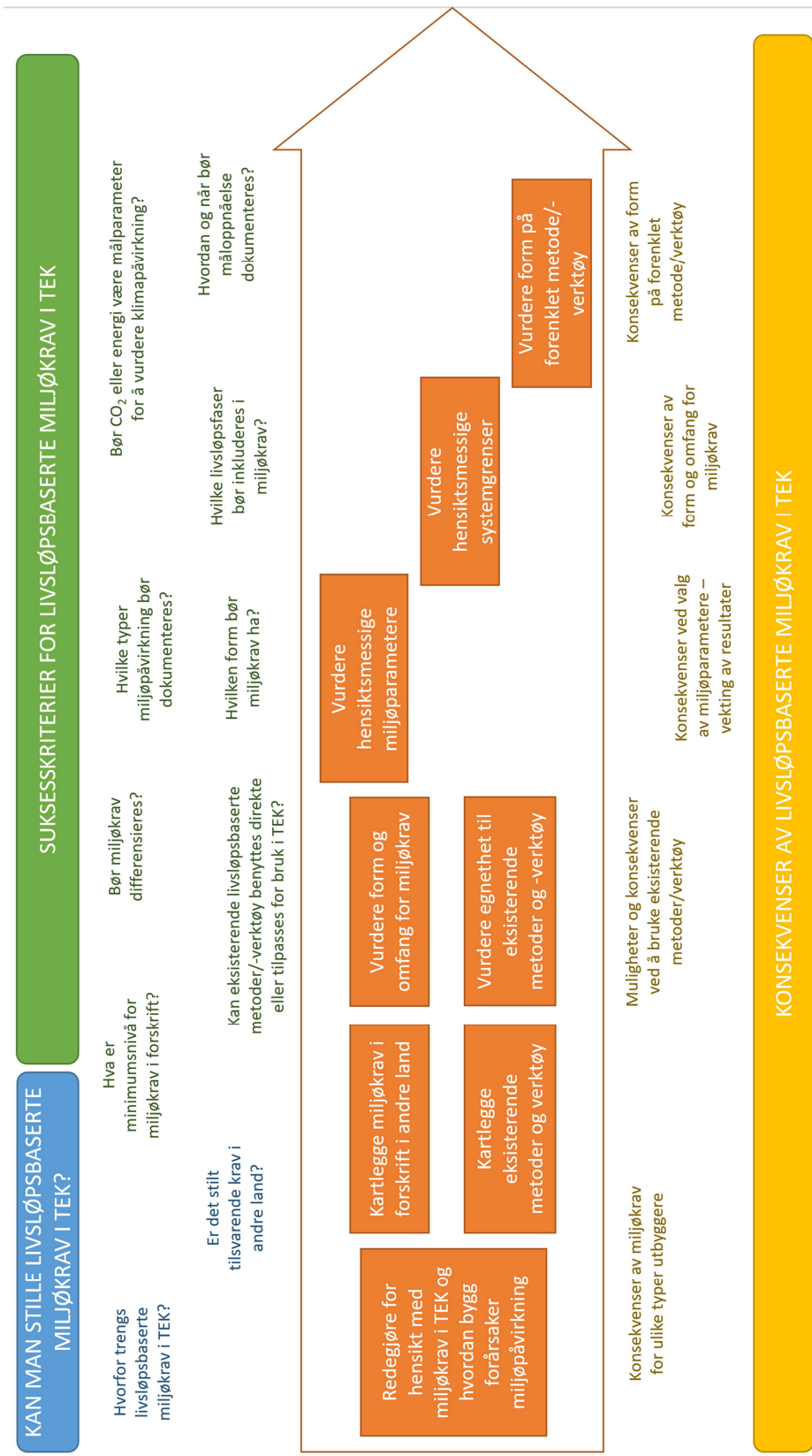
Formålet med prosjektet er å utrede hvordan det kan settes krav til livsløpsbasert miljøvurdering i TEK. Hensikten med dette er å sikre at evalueringer av bygningers miljøprestasjon ivaretar alle viktige aspekter som påvirker total miljøpåvirkning over livsløpet, og ser energi- og materialbruk i sammenheng.

Byggteknisk forskrift skal sikre minimumskvalitet for alle bygninger, også for miljø. Komplette livsløpsvurdering kan være svært tidkrevende, og DiBK ønsket derfor å få vurdert hvilke aspekter av livsløpsvurdering som er kritiske for å gi en god evaluering av bygningers miljøpåvirkning. Utredningen handler i stor grad om å kartlegge hvordan man kan stille krav som er enkle nok til at de kan og vil gjennomføres, men grundige og omfattende nok til at de vil gi god miljøgevinst.

Følgende arbeidsspørsmål ble definert for oppdraget:

- Kan man stille livsløpsbaserte miljøkrav i TEK?
- Hva er hensikten med å stille livsløpsbaserte miljøkrav i TEK?
- Hvilke miljøaspekter bør det stilles krav til?
- Hvilke systemgrenser bør krav ha for å sikre et tilstrekkelig minimumsnivå for miljøprestasjon?
- Har andre land stilt tilsvarende krav?
- Hvilke metoder og verktøy finnes? Kan noen av disse benyttes direkte for å stille krav i TEK?
- Hvilken form bør livsløpsbaserte miljøkrav ha?
- Hvordan kan eksisterende miljøkrav forbedres?

På bakgrunn av arbeidsspørsmålene definerte Asplan Viak en prosjektskisse for arbeidet, som vist under:



1.2 Avgrensninger

Den opprinnelige oppdragsbeskrivelsen fra DiBK etterlyste utredning av LCA-baserte krav i TEK. Vi har i denne rapporten i stedet, og i samarbeid med oppdragsgiver, valgt å bruke begrepet *livsløpsbaserte miljøkrav* for å tydeliggjøre forskjellen mellom fullverdig livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) og de ulike typene vurderinger vi anser som hensiktsmessige å stille krav til i TEK. Det metodiske rammeverket vi definerer for livsløpsbaserte miljøkrav er beskrevet i kapittel 3.1.

Utredningen omhandler først og fremst de øvrige livsløpsfasene for bygninger, dvs. ikke energibruk i drift, ettersom miljøpåvirkning som oppstår i disse fasene i mindre grad er ivare tatt av TEK per i dag. Imidlertid må bruksfasen inkluderes på en helhetlig måte dersom man skal legge livsløpsperspektivet til grunn. Klimagassutslipp fra bygningers livsløp påvirkes av både materialbruk og energi. Energibruk og materialbruk må sees i sammenheng for å finne skjæringspunktet mellom alternative valg der klimagassutslipp minimeres.

Potensialet energikravene i TEK har for å redusere miljøpåvirkning (herunder spesielt klimapåvirkning) er ikke vurdert i utredningen. Energiforbrukene er derfor heller ikke omtalt spesifikt. Ettersom motivasjonen bak kravene til dels er overlappende, diskuteres grensesnittet mellom energikravene og mulige livsløpsbaserte miljøkrav enkelte steder i rapporten. Dette anses imidlertid ikke å være et hovedtema i denne rapporten. En mulig videreføring vil være å se nærmere på hvilke konsekvenser en innføring av livsløpsbaserte miljøkrav vil ha for gjeldende energikrav.

Basert på hva som reguleres i TEK i dag, og hvilke miljøtema som er mest relevant for bygninger (se kapittel 2.1), omhandler utredningen mulige livsløpsbaserte krav til følgende fire typer miljøpåvirkning:

- Klimapåvirkning (inkludert bundet energi)
- Ressursbruk; herunder total ressursbruk og forbruk av truede ressurser
- Helse- og miljøskadelige stoffer
- Emisjoner til inneklimate

1.3 Rapportens oppbygning

Først i denne rapporten presenteres miljøkravene i eksisterende TEK (i forskriftens kapittel 9 og 13). Det gjøres også en vurdering av hvorvidt disse kravene oppnår sin tiltenkte hensikt. Deretter presenteres utdrag fra høringsinnspill til TEK10 og TEK17 som ansees som relevante for utredningen.

I kapittel 2 gjøres det rede for de viktigste kildene til miljøpåvirkning fra bygninger, fordelt på typer miljøpåvirkning, og påvirkning fra ulike livsløpsfaser og bygningsdeler.

Kapittel 3 angir det metodiske rammeverket som legges til grunn for utredningen, og forklarer hva som legges i begrepet *livsløpsbasert miljøvurdering*. Deretter presenteres de viktigste metodiske avklaringene for livsløpsbasert miljøvurdering innen de fire miljøtemaene som diskuteres i utredningen.

Kapittel 4 oppsummerer først krav til livsløpsbaserte miljøvurderinger i forskrifter i andre europeiske land, samt arbeid med denne typen krav på nasjonalt nivå. Deretter oppsummeres frivillige ordninger og merkeordninger for miljøsertifisering av bygninger og byggevarer. Til slutt oppsummeres det hvilke metoder og verktøy for livsløpsbaserte miljøvurderinger av bygninger som er i bruk i Europa i dag.

I kapittel 5 diskuteres muligheter og suksesskriterier for, og konsekvenser av å stille livsløpsbaserte miljøkrav for de ulike miljøtemaene. Først presenteres Asplan Viaks erfaringer med å stille denne typen krav, og deretter diskuteres det hvilken form slike krav kan ha i TEK. Videre diskuteres de ulike miljøtemaene, etterfulgt av muligheter for dokumentasjonskrav. Til slutt i kapitlet vurderes mulige målkonflikter og en mulig prosess for innføring av dokumentasjonskrav og krav til miljøprestasjon.

Kapittel 6 presenterer muligheter for videre arbeid med utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK.

Etttersom det er behov for en del avklaringer av metodikk og presentasjon av bakgrunnsinformasjon for synspunktene i utredningen, er det gitt relativt utfyllende informasjon i vedleggene til rapporten.

1.4 Miljøkrav i nåværende teknisk forskrift (TEK)

I dette kapitlet beskrives krav til miljøprestasjon for bygninger og byggeprodukter som finnes i eksisterende Byggteknisk Forskrift (TEK17) (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). På bakgrunn av avgrensningen av rapporten, som beskrevet i 1.2, er energikrav ikke omtalt.

1.4.1 Kapittel 9 Ytre miljø

Kapittel 9 Ytre miljø omfatter blant annet bestemmelser om helse- og miljøfarlige stoffer i byggprodukter og håndtering av bygg- og anleggsavfall.

§ 9-1 *Generelle krav til ytre miljø* angir følgende overordnede miljømålsetting for bygg:

Byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljøet. Byggavfallet skal håndteres tilsvarende.

Det er ikke angitt spesifikke¹ dokumentasjonskrav for å vise hvordan kravet er fulgt opp, men veiledningen til § 9-1 angir:

For å dokumentere at kravet er oppfylt, kan det utarbeides et miljøprogram som beskriver overordnede miljømål, og en miljøoppfølgingsplan som beskriver detaljerte tiltak.

Følgende anmodning er også gitt i veiledningen til § 9-1:

Materialer og produkter med lave miljøbelastninger knyttet til alle trinn i livsløpet bør velges. Det bør for eksempel velges produkter med energieffektiv og utslippsfattig

¹ For øvrig gjelder de generelle dokumentasjonskravene i forskriftens kapittel 2

fremstillingsprosess. Produkter laget av materialer som er eller kan gjenvinnes, bør foretrekkes.

§ 9-2 Helse- og miljøskadelige stoffer stiller krav til at innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i bygninger skal minimeres:

Det skal velges produkter uten eller med lavt innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer.

I forskriften er det ikke spesifisert videre hvilke stoffer som skal unngås, eller hvordan overholdelse av kravet skal dokumenteres. I veiledningen til § 9-2 henvises det til ulike kilder til informasjon om innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i byggeprodukter, samt til Miljødirektoratets substitusjonsveileder, som gir informasjon om overholdelse av substitusjonsplikten (se kapittel 3.2.2 for beskrivelse av substitusjonsplikten).

§ 9-5 Byggavfall angir krav som angår bygningers og byggematerialers bestandighet og gjenbrukbarhet. Paragrafens første ledd omhandler bygningers totale levetid, med hensyn til avfallsminimering over livsløpet:

Byggverket skal sikres en forsvarlig og tilsiktet levetid slik at avfallsmengden over byggverkets livsløp begrenses til et minimum.

§ 9-5, andre ledd beskriver krav til gjenbrukbarhet ved valg av byggematerialer:

Det skal velges produkter som er egnet for ombruk og materialgjenvinning.

Veiledningen til andre ledd sier blant annet at:

Hvilke vurderinger som er gjort med hensyn til ombruk og materialgjenvinning må fremgå av prosjekteringen.

Dersom aktuelle produkter ikke er forhåndsvurdert av en merkeordning eller i et verktøy, må man innhente informasjon og selv gjøre en vurdering av egnethet for ombruk og materialgjenvinning, se for øvrig § 9-2. Alternativt kan man etterspørre informasjon hos byggevareprodusentene.

Veiledningen til § 9-5, andre ledd viser også til Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), der det stilles krav til at byggevarer skal tilfredsstillende grunnleggende krav til blant annet bærekraftig bruk av naturressurser. I veiledningen til TEK spesifiseres det i denne sammenheng at egnethet for ombruk og materialgjenvinning vil være sentrale egenskaper.

Det stilles krav i § 9-6 om at det skal lages avfallsplan, som

(...)gjør rede for planlagt håndtering av avfall fordelt på ulike avfallstyper og -mengder.

Kravet gjelder oppføring av bygninger over 300 m² BRA, vesentlige endringer/reparasjoner som omfatter mer enn 100 m² BRA av bygningen, riving som overskrider 100 m² BRA, eller oppføring/tiltak/riving der det vil genereres mer enn 10 tonn bygg- og rivningsavfall.

I § 9-8 stilles det krav om at minimum 60 % av avfallet som oppstår i tiltak som omfattes av § 9-6 skal sorteres på byggeplass og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte

gjenvinning. Det stilles dessuten krav i § 9-9 om at skal utarbeides en sluttrapport som viser faktisk disponering av avfallet.

1.4.2 Kapittel 13 Inneklima og helse

Krav til avgassing (emisjoner) til inneklima fra byggematerialer er beskrevet i kapittel 13 Inneklima og helse. Paragraf § 13 - 1 Generelle krav til ventilasjon, sjuende ledd, angir at:

Produkter til byggverk skal gi ingen eller lav forurensning til inneluften.

Veiledningen til kravet angir at produkter som er eksponert for inneluften som er dokumentert og bedømt lavemitterende er preakseptert for oppfyllelse av kravet:

Preaksepterte ytelser

1. *Produkter til byggverk som kan påvirke inneluften må være dokumentert og bedømt lavemitterende med hensyn til*
 - a. *sammensetning*
 - b. *emisjon/tidsrelatert emisjonskurve, medregnet også emisjonsdata for kombinasjonen for materialer som krever liming til underlaget*
 - c. *forutsatt anvendelse og bruksegenskaper*
 - d. *egnet overflatebehandling*
 - e. *opplysninger om mulige helseeffekter*
 - f. *rengjørings- og vedlikeholdsmuligheter, metoder og midler.*
2. *Mineralfiberprodukter må utformes eller innebygges slik at de ikke avgir fibre til romluften.*

1.4.3 Vurdering av eksisterende krav

Som beskrevet over, inneholder Byggteknisk forskrift en rekke krav til «*det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge*», og flere av disse omhandler krav som er svært relevante for denne utredningen.

Mange av kravene er i utgangspunktet formulert som funksjonskrav, men «*i mange tilfeller er funksjonskravene også fortolket og gitt som ytelseskrav i forskriften*». Andre funksjonskrav er fortolket og gitt som preaksepterte ytelser i veiledningen til teknisk forskrift.

Erfaringsvis er det imidlertid ikke alle miljøkravene i Byggteknisk forskrift som overholdes i alle byggverk per i dag. Det er mange grunner til dette, blant andre:

- Enkelte krav oppfattes som vage; det er dermed uklart hva som egentlig kreves. Dette gjelder spesielt for de kravene der det bare er stilt funksjonskrav.
- Det er som oftest ikke angitt spesifikke dokumentasjonskrav for miljøkravene i kapittel 9 og 13. Dermed er det kun det generelle dokumentasjonskravet i forskriftens kapittel 2 (§ 2-1. Dokumentasjon for oppfyllelse av krav. Generelt, første ledd) som er gjeldende.
- Det er ofte ikke opplagt hvilket fag som har ansvaret for å sørge for at prosjektet overholde de enkelte kravene i forskriften, og dermed er det ingen som sørger for å ivareta dette.
- Mange prosjekter har ikke involvert fagpersonell med kompetanse egnet for å sørge for å overholde alle miljøkravene som stilles.
- Enkelte miljøkrav kan til tider oppfattes å være i motstrid med andre krav i forskriften.
- Mange av kravene faller ikke spesifikt under noen ansvarsrett.

Alt i alt medfører kombinasjonen av lite konkrete miljøkrav, fravær av spesifikke dokumentasjonskrav og udefinert ansvarsforhold for dokumentasjon og kontroll at krav oppfattes som lite bindende. Erfaringsmessig blir miljøkravene i TEK i praksis sjelden dokumentert og heller ikke nødvendigvis overholdt.

Nedenfor presenteres noen eksempler:

- § 9-1 er mer et mandat/intensjon enn et krav.
- Krav til klimagassutslipp er ikke nevnt i nåværende TEK, med unntak av i veiledning til § 9-1, der utslipp av CO₂ fra fossilt brensel til oppvarming angis som eksempel på utslipp til luft.
- Det stilles ikke spesifikke krav til dokumentasjon av at substitusjonsvurderinger er gjennomført iht. substitusjonsplikten. Internkontrollforskriftens § 5² setter generelle krav til dokumentasjon av innholdet i virksomheters systematiske helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid, men substitusjonsvurderinger er ikke nevnt spesifikt.
- Miljøvurderinger av materialer er i stor grad overlatt til prosjekterende og utførende.
- I kapittel 13 er det ikke angitt spesifikke krav til dokumentasjon av emisjoner fra produkter.
- I miljøklassifiseringssystemet BREEAM-NOR har man sett at det er nødvendig å ta hensyn til at miljøkravene i TEK i mange tilfeller ikke blir ivaretatt i byggeprosjektene. Dermed har man i BREEAM-NOR valgt å stille dokumentasjonskrav (enkelte av disse er også poenggivende i sertifiseringsordningen) som i praksis bare sikrer at prosjektene har overholdt miljøkravene som allerede finnes i TEK. Dette gjelder f.eks. krav til å unngå helse- eller miljøskadelige stoffer og krav til bruk av lavemitterende materialer.
- Det stilles ikke krav om maksimal mengde byggavfall som skal aksepteres.

Etter vårt syn vil det være nødvendig å stille mer forpliktende krav til dokumentasjon etc. dersom man ønsker at miljøkravene i byggteknisk forskrift skal ha sin tilsiktede effekt. I kap. 5.5.5 gir vi noen forslag til løsninger for å sørge for at miljøkravene i TEK i større grad blir ivaretatt i byggeprosjektene.

² <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-12-06-1127>

1.5 Høringsinnspill til nåværende TEK

1.5.1 Høringsinnspill reviderte energikrav i TEK 10 (kravene ble videreført i TEK 17)

DiBK gjennomførte i 2015 en høring angående forslag til nye energikrav til bygg. Forslaget til nye forskrifter innebar innskjerpinger i krav til energieffektivitet og endringer og forenklinger i kravet til energiforsyning.

Høringsnotatet fra 2015 inneholdt et forslag om at bygninger under 150 m² fikk anledning til å øke rammekravet for energieffektivitet med inntil 10 kWh pr m² pr år «*forutsatt at det kan dokumenteres at totalt netto energibehov over byggets livsløp ikke vil økes*». Hensikten med dette forslaget var ifølge høringsnotatet å åpne for «*å ta i bruk løsninger som gir lavt energibehov over livsløpet*» (...) «*eksempelvis miljøvennlige materialer produsert med lav energibruk, hybrid ventilasjon*». Forslaget var kun inkludert for bygninger under 150 m²; det vil i praksis si først og fremst aktuelt for mindre boligbygg.

DiBK mottok 198 høringsinnspill på forslagene til nye energikrav. Av disse var det nesten 30 som inneholdt konkrete forslag/innspill ang. LCA, livsløpsanalyser, materialvurderinger eller lignende.

Flere av disse innspillene anbefalte at byggeforskriftene burde legge til grunn en mer helhetlig betraktning, der det vurderes klimagassutslipp knyttet til hele livsløpet for en bygning, i stedet for å fokusere kun på gjennomføring av energieffektiviseringstiltak for å spare energi i bygningens driftsfase (og dermed redusere klimagassutslippene i driftsfasen). Etter hvert som energikravene for bygninger blir stadig strengere, så «vil bunden energi og klimagassutslipp fra materialer og komponenter utgjøre en viktig andel av livsløpsregnskapet for et bygg» (jf. SINTEF Byggforsk). Hele livsløpet vil i denne forbindelse si (jf. Naturvernforbundet i Oslo og Akershus):

en kombinasjon av byggematerialenes energikonsum og miljøslitasje ved uttak og produksjon, energibruk og andre miljøkonsekvenser ved transport av materialer, oppsetting og vedlikehold av bygningen og tekniske installasjoner, energibruk i bruksfasen (bl.a. ventilasjon), og hvilken energibærer som benyttes for oppvarming o.a. energibruk og effektiviteten av disse.

Mange av innspillene var inne på at dette er en kompleks men viktig prosess, f.eks. Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo som skrev:

Omforente og transparente metoder og datagrunnlag for livsløpsanalyser krever avklaring av komplekse problemfelt, men er avgjørende for å kunne velge riktige helhetsløsninger for bygg.

Videre var det mange av innspillene som påpekte at dersom et slikt krav skal kunne fungere i praksis, så må det etableres nødvendig metodikk, og klare retningslinjer, tilsvarende som for energiberegninger. F.eks. skrev Eggen Arkitekter AS følgende:

Det bør derfor utvikles lett tilgjengelige verktøy parallelt med strengere krav til klimagassutslipp i alle sektorer.

Og Norskogs høringsinnspill inneholdt følgende formulering:

Det er derfor påkrevet å utvikle pålitelige verktøy og standarder, i tråd med internasjonale krav, som kan brukes av alle som skal prosjektere og bygge. Dette er etter vårt syn et offentlig ansvar. Tilsvarende må det utvikles systemer for alle bedriftene i byggenæringen slik at de kan levere bærekraftige bygg. TEK må definere premissene i dette arbeidet.

SINTEF Byggforsk påpekte at det per i dag er liten erfaring med denne typen beregninger i bransjen, og foreslo at det kanskje er mest aktuelt å medta dette som en opsjon i forskriften, der «*reduisert mengde bunden energi kan kompensere for noe økt energibruk til drift*», i praksis tilsvarende som høringsnotatet inneholdt for de minste bygningene.

1.5.2 Høringsinnspill TEK 17

Også i forbindelse med høring av TEK 17 innkom det en rekke høringsinnspill som er relevante for tematikken som behandles i denne utredningen.

De mest relevante kommentarene omhandler § 9-1, dvs. «*Byggverk skal prosjekteres, oppføres, driftes og rives på en måte som medfører minst mulig belastning på naturressurser og det ytre miljøet.*»

Flere av innspillene henviste til byggevareforordningen, der det er blitt «*innført et nytt grunnleggende krav til byggverk: bærekraftig bruk av naturressurser. Byggverk skal konstrueres, oppføres og rives på en slik måte at bruken av naturressurser er bærekraftig, og særlig sikre (1) At byggverk og materialer kan brukes på nytt eller gjenvinnes etter rivning; (2) Byggverks bestandighet; (3) Bruk av miljøvennlige materialer i byggverk.*».

De aktuelle innspillene mener at dette hensynet ikke var blitt ivaretatt i høringsutkastet til TEK 17. Norsk Treteknisk Institutt gir følgende anbefaling:

Byggteknisk forskrift bør legge mer konkrete føringer for hvordan byggenæringen skal møte samfunnets krav til bærekraftige løsninger. Dette må baseres på godt dokumentert, gjerne forskningsbasert, kunnskap om byggeprodukters miljøegenskaper, slik at dette i større grad sidestilles med krav til kostnadseffektivitet. Som et ledd i dette, er det et klart mål å utvikle enhetlig og standardisert dokumentasjon knyttet til økende miljøkrav.

Mens Treindustriens anbefaling er som følger:

Byggteknisk regelverk må etter Treindustriens syn bidra til at det utvikles egnede verktøy og standardiserte metoder for å kunne møte samfunnets krav til bærekraftige løsninger, også når det gjelder byggverk. Dette må ikke settes opp mot utvikling av kostnadseffektivitet, forutsigbarhet og innovasjon i byggenæringen. (...) Som et ledd i dette, er det et klart mål å utvikle enhetlig og standardisert dokumentasjon knyttet til økende miljøkrav. (...) TEK må være en premissleverandør for utvikling av standarder og enkle verktøy slik at alle bedriftene i byggenæringen kan levere bærekraftige bygg for fremtiden.

Nedenfor gjengis andre uttalelser med relevans for tematikken som omhandles i denne utredningen.

Norsk Eiendom:

«Forskriften kunne likevel lagt en funksjonsbasert ambisjon når det gjelder klimautslipp knyttet til produksjon og bruk av materialer, livsløpsbetraktninger, gjenvinning og avfallsreduksjon.»

Statsbygg:

«Savner at det stilles krav til vurdering av klimagassutslipp knyttet til materialbruk sett i et livssyklusperspektiv. Det bør settes grenseverdier for klimagassutslipp for materialer til byggverk, for eksempel for produktgruppene betong, stål, gips og aluminium.»

NTNU, Fakultet for Arkitektur og Design:

Vi er på etterskudd med å sette krav til CO₂ emisjoner i bygg, i tillegg til energikravene. (...) Produksjon og drift av bygninger står for store deler av CO₂-utslippene. Samtidig er bygde omgivelser en av de virkelig lavthengende fruktene for å redusere utslippene i stort monn: det er billig og realiserbart. (...) En revisjon av TEK må ta dette inn over seg og innføre terskel-krav til CO₂ utslipp for produksjon og transport av materialer, bygging, drift og gjenbruk av bygninger så fort som overhodet mulig. (...) Vi ber myndighetene starte arbeidet med å utarbeide lover og regelverk for CO₂-utslipp i forbindelse med bygningers materialer, bygging, drift og gjenbruk med implementering senest i TEK20.

2 MILJØPÅVIRKNING FRA BYGNINGER

I dette kapitlet introduseres de viktigste kildene til ulike typer miljøpåvirkning fra bygninger. Hvilke aktiviteter over bygningers livsløp som forårsaker miljøpåvirkning, og hvilke bygningselementer som har størst betydning presenteres, med spesiell vekt på klimapåvirkning. En oversikt over kilder til miljøpåvirkning for ulike bygningstyper, per bygningsdel, er gitt i Vedlegg 4.

2.1 Typer miljøpåvirkning fra bygninger

Oppføring, drift og avhending av bygninger påvirker menneskelig miljø og naturmiljø på flere ulike måter. Påvirkningen kan skje både direkte, gjennom utslipp til uteluft eller inneklimate, og indirekte, i verdikjedene til material- og energiresurser som forbrukes gjennom livsløpet. Begrepene bundet energi og bundne utslipp brukes også om indirekte forbruk av energi og indirekte utslipp, det vil si hhv. energibruk og utslipp som forårsakes av en aktivitet, men som ikke forekommer på samme tid eller sted som aktiviteten. Klimagassutslipp som skyldes produksjonen av elektrisitet regnes for eksempel som indirekte eller bundne når man betrakter klimapåvirkning fra driften av bygningen der elektrisiteten forbrukes. Produksjon av byggematerialer krever energi og råstoffer. Energibruk som skjer i verdikjeden for materialer som inngår i en bygning, regnes som bundet energi i materialene. Produksjonen av denne energien er igjen opphav til klimagassutslipp som regnes inn i materialenes bundne utslipp. Bundne klimagassutslipp kalles gjerne også klimafotavtrykk, som et bilde på det sporet av klimapåvirkning materialene legger igjen gjennom verdikjeden. Klimafotavtrykket til et produkt påvirkes av energibruk i verdikjeden, men også av andre prosesser som forårsaker klimagassutslipp. Et eksempel på en slik prosess er kalsinering av kalkstein, som står for en stor del av bundne klimagassutslipp i sement. Bundet energi er altså en av flere faktorer som innvirker på klimapåvirkning som miljøtema. En videre diskusjon av indikatorer for klimapåvirkning er presentert i kapittel 5.3.1.

I konteksten av bygningers miljøpåvirkning er det konsekvensene av energibruk, og ikke energibruk i seg selv, som er relevante å vurdere. Vurdering av klimapåvirkning som miljøtema omfatter dermed vurdering av bundet energi i dette henseendet. En vurdering av energibruk som et eget miljøtema kan dermed ikke omhandle energibrukens konsekvens for klimapåvirkning, men heller forbruk av energi som en ressurs i seg selv. Dette kan omfatte vurderinger av hvordan energibruk kan føre til knapphet på spesifikke energiresurser, eller hvordan man best kan bevare energikvaliteten i et gitt system. Dette faller imidlertid utenfor den avgrensningen av miljøpåvirkning som er satt for denne utredningen, som beskrevet i kapittel 1.2. Konsekvenser av energiproduksjon for andre miljøtema som biologisk mangfold o.l. er etter vårt syn ikke innenfor rekkevidden av hva TEK kan regulere, og vurderes derfor ikke videre her.

Miljøpåvirkning fra bygninger omfatter både globale og lokale miljøaspekter. Klimapåvirkning er den typen global miljøpåvirkning som har stått høyest på den politiske dagsordenen de siste årene. Ressursforbruk, både knyttet til total ressurseffektivitet og forbruk av truede ressurser, er også en global problemstilling. Innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i byggematerialer er en stedsavhengig miljøpåvirkning, men kan angå flere ulike lokalmiljøer, avhengig av hvor eksponeringen skjer. Forekomster av skadelige stoffer er problematisk både med hensyn til potensiell eksponering for brukere av bygget og for arbeidsmiljø i

produksjonsprosessen, i tillegg til ved mulige utslipp til omgivelsene i produksjon, bruk og avhending av produkter. Skadelig avgassing (emisjoner) fra produkter som er eksponert mot inneluften i bygninger er den mest lokale typen miljøpåvirkning som forårsakes av bygninger.

De viktigste miljøtemaene knyttet til bygningers livsløp som er relevante å regulere i TEK vurderes å være følgende:

- Klimapåvirkning
- Ressursbruk; herunder total ressursbruk og forbruk av truede ressurser
- Helse- og miljøskadelige stoffer
- Emisjoner til inneklime

Aktiviteter knyttet til bygging og bruk av bygninger kan også føre til lokal luftforurensning, forsuring, eutrofiering/overgjødning og en rekke andre miljøpåvirkninger. Imidlertid vurderes disse som mindre relevante å regulere i TEK enn de fire miljøtemaene beskrevet over, og er ikke omtalt i denne rapporten.

2.2 Miljøpåvirkning over bygningers livsløp

Alle aktiviteter som forekommer i livsløpet til en bygning der material- og energiresurser forbrukes, forårsaker miljøpåvirkning. Dette omfatter produksjon av byggematerialer, aktiviteter i utbyggingsprosessen, energibruk i drift og vedlikeholdsaktiviteter over levetiden, og til slutt riving og avfallshåndtering.

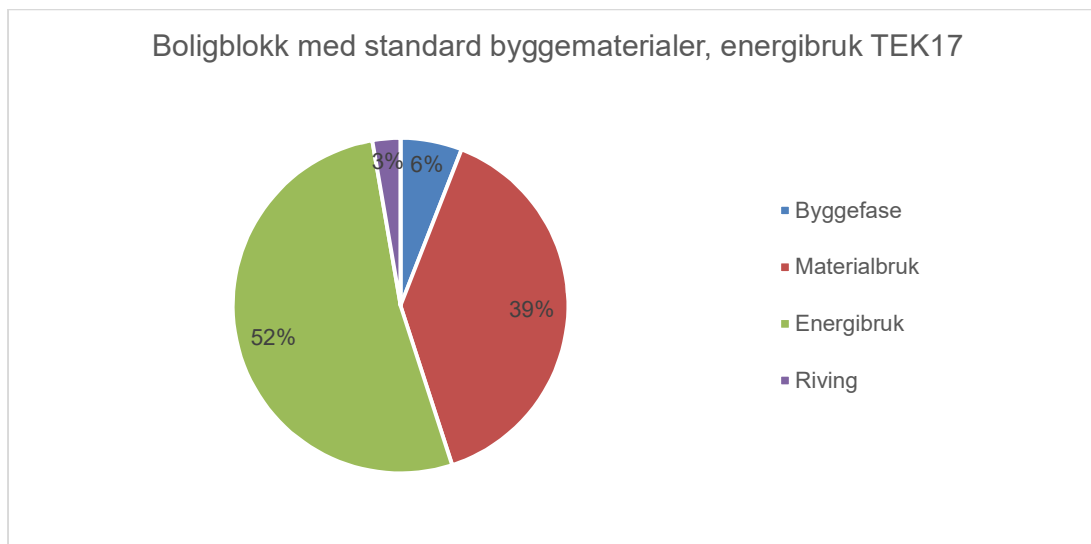
Transport i drift av de som bruker bygningen kan også knyttes opp mot bygningens samlede miljøpåvirkning, selv om dette i mindre grad er knyttet til bygningskroppen direkte, og heller avhenger av bygningens plassering.

For de fire typene miljøpåvirkning som er omtalt i denne rapporten er alle forbundet med flere faser i bygningers livsløp, med unntak av emisjoner av skadelige stoffer til inneklime, som i all hovedsak er knyttet til bruksfasen. Risiko for skadevirkninger fra helse- og miljøskadelige stoffer har ofte også kun blitt vurdert i tilknytning til bruksfasen. Hensyn til mulige utslipp og arbeidsmiljø i produksjonen av produkter, og kanskje spesielt til generering og mulige utslipp fra farlig avfall i avhendingen av bygninger tilsier imidlertid at det er relevant å vurdere skadelige stoffer over hele livsløpet. Dette også med tanke på å legge til rette for økt gjenbruk av byggematerialer. Tilsvarende er hele livsløpet relevant for å vurdere hvordan bygninger bidrar til forbruk av truede ressurser, og ikke minst for å vurdere total ressurseffektivitet.

2.2.1 Klimagassutslipp over bygningers livsløp

Klimagassutslipp fra en bygning forårsakes av forbruk av material- og energiresurser i løpet av bygningens levetid, aktiviteter i vedlikehold, konstruksjonsfasen og ved riving av bygningen, og av avfallshåndtering av materialer etter endt levetid. Som beskrevet over, omtales energibruk og utslipp som skjer i verdikjeden til et produkt som indirekte, eller bundet energi/bundne utslipp. Vurdering av bygningers klimapåvirkning over livsløpet omfatter blant annet vurdering av bundet energi.

Fordelingen av klimagassutslipp på ulike livsløpsfaser og aktiviteter varierer for ulike typer bygninger. For en typisk boligblokk bygget iht. TEK17-standard tilknyttet fjernvarmenettet, kan klimagassutslippene forventes å fordele seg omtrent som i Figur 2.1:



Figur 2.1 Fordeling av klimagassutslipp for en typisk boligblokk som følger TEK17-standard og bruker standard byggematerialer. Materialbruk inkluderer produksjon, transport, utskifting og avhending. Beregnet av Asplan Viak, basert på erfaringstall, klimagassregnskap.no og teknisk forskrift. Det er forutsatt at oppvarming (rom, vent. og tappevann) dekkes av fjernvarme, slik at elektrisitet kun brukes til el-spesifikt forbruk. For bruk av elektrisitet er det forutsatt nordisk produksjonsmiks med en utslippsfaktor på 100 g CO₂-ekv/kWh. For elektrisitetsbruk i produksjon av byggematerialer er det lagt til grunn en blanding av norsk og europeisk, etter databasen gitt i klimagassregnskap.no. Utslippsfaktor benyttet for fjernvarme er basert på Hafslund-miks for Oslo i 2015, 114 g CO₂-ekv /kWh.

For eneboliger vil mest sannsynlig bygging og riving utgjøre en mindre andel av utslippene, fordi det ikke brukes kraner og store anleggsmaskiner. For en forretningsbygning vil energibruket gjerne være høyere per m² enn for en boligblokk, samtidig som mer åpne arealer gir mindre materialer per m². Dermed vil bidraget til klimagassutslipp fra forretningsbygninger ofte skyldes en større andel energibruk og en mindre andel materialbruk enn for boligblokker. Fordelinger for flere ulike bygningstyper er vist i Vedlegg 4.

Klimagassutslipp fra byggefase og riving av bygningen varierer blant annet med størrelse på byggeprosjekt og levetid for bygningen. Bidrag til totale klimagassutslipp fra disse fasene vil være vesentlig mindre enn bidrag fra materialbruk og energibruk i bygningen.

For de fleste moderne bygninger forårsakes den største andelen av totale klimagassutslipp knyttet til bygget i andre deler av livsløpet enn i bruksfasen. Bygninger med brensel-baserte energiløsninger (både biobaserte og fossile) har høyere utslipp fra energibruk i drift, men stadig strengere krav til energieffektivitet i lover og regelverk har gitt mer energieffektive bygg. Derfor har byggematerialene fått større betydning for byggenes totale miljøpåvirkning, og den relative andelen av totale utslipp er økende.

Klimagassutslipp fra materialbruk forårsakes av råvareuttak, produksjon, transport og avfallshåndtering. I tillegg til utslipp knyttet til materialer som brukes i utbygging, må utskifting av elementer med kortere levetid enn bygningen medregnes over livsløpet.

Klimagassutslipp fra transport i drift av brukere til og fra bygningen står ofte for en høy andel av totale klimagassutslipp over livsløpet. Fordi transport i drift i liten grad kan påvirkes av bygningskroppens utforming, ligger dette utenfor systemgrensene for hva man kan regulere i TEK, og vil ikke omtales videre i utredningen.

Selv om bygninger har blitt mye mer energieffektive i senere tid, forårsaker energibruk i drift fortsatt en betydelig andel av totale klimagassutslipp over livsløpet.

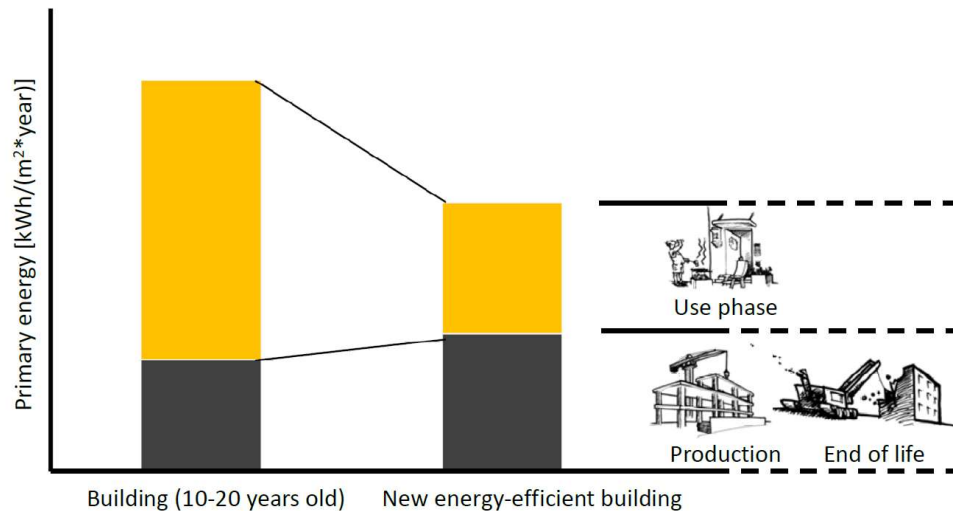
I eldre bygninger har det vært vanlig å bruke oljekjel for oppvarming, og dette har forårsaket høye klimagassutslipp. Bruk av oljekjel fases nå ut, og skal bli forbudt fra 2020.

Klimagassutslipp knyttet til oppvarming gjennom elektriske panelovner eller varmepumpe kommer fra produksjon av elektrisitet. Klimagassutslipp fra fjernvarme varierer med hva slags kilder som brukes for å produsere fjernvarmen.

Norsk kraft blir i hovedsak produsert fra vannkraft, men ettersom det norske kraftnettet er tilknyttet andre land, er det en del av et felles europeisk kraftsystem der det importeres og eksporteres strøm kontinuerlig over landegrensene. Derfor er ikke nødvendigvis klimapåvirkningen fra å forbruke 1 kWh strøm den samme som å produsere 1 kWh strøm fra vannkraft i Norge. Dette er videre omtalt i kapittel 5.3.2.5, og i Vedlegg 5.

Avhengig av energistandard og materialvalg vil utslipp fra energibruk og materialbruk utgjøre litt ulike andeler av totale klimagassutslipp fra bygningens livsløp. I tillegg til at klimagassutslipp forbundet med materialbruk har fått større *relativ* betydning for energieffektive bygninger, kan energisparetiltak føre til at også *absolutte* klimagassutslipp fra materialbruk øker. Dette kommer blant annet av større mengder isolasjon, som fører til økte utslipp fra isolasjonsmaterialer. Ved en viss isolasjonstykkelse vil besparelsen av utslipp som følge av redusert energibruk spises opp av økte utslipp fra mer bruk av isolasjon. Den optimale isolasjonstykkelsen vil variere med isolasjonstype. For å se den virkelige klimagevinsten av tykkere isolasjon er det derfor nødvendig å se klimagassutslipp fra energibruk og materialbruk i sammenheng.

I en energieffektiv bygning i dag kan klimagassutslipp fra materialbruk utgjøre like mye som energibruk i drift gjennom hele bygningens levetid. I noen tilfeller kan også materialbruken forårsake større klimagassutslipp enn energibruk i drift. Dette gjelder spesielt i bygninger der det produseres fornybar energi på tomte. Figur 2.2 illustrerer primærenergibruk fra materialbruk og energibruk for en typisk bygning med passivhusstandard, sammenliknet med gjennomsnittlige 10-20 år gamle bygg.

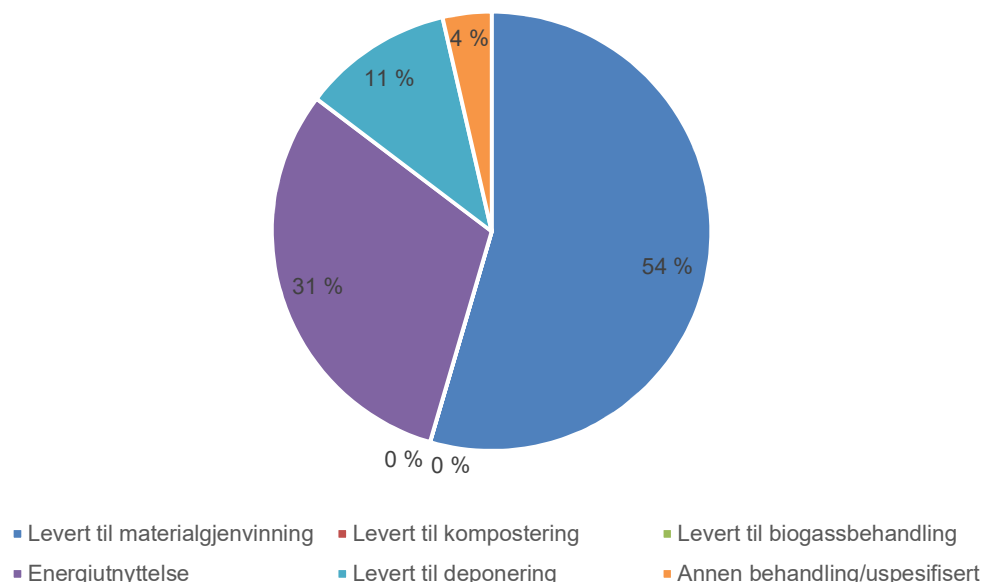


Figur 2.2: Forholdet mellom primærenergibruk fra energibruk i drift og materialbruk (produksjon og avhending) for 10-20 år gamle bygninger sammenliknet med bygninger med passivhusstandard. Kilde: (EeBGuide Project, 2011).

Energibruk i drift og materialbruk i bygninger påvirker hverandre. Energieffektiviseringstiltak kan komme i konflikt med tiltak for å minimere utslipp fra materialbruk, for eksempel ved at økt materialbruk til isolasjon eller mer energieffektive vinduer reduserer energiutslipp, men øker materialutslipp. Et annet eksempel er installasjon av solceller for å redusere utslipp fra energi i drift. Klimagassutslipp fra produksjon av solcellene må da tas med i beregningene for å undersøke det reelle potensialet for å spare klimagassutslipp. For å finne det optimale skjæringspunktet mellom materialbruk og energieffektivitet som gir lavest totale klimagassutslipp, er det avgjørende å se materialbruk og energibruk i sammenheng.

Etersom miljøpåvirkning fra byggematerialer får stadig større relativ betydning for bygningers miljøbelastning, er gjenbruk av materialressursene etter riving en viktig del for å redusere miljøbelastningen. Gjenbruk, forstått som både ombruk og materialgjenvinning, vil i de fleste tilfeller kunne redusere behovet for produksjon av nye byggematerialer, og dermed føre til en bedre total ressursutnyttelse i samfunnet. Tall fra SSB (Statistisk Sentralbyrå, SSB, 2017) viser at 85 % av alt avfall fra nybygging, rehabilitering og riving av bygninger i Norge ble energi- eller material-gjenvunnet i 2014.

Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving 2014



Figur 2.3 Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving i Norge, basert på vekt, 2014. Kilde: SSB

55 % av avfall fra norske bygninger og byggeplasser ble materialgjenvunnet i 2014, mens 31 % ble energigjenvunnet. Energigjenvinning av materialer øker den totale ressursutnyttelsen, men bidrar ikke til å redusere behovet for produksjon av nye byggematerialer, fordi materialressursene ikke ivaretas i sin tiltenkte funksjon.

I rammedirektivet om avfall i EU er det i dag en målsetting om at 70 % av bygg- og anleggsavfall skal ombrukes og materialgjenvinnes innen 2020. I Stortingsmelding 45 (2016-2017) «Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi» (Klima- og miljødepartementet, 2017) oppgis det at den senest rapporterte tallet for materialgjenvinningsgrad for bygg- og anleggsavfall var 61%.

2.3 Miljøpåvirkning fra ulike bygningsdeler

Emisjoner til inneluft er kun relevant for produkter som er eksponert mot inneluft i bygget. Dersom man kun vurderer mulig skadevirkning i bruk for forekomster av helse- og miljøskadelige stoffer, er det også bare produkter som er eksponert mot innemiljøet som kan være problematiske. Imidlertid kan skadelige stoffer i alle byggeprodukter forårsake problemer i avhendingsfasen, ved at de må behandles som farlig avfall og skaper risiko for utlekking til omgivelsene, og ved at de begrenser mulighetene for gjenbruk etter endt levetid.

For ressursbruk og klimagassutslipp er alle bygningsdeler like relevante bidragsytere. For klimagassutslipp vil det imidlertid som oftest være de største materialforekomstene som har størst betydning for klimagassutslipp. Hvilke elementer i bygninger dette kan forventes å omfatte, er utdypet i det videre. En oversikt over hvilke materialgrupper som er mest relevante for de ulike miljøtemaene per bygningsdel er gitt i Vedlegg 4.

2.3.1 Klimagassutslipp fra ulike bygningsdeler og materialgrupper

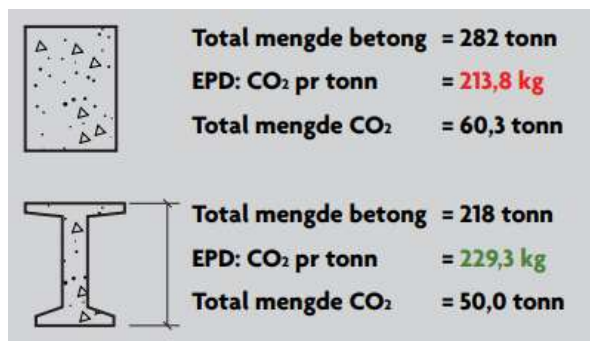
Bærestruktur og fundamenter står ofte for den største andelen av klimagassutslippene fra materialbruk i en bygning. Bærestrukturen i en bygning utgjøres av alle bærende elementer, inkludert dekker, søyler og bjelker, og bærende inner- og yttervegger. Ettersom disse bygningsdelene inneholder de største volumene av bygningsmaterialer, ligger det et stort potensiale i å redusere klimagassutslipp fra materialbruk betydelig ved å optimalisere materialbruk og velge materialer med lave produksjonsutslipp her.

Stål og betong bidrar generelt til store andeler av klimafotavtrykket for byggematerialene. Produksjon av jomfruelig stål og betong med tradisjonell sement forårsaker høye klimagassutslipp. I betongproduksjonen er det særlig produksjonen av sementklinker som har betydning for utslipp. Det har vært og er en vesentlig utvikling i betongbransjen i retning av betongprodukter med lavere produksjonsutslipp, ved bruk av resirkulert tilslag som erstatning for sementklinker.

Produksjon av stål med høyt innhold av resirkulert stål gir også lavere utslipp enn produksjon av jomfruelig stål (I hvert fall sett i et regnskapsperspektiv. Det er mulig at etterspørsel etter skrapstål vil føre til økning i produksjon av jomfruelig stål totalt i markedet, dette er omtalt i Vedlegg 5.

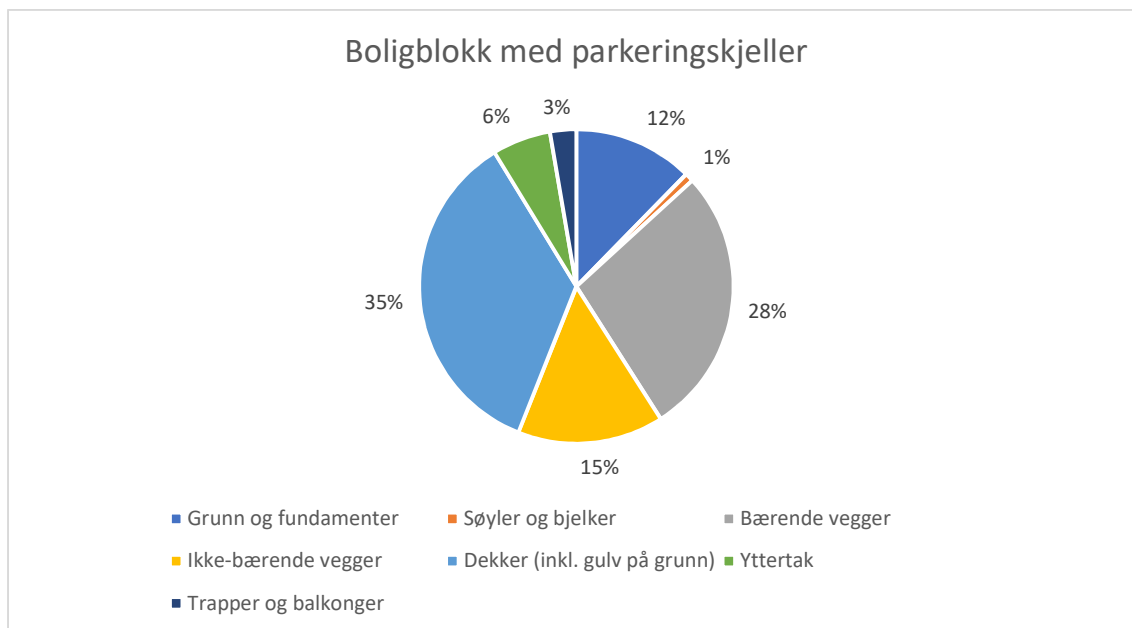
Andre materialgrupper som har høye produksjonsutslipp, er glass, teglstein, keramiske fliser og ulike metaller (med lav resirkuleringsgrad). Isolasjon med høy trykkfasthet kan også være utslagsgivende i klimagassberegninger. Dersom det installeres solceller på bygningen eller tomten, kan klimagassutslipp fra produksjon av solcellene gi et betydelig bidrag til klimagassutslippene knyttet til bygningens materialbruk.

På samme måte som det er avgjørende å se energibruk og materialbruk i sammenheng for å vurdere klimagevinsten av energieffektiviseringstiltak, er det viktig å se på total materialbruk for å oppfylle nødvendige funksjoner i bygget. Mer effektiv materialbruk kan føre til at en bygningsdel totalt sett gir lavere klimapåvirkning på tross av at det er benyttet enkeltmaterialer med høyere utslipp enn i en annen løsning. Et eksempel på dette kan være bruk av betongsøyler i stedet for massive betongelementer, som illustrert i Figur 2.4:



Figur 2.4 Beregnet CO₂-utslipp ved bruk av ulike typer betongsøyler. Kilde: Norsk betongforening Publikasjon 37

Figur 2.5 viser en typisk fordeling av klimagassutslipp på bygningsdeler, for en boligblokk oppført med standard byggematerialer.



Figur 2.5 Fordeling av klimagassutslipp på bygningsdeler for en standard boligblokk med parkeringskjeller, beregnet med klimagassregnskap.no. Utslippsfaktor for elektrisitet som benyttes i produksjon av materialene i disse beregningene er en blanding av norsk og europeisk produksjonsmiks (100 g CO₂e/kWh), hentet fra databasen i klimagassregnskap.no.

Hvordan klimagassutslippene fordeles på de ulike bygningsdelene vil variere med bygningstyper og materialvalg. Fordeling av klimagassutslipp på bygningsdeler for flere ulike bygningstyper er vist i Vedlegg 4. I vedlegget finnes også en tabell som tar for seg miljøpåvirkning for ulike bygningsdeler, der flere indikatorer enn klimagassutslipp er omtalt.

3 METODISK RAMMEVERK FOR UTREDNINGEN

For å utdype det metodiske rammeverket som er lagt til grunn i utredningen av livsløpsbaserte miljøkrav, presenteres først det overordnede rammeverket for livsløpsbasert miljøvurdering. Deretter presenteres metodikken som legges til grunn for de fire miljøaspektene vi har vurdert som de mest sentrale å regulere i TEK, med korte redegjørelser for sentrale metodiske valg.

3.1 Livsløpsbaserte miljøvurderinger

Den opprinnelige tittelen på utredningen utlyst av DiBK var «Utredning av LCA-krav i TEK». Det er i denne rapporten i stedet valgt å bruke begrepet *livsløpsbaserte miljøkrav* for å tydeliggjøre forskjellen mellom fullverdig livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA) og de ulike typene vurderinger vi anser som hensiktsmessige å stille krav til i TEK.

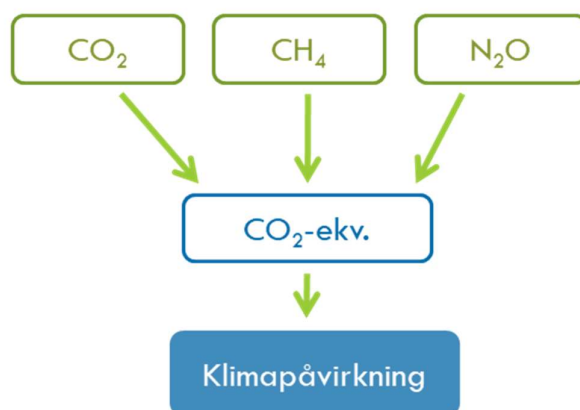
3.1.1 Livsløpsvurdering

Livsløpsvurdering (LCA - Life Cycle Assessment) er en standardisert metode for å vurdere miljøpåvirkningene fra hele verdikjeden til et produkt eller et system. Livsløpet omfatter utvinning av ressurser, produksjon av råmaterialer og produkter, distribusjon og transport, bruk, og til slutt avhending. Forbruk av materialer, energi og tjenester over hele verdikjeden må kartlegges, samt utslipp forårsaket av dette. LCA-metodikken er presentert mer inngående i Vedlegg 5.

LCA omfatter både vurdering av hele livsløpet for det produktet man vurderer, og i tillegg livsløpene til ressurser som inngår i produktets verdikjede. En fullverdig LCA av en bygning omfatter derfor, som illustrert i Figur 3.2, både vurdering av livsløpet til selve bygningen, og i tillegg livsløpet til alle materialene som inngår. For komplekse produktsystemer kan dette være beregningsteknisk utfordrende. Derfor omfatter LCA beregningsmetodikk for å kunne summere og «oversette» forbruk av ressurser og utslipp til en bestemt type (eller flere ulike typer) miljøpåvirkning, i det som betegnes som effektvurderingssteget. Dette gjøres ved hjelp av definerte karakteriseringsmetoder (se Vedlegg 5 for detaljer), som brukes til å fastsette effekten av utslipp og forbruk av bestemte stoffer for ulike typer miljøpåvirkning, for eksempel klimapåvirkning. En av de mest brukte karakteriseringsmetodene i LCA, ReCiPe, vurderer 18 ulike typer miljøpåvirkning (Pré, 2016).

Det kan være flere ulike typer utslipp eller forbruk av ressurser som forårsaker en bestemt type miljøpåvirkning. For klimapåvirkning regnes det for eksempel med bidrag fra 6 ulike klimagasser – se kapittel 3.2.1 for detaljer. Hver type miljøpåvirkning måles i henhold til en bestemt enhet. For eksempel måles klimapåvirkning i CO₂-ekvivalenter, som medfører at klimapåvirkningsbidraget fra andre klimagasser må regnes om relativt til virkningen av et utslipp av CO₂. Dette er illustrert i Figur 3.1 (kun omregning av 3 klimagasser er vist):

$$40 \text{ kgCO}_2 * 1 \frac{\text{CO}_2\text{eq}}{\text{CO}_2} + 0.08 \text{ kgCH}_4 * 21 \frac{\text{CO}_2\text{eq}}{\text{CH}_4} = 41.7 \text{ kg CO}_2\text{ekv}$$



Figur 3.1 Omregning av utslipp av klimagasser til klimapåvirkning, målt i CO₂-ekvivalenter.

Effektvurderingen er alltid forbundet med noe usikkerhet knyttet til hvor alvorlig den resulterende miljøkonsekvensen vil være for ulike resipienter (for eksempel økosystemer på land eller i vann, eller menneskelig helse). Det er stor variasjon i usikkerhet mellom de ulike miljøpåvirkningskategoriene. Spesielt er LCA-vurderinger av toksisitet (skadevirkning for menneskelig helse eller økosystemer som følge av giftige utslipp) forbundet med høy usikkerhet (Reap, Roman, Duncan, & Bras, 2008).

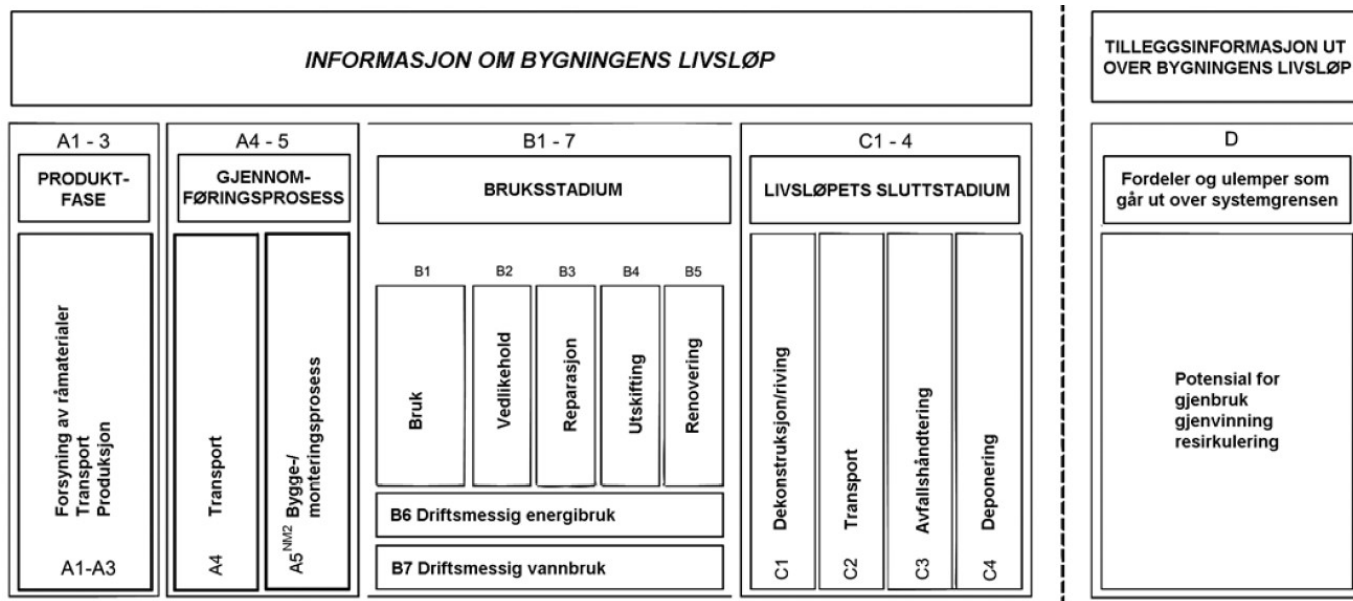
I vurderinger av lokal miljøpåvirkning har sted for utslipp og egenskaper til omgivelsene som påvirker sårbarheten for utslipp stor betydning for resulterende skadevirkning. Fordi det ikke er mulig å ta hensyn til hvor ressursbruk og utslipp forekommer i LCA, er LCA bedre egnet til å vurdere globale miljøeffekter, som klimapåvirkning, enn denne typen lokale effekter.

3.1.2 Livsløpsfaser

De ulike aktivitetene som inngår i en bygnings livsløp kan deles inn i følgende livsløpsfaser:

- Produktfase (utvinning av råmaterialer og produksjon av produkter som inngår i bygningen).
- Gjennomføringsfase (transport av produkter til byggeplass, og selve anleggsfasen).
- Bruksfase (drift og vedlikehold av bygningen).
- Slutfase (riving og avfallshåndtering).

Standarden NS-EN 15643-2 definerer følgende moduler per livsløpsfase for bygningers livsløp. NS-EN 15978 definerer systemgrensene for hver livsløpsfase. Dette er vist i Figur 3.2:



Figur 3.2 Livsløpsfaser og moduler for livsløpsvurderinger av bygninger i henhold til NS-EN 15643-2 og NS-EN 15978.

Modul D tar hensyn til eventuelle gevinster eller miljøpåvirkninger ved resirkulering og ombruk av materialer etter endt levetid for bygningen. Iht. NS-EN 15643-2 og NS-EN 15978 er det valgfritt å regne med modul D.

Ved bruk av produkter som er fremstilt av resirkulert materiale, må det bestemmes hvordan gevinsten av å resirkulere skal beregnes, for å unngå at gevinsten telles med flere steder. I tradisjonell regnskaps-LCA (se Vedlegg 5 for detaljer) er det vanlig å tildele gevinsten til den som bruker resirkulert materiale, dvs. at beregnede klimagassutslipp fra for eksempel stål basert på skrap er lavere enn for stål basert på jomfruelig materiale. I en konsekvens-LCA vurderer man hvordan bruk av resirkulert materiale påvirker markedet. Dette, og andre metodiske problemstillinger knyttet til beregning av miljøpåvirkning i modul D er utdypet i Vedlegg 5.

3.1.3 Funksjonell enhet

For å gjennomføre en konsekvent sammenlikning av ulike byggematerialer eller konsepter, må man sammenlikne systemer som er i stand til å levere samme funksjon. For å sikre dette, defineres en funksjonell enhet som måleenheten som man sammenlikner alternativene på grunnlag av. For eksempel benyttes ofte kg CO₂-ekvivalenter per oppvarmet bygningsareal per år i analyseperioden som funksjonell enhet for klimapåvirkning for bygninger.

Når man sammenlikner miljøbelastning for ulike byggematerialer, må man se på hvilken funksjon materialene oppfyller i bygningen. Det kan være hensiktsmessig å vurdere en funksjonell enhet for hver «tjeneste» som materialet bidrar til, i stedet for en kg-til-kg sammenlikning av produksjonsbelastninger for hvert materiale. Eksempler på funksjonelle enheter er U-verdi, brannklasse, lydklasse, spennvidde og bæring/last. I flere tilfeller vil det være meningsfylt å kombinere ulike funksjoner til en sammensatt funksjonell enhet. For eksempel kan det være smart å sammenlikne veggelementer som kan oppfylle samme

lydkrav, brannkrav og lastkrav ved vurdering av ulike løsninger for innvendige vegger. Materialenes/bygningselementenes levetid i bygget må også inkluderes i sammenlikning basert på funksjonell enhet.

3.2 Miljøtema

Som presentert i kapittel 2, kan de mest sentrale temaene forbundet med bygningers livsløp deles inn i fire kategorier:

- Klimapåvirkning
- Ressursbruk
- Helse- og miljøskadelige stoffer
- Emisjoner til inneklime

Metodisk rammeverk for hvert miljøtema er beskrevet i det videre.

3.2.1 Klimapåvirkning

Utslipp av klimagasser til atmosfæren forårsaker klimaendringer gjennom å øke den globale gjennomsnittstemperaturen. I motsetning til utslipp av miljøgifter, som har ulik skadevirkning avhengig av hvor utslippet skjer (og potensial for langtransport), har alle utslipp av klimagasser like stor potensiell klimaeffekt, uavhengig av hvor oppstår. Dette er bakgrunnen for at klimapåvirkning betegnes som et globalt miljøproblem.

Den mest brukte indikatoren for klimapåvirkning er globalt oppvarmingspotensiale (Global Warming Potential, GWP), som måles relativt til oppvarmingseffekten til CO₂. Klimapåvirkning angis derfor i CO₂-ekvivalenter (i denne rapporten forkortet som CO₂-ekv.). FNs Klimapanel (International Governmental Panel on Climate Change, IPCC) bruker GWP som indikator (IPCC, 2014). GWP. Et tidsperspektiv for GWP på 100 år skal benyttes i utslippsberegninger for rapportering av måloppnåelse under FNs Klimakonvensjon (Kyotoprotokollen). For detaljer om tidshorisont i beregning av klimapåvirkning, se Vedlegg 5. Bundet energi kan også brukes som et indirekte mål på klimapåvirkning – se kapittel 5.3.1 for utdypende diskusjon.

Å vurdere samlet klimapåvirkningspotensiale for utslipp av ulike klimagasser gjennom hele livsløpet til et produkt er, som beskrevet i kapittel 3.1.1, beregningsteknisk utfordrende. Klimagassberegninger gjøres derfor nesten uten unntak ved bruk av LCA-metodikk, enten gjennom full LCA ved hjelp av dedikert programvare, eller ved bruk av LCA-baserte utslippsfaktorer, der LCA-vurderingene allerede er integrert i faktorene.

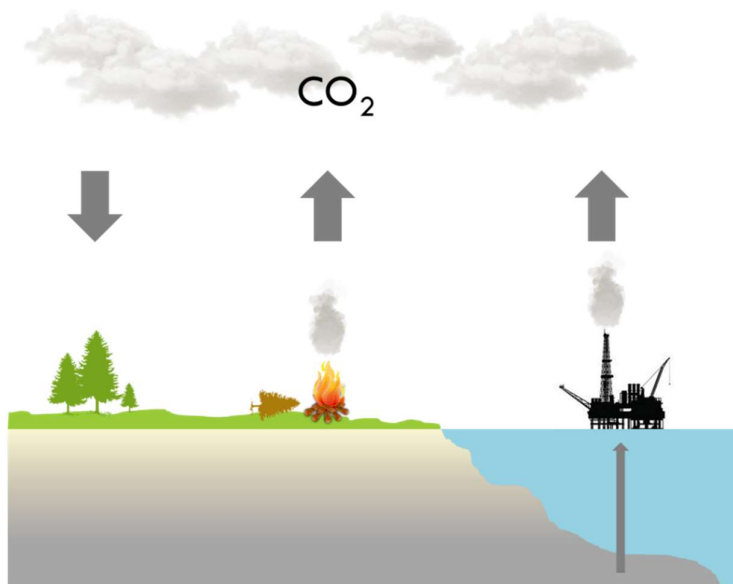
Som nevnt i kapittel 3.1.1 og 2.1, omfatter LCA av en bygning både å vurdere direkte utslipp gjennom bygningens livsløp, og indirekte utslipp forårsaket oppstrøms i verdikjeden, gjennom byggematerialenes livsløp. Utslipp forårsaket på et annet sted eller til en annen tid enn prosessen man betrakter kalles indirekte utslipp. Dette står i motsetning til direkte utslipp, som for eksempel utslipp fra forbrenning av brensel i bruksfasen for bygningen. Indirekte utslipp fra forbrenning er knyttet til produksjonen av brenselet. Forbruk av elektrisitet gir ingen direkte utslipp, men produksjon av elektrisiteten forårsaker utslipp lenger bak i verdikjeden, ved kraftverket. Hvor store utslipp som kan tilskrives elektrisitetsforbruk

varierer med hvordan og hvor man forutsetter at elektrisiteten er produsert, dvs. den såkalte elektrisitetsmiksen. Valg av elektrisitetsmiksen i klimagassberegninger er et omdiskutert tema, og metodiske valg knyttet til dette er presentert i kapittel 5.3.2.4.

En konsekvent livsløpsbasert vurdering av bygningers klimabelastning må omfatte både direkte og indirekte utslipp forårsaket i alle livsløpsfaser.

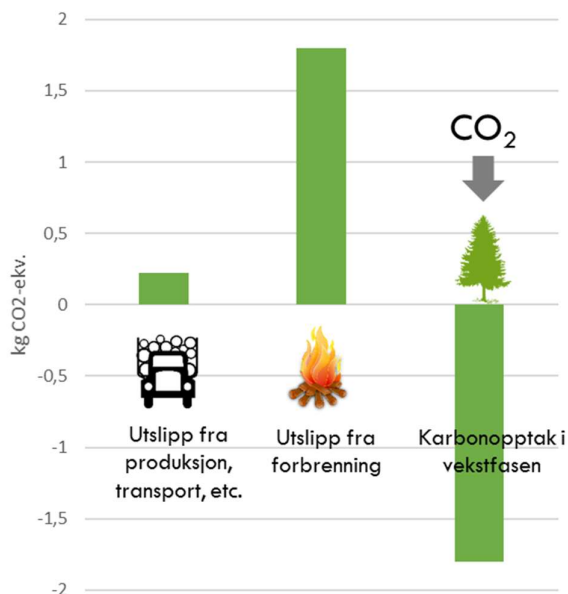
3.2.1.1 Opptak og utslipp av biogent karbon

Trær, og alt annet plantemateriale, binder CO₂ gjennom fotosyntesen. Karbon lagret i biomassen frigjøres til slutt til atmosfæren som CO₂ igjen ved forbrenning eller annen nedbryting. Såkalt *biogent karbon* inngår derfor i det som kalles det naturlige karbonkretsløpet. I motsetning til ved forbrenning av fossilt karbon (som er lagret gjennom sedimentering av organisk materiale over en lang tidsperiode, for eksempel olje og kull), forårsaker ikke utslipp av såkalt biogent karbon til atmosfæren noe netto tilskudd av karbon til kretsløpet. Dette er bakgrunnen for at biobrensler oftest regnes som *karbonnøytrale*. Karbonkretsløpet er illustrert i Figur 3.3:



Figur 3.3 Det naturlige og fossile karbonkretsløpet.

Alle utslipp av CO₂ til atmosfæren, uavhengig av om kilden er fossil eller biogen, har samme potensiale for å forårsake klimapåvirkning. Grunnen til at biobrensler betraktes som klimanøytrale, er ikke at CO₂ fra forbrenning av biobaserte kilder ikke har den samme fysiske virkningen i atmosfæren, men at vi antar at utslippene for forbrenning nulles ut av tilsvarende opptak i ny tilvekst. Eventuelle fossile karbonutslipp som forårsakes i produksjonsfasen (ifm. transport, tilvirkning, etc.) må likevel medregnes. Dette er illustrert i Figur 3.4:



Figur 3.4 Karbonsyklus for biobaserte brensler, forutsatt bærekraftig skogsdrift.

Karbonnøytralitet for biobaserte brensler medfører altså ikke nødvendigvis *klimanøytralitet*. I Norge har vi hatt netto tilvekst av skog siden 1950-tallet³. Imidlertid gjelder dette ikke hele kloden, og globale skogsområder har minket siden 1990⁴. Hvorvidt biobrensler kan ansees som klimanøytrale eller ikke, er avhengig av hvor vi setter systemgrensene for betraktningen. Dette er diskutert i kapittel 5.3.2.7.

Den totale klimaeffekten av forbrenning av biomasse påvirkes i tillegg av flere faktorer enn forholdet mellom hogst og tilvekst. Tidsforskyvningen mellom hogst og ny tilvekst kan skape en midlertidig endring av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Innvirkning på karboninnhold i jordsmonnet, og effekt av arealbruksendringer har også betydning for den totale klimaeffekten av skogbruk. Dette er utdypet i Vedlegg 5.

3.2.2 Ressursbruk

Veiledningen til § 9-5, andre ledd i TEK viser blant annet til forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (Direktoratet for Byggkvalitet, 2017), der det stilles krav til at byggevarer skal tilfredsstillende grunnleggende krav til blant annet bærekraftig bruk av naturressurser.

Vi har i denne utredningen valgt å definere to nivåer for miljøtemaet ressursbruk. Det første nivået er et minimumsnivå for å ivareta de ressursene som per i dag globalt sett vurderes som mest kritiske. Dette omfatter å unngå produkter som fører til forbruk av ressurser som er spesielt sårbare eller som det er kritisk global knapphet på. For eksempel er gjenvinning av knappe metallressurser et avgjørende tiltak for å begrense det totale uttaket av tilgjengelige reserver. Minimumsnivået for ressursbruk omtales videre som forbruk av truede ressurser.

³ http://www.skogoglandskap.no/filearchive/tilvekst_og_skogavvirkning.pdf

⁴ <http://www.fao.org/3/a-i4868e.pdf>

Det neste nivået angir et utvidet perspektiv der man vurderer hvor effektiv den totale utnyttelsen av ressurser i verdikjeden og over livsløpet er. Dette har vi valgt å betegne dette som total ressursutnyttelse.

3.2.2.1 Forbruk av truede ressurser

Det finnes ingen universelt anerkjent oversikt over hvilke ressurser som vurderes å være kritisk truet i et globalt perspektiv. Ressursknapphet avhenger av kjente forekomster av ressursen og mulighetene for å utnytte ressursen innenfor økonomisk forsvarlige rammer med dagens teknologi. Konsekvenser av å utvinne ressursene for omgivelsene har også betydning.

Knappe mineralressurser

Globalt er det begrensede naturlige forekomster av flere ikke-fornybare mineralressurser. Tabell 3.1 oppsummerer de 17 mineralressursene det er størst knapphet på i verden (Henckens, van Ierland, Driessen, & Worrell, 2016). For en relativt nær fremtid vil disse ressursene ikke være tilgjengelig i samme omfang eller pris slik de er tilgjengelig i dag, med mindre forbruket reduseres betraktelig.

Tabell 3.1 Utvinning av globale ressurser, i antall år etter 2050 hvor tilgjengelig ressurser er ferdig utvunnet (tømt). Antatt årlig økning av forbruk på 3% frem til 2050, og fra 2050 stabilt forbruk. Kilde: (Henckens, van Ierland, Driessen, & Worrell, 2016).

Utvinnbare globale ressurser		Utvunnet år etter 2050	Brukes i blant annet
Stor knapphet, utvunnet år etter 2050	Antimon	-10	Blyakkumulatorer (blybatterier)
	Gull	10	Elektronikk
Knapphet, utvunnet under 100 år etter 2050	Molybden	50	Stållegeringer
	Sink	50	Fasadeplater, støpte komponenter, legeringer
	Rhenium	80	Superlegeringer
Moderat knapphet, utvunnet mellom 100 og 1000 år etter 2050	Kobber	100	Fasadeplater, beslag, rør
	Vismut	200	Legeringer med lavt smeltepunkt, utløsermekanismen i sprinkleranlegg
	Bor	200	Glassfiber, flatskjermer, solceller, isolasjon
	Krom	200	Legering i høykvalitets stål som rustfritt stål og syrefast stål
	Sølv	200	Medisinsk bruk
	Tinn	200	Fortinning av metaller, elektronikk
	Jern	300	Byggemateriale
	Bly	300	Blyakkumulatorer (blybatterier)
	Nikkel	300	Stållegering rustfritt tål, Nikkel-kadmium-batterier (NiCd)
	Wolfram	300	Legeringer, ved sveising
	Arsen	400	Elektronikk
	Kadmium	500	Nikkel-kadmium-batterier (NiCd)

Hovedmengden av ressurser i Tabell 3.1 benyttes i elektronikk, batterier, metallegeringer og byggematerialer. Av byggematerialer er sink, kobber og krom de ressursene det er størst knapphet på. Med dagens forbruk er det hhv. 50, 100 og 200 års tilgjengelig ressurskapasitet igjen etter 2050.

Forbruket av de knappeste mineralressursene bør reduseres betraktelig og kun benyttes der det ikke finnes gode alternativer.

Tømmer fra sårbare/vernede områder

Hogst av tropisk tømmer er en av de største truslene mot regnskogen. Tropisk tømmer fra plantasjer er heller ikke problemfritt. Omgjøring av skog til plantasjer reduserer det biologiske mangfoldet, medfører store klimagassutslipp og skaper konflikter med lokalbefolkningen (Regnskogfondet, 2017). Miljøkrav i TEK bør dessuten sikre at det ikke benyttes tømmer fra vernede eller fredede områder.

Det finnes sertifiseringsordninger for bærekraftig skogsbruk, som for eksempel Forest Stewardship Council (FSC)⁵ og Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC)⁶. I følge Regnskogfondet kan slike merkeordninger imidlertid ikke garantere at tropiske tresorter hogges på en bærekraftig måte, på grunn av svake retningslinjer og utilstrekkelig kontroll (Regnskogfondet, 2017). PEFC har blant annet fått kritikk for å sertifisere hogst som fører til brudd på urfolks rettigheter og tap av viktige leveområder for truede arter.

Regnskogfondets liste over tropiske treslag (Regnskogfondet, 2017) gir en oversikt over de viktigste tropiske treslagene som kan forekomme på det norske markedet.

3.2.2.2 Total ressursutnyttelse

Et av hovedformålene med livsløpstankegangen er å minimere total miljøbelastning gjennom å etablere sluttede sirkler av ressursbruk (closing the loop). Det engelske ordet for livsløpsvurdering, *life cycle assessment*, peker på dette. På denne måten kan man se på livsløpstankegangen og sirkulær økonomi som to sider av samme sak. Vi kommer til å trekke på prinsipper fra sirkulær økonomi i denne utredningen, og vurdere hvordan hensyn til sirkulær økonomi kan ivaretas i TEK.

EU har lansert en handlingsplan for sirkulær økonomi under navnet «Closing the loop» (European Commission, 2017). Det pågår også et FoU-prosjekt under ES Horizon 2020-program, med navnet Buildings As Material Banks, BAMB (BAMB, 2017). I BAMB-prosjektet samarbeider 16 partnere fra 8 europeiske land over 3,5 år for å utforske og legge til rette for sirkulær økonomi-løsninger i bygg- og anleggssektoren. Arbeidet omfatter blant annet utvikling av elektroniske «material passports» - dokumentasjon for materialer i bygningsprodukter som skal stimulere til at materialene gjenbrukes.

For en bygning vil vurdering av total ressursutnyttelse bestå i å se på summen av alt ressursforbruk over hele livsløpet, og hvor effektivt ressursene brukes for å imøtekomme funksjonelle krav i bygningen. Hensyn til sirkulær økonomi og ressursbruk er i stor grad

⁵ <https://ic.fsc.org/en>

⁶ <https://www.pefc.org/>

overlappende med klimapåvirkning, men kun der det er snakk om bruk av ressurser som medfører vesentlige klimagassutslipp. Det kan derfor være hensiktsmessig å se på total ressursutnyttelse i tillegg til klimapåvirkning, for å fange opp eventuell uhensiktsmessig bruk av ressurser som ikke er spesielt utslagsgivende for total klimapåvirkning. Total ressursbruk i denne utredningen omfatter ikke vurderinger av energi som ressurs – denne avgrensningen er begrunnet med bakgrunn i utredningens avgrensning, se kapittel 2.1.

Et av hovedprinsippene i sirkulær økonomi er å redusere totalt forbruk av primære ressurser ved i stedet å ta i bruk eksisterende ressurser i omløp. Dette innebærer å inkludere avfall som en del av den overordnede verdikjeden, som en egen materialstrøm som kan og bør utnyttes. Slagordet «avfall er ressurser på avveie» blir ofte brukt for å illustrere denne tankegangen. Iht. Sintef-rapporten «Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer» (Sørnes, et al., 2014), kan man definere *ombruk* som ny utnyttelse av et produkt i dets opprinnelige form, mens *materialgjenvinning* betegner tilbakeføring av materialer i en industriell prosess. Et eksempel på det sistnevnte kan være omsmelting av metallprodukter til bruk i ny produksjon (ofte også kalt *resirkulering*). Begrepet *gjenbruk* brukes ofte som en samlebetegnelse for både materialgjenvinning og ombruk av materialer.

For å utnytte materialressursene maksimalt, må man også minimere kvalitetsforringelse i gjenbruksprosesser. Det engelske begrepet *downcycling* brukes ofte om slik kvalitetsforringelse, der et materiale gjenbrukes til et produkt av lavere kvalitet enn det opprinnelige produktet. Et eksempel på dette kan være knusing av materialer for bruk i fyllmasse. I motsatt tilfelle har man *upcycling*, der materialressurser gjenvinnes til produkter av høyere kvalitet enn det opprinnelige produktet, for eksempel at avispapir benyttes som råstoff i isolasjonsmateriale.

Avfallshierarkiet angir fem ulike nivåer for håndtering av avfall, fra det mest ønskelige øverst, til det minst ønskelige nederst. Dette kan illustreres med avfallspyramiden:

AVFALLSHIERARKIET



Figur 3.5 Avfallspyramiden. Kilde: Meld. St. 45 «Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi».

Avfallspyramiden gir en ønsket prioritering av avfallshåndteringsstrategier for å oppnå minimal kvalitetsforringelse av materialressursene. Dette innebærer i første rekke å hindre at avfall oppstår så langt det lar seg gjøre. Strategier for å oppnå dette kan være å velge robuste materialer med lang levetid og planlegge for bygninger som er endringsdyktige, slik at de kan tas i bruk til nye formål i stedet for å rives.

Bygg- og anleggsavfall i Norge fordeler seg omtrent likt på avfall fra nybygging, riving og rehabilitering (Nordby & Wærner, 2017). Det er altså like viktig å tilrettelegge for gjenbruk av avfall fra byggeplass og ved rehabilitering, som ved riving. Nordby og Wærner (ibid.) anslår at en vanlig mengde avfall i nybyggprosjekter ligger rundt 40-60 kg avfall pr kvadratmeter (omfatter ikke riveavfall). De påpeker også at tall fra pilotprosjekter har ligget så lavt som 15 kg/m². Flere miljøprosjekter har lagt seg på en målsetning om maks 25 kg/m². For avfallet som genereres er de viktigste tiltakene sortering, og å kanalisere mest mulig til ombruk eller gjenvinning.

Ombruk gir som regel mindre kvalitetsforringelse enn materialgjenvinning, og medfører også mindre miljøbelastning forbundet med prosessering. Å øke andelen materialer som ombrukes krever at man planlegger og tilrettelegger for ombruk allerede i byggeprosessen. Muligheter for ombruk bør tenkes på allerede ved prosjektering av et nytt bygg. Måten materialer festes sammen på, om materialene er homogene eller sammensatte, overflatebehandlinger og innhold av helse- og miljøskadelige stoffer vil bestemme hvor lett det er å bruke materialene om igjen etter bygningens levetid. Dersom man tenker på å tilgjengeliggjøre materialer for ombruk i planleggingen av nye bygninger i dag, kan disse byggene bli en ressursbank i fremtiden.

3.2.3 Helse- og miljøskadelige stoffer

Skadevirkninger forbundet med forekomster av helse- og miljøskadelige stoffer er knyttet til hvor og når de benyttes, og potensiell risiko for eksponering for sårbare resipienter. DiBK har en visjon om at utslipp og bruk av prioriterte miljøgifter skal stanses innen 2020.

Myndighetenes liste over prioriterte miljøgifter (Prioritetslisten) og kandidatlisten i EU (REACH) angir hvilke stoffer som har så stort skadepotensiale at de bør unngås så langt det er mulig. Flere av stoffene på disse listene er regulert med maksimale tillatte grenseverdier, og for enkelte stoffer er det nødvendig med spesiell godkjenning for å kunne omsette og bruke dem. I BREEAM-NOR må prosjekter dokumentere fravær av miljøgifter i henhold til Sjekkliste A20. Listen er basert på Prioritetslisten, og Miljødirektoratets oversikt over hvor man finner disse stoffene.

Produktkontrollloven er det overbyggende regelverket for kjemikaliebruk, og omfatter blant annet substitusjonsplikten i § 3 a. Gjennom substitusjonsplikten er alle virksomheter som yrkesmessig bruker produkter som inneholder helse- og miljøskadelige kjemikalier lovpålagt å vurdere sin kjemikaliebruk og gå over til mindre skadelige alternativer der det kan skje uten urimelig kostnad eller ulempe⁷. Produktkontrollloven gir også hjemmel for å fastsette europeiske direktiver som berører kjemikalier og produkter i norsk regelverk (Norge er forpliktet gjennom EØS-avtalen til å følge EUs regelverk for kjemikaliebruk), i tillegg til substitusjonsplikten. Skadevirkning av giftige utslipp for mennesker og til omgivelsene (toksisitet) kan vurderes ved bruk av LCA. Imidlertid gjøres dette ved å beregne en samlet skadevirkning som følge av forbruk av alle giftstoffer i hele verdikjeden til produktet man ser på, relativt til skadevirkningen av et bestemt stoff (for menneskelig toksisitet er enheten 1,4 DCB-ekvivalenter). Dette gir ikke svar på hvorvidt produktet man vurderer oppfyller lovkrav til innhold av skadelige stoffer. I tillegg er, som nevnt, tidligere, toksisitet-kategoriene i LCA forbundet med høy usikkerhet (Reap, Roman, Duncan, & Bras, 2008) (Rosenbaum, et al., 2008). Dette skyldes både at kun en liten andel av giftige stoffer i omløp fanges opp av de mest brukte effektvurderingsmetodene, og at modelleringen er høyst usikker for de stoffene som er dekket.

Dersom det allerede er kjent at konsekvensene av utslipp av et bestemt stoff er så alvorlige at man ønsker å unngå det, er det enklere å vurdere forekomster av det bestemte stoffet, heller enn å bruke effektvurderingen i LCA. Vurdering av innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i spesifikke produkter mot gjeldende regelverk er den vanlige måten å vurdere dette på. For å ivareta livsløpsperspektivet, må det avklares hvilken avgrensning mot verdikjeden man skal benytte for å få en tilstrekkelig god vurdering av potensiell skadevirkning.

Systemgrensene for vurdering av forekomster av skadelige stoffer kan settes på ulike nivåer, avhengig av hvor stor del av livsløpet og verdikjeden til produktet som inkluderes. Forekomster av helse- og miljøskadelige stoffer vurderes oftest på basis av om de forekommer i produktet, ut fra dokumentasjon fra produsent, som for eksempel sikkerhetsdatablad eller signert egenerklæring om fravær av uønskede stoffer.

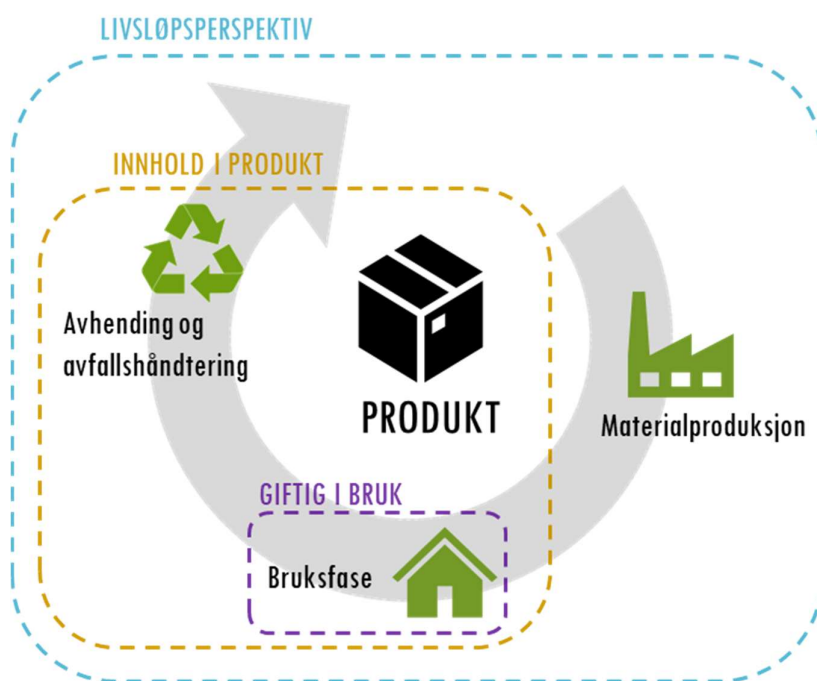
Det finnes materialer som inneholder stoffer som er klassifisert som skadelige, men der stoffene er bundet i sluttproduktet på en slik måte at selve materialet ikke klassifiseres som skadelig i bruk. Et eksempel på dette er epoxy, som produseres ved at epiklorhydrin reagerer

⁷ <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M104/M104.pdf>

med bisfenol A (BPA). BPA står på Prioritetslisten, men sannsynligheten for at BPA frigis i bruk for herdet epoxy er liten. Imidlertid kan det skje at BPA frigis dersom epoxyen brytes ned i avhendingfasen (Bramslev, Hagen, & Haupt, 2017). Dermed kan selv produkter som klassifiseres som ufarlige i bruk være problematiske når hele livsløpet tas i betraktning.

Det kan også forekomme at uønskede stoffer benyttes i produksjonsprosessen, men ikke er en del av sluttproduktet. Hvorvidt dette er problematisk, avhenger av risikoen for utslipp til omgivelsene i produksjonsprosessen, og hvor stor skade slike utslipp vil kunne gi, ut fra hvor produksjonen skjer. Det er imidlertid umulig å fullstendig eliminere all risiko for at utslipp kan forekomme. Hensyn til arbeidsmiljø i produksjonen er dessuten også et viktig aspekt.

Valg av systemgrenser for vurdering av helse- og miljøskadelige stoffer i produkter er illustrert i Figur 3.6:



Figur 3.6 Systemgrenser for forekomster av helse- og miljøskadelige stoffer for produkter

3.2.4 Emisjoner til inneklime

De fleste byggematerialer avgir en viss mengde forurensninger som kan medføre irritasjon, ubehag eller risiko for helseskade. De viktigste stoffene som emitteres er flyktige organiske forbindelser (Volatile Organic Compounds, VOC), aldehyder og ammoniakk. Dersom byggematerialer eller inventar som er eksponert mot inneluft har et høyt innhold av disse stoffene, kan det oppstå avgassing som fører til et dårlig innemiljø. Eksponering for høye konsentrasjoner kan føre til irritasjoner i luftveier og slimhinner og forstyrrelser i immunsystemet. Noen av stoffene er også kreftfremkallende. I tillegg til helseplager kan emisjoner til inneluften føre til lukt, dårligere opplevd luftkvalitet og dermed høyere energibruk til ventilasjon.

Noen materialer avgir mer emisjoner enn andre. Eksempler på materialer med minimal avgassing av stoffer er stein, glass, tegl, gips og keramisk flis. Betong, mineralull og cellulosefiber avgir moderate mengder, og i det norske markedet tilfredsstillende disse materialene som regel krav til lavemitterende materialer. Plastmaterialer, tapeter, gulvbelegg, maling, lim, sparkel, fugemasser høytrykkslaminater og limte treprodukter kan avgis mange ulike stoffer, men det er store forskjeller innen samme produktgruppe på hva og hvor mye som avgis som emisjoner.

Avgassing av stoffer til inneklimate kan ikke vurderes ved bruk av LCA, fordi LCA ikke er designet for å vurdere så spesifikke lokale forhold. I stedet benyttes dokumentasjon på at det er gjennomført spesifikke emisjonstester i henhold til gjeldende standarder for å måle produktets avgassingsnivå.

De mest kjente inneklimateordningene er den finske ordningen *Emission Class for Building Materials* (Building Information Foundation RTS, 2017) og *GEV-EMICODE EC* (EMICODE, 2017). Inneklimatestandarden NS-EN 15251 angir grenseverdier for VOC og utvalgte enkeltstoffer for «Svært lavt forurensende materialer» og «Lavt forurensende materialer». Grenseverdiene for «Lavt forurensende materialer» samsvarer med kriterier for emisjonsmerket M1 i den finske inneklimatemerkingen. Miljømerket Svanen stiller krav som sikrer lave emisjoner av irriterende og helseskadelige stoffer både ved begrensnig av hvilke stoffer som er tillatt brukt i svanemerkede produkter og ved krav til emisjonstest der det er relevant.

4 ERFARINGER MED LIVSLØPSBASERTE MILJØKRAV I ANDRE EUROPEISKE LAND

4.1 Forskrifter og statlige initiativer i andre europeiske land

Alle EU-land er forpliktet til å følge *Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, Directive 2010/31/EU)*. I henhold til direktivet skal det utarbeides energibrukssertifikater (Energy Performance Certificates, EPC) for alle bygninger som skal bygges, selges eller leies ut. Rapporten «2016 – Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)» (Concerted Action EPBD, 2015) presenterer en sammenstilling av erfaringer med å implementere EPBD i perioden 2012-2015 fra de 28 EU-medlemslandene, pluss Norge⁸.

Ingen europeiske land har per i dag livsløpsbaserte miljøkrav i byggtekniske forskrifter. Noen land har imidlertid CO₂ som obligatorisk eller frivillig indikator i energibruksdokumentasjon. Krav i de landene som har livsløpsbaserte miljøkrav i sine byggeforskrifter, eller der CO₂ benyttes som indikator, er beskrevet mer inngående i Vedlegg 1.

I Storbritannia og Irland legges CO₂-utslipp fra energibruk i drift til grunn for energimerking av bygninger. Alle bygninger, både nybygg og rehabiliterte, må overholde makskrav for CO₂-utslipp fra energibruk. CO₂-kravet for boliger regnes i henhold til metodikken *Standard Assessment Procedure (SAP) 2012*, utviklet av BRE (BRE, 2017).

I Slovenia og Spania stilles det krav i byggeforskriftene til at energibruk i drift skal beregnes som CO₂-utslipp, i tillegg til energi. For å vise samsvar med de spanske byggeforskriftene benyttes det offisielle verktøyet LIDER/CALENER, som både brukes til energiberegninger og beregning av CO₂-utslipp fra energibruk basert på levert energi til bygningen og offisielt bestemte utslippsfaktorer.

Land som ikke har krav til CO₂-utslipp som en del av byggeforskriftene, men der CO₂-utslipp skal angis i energimerking eller energibrukssertifikater (EPC) er Danmark, Belgia, Bulgaria, Kypros, Hellas, Latvia, Luxembourg, Polen, Portugal og Østerrike.

Både i Danmark og Sverige foregår det arbeid på statlig nivå for å fremme bruk av miljøvennlige materialer. I Danmark har det blitt utarbeidet et offentlig, åpent tilgjengelig LCA-verktøy for bygninger, LCAbyg (det er per i dag ikke krav til at verktøyet skal benyttes til dokumentasjon av miljøpåvirkning fra nye bygg).

I Sverige jobber Boverket med å foreslå en metode og regler for rapportering av bygningers klimapåvirkning i et livsløpsperspektiv (Regjeringskansliet, 2017). Arbeidet skal omfatte forslag til metode for beregning av klimapåvirkning gjennom bygningers livsløp, utredning av mulig form på dokumentasjonskrav og muligheter for tilsyn, bedømmelse av hvilke typer bygninger kravet skal omfatte, og utredning av konsekvensene av forslaget. Det svenske miljøinstituttet holder dessuten på med utvikling av et verktøy for å beregne klimapåvirkning fra bygninger (Svenska miljöinstitutet, 2017). Verktøyet var planlagt lansert løpet av høsten 2017, skal være gratis i bruk, og skal kunne brukes av personer også uten LCA-kompetanse.

⁸ Norge har fastsatt EPBD I i nasjonalt regelverk, men ikke EPBD II

4.2 Frivillige ordninger og merkeordninger

For prosjekter med miljøambisjoner som overgår lovkrav, finnes det flere ulike frivillige ordninger og programmer for hele bygg.

BREEAM er en internasjonalt anerkjent sertifiseringsordning som omfatter ni ulike bærekrafttema, herunder alle fire miljøtema omtalt i denne rapporten. Zero Emission Buildings (ZEB) og Futurebuilt er programmer med formål om å redusere bygningers klimagassutslipp. Powerhouse-ordningen innebærer at energibruk i drift og materialproduksjon for en bygning til sammen skal kompenseres for gjennom fornybar energiproduksjon på tomten gjennom bygningens levetid.

Svanemerket er også en merkeordning for helse- og miljøskadelige stoffer, emisjoner og ressursbruk for produkter. Et svanemerket produkt innebærer at både produktet, innpakningen og produksjonen oppfyller mange strenge miljøkrav. I tillegg til at det finnes en rekke svanemerkebyggematerialer, er det mulig å svanemerke hele bygg.

For å gjøre det lettere å velge miljøvennlige materialer, blir en rekke materialer sertifisert. De viktigste materialsertifikatene for helhetlige miljøvurderinger er EPD (Environmental Product Declaration) og PEF (Product Environmental Footprint). Dette er tredjeparts-sertifiserte produktdeklarasjoner som angir hvor mye miljøpåvirkning produksjon av materialet forårsaker for ulike miljøpåvirkningskategorier.

ECOproduct er en merkeordning som evaluerer byggematerialers miljøprestasjon basert på informasjon i EPDer. ECOproduct vurderer miljøtemaene klimapåvirkning, helse-/miljøskadelige stoffer, inneklime og ressursforbruk. Alle produktene som er vurdert iht. ECOproduct-metoden er samlet i en database, for å gjøre det enklere å kunne velge miljøvennlige materialer og produkter i byggeprosjekter.

En annen produktdatabase utviklet blant annet for å gjøre miljøvurderinger av produkter, er ProductXchange. Verktøyet fungerer som et digitalt stoffkartotek der brukerne kan distribuere og samle inn produktinformasjon, inkludert sikkerhetsdatablader, ytelseserklæringer, monteringsveiledninger, miljødokumentasjon, teknisk dokumentasjon, EPDer etc.

Grønn materialguide er en veileder som gir informasjon om miljøaspekter for en rekke produktgrupper, inndelt etter bygningsdel eller bruksområde. Miljøtemaene som vurderes i guiden er klimagassutslipp, ressursgrunnlag, avhending, kjemikalieinnhold, inneklime og miljødokumentasjon. Vurderingene i guiden er generelle, og representerer gjennomsnittlige verdier for produktgruppene.

4.3 Eksisterende metoder og verktøy for livsløpsbaserte miljøvurderinger av bygg

I dette kapitlet presenteres de viktigste eksisterende verktøyene og metodene for å utføre livsløpsbaserte miljøvurderinger for bygninger som er relevante i norsk kontekst. Verktøyene og metodene omtalt her er valgt ut som de mest relevante for utredningen, fra en innledende screening-analyse, der man så på en rekke tilgjengelige europeiske (fortrinnsvis nordiske) verktøy og metoder. En fullstendig oversikt over alle vurderte metoder og verktøy, samt mer detaljerte beskrivelser for de utvalgte verktøyene, er gitt i Vedlegg 3.

4.3.1 Metoder

I oktober 2017 ble utkast til ny norsk standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720, lagt ut på høring (Standard Norge, 2017). Standarden omfatter minimumskrav til hvilke bygningsdeler og livsløpsfaser som skal inngå i beregninger; regler for valg av analyseperspektiv, analyseperiode og metodikk for å regne om klimagassutslipp til CO₂-ekvivalenter. Utkastet stiller også krav til datakvalitet, dokumentasjon og rapportering, og angir regler for beregning av utslippsfaktorer for elektrisitet, fjernvarme, produkter som inneholder biogent karbon og for produkter som resirkuleres eller ombrukes.

Formålet med standarden er å sørge for at beregninger og beregningsverktøy som følger standarden holder et gitt kvalitetsnivå og at resultater fra klimagassberegninger for bygninger blir sammenliknbare. Det kan forventes at standarden vil bli førende for klimagassberegninger for bygninger i Norge når den blir fastsatt. Det er derfor hensiktsmessig at eventuelle krav til klimagassberegninger i TEK følger retningslinjene i standarden, for å sikre størst mulig sammenliknbarhet på tvers av klimagassberegninger av bygninger i Norge.

Level(s) er et frivillig system for bygningssektoren for å måle og rapportere ytelsen for bærekraftige bygninger i et livsløpsperspektiv (European Commission, 2017). Programmet ble lansert av Europakommisjonen for testing høsten 2017, og testperioden skal gå over to år. Level(s) er ikke en egsertifiseringsordning, men bruker indikatorer basert på eksisterende verktøy, og standarder. Formålet med Level(s) er å lage en felles plattform for å samkjøre de eksisterende rammeverkene og sertifiseringsordningene for å vurdere bygningers ytelse som allerede er i bruk innen EU. Hensikten er å bidra til større gjennomsiktighet og mer konsistente vurderinger av bærekraftige bygninger. Level(s) kan brukes direkte, gjennom å følge angitt metodikk, eller indirekte, ved å benytte et annet rammeverk eller sertifiseringsordning som er i tråd med Level(s)-rammeverket. Miljøtemaene som vurderes i Level(s)-rammeverket er i hovedsak klimagassutslipp, sirkulær økonomi, vannforbruk, helse- og inneklima. I tillegg vurderes klimatilpasning og levetidskostnader.

4.3.2 Verktøy

Det finnes en rekke verktøy for å utarbeide klimagassberegninger, både generelle LCA-verktøy og spesifikke verktøy for å utføre LCA eller klimagassberegninger for bygninger.

SimaPro og Gabi er anerkjente kommersielle LCA-verktøy som er koplet til store LCI-databaser som inneholder miljøinformasjon om de fleste typer produkter og prosesser (samlet omtalt som enhetsprosesser). Disse enhetsprosessene kan benyttes til å bygge opp modeller for systemet man vil analysere. Programmene gjør det mulig å velge mellom ulike LCA-metodikker for å beregne klimapåvirkning og andre miljøpåvirkninger for systemet/prosessen man analyserer.

Kompleksiteten i LCA-beregninger har ført til utviklingen av en rekke verktøy som gjør det enklere å utføre LCA-vurderinger for bygninger. Kjennetegnene for slike verktøy er som regel at det er mulig å modellere bygninger med predefinerte bygningsdeler og materialer, som det ligger utslippsinformasjon om i programmet. Dette gjør det enklere og mindre tidkrevende å gjennomføre en klimagassberegning, men samtidig er det færre valgmuligheter, og beregningene blir mindre transparente.

OneClick LCA er et lisensbasert dedikert LCA-beregningsverktøy for bygg. For å gjøre en analyse med OneClick LCA trenger man informasjon om materialmengdene som inngår i bygningen. Dette kan enten legges inn manuelt, eller importeres fra BIM-modell. Verktøyet inneholder en egen materialdatabase med miljøinformasjon, som bygger på miljødeklarasjoner for byggevarer (EPDer) fra en rekke land, i tillegg til tall fra miljødatabaser.

Klimagassregnskap.no utviklet av Civitas for Statsbygg er åpent tilgjengelig bygningsspesifikt verktøy designet for å forenkle arbeidet med klimagassregnskap. Verktøyet blir imidlertid avviklet fra og med 2018, og erstattes av en løsning basert på det kommersielle bygningsspesifikke verktøyet OneClick LCA.

I Danmark har det danske direktoratet Trafik -og Byggestyrelsen utviklet et åpent tilgjengelig LCA-verktøy for bygninger, LCAByg, som skal gjøre det lettere å utføre livsløpsvurderinger for bygninger. LCAByg vurderer 5 miljøkategorier og 2 energikategorier iht. LCA-metodikk. Bakgrunnsdata i LCAByg er hentet fra Ökobaudat (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016).

5 LIVSLØPSBASERTE MILJØKRAV I TEK – MULIGHETER OG KONSEKVENSER

Først i dette kapitlet presenteres Asplan Viaks erfaringer med å stille livsløpsbaserte miljøkrav. Deretter diskuteres muligheter for og hvordan slike krav kan implementeres i TEK, og konsekvenser av å velge ulike former for krav. Metodiske valg og systemgrenser for de fire miljøaspektene som er diskutert i rapporten vurderes i tillegg opp mot dette. Så diskuteres krav til dokumentasjon av oppfyllelse av eventuelle krav, og til slutt vurderes mulige målkonflikter og en mulig strategi for å introdusere livsløpsbaserte miljøkrav i TEK.

5.1 Erfaringer med å stille miljøkrav til materialer i byggeprosjekter

Dette kapitlet omfatter erfaringer med miljøkrav til materialer gjort i ulike prosjekt av Asplan Viak, herunder krav til:

- fravær av miljøgifter
- ressursbruk (knappe- og ikke fornybare ressurser, sertifisert tømmer)
- klimagassutslipp
- dokumentasjon med for eksempel miljødeklarasjoner (EPD)

Erfaringer med andre miljøkrav omtales ikke her. Bakgrunn for følgende erfaringer er ulike byggeprosjekt i Oslo og andre steder i Norge. Prosjektene er anonymisert.

Asplan Viak har de siste årene opparbeidet erfaring med å stille miljøkrav til materialbruk for ulike byggeprosjekter utover minimumskrav i TEK. Nivået på krav og hvordan de stilles er veldig avhengig av forankring av krav hos byggherre/entreprenør, hvilken prosjektfase prosjektet er i (skisse/forprosjekt, detaljprosjekt og utførelse) og type entreprisekontrakt (delt entreprise/hovedentreprise/totalentreprise).

Sertifiseringsordningen BREEAM-NOR og frivillige program som Framtidens byer, FutureBuilt, Zero Emission Buildings (ZEB) og Powerhouse har medført at materialbruk i bygningen får økt fokus, og at det må stilles krav til miljøegenskapene til materialene som benyttes for å oppnå ønsket sertifisering/målsetning.

Bakgrunnen for å stille miljøkrav til materialer har til nå som regel vært et ønske om å oppnå en viss BREEAM-NOR klassifisering, oppnå en viss reduksjon (ofte 50 %) av totale klimagassutslipp sammenliknet med en referanse (krav gitt av FutureBuilt), oppfylle krav gitt i prosjektets miljøoppfølgingsplan (MOP) eller et generelt ønske om å bygge et mer miljøvennlig bygg. I rollen som rådgivende ingeniør miljø (RIM) er det i prosjekteringsfasen jobbet videre med å definere spesifikke miljøkrav som oppfyller overordnede miljøkrav i prosjektene.

For å sikre at definerte miljøkrav skal oppnås, må kravene implementeres så tidlig som mulig i skisse- og forprosjektene. Hvis «feil» materialer og produkter er foreslått benyttet, er det ofte for sent å komme med omfattende endringer av bygget på et tidspunkt der store deler er ferdig prosjektert.

En del av RIM-rollen i prosjekteringsfasen vil også være å utforme miljøkrav til entreprenør som sikrer at ønsket kvalitet oppnås. Som nevnt over, er utforming av kravene avhengig av

entrepriseform, og skrives ulikt om kravene skal inn i prisbærende poster (NS 3420) eller som funksjonskrav i totalentrepriser.

Generelt viser erfaringene fra flere prosjekter så langt at det kan være utfordrende å få tak i rett dokumentasjon til rett tid i prosjektet. Den store oppmerksomheten som har vært på tematikken de siste årene grunnet krav i forbindelse med BREEAM-sertifisering av mange prosjekter har imidlertid ført til at det blir stadig enklere å skaffe den nødvendige dokumentasjonen også for prosjekter som ikke BREEAM-sertifiseres.

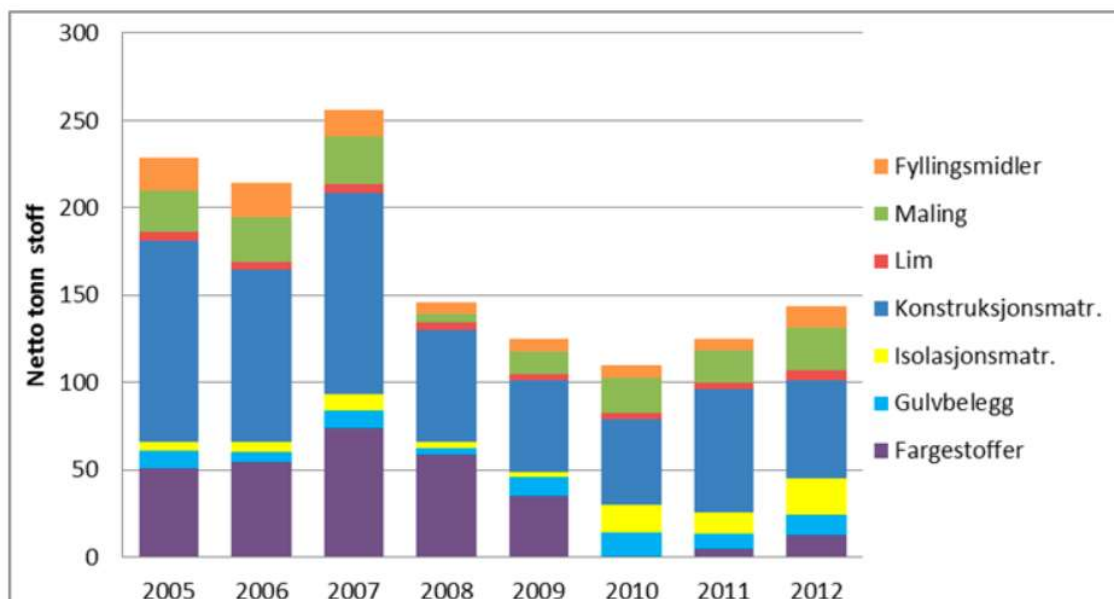
5.1.1 Fravær av miljøgifter

Selv om det i TEK17, § 9-2. Helse- og miljøskadelige stoffer, står at «*Det skal velges produkter til byggverk uten, eller med lavt, innhold av helse- eller miljøskadelige stoffer*» er inntrykket likevel at det benyttes slike stoffer i dagens bygg. Dette bekreftes også av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2013):

Byggjebransjen er storforbruker av kjemiske produkt som isolasjonsmateriale, lim, fugemidler og måling, og mange av disse innehold helse- og miljøfarlige stoff. Ein del av produkta innehold også stoff som står på styresmaktene si prioritetsliste, som er lista over stoff som skal reduserast kraftig eller stansast innan 2020.

Tal frå produktregisteret viser at bruken av produkt med helse- og miljøfarlege eigenskapar gjekk vesentleg ned frå 2005 og til 2011. Nedgangen gjeld også for verstingstoffa, der bruken nesten er halvert i same periode.

Frå 2010 til 2012 var auka av bruken av produkt med verstingstoff 25 prosent, utan at det aleine kan forklarast med tilsvarande auke i aktiviteten i byggjebransjen.



Figur 5.1: Økning i bruk av produkter med prioriterte miljøgifter er størst i maling, fugemidler, isolasjonsmaterialer og lim. Kilde: Miljødirektoratet

Erfaringer fra prosjektene viser at det ofte er utfordrende å fremskaffe god nok informasjon på fravær av helse- og miljøskadelige stoffer. Dette gjelder spesielt for sammensatte produkter og faste bearbejdede produkter. Dessuten mangler ofte kontroll og oppfølging av at miljøkravet § 9-2 i TEK blir fulgt, det er ofte ingen som tar ansvar for å følge opp at rett dokumentasjon blir levert inn, selv om reglene for hvem som har ansvaret prinsipielt er klart definerte.

Med krav til A20 i BREEAM-NOR har kravet til fravær av helse- og miljøfarlige stoffer blitt fulgt opp bedre, da det stilles krav til å framlegge dokumentasjon og at dokumentasjonen blir kontrollert av en BREEAM-revisor.

5.1.2 Ressursbruk – tømmer fra sårbare/vernedede områder

Norske myndigheter forbyr bruk av tropisk tømmer i egne byggeprosjekter. *"Det skal ikke benyttes trevirke med tropisk tømmer verken i selve bygningen eller i materialer som brukes i byggeperioden"* heter det i statens handlingsplan for offentlige anskaffelser som trådte i kraft i 2008. Likevel ble det høsten 2013 avslørt at regnskogstømmer ble brukt i 68 norske nybygg, deriblant flere statlige bygg. I halvparten av de totalt 68 byggene var det tatt i bruk en truet tresort, og flere av byggherrene og entreprenørene brøt dermed med sine egne retningslinjer mot tropisk tømmer (Regnskogfondet, 2017). Noe av utfordringen i flere av disse tilfellene var at det ikke kom frem av produktdokumentasjonen at produktene inneholdt tropisk trevirke. Selv om interne retningslinjer og krav ble fulgt, ble likevel produktene benyttet.

Erfaringer fra 2013 angående bruk av tropisk tømmer i bygninger bør gjennomgås slik at fremtidige krav kan formuleres på en måte som reduserer sannsynligheten for at dette skjer igjen, spesielt med tanke på dokumentasjon og oppfølging.

5.1.3 Klimagassutslipp og miljødeklarasjon (EPD)

For å finne hvilke materialer og produkter som står for de største andelene av totale klimagassutslipp har det i skisse-/forprosjekt og prosjekteringsfasen blitt utarbeidet klimagassregnskap for planlagt materialbruk.

Resultater fra klimagassregnskapet er videre benyttet for å gi innspill til materialbruk i prosjekteringsfasen. I arbeidet med anskaffelsesdokumenter og miljøkrav til entreprenør er det definert funksjonskrav for de enkelte materialene. Funksjonskravene sørger for at miljøkravene blir overført fra prosjektering til bygging. Eksempel på funksjonskrav er maks utslipp av klimagasser pr enhet materiale. I tillegg er det stilt krav til at det skal leveres EPD for å dokumentere miljøegenskapene til materialene og produktene som benyttes.

For en del produkter som har et relativt stort bidrag til totale utslipp av klimagasser er det ikke alltid rett frem å fastsette hva utslippskravet skal være. Skal et utslippskrav stilles, må det være et tilstrekkelig antall EPDer tilgjengelig, for å sikre at det er nok leverandører som kan levere produkter som er innenfor gitte krav. Dersom det ikke er noen eller kun få EPDer tilgjengelig for enkelte produktgrupper, vil det ofte være mer hensiktsmessig kun å kreve at det blir levert EPD for å dokumentere miljøegenskapene. Dette vil på sikt få flere EPDer på markedet, slik at utslippskrav på flere produkter kan defineres i fremtiden.

Generelt bør ikke miljøkrav til materialer og produkter kun skrives i et generelt kapittel i anskaffelsesdokumentene, men kravene og hvordan det skal oppfylles/dokumenteres bør inkluderes sammen med mengdebeskrivelsen og andre funksjonsbeskrivelser for hver spesifikk produktgruppe. Figur 5.2 og Figur 5.3 viser eksempel på krav til maks utslipp av klimagasser og EPD i anskaffelsesdokumenter.

Postnr	NS-kode/Firmakode/Spesifikasjon	Enh.	Mengde	Pris	Sum
	<p>PLASSTØPT BETONG FOR VANNTETT KONSTRUKSJON Konstruksjonsdel: Fundament Fasthetsklasse: B45 Bestandighetsklasse: M40 Kloridklasse: Cl 0,10 Utførelse og kontroll: Utførelsesklasse 2 Herdetiltak: Valgfritt etter NS-EN 13670+NA Andre krav:</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>b) Materialer Det skal benyttes lavkarbonbetong med maksimale klimagassutslipp 230 kg CO₂e/m³</p> </div>	m ³	170		

Figur 5.2: Eksempel på krav til maks utslipp av klimagasser i en ytelsesbeskrivelse basert på NS 3420.

SPONPLATER

(Her valgt «Beste nordiske praksis» for Klimagassutslipp, Ressurser og Emisjoner til innemiljø, «Høyt ambisjonsnivå» for Helse- og miljøfarlige stoffer)

Miljøkriterier: x m² 12 mm sponplater. Klimagassutslippene må ikke overstige 3,0 kg CO₂-ekv/m² beregnet fra vugge til port. Platene må ikke inneholde tropisk trevirke, og trevirket som benyttes i produktene må være sertifisert. Helse- og miljøfarlige stoffer må være under nivået for «Høyt ambisjonsnivå» i henhold til tabell 1, kolonne 3. Platene må tilfredsstillere krav til «Lavt forurensende materialer» i henhold til NS-EN 15251 (vedlagt).

Dokumentasjon: Kriteriene for maksimale CO₂-utslipp må dokumenteres av en tredjepartsverifisert EPD (Environmental Product Declaration i henhold til EN 15804). Det må dokumenteres at platene ikke inneholder tropisk trevirke og har PEFC- eller FCS-sertifikat, Svane-merket eller en EPD hvis den omfatter slik informasjon. Oppfyllelse av kriteriene for helse- og miljøfarlige stoffer kan dokumenteres ved hjelp av Svane-merket, den svenske Byggevarebedømmingen nivå «godkjent», det svenske systemet Sunda Hus nivå B, Ecoproduct nivå 3 eller sikkerhetsdatablad. Kriteriene for emisjoner til innemiljø må dokumenteres ved hjelp av et M1-sertifikat, en labrapport eller et merke med tilsvarende eller strengere krav (kravene må beskrives).

Figur 5.3: Eksempler på formulering (miljøkrav til sponplater) som kan brukes direkte i beskrivende tekster, fra http://www.byggevarerindustrien.no/getfile.php/Files/Publikasjoner/Veileder_anskaffelse_byggevarer-lav.pdf.

5.1.4 Oppfølging, dokumentasjon og sanksjoner

Generelt er et av de viktigste suksesskriteriene for å oppnå ønsket effekt av å stille miljøkrav i byggeprosjekter en forankring av kravene hos byggherre og prosjektledelsen. Dersom det ikke er forankret andre miljøambisjoner og miljøkrav enn å følge *minimumskrav i lovverk og forskrifter*, vil det være svært utfordrende å anbefale og å følge opp miljøriktige løsninger både i prosjektering og ved bygging.

Erfaringer har vist at det er gjennomførbart å få med krav til fravær av miljøgifter, benytte lavemitterende materialer og produkter, unngå bruk av tropisk tømmer, kun benytte sertifisert trevirke, kreve maks utslipp av klimagasser pr enhet og levering av miljødeklarasjon (EPD) for ulike produkter inn i anskaffelsesdokumentene til entreprenør. Utfordringen kommer i oppfølgingen av hvorvidt kravene oppfylles, da det ofte ikke er spesifisert godt nok når dokumentasjonen skal foreligge, krav og type dokumentasjon, oppfølging på byggeplass og eventuelle sanksjoner hvis det benyttes materialer og produkter som ikke er iht. kravene. Vi kjenner imidlertid til at det har forekommet prosjekter der en underentreprenør er blitt pålagt å fjerne et allerede montert produkt, fordi det viste seg at det ikke overholdt relevante BREEAM-krav som gjaldt for prosjektet.

I byggeprosjektene det er hentet erfaringer fra her, kommer det inn mange EPDer for de produktene det er stilt krav til å levere EPD for. Noen EPDer er ikke utarbeidet iht. godkjent standard, og utfordringen er da hvordan skal dette håndteres. I de tilfellene det for produkter er stilt maks utslippskrav, og det blir levert EPD med høyere utslipp enn kravet, er det regnet ut hva konsekvensen for totale klimagassutslipp vil være. Er konsekvensen lav (neglisjerbar), har produktene likevel blitt godkjent. Er konsekvensen stor, har byggherre gjort en totalvurdering og eventuelt godkjent/avvist produktene.

Ansvar for oppfølging og tydeliggjøring av dokumentasjonskrav bør spesifiseres tydeligere, slik at det ikke blir en risiko for at gode miljøambisjoner og krav glipper i overgangen mellom byggherre og entreprenør.

5.2 Form på krav

5.2.1 Minimumskrav

Kravene i TEK skal sikre et minimumsnivå, og være gjennomførbare for alle utbyggere. For livsløpsbaserte miljøkrav fordrer dette at det defineres et nødvendig minimumsnivå for miljøprestasjon, og hvilke krav som må stilles for å ivareta miljøprestasjon for bygninger på dette nivået. Dette blir analogt til minimumskravene som stilles til energieffektivitet i § 14-3 i TEK 17. Hvis minimumskravene skal kunne gjelde alle utbyggere, må det være gjennomførbart å oppfylle dem og dokumentere måloppnåelse for alle byggeprosjekter, inkludert i prosjekter der det ikke er tilgjengelig ekspertkompetanse på miljø.

Det kan være aktuelt å stille minimumskrav innen helse- og miljøskadelige stoffer, inneklimate, samt truede ressurser. Disse kravene finnes i stor grad allerede i TEK, men de er lite spesifikke og vanskelige å forholde seg til, og veiledning til kravene må forbedres/presiseres. I tillegg bør det inkluderes mer spesifikke dokumentasjonskrav med angivelse av hvem som har ansvaret for at kravene overholdes. Kapittel 5.3 og 5.5 gir en mer inngående vurdering av suksessfaktorer for livsløpsbaserte krav for hvert miljøtema.

Klimapåvirkning er en kompleks problemstilling der det finnes få absolutte målestokker. Målet forankret i Paris-avtalen om maksimal global temperaturstigning på 2 grader celsius er den eneste absolutte målestokken man vanligvis forholder seg til. Denne målsettingen brukes videre som bakgrunn for mål om reduksjon av utslipp for enkelte land, byer eller

andre administrative enheter. Koblingen mellom slike overordnede målsettinger og klimagassutslipp over livsløpet for en enkelt bygning kan imidlertid fremstå som relativt diffus.

I tillegg har det ikke blitt utarbeidet klimagassberegninger for bygninger lenge nok til at det er dannet en felles oppfatning om hva som er et godt, eller i motsatt tilfelle uakseptabelt nivå for bygningers klimapåvirkning. Det stilles svært sjelden krav til en øvre ramme for klimagassutslipp for bygninger, men heller krav om reduksjon relativt til en såkalt referansebygning⁹, som skal si noe om hvor godt bygningen presterer, sammenliknet med en gjennomsnittlig bygning av samme type og størrelse. En ulempe med sammenlikninger mot referansebygninger er at det også kan være utfordrende å enes om nøyaktig hva en slik gjennomsnittlig bygning er, og hva som er standard praksis for materialbruk og andre løsninger. Dette endrer seg også over tid, slik at referansebygninger må korrigeres for utvikling i byggevarebransjen, som beveger seg i en stadig mer miljøvennlig retning. Manglende standardisering av metodikk, systemgrenser og forutsetninger for klimagassberegninger av bygninger har også gjort at det hittil har vært for lite sammenliknbarhet i resultatene fra slike beregninger til at det har vært hensiktsmessig å sammenlikne absoluttverdier for klimapåvirkning, for eksempel per m².

Samlet sett, gjør dette det utfordrende å definere et hensiktsmessig minimumsnivå for klimapåvirkning for bygninger på nåværende tidspunkt. Dersom det stilles krav til dokumentasjon av klimapåvirkning for bygninger i TEK, kan dette bidra til at det etableres et tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne stille minimumskrav til klimapåvirkning for bygninger senere. Dette fordrer at det også stilles krav til form på dokumentasjonen. Dette diskuteres videre i kapittel 5.5.

5.2.2 Rammekrav og tiltakskrav for klimapåvirkning

Ved innføring av reviderte energikrav i TEK i 2007 (formelt sett revidert TEK 97, men i bransjen ofte kalt TEK 07) ble det innført to metoder for å dokumentere at en bygning overholdt energikravene i byggeforskriftene:

1. Rammekravmetoden: Det kan gjennomføres en energiberegning av bygningen, iht. regler fastsatt i «NS 3031: Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data», som viser at samlet netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme. Energirammen varierer mellom ulike bygningskategorier.
2. Tiltakskravmetoden: Det kan dokumenteres at bygningen overholder en rekke definerte energitiltak, dvs. spesifikke krav til U-verdier for ulike bygningsdeler og tekniske komponenter. I dette alternativet var det også mulig med omfordeling mellom de ulike tiltakene.

De to metodene er videreført i senere oppdateringer av TEK, men i TEK 17 kan tiltakskravmetoden kun benyttes for boligbygninger (småhus og boligblokk).

⁹ En referansebygning er en bygning av samme bygningskategori og størrelse, bygget etter konvensjonell byggemetode med standard materialbruk. Referansebygningen skal representere en gjennomsnittlig bygning av samme type, for å kunne sammenlikne miljøprestasjon for bygningen som blir vurdert opp mot det som betraktes som en «standard» referanse.

Det kan vurderes om et tilsvarende prinsipp kan være aktuelt ved en eventuell innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK. Spesielt vil dette være aktuelt for krav til klimapåvirkning, som erfaringsmessig er det mest krevende miljøtemaet å evaluere av de som diskuteres i denne utredningen. En mulighet kan være at det åpnes for at prosjektene kan velge mellom å dokumentere at de overholder byggeforskriftenes krav til bygningens klimapåvirkning gjennom oppfyllelse av rammekrav eller en gjennom en tiltaksmodell.

5.2.2.1 Rammekrav for klimapåvirkning

Denne tilnærmingen legger opp til at det gjennomføres en fullstendig klimagassberegning av bygningen iht. definerte krav/standarder (NS 3720, se kapittel 4.3.1 for mer om denne standarden, og kapittel 5.3 for diskusjon om metodiske valg) som viser at bygningen ikke overskrider en satt ramme for klimapåvirkning over levetiden. Rammekravene vil måtte variere mellom ulike bygningskategorier.

Fordelen med å benytte et rammekrav er at det gir stor fleksibilitet i valg av materialer og løsninger for utbyggere som besitter tilstrekkelig kompetanse til å utføre egne klimagassberegninger, eller i prosjekter som har mulighet til å leie inn ekspertkompetanse.

Å stille krav til at det skal dokumenteres total klimapåvirkning over livsløpet for alle bygninger (dvs. klimagassregnskap) kan være utfordrende. Å utarbeide klimagassberegninger krever tid, informasjon om materialmengder og miljødata for produkter, og kompetanse til å gjøre beregningene i henhold til metodiske krav. Den nye standarden for klimagassberegninger vil forenkle dette arbeidet noe, ved at mange metodiske valg er avklart, men det vil uansett kreve grunnleggende LCA-kompetanse for å kunne følge standarden. Med mindre det utvikles et gratis og åpent tilgjengelig verktøy for å dokumentere klimapåvirkning fra bygningen, vil slike beregninger også kreve betaling av lisens for bruk av et beregningsverktøy.

Det er beregningsteknisk og metodisk mulig å stille rammekrav på bakgrunn av energibruk gjennom livsløpet for bygninger som et mål på klimapåvirkning, men dette anbefales ikke som en hensiktsmessig måte å sikre reduserte klimagassutslipp fra bygningers livsløp på – se diskusjon i kapittel 5.3.1.

5.2.2.2 Tiltakskrav for materialgrupper eller bygningsdeler

En tiltaksmodell for materialgrupper eller bygningsdeler kan være en løsning for å unngå uhenksomme barrierer for utbyggere uten LCA-kompetanse ved eventuell innføring av krav til klimagassberegninger i TEK. Dette kan gjøres ved å stille krav til at det dokumenteres at bygningen overholder predefinerte krav til klimagassutslipp for utvalgte bygningsmaterialer. Det kan i dette alternativet vurderes om det skal være åpning for omfordeling mellom de ulike materialgruppene. Kravene kan enten stilles som minimumsnivå for de enkelte byggevarene, det kan åpnes for en gjennomsnittsbetraktning for den enkelte bygningsdelen eller det kan stilles krav til hvert enkelt bygningselement.

Dersom utslippskravene stilles til de enkelte byggevarene, kan EPD benyttes som dokumentasjon. Da må utslippskravet oppgis i samme enhet som deklart enhet for produktgruppen, for å kunne leses direkte ut av EPD. En fordel med en slik løsning er at kravet forholdsvis enkelt kan dokumenteres overholdt av alle entreprenører etc., uten at de har spesiell kunnskap om miljøvennlige materialvalg og klimagassvurderinger. Det kreves

imidlertid at leverandørene har utarbeidet og tilbyr enkel tilgang på den nødvendige dokumentasjonen.

Dersom det skal stilles krav til enkelte materialgrupper, må det avklares om kravene skal gjelde for alle forekomster av materialet, eller kun forekomster i enkelte bygningsdeler. Dersom man stiller krav til materialforekomster kun for enkelte bygningsdeler, er det en risiko for at materialforekomster som har vesentlig betydning for byggets totale klimagassutslipp ikke omfattes av krav. Denne typen krav vil lette dokumentasjonsbyrden for utbyggere, men være vesentlig mer utfordrende å utforme, for å sikre at de kan ivareta de vesentligste kildene til klimagassutslipp for de fleste bygninger.

Som diskutert i kapittel 2.3.1, bør klimapåvirkning fra bygningsdeler sammenliknes på bakgrunn av hvordan den samlede materialbruken oppfyller bygningsdelens funksjon, heller enn per enkelt materiale. Muligheten for å ta hensyn til effektiv materialbruk er et argument for å stille utslippskrav til hvert enkelt bygningselement heller enn for krav til spesifikke byggevarer. Det vil imidlertid være mer utfordrende for utbyggere dersom utslippskrav stilles per bygningsdel, fordi man må gjøre sammensatte beregninger basert på materialmengder og benytte flere kilder til utslippstall. Hensikten med å stille tiltakskrav for materialer, nemlig at de skal være enklere å dokumentere, kan dermed undergraves, fordi det vil kreve noe kompetanse for å kunne dokumentere oppfyllelse av kravene.

En ulempe med kun å stille tiltakskrav til enkelte materialgrupper eller bygningsdeler, er at det begrenser hvilke deler av bygningens livsløp man stiller krav til. Selv om det ikke er mulig å ivareta livsløpsperspektivet i sin fulle forstand med en tiltaksmodell for klimapåvirkning, kan en slik modell likevel legge grunnlag for gode valg, så lenge kravene stilles for de elementene som har størst betydning for total klimapåvirkning fra produktfasen.

Selv om formålet med en tiltaksmodell er at det skal gjøre materialkravene lettere å dokumentere, bør kravene ikke være enklere å oppfylle på den måte at de er mindre strenge med hensyn til miljøprestasjon. Nettopp fordi det ikke er mulig å sikre nivået for total klimapåvirkning over livsløpet gjennom tiltakskrav, bør de enkelte kravene til hver materialgruppe/bygningselement være noe strengere enn rammekrav til klimapåvirkning over livsløpet.

5.2.3 Verktøy for vurdering og dokumentasjon for rammekrav til klimapåvirkning

Det finnes per i dag ikke noe eksisterende verktøy for klimagassberegninger av bygninger som kan benyttes direkte for evaluering av klimapåvirkning i eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK (se kapittel 4.3.2 og Vedlegg 3 for vurdering av eksisterende verktøy).

Den nye standarden for klimagassberegninger for bygninger vil være en god metodikk-rettledning for fagekspertene som skal dokumentere klimagassutslipp for større prosjekter.

En løsning for å legge til rette for at utbyggere som ikke besitter LCA-kompetanse eller har anledning til å leie inn eksterne fagekspertene, kunne være å utarbeide et dedikert, åpent tilgjengelig verktøy som følger det samme metodiske rammeverket, men som ikke krever ekspertkompetanse i bruk. Knyttet opp mot diskusjonen i kapittel 5.2.2 om mulig differensiering av krav til klimagassberegninger, kunne det vært en løsning å stille krav til at

det skal utarbeides klimagassberegninger som utbygger enten kan dokumentere at er i henhold til standarden, eller som er utarbeidet ved bruk av et dedikert verktøy.

Et slikt verktøy ville måtte treffe et balansepunkt mellom å være enkelt nok til at det kan brukes av ikke LCA-eksperter og detaljert nok til at det dokumenterer tilstrekkelig bygningsspesifikk og reell miljøprestasjon. Verktøyet bør kunne brukes til å beregne klimagassutslipp fra materialbruk og energibruk som er åpent tilgjengelig for alle, slik som danske LCAByg, på bakgrunn av informasjon om arealer og mengder, der bruker kan velge i nedtrekksmenyer mellom ulike materialtyper. Dette ville i stor grad likne på verktøyet klimagassregnskap.no, som nå utfases.

- Fordeler med dedikert verktøy:
 - Sammenliknbare resultater (samme metodikk)
 - Dokumentasjon av materialbruk inn til bygningsdeklarasjon (gjenbruk etc. – men dette kan også gjøres uavhengig)
 - Mulig å enkelt samle inn statistikk på samme format
- Ulemper med dedikert verktøy:
 - Risiko for at dokumentasjon ikke blir tilstrekkelig bygningsspesifikk
 - Vedlikehold og oppdateringer
 - Gjennomsiktighet
 - Kompleksitet vs. enkelhet i bruk

Fra erfaringer med introduksjon av energikrav i TEK kan man trekke den konklusjonen at tilgjengelighet av verktøy for å vurdere og dokumentere kan være nøkkelen til at god dokumentasjon utarbeides. Det er imidlertid ikke nødvendigvis mest hensiktsmessig at et slikt verktøy skal være gratis og åpent tilgjengelig. Det finnes ingen åpent tilgjengelige gratis energiberegningsverktøy.

Et av de mest brukte LCA-verktøyet i Norge, SimaPro, er ikke et bygningsdedikert verktøy, og krever ekspertkompetanse i bruk. Bruk av slike verktøy vil kun være aktuelle for store prosjekter der man enten besitter kompetanse selv eller kan leie inn fagekspertise.

Et verktøy kan være ment kun som dokumentasjonsverktøy eller også som bruk i beslutningsstøtte. For bruker vil det sistnevnte ha størst nytteverdi (for å kunne oppfylle krav til miljøprestasjon må man kunne vurdere hvilket tiltak som kreves). Dersom man som et første steg kun stiller krav til dokumentasjon, og ikke for eksempel rammekrav for utslipp, er det viktig å også tenke på hvilken bruk et slikt verktøy vil ha når ev. rammekrav innføres.

5.2.4 Differensiering av miljøkrav

Det bør vurderes om det skal differensieres på miljøkravene for ulike bygningskategorier. Dette er analogt til energikravene i TEK17, der tiltaksmodellen kan benyttes for boligbygninger.

Det er viktig å unngå uhensiktsmessige barrierer, og man bør derfor velge et minste felles multiplum av hva som vil være gjennomførbart for alle bygninger. Slik vi ser det, kan en hensiktsmessig differensiering av kravene være en suksessfaktor for at en eventuell innføring av denne typen miljøkrav i byggeprosjektene blir vellykket.

Grunnen til at dette er viktig, handler i stor grad om tilgjengelig kompetanse på klimagassberegninger i det norske markedet. Per i dag er det bare de mest ambisiøse miljøprosjektene som krever denne typen kompetanse. Følgelig er det ikke mange som arbeider med dette i Norge, og dermed er det per i dag ikke kapasitet til at alle byggeprosjekter i Norge kan engasjere denne typen fagekspertise. Slik vi ser det, vil innføring av denne typen krav i byggeforskriftene medføre at kompetansen på fagfeltet øker, slik at det blir mer konkurranse og bedre tilgang på fagekspertise. På bakgrunn av dette kan man på et senere tidspunkt vurdere om kravene til kompetanse skal økes.

Noen betraktninger som bør gjennomføres rundt mulig differensiering av krav er gitt under.

Differensiering på bygningstype:

- Små/enkle bygninger vs. store/kompliserte bygninger
 - Store, kompliserte prosjekter har normalt større mulighet til å engasjere kompetent personell på ulike fagfelt
- Bolig vs. andre bygningskategorier (tilsvarende skille som for energieffektivitet i TEK 17, der boligbygninger har anledning til å benytte tiltaksmetoden)

Differensiering på areal:

Slikt skille finnes både for energikrav i TEK 17 og i krav til utarbeiding av avfallsplan. Blant annet er det mye enklere krav for bygninger under 70 m², og det er forskjellige krav til energiforsyning for bygninger over og under 1000 m².

En enkel og lite tidkrevende mulighet for små/enkle bygninger, er å stille krav til at det skal legges frem EPD på en viss mengde av materialene i bygningen. Antall materialer kan variere med bygningsstørrelse. For noen bygninger kan det kanskje stilles krav til å velge materialer med maks-utslipp for en del av materialene.

5.3 Suksesskriterier og metodiske valg for klimapåvirkning

5.3.1 Målparameter for klimapåvirkning – CO₂ eller energi

Som nevnt i kapittel 3.2.1, er klimapåvirkning en beregnet effekt av utslipp av klimagasser til atmosfæren. Målparameteren for klimapåvirkning er formelt sett CO₂-ekvivalenter, som definert blant andre av IPCC.

Fordi forbrenning av fossile energikilder forårsaker CO₂-utslipp til atmosfæren, er energibruk og klimapåvirkning ofte proporsjonale størrelser. Energibruk kan derfor benyttes som et indirekte mål på klimapåvirkning. Begrepet bundet energi brukes for å betegne akkumulert energibruk gjennom energikjeden for materialer. En utfordring med denne tilnærmingen er å skille på energibruk fra fornybare og ikke-fornybare energikilder. Selv om noen fornybare energikilder omtales som *nullutslippsteknologi*, vil alle energikilder forårsake noe utslipp forbundet med materialbruk i energiproduserende enheter, overføringsnett, etc. Utslippene per kWh levert er imidlertid som regel langt lavere for fornybare energikilder enn fossile kilder. Dersom levert energi brukes som mål på klimaeffekt, vil det være umulig å synliggjøre denne forskjellen mellom fornybare og fossile energikilder.

For å kunne skille på fornybare og ikke-fornybare energikilder, kan primærenergifaktorer (PEF) benyttes. Primærenergi er definert som energi fra fornybare og ikke-fornybare ressurser som ikke har vært gjennom noen form for konvertering eller transformasjon (European Commission, 2017). PEF brukes som et mål på forbruket av total primærenergi i verdikjeden (inkludert tap), på samme måte som GWP brukes til å angi totale klimagassutslipp som oppstår i verdikjeden til et produkt.

Et argument for å benytte PEF har vært at det i klimagassberegninger har hersket usikkerhet rundt hvorvidt det er bare CO₂ som inkluderes i beregninger, eller om utslipp av alle gasser som gir bidrag til drivhuseffekten skal være med. Det kan imidlertid også være stor variasjon i PEF, avhengig av hvilken metodikk som legges til grunn (Aalerud, 2012). I tillegg har PEF blitt kritisert for å reflektere politiske prioriteringer i for stor grad, blant annet fordi faktorene settes nasjonalt og varierer fra land til land, avhengig av hvilke energibærere som prioriteres.

EPBD-direktivet, EU-direktivet som omhandler energiytelsen i bygninger, slår fast at nasjonale PEF skal brukes som en numerisk indikator ved beregning av en bygnings energiytelse. CO₂-utslipp anbefales å inkluderes som en valgfri indikator (ibid.). I EU-programmet Level(s) presenteres energibruk i driftsfasen (målt som forbruk av primærenergi) som indikatorer for klimagassutslipp (European Commission, 2017).

Der CO₂ brukes som målparameter for miljøpåvirkning i byggeforskrifter/energieffektivitetsrapportering i andre europeiske land (se kapittel 4.1), er det per i dag kun for utslipp forbundet med energibruk, og CO₂-verdien avledes fra energibruk via en utslippsfaktor per kWh levert energi eller primærenergi. På denne måten er det relativt enkelt å rapportere primærenergi og CO₂ parallelt i dokumentasjon på energibruk i bygninger, eller benytte CO₂ som indikator. Det er imidlertid ikke enighet om hvilke CO₂-faktorer som skal benyttes for ulike energikilder. I tillegg er det uenighet om hvordan klimaeffekten fra utslipp av biogent CO₂ skal regnes (se Vedlegg 5 for utfyllende vurdering av dette). Dersom energibruk først oversettes til primærenergi og deretter til CO₂-ekvivalenter vil den totale usikkerheten i det resulterende tallet dermed være høy.

For vurderinger av klimapåvirkning fra materialbruk er forholdet mellom energibruk og klimapåvirkning ikke like entydig som for energibruk i drift.

Indikatoren akkumulert energibruk (Cumulative Energy Demand, CED), målt i MJ, er den mest benyttede LCA-indikatoren for å vurdere bundet energi (primærenergibruk). Det finnes imidlertid ingen omforent metode for beregning av CED, og beregningsmetodikk varierer mellom ulike standarder og retningslinjer (Frischknecht, Wyss, Knöpfel, & Balouktsi, 2015). Valg av beregningsfaktorer for ulike energikilder har naturlig nok stor betydning for beregnet CED, og særlig er det variasjon i beregningsfaktorer for fornybare energikilder og kjernekraft. Det er heller ikke etablert konsensus om nedre eller øvre brennverdi skal benyttes for å regne primærenergibruk¹⁰. Iht. NS 15804 skal nedre brennverdi benyttes, mens ecoinvent-databasen legger øvre brennverdi til grunn (Hischier & Weidema, 2010).

CED har stor verdi som en indikator for å identifisere miljømessige «hot-spots» i en verdikjede, ettersom forbruk av fossil energi er en av de viktigste driverne for klimapåvirkning. Imidlertid kan CED-metodikken ikke ta hensyn til prosess-spesifikke utslipp

¹⁰ Øvre brennverdi (Higher Heating Value, HHV/gross calorific value) inkluderer fordampingsenergi, mens nedre brennverdi (Lower Heating Value, LHV/gross calorific value) ikke inkluderer det

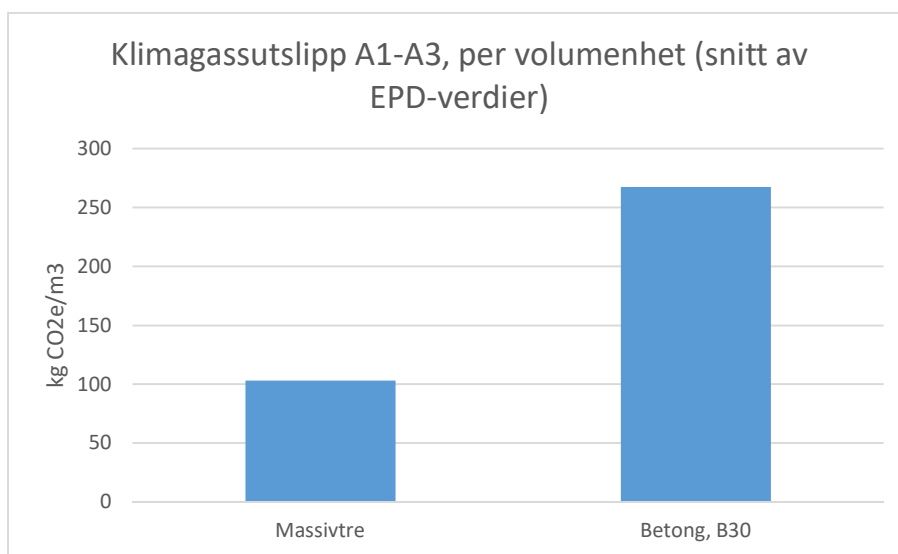
(ibid.). Kasser og Pöll (1999) påpekte derfor at «CED gir kun mening i kombinasjon med andre metoder». Asplan Viaks erfaring med å bruke energi som sammenlikningsgrunnlag for materialer er at det til dels er svært stor variasjon i beregnet energibruk i EPDer for tilsynelatende like produkter innenfor samme produktkategori, noe som tyder på metodiske forskjeller i hvordan CED beregnes også innen EPD-rammeverket.

Sammenlikning av bundet energi og CO₂-utslipp per volum betong og tre illustrerer at det også kan være et motsetningsforhold mellom å benytte bundet energi og CO₂-utslipp som målparameter for klimapåvirkning.

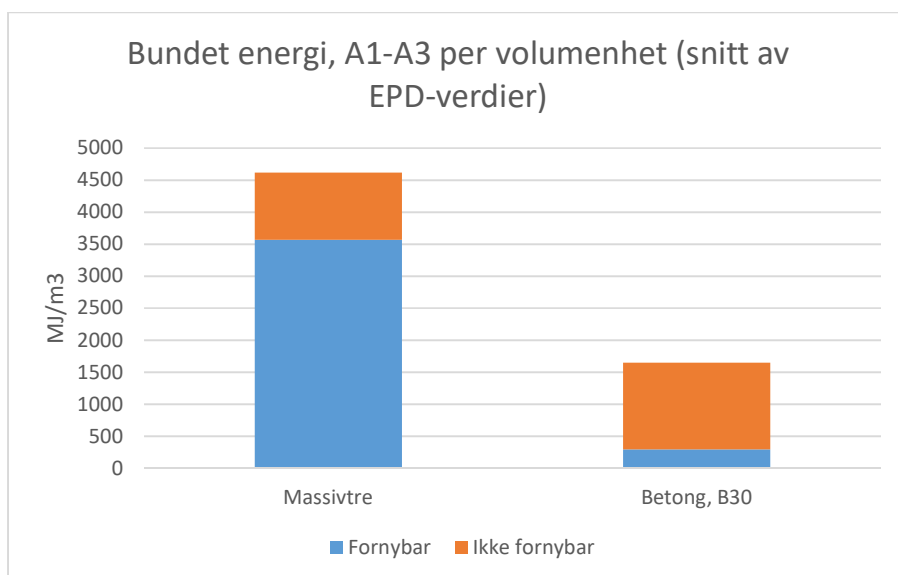
Kalsineringsprosessen i sementproduksjon er en av hovedkildene til CO₂-utslipp fra betong (det forekommer også en viss grad av CO₂-opptak i den ferdige betongen gjennom karbonatisering, som er den omvendte prosessen, men opptaket over bygningens levetid vil være langt mindre enn utslippene fra produksjon, (Skullestad, 2016)). Sementproduksjonen er imidlertid ikke spesielt energikrevende, og derfor er bundet energi per enhet betong relativt lavt, på tross av at CO₂-utslippet er høyt. I motsatt tilfelle er bundet energi i trebaserte produkter svært høyt, ettersom trevirke i seg selv er en energiressurs. Når trebaserte produkter tilvirkes, benyttes ofte hogstavfall (GROT)¹¹ som brensel internt i produksjonsprosessen. Hvorvidt det er et godt klimatiltak å hogge tre for å benytte det til energiformål er et omdiskutert tema (se kapittel 3.2.1.1 og Vedlegg 5 for detaljer rundt opptak og utslipp av biogent CO₂). Det kan imidlertid argumenteres for at det stiller seg noe annerledes å utnytte energien i hogstavfall, fordi dette ellers ville blitt liggende og råtnet i skogen, og at innholdet av karbon dermed uansett ville blitt frigjort til atmosfæren innen relativt kort tid. Å brenne hogstavfall kan dermed sees som å benytte en ressurs som ellers sannsynligvis ikke ville blitt nyttiggjort, og dermed spare bruken av andre energiressurser som potensielt kan gi større utslipp.

Figur 5.4 og Figur 5.5 viser hhv. klimagassutslipp (kg CO₂-ekv.) og bundet energi (MJ) per m³ for massivtre (gjennomsnitt av verdier fra publiserte europeiske og norske EPDer), sammenliknet med betong (basert på et utvalg av EPDer for ulike produkter på det europeiske markedet). Bundet energi er vist fordelt på energi fra fornybare og ikke-fornybare kilder (trevirke er her kategorisert som en fornybar energikilde):

¹¹ Definisjon av GROT, ifølge Store Norske Leksikon: *GROT, begrep fra skogbruket og betegner hogstavfall som blir igjen i skogen etter avvirkning. GROT er forkortelse for GReener Og Topper og utgjør en form for energivirke som flises opp før den omsettes som energivare. Oppflisingen kan skje på stedet. Alternativt blir hogstavfallet buntet sammen før den fraktes vekk for sentral oppflising.*



Figur 5.4 Sammenlikning av klimagassutslipp fra produksjon av 1 m³ massivtre og betong (gjennomsnitt av verdier fra publiserte europeiske og norske EPDer).



Figur 5.5 Sammenlikning av bundet for 1 m³ massivtre og betong (gjennomsnitt av verdier fra publiserte europeiske og norske EPDer), fordelt på energi fra fornybare og ikke-fornybare energikilder

Ettersom innsatsen for å redusere byggingers klimapåvirkning historisk har vektlagt energibruk i drift, er det logisk at man har ønsket å legge en energibasert målparameter til grunn for å vurdere byggematerialene. På denne måten kan beregnet klimapåvirkning fra materialbruk holdes direkte opp mot energibruk i bygningen.

Hvis man legger CO₂ til grunn som målparameter for klimapåvirkning, og regner utslipp fra elektrisitetsforbruk i henhold til norsk produksjonsmiks, kan utfallet bli at utslipp fra energibruk i drift vil synes å ha liten betydning i det store bildet. Dette kan tenkes å flytte oppmerksomhet vekk fra energikrav. Dersom kun norsk elektrisitetsmiks legges til grunn i klimagassberegninger, er det en risiko for at reelle klimagassutslipp fra energibruk i drift underestimeres – dette er diskutert mer inngående i kapittel 5.3.2.4 og Vedlegg 5. For å sikre

at krav til energieffektivitet i bygninger opprettholdes, bør derfor eventuelle krav til klimagassberegninger i TEK ikke erstatte energikrav. I stedet kan en mulig løsning være å dokumentere energibruk i drift både gjennom energiberegninger, iht. energikrav, og i klimagassberegninger, som CO₂. Det vil også være svært viktig for dokumentasjon av utslippsfaktorer som benyttes for å regne utslipp fra energibruk i drift (ev. sette faste utslippsfaktorer for energikilder til bruk i klimagassberegninger iht. TEK).

Klimapåvirkning fra byggematerialer forårsakes i stor grad av energibruk i verdikjeden, men det kan også være andre prosesser enn forbrenning som påvirker klimagassutslipp. Ettersom globalt oppvarmingspotensiale (GWP) omfatter både klimagassutslipp som følge av energibruk i verdikjeden og utslipp fra andre aktiviteter, er dette en mer komplett indikator på klimapåvirkning enn bundet energi, i tillegg til å være et direkte mål på klimapåvirkning. Energi er en indirekte indikator for klimapåvirkning, og det er forbundet høy usikkerhet med beregning av CED for materialer. Hensikten med å sammenstille energi- og materialbruk for å vurdere bygningers totale miljøprestasjon er å redusere bygningenes klimafotavtrykk. Asplan Viak mener at den mest direkte og minst usikre målparameteren for klimapåvirkning er GWP, målt i CO₂-ekvivalenter. Det anbefales at eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK benytter GWP fremfor bundet energi som målparameter for klimapåvirkning som miljøtema.

I høringsutkastet til ny standard for klimagassberegninger stilles det krav til at klimagassene som omfattes av Kyotoprotokollen skal inkluderes i beregninger, og at GWP skal brukes som indikator (Standard Norge, 2017). Dette er også i tråd med hva som er konvensjon for klimagassberegninger ellers.

5.3.2 Systemgrenser for rammekrav til klimapåvirkning

Sammenliknbarhet er avgjørende for at dokumentert miljøprestasjon skal ha nytteverdi. For å få sammenliknbare vurderinger, må beregninger gjøres på bakgrunn av samme metodiske rammeverk.

Som diskutert i kapittel 2, har følgende metodiske valg spesielt stor betydning, og drøftes derfor mer inngående i dette kapitlet:

- Systemgrenser for hvilke bygningsdeler som skal inkluderes
- Analyseperiode
- Systemgrenser for hvilke livsløpsfaser som skal inkluderes
- Utslippsfaktorer for energibruk
- Utslipp fra gjenbrukte/resirkulerte materialer

Den nye standarden for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720) angir metodiske retningslinjer, og kan forventes å bli førende for klimagassberegninger som gjøres for norske bygg. Derfor baserer vi oss i stor grad på det som foreslås i høringsutkastet til ny standard i den videre diskusjonen av metodiske valg for klimagassberegninger. Det metodiske rammeverket angitt i standarden kan følges direkte for rammekrav til klimapåvirkning, og må dessuten integreres i eventuelle tiltakskrav til klimapåvirkning.

Ettersom det ikke har blitt publisert noen endelig versjon av standarden i skrivende stund, må det tas forbehold om at den publiserte versjonen vil kunne avvike fra det som er beskrevet i denne rapporten.

5.3.2.1 Systemgrenser for bygningsdeler

I livsløpsvurderinger er det viktig å presisere hvilke bygningsdeler som inngår i beregning av klimagassutslipp fra materialbruk, og hva som hører til under hver bygningsdel. I høringsutkastet til NS 3720 foreslås det å følge inndelingen i NS 3451 *Bygningsdelstabellen*, og det settes et minimumskrav til å inkludere bygningsdeler som vist i andre kolonne i Tabell 5.1:

Tabell 5.1 Foreslåtte minimumskrav til bygningsdeler som må inkluderes i klimagassregnskap fra høringsutkast til NS 3720. Spesifisering på 3-siffernivå kreves ikke.

1-siffernivå: Bygningsdeler	2-siffernivå: Minimumsomfang for en helhetlig klimagassberegning etter denne standarden	3-siffernivå: Eksempel på detaljering som ikke kreves etter denne standarden, men som bør oppgis hvis mulig.
2 Bygningen:	2.1 Grunn og fundamenter	Post 2.1.2 med unntak av deler av postene 211 Klargjøring av tomt, 212 Byggegrøp og 213 Grunnforsterkninger, Se kapittel 7.3.
	2.2 Bæresystemer, Omfatter separate systemer som ikke inngår som en integrert del av vegger, tak eller dekker	222 Søyler
		223 Bjelker
		224 Avstivende konstruksjoner
		225 Brannbeskyttelse av bærende konstruksjoner
		228 Utstyr og komplettering
	2.3 Yttervegger	
	2.4 Innervegger	
	2.5 Dekker	
2.6 Yttertak		
2.8 Trapper, balkonger, m.m.		
3 VVS:	3.2 Varme	
	3.6 Luftbehandling	
	3.7 Komfortkjøling	
4 Elkraft:	4.1 Basisinstallasjon for elkraft	
	4.4 Lys	
	4.5 Elvarme	
	4.9 Andre elkraftinstallasjoner (blant annet solcelleanlegg)	
6 Andre installasjoner:	6.1 Prefabrikkerte rom	
	6.2 Person- og varetransport (heiser)	

Å utarbeide og dokumentere klimagassberegninger som inkluderer alle bygningsdelene angitt i minstekravene i standarden kan være omfattende. En eventuell innføring av krav til klimagassberegninger i TEK ligger imidlertid et stykke frem i tid, og det kan forventes at forbedringer i datatilgang og beregningsverktøy vil gjøre det enklere å utføre denne typen beregninger i fremtiden. VVS- og elkraftinstallasjoner har hittil ikke vært vanlige å medregne, men, gitt at minstekravene i høringsutkastet til NS 3720 blir førende for klimagassberegninger for bygninger, vil erfaringsgrunnlaget for klimagassberegninger av disse bygningsdelene utvides betraktelig i kommende år.

Dersom det ikke skal stilles samme krav til systemgrenser for klimagassberegninger i TEK som angitt i NS 3720, anbefales det at følgende bygningsdeler inkluderes som et minimum:

- 2.1 Grunn og fundament
- 2.2 Bæresystemer
- 2.3 Yttervegger
- 2.4 Innervegger
- 2.5 Dekker
- 2.6 Yttertak
- 4.9 Andre elkraftinstallasjoner (solcelleanlegg)

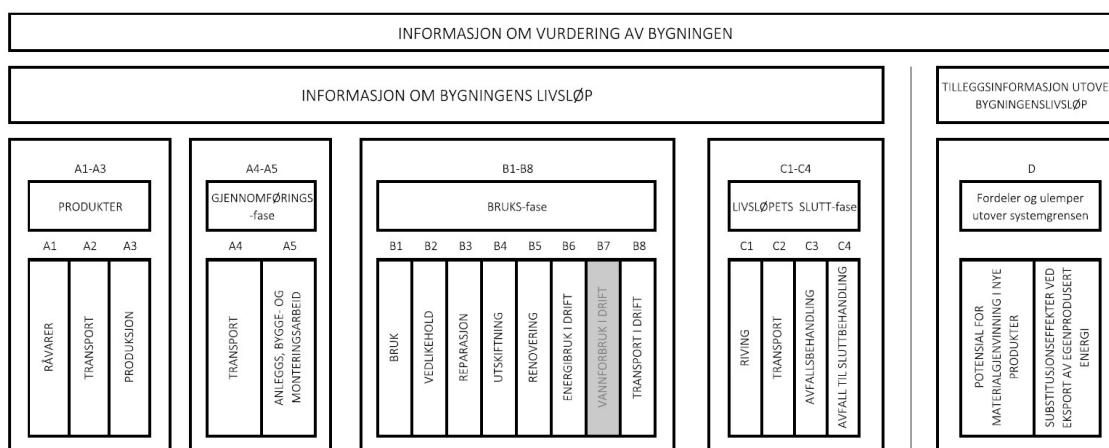
Som det fremgår av tabellen, foreslås det i høringsutkastet til ny standard å inkludere tekniske installasjoner i minstekravene for beregning av klimagassutslipp fra materialer. Det er også beskrevet spesielt at solcelleanlegg skal medregnes under 4.9 Andre elkraftinstallasjoner.

Det har hittil ikke vært utbredt å inkludere tekniske systemer i klimagassberegninger for bygninger, på grunn av lite dokumentasjon på materialbruk og utslippsfaktorer for tekniske systemer. Derfor har det i praksis vært nødvendig å bruke avansert LCA-programvare for å beregne utslipp for tekniske systemer, noe som ikke er tilgjengelig for alle. Dersom det stilles krav til å inkludere tekniske systemer i den nye klimagassberegningsstandard, kan det stimulere til at det kommer flere EPDer på markedet for denne typen bygningselementer. Ettersom den nye standarden vil komme i bruk før en eventuell introduksjon av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK, er det sannsynlig at det vil finnes bedre datagrunnlag for å beregne utslipp fra materialbruk i tekniske systemer når en ny versjon av TEK trer i kraft.

Det kan forventes at standarden for klimagassberegninger for bygninger fortsatt vil utvikles også etter publisering. Det vil være en styrke for krav til klimagassberegninger i TEK å kunne benytte et rammeverk som utvikles og forbedres parallelt med utvikling av krav i TEK.

5.3.2.2 Systemgrenser i tid – livsløpsfaser

Foreslåtte systemgrenser for livsløpsfaser i høringsutkastet til ny standard for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720) er vist i Figur 5.6:



Figur 5.6 Foreslåtte systemgrenser for klimagassberegninger av bygninger i høringsutkast til ny standard, prNS 3720:2017

Sammenliknet med systemgrensene angitt i NS-EN 15643-2 og NS-EN 15978 (vist i Figur 3.2, kapittel 3.1.2), er det i den nye standarden foreslått å inkludere transport i drift av brukere av bygget, som modul B8. I tillegg er det foreslått å inkludere transport av byggeplassarbeidere i modul A5, mens modul B7 er utelatt.

Innen de fleste rammeverkene som hittil har blitt mye brukt for å utarbeide klimagassregnskap for bygninger i Norge (klimagassregnskap.no, FutureBuilt, 2012-utgaven av BREEAM-NOR), stilles det krav til at kun et utvalg av livsløpsfasene skal medregnes. De vanligste fasene som medregnes er produktfasen (A1-A3), utskifting av elementer over byggets levetid (B4), og energibruk i drift (B6).

I tillegg har det vært relativt utbredt (iht. klimagassregnskap.no og kriteriene i FutureBuilt) å regne med transport i drift av brukere av bygningen. Transport i drift kan utgjøre en stor andel av de livsløpsbaserte klimagassutslippene knyttet til en bygning, og påvirkes i stor grad av hvor bygningen plasseres, transporttilbud og nærhet til sentrale institusjoner. Fordi transport i drift i liten grad kan påvirkes av bygningskroppens utforming, ligger dette imidlertid utenfor systemgrensene for hva man kan regulere i TEK. Dersom NS 3720 skal benyttes for å definere rammekrav til klimagassberegninger i TEK, kan modul B8 derfor ikke inkluderes.

Et premiss for at krav til klimagassberegninger i TEK skal kunne sies å være livsløpsbaserte, er nødvendigvis at de vurderer hele livsløpet for bygninger. Hensikten med livsløpsbasert vurdering er både at man skal få et mest mulig reelt bilde av total miljøpåvirkning, og dessuten å unngå eventuell sub-optimalisering ved å flytte problemene utenfor systemgrensene i tid. Et eksempel på det sistnevnte kan være å velge produkter med lave produksjonsutslipp, men som produseres langt unna der de skal benyttes, fremfor produkter med høyere produksjonsutslipp, men kortere reisevei, slik at summen av utslipp inkludert produksjon og transport totalt sett blir lavere enn for det langreste produktet.

A4 omfatter ifølge NS 15978 transport av materialer, produkter og byggevarer fra fabrikk eller varelager til byggeplass. Avhengig av produktet som vurderes, kan transport utgjøre en stor andel av produktets totale klimagassutslipp. TEK regulerer ikke transport av byggevarer til byggeplass per i dag. Regelverket skal være nøytralt og ikke diskriminere nasjonalt produsert eller import, og det er derfor ikke anledning til å stille spesifikke krav til transportdistanse eller produksjonssted for materialer i TEK. Dersom det stilles krav i form av klimagassutslipp fra hele livsløpet for produkter, er det imidlertid ingen konkrete krav til produksjonssted. Fordi transportutslipp kan ha vesentlig betydning, bør det likevel vurderes videre om det er juridisk mulig å stille rammekrav til klimagassutslipp i TEK som også inkluderer transport til byggeplass. En mulighet kunne være å sette verdier for standard transportdistanser som skal brukes i klimagassberegninger i TEK (for eksempel iht. geografisk region, dvs. Norge/Norden eller Østlandet/Vestlandet).

Omfanget av klimagassutslipp knyttet til anleggsfasen (A5) vil variere med kompleksiteten i nødvendige gravearbeider, effektivitet på anleggsplassen og en rekke andre faktorer. Basert på Asplan Viaks erfaringer, utgjør vanligvis utslipp fra anleggsmaskiner og energibruk i anleggsfasen en betydelig mindre andel av totale levetidsutslipp for en bygning enn utslipp fra materialproduksjon. Et vesentlig usikkerhetsmoment i denne sammenheng er arealbruksendringer, dvs. effekten av å omdanne for eksempel skog eller jordbruk til et urbant område. Arealbruksendringer har hittil ikke vært vanlig å medregne i klimagassberegninger for bygninger, men kan potensielt ha stor klimapåvirkning. I tillegg til

selve anleggsfasen, foreslår høringsutkastet til NS 3720 å utvide A5 til også å inkludere persontransport tilknyttet anleggsfasen. Dette kan potensielt gi et stort bidrag til beregnede utslipp. Som for utslipp fra transport i drift, er utslipp fra transport av anleggsarbeidere avhengig av bygningens plassering. Dette er dermed forhold som TEK ikke kan regulere eller påvirke. Aktiviteter på byggeplass (utover produksjon og håndtering av byggavfall) er også utenfor virkeområdet for TEK.

Modul B1-B5 omfatter bruk (B1), vedlikehold (B2), reparasjon (B3), utskiftning av byggematerialer (B4) og renovering av større deler av bygningen (B5). I klimagassberegninger regnes det som standard med en levetid for bygningen på 60 år, og det vil derfor være nødvendig å vedlikeholde og skifte ut en del av materialene løpet av levetiden. De største klimagassutslippene for bruksfasen (ekskludert energibruk i drift) vil knytte seg til modul B4, og denne må medregnes for å kunne vurdere utslipp fra materialbruk i et livsløpsperspektiv. Klimagassutslipp fra aktiviteter knyttet til reparasjon, vedlikehold og renovering (de øvrige modulene i bruksfasen) kan forventes å bidra mindre til totale utslipp enn A1-A3+B4, men bør medregnes for å få et helhetlig bilde av klimapåvirkning fra materialbruk. Datagrunnlaget for å medregne B1-B3 vil dessuten i stor grad være overlappende med underlaget som er nødvendig for å beregne A1-A3+B4.

Energibruk i drift (B6) har stor betydning for totale klimagassutslipp over bygningers livsløp. Som diskutert i kapittel 5.3.1, er det avgjørende å se materialbruk og energibruk i sammenheng for å finne de løsningene som totalt over livsløpet gir lavest klimapåvirkning. Hvilke utslippsfaktorer som bør legges til grunn for vurdering av klimagassutslipp fra elektrisitet og fjernvarme er diskutert i hhv. kapittel 5.3.2.4 og kapittel 5.3.2.6.

Modulene C2-C4 omfatter transport av avfall til avfallsmottak og behandling av avfallet. Her medregnes bl.a. utslipp fra forbrenning av avfall og fra resirkuleringsprosesser. For trematerialer er det spesielt viktig å regne med utslipp ved endt levetid. Opptak av biogent karbon i vekstfasen rapporteres som negative utslipp i produksjonsfasen i EPDer. Dersom kun utslipp i produksjonsfasen inkluderes, vil trebaserte produkter derfor regnes med netto negative utslipp over livsløpet, noe som ikke er reelt (med mindre materialene lagres permanent uten mulighet for utslipp gjennom nedbryting, eller ev. forbrenning med karbonfangst).

Modul D medregner eventuelle gevinster/utslippsreduksjoner som følge av gjenvinning og ombruk av materialer etter bygningens levetid. Dette skal som standard ikke medregnes i livsløpsvurderinger for bygninger, og er tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp. Dette vurderes derfor ikke som relevant for krav til klimagassberegninger i TEK.

I høringsutkastet til ny standard for klimagassberegninger for bygninger er det lagt opp til at alle livsløpsfaser (A1-C4) skal medregnes. I utgangspunktet bør derfor rammekrav til klimagassutslipp i TEK følge tilsvarende systemgrenser. Imidlertid er det, som nevnt innledningsvis, ikke anledning til å inkludere modul B8, transport i drift. Det er usikkert hvorvidt det er juridisk mulig å inkludere transport av byggevarer til byggeplass (A4) i rammekrav.

Et alternativ til å følge systemgrensene i NS 3720, kan være å velge ut de livsløpsfasene som har størst betydning for klimapåvirkning over levetiden, og definere rammekrav i TEK i henhold til dette. I et slikt tilfelle anbefales at følgende livsløpsfaser som et minimum må inkluderes i klimagassberegninger for bygninger:

- A1-A3 (Produksjon av byggematerialer til oppføring av bygningen) (inkludert A4, dersom juridisk mulig)
- B1-B5 (Materialbruk som skyldes bruk, vedlikehold, reparasjon, utskiftning av byggematerialer og renovering)
- B6 (Energibruk i drift av bygningen)
- C3-C4 (Avfallshåndtering)

5.3.2.3 Levetid for bygninger

Forslaget til ny standard fastsetter levetiden til bygningen til 60 år. Selv om mange bygninger i praksis kan stå enda lenger, er det viktig å sammenlikne alle bygninger på grunnlag av samme levetid, med mindre det er særskilte forhold som gjør at bygningen bestemt vil rives før eller senere enn 60 år.

5.3.2.4 Systemgrenser for resirkulerte materialer

Ved beregning av utslipp og gevinster knyttet til ombruk og resirkulering, benyttes ofte begrepet «end-of-waste». Rivningsavfall som har nådd «end-of-waste»-stadiet kan ansees som en ressurs. Stadiet defineres i NS 3720 ved at følgende kriterier for avfallet er oppfylt:

- Det kan brukes til et spesifikt formål
- Det fyller et markedsbehov
- Det oppfyller lovkrav og andre spesifikke krav
- Det er ikke helse- og miljøskadelig i henhold til REACH

I Vedlegg 5 presenteres ulike metodiske tilnærminger til fordeling av utslipp og utslippsreduksjoner som følge av resirkulering og ombruk av materialer. Forslaget til ny standard for livsløpsbaserte klimagassberegninger for bygninger angir kriterier for hvordan utslipp skal allokeres ved ombruk og resirkulering. Kriteriene kan oppsummeres som følger:

- **Ombruk av eksisterende materialer ved renovering** av bygningen som ikke flyttes til ny bygning, gis utslippsverdien 0.
- **For brukte materialer som tilføres fra andre bygninger** skal systemgrensene mellom det aktuelle systemet og det forrige systemet (som tilgjengeliggjør de brukte materialene) settes der hvor materialene fra det forrige systemet når «end-of-waste»-stadiet. Denne metodikken korresponderer med metoden for allokering som kalles «Cut-off», som omtalt i Vedlegg 5.
- **Utslipp fra resirkulert materiale som benyttes i bygningen** skal beregnes på samme måte som for brukte materialer.
- **Hvis materialer i bygningen tas vare på for ombruk etter riving**, kan utslipp og gevinster knyttet til dette rapporteres separat i modul D. Dette regnes ikke som en del av livsløpet til den aktuelle bygningen, men kan synliggjøres for å vise fordeler ved eventuell ombruk. Det skal da medregnes netto unngåtte utslipp som følge av at ombruksmaterialene erstatter produksjon av nye materialer. Beregningene skal gjøres for et eller flere relevante scenarier for ombruk, basert på dagens praksis. Her må det tas i betraktning eventuelle utslipp knyttet til bearbeiding av materialene utover det som inngår i C3.

- **For rivningsavfall som brennes med energigjenvinning etter bygningens levetid**, gjelder samme prinsipper som i punktet over. Da kan netto unngåtte utslipp fra alternativ energiproduksjon medregnes. Beregningene skal bygge på eksisterende teknologi og praksis.
- **Dersom det oppstår avfall som kan ombrukes eller resirkuleres i produksjonsfasen eller bruksfasen**, skal eventuelle utslipp og gevinster knyttet til dette rapporteres i den fasen der avfallet tilgjengeliggjøres, ikke i modul D. Eksempel på dette er om avkapp av trematerialer etter montering på byggeplassen selges til energiformål, eller om materialer som skiftes ut på grunn av renovering kan brukes på nytt i en annen bygning.

5.3.2.5 Utslippsfaktorer for elektrisitet

Valg av ulike utslippsfaktorer fra elektrisitet kan gi store utslag for beregnede klimagassutslipp over livsløpet til en bygning. Dette kommer av at det er stor forskjell i mengden klimagassutslipp som forårsakes av elektrisitetsproduksjon i ulike regioner, fordi elektrisiteten produseres med ulike mikser av energikilder. I tillegg er elektrisitetsforbruket gjennom en bygningens levetid stort, fordi det både benyttes direkte i drift av bygningen, og indirekte til å produsere materialer og produkter.

Det er spesielt forskjeller i elektrisitetsmikser som gjør at det bør velges EPDer fra riktig land når det skal brukes EPDer for byggevarer. Dersom utslippsfaktorer beregnes manuelt for byggematerialer, bør utslippsfaktoren for elektrisitet som brukes reflektere landet der materialene produseres. I drift av bygningen bør utslippsfaktoren være representativ for regionen i landet bygningen der er plassert.

På grunn av kraftutveksling mellom Norge og andre europeiske land, i tillegg til betraktninger av konsekvenser av marginal økning av elektrisitetsforbruk, er det omdiskutert om det bør legges norsk, nordisk eller europeisk elektrisitetsmikser til grunn for å representere forbruk av elektrisitet i Norge. Dette er presentert nærmere i Vedlegg 5, sammen med eksempler på utslippsfaktorer som brukes i ulike sammenhenger.

Høringsutkastet for NS 3720 setter minimumskrav til at utslippsfaktorer for elektrisitet fra strømmettet som brukes til drift av bygningen skal beregnes for to scenarier: Norsk produksjonsmikser og europeisk produksjonsmikser. Utslippsfaktorene skal representere et gjennomsnitt over 60 år med startdato fra bygningens idriftsettelse. Faktoren beregnes som en lineær funksjon til forventet produksjonsmikser i 2050, og holdes deretter konstant på dette nivået frem til slutt punktet for perioden. Forventet gjennomsnittlig utslippsfaktor for produksjonsmikseren i 2050 er nær null utslipp. Standarden inneholder et informativt tillegg med utslippsfaktorer for ulike energikilder til elektrisitetsproduksjon, og beregnet produksjonsmikser i 2015 og 2050 for Norge og Europa, basert på tall fra Eurostat, EEA, SSB og EUs Roadmap 2050.

5.3.2.6 Utslippsfaktorer for fjernvarme

Beregning av utslippsfaktor for fjernvarme avhenger av hvilke energikilder som benyttes for å produsere fjernvarmen, og bør reflektere produksjonsmikseren til den aktuelle leverandøren.

I høringsutkastet til NS 3720 foreslås det at utslippsfaktorer for fjernvarme skal baseres på gjennomsnittlig energimikser i fjernvarme/kjøling-systemet per år over bygningens livsløp (60

år). Informasjon om forventet energimiks skal innhentes fra den aktuelle leverandøren av fjernvarme/fjernkjøling. Valgt energimiks skal dokumenteres og begrunnes, og det skal benyttes LCA-baserte utslippsfaktorer for alle energivarer som inngår. Det betyr at produksjon og distribusjon av brensler, produksjonsanlegget, varme/kjøledistribusjonsnett, skal inkluderes. Tap i produksjon og distribusjon av fjernvarme skal inkluderes.

Hvis restavfall inngår som en energivare i fjernvarmeproduksjonen, skal forbrenningsutslippene og utslipp fra transport og håndtering av restavfallet som hovedregel settes til null i beregningen av utslipp fra fjernvarmeproduksjonen. Disse utslippene skal allokere til avfallsbehandlingen. Utslipp fra utstyr som er nødvendig for å produsere varme fra avfallet tilordnes fjernvarmeproduksjonen.

Hvis spillvarme fra industriproduksjon inngår i fjernvarmeproduksjonen settes dette utslippet til null fordi utslippet allokere til hovedproduktet/produsent.

Alle valg skal begrunnes og dokumenteres. Hvis nødvendige data ikke er tilgjengelig fra fjernvarmeleverandøren, kan det brukes veiledende verdier som finnes som vedlegg til standarden.

5.3.2.7 Utslippsfaktorer for produkter som inneholder biogent karbon

Metodiske problemstillinger knyttet til beregning av klimapåvirkning fra opptak og utslipp av biogent CO₂ er presentert i kapittel 3.2.1.1. Selv om det er forskningsmessig belegg for at tidsforskjellen mellom opptak og utslipp av biogent CO₂ bør hensyntas i klimagassberegninger, er det fortsatt standard praksis at biogene CO₂-utslipp¹² regnes som klimanøytrale.

Ifølge forslaget til den nye standarden for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720) skal opptak og utslipp av biogent karbon som er bundet i produkter i biobaserte materialer inkluderes i utslippsfaktoren, og rapporteres i den modulen der opptaket eller utslippet skjer (i henhold til produktkategoriregler for utarbeidelse av EPDer for trebaserte produkter angitt i NS-EN 16485). For trematerialer som står i hele bygningens levetid og brennes i slutfasen, vil dette si å rapportere opptaket i produksjonsfasen, og å rapportere utslippet i avhendingsfasen. I tillegg skal mengden CO₂ som er bundet i produktene angis separat. Vi anbefaler å følge dette i eventuelle regneregler som fastsettes i TEK, for å sikre konsensus ved sammenlikning av resultater.

Standarden (NS 3720) oppfordrer også til å gjøre sensitivitetsanalyser der tidspunkter for utslipp og opptak tas hensyn til. Ettersom det kun er anledning til å stille skal-krav, og ikke bør-krav i TEK, vil dette ikke være relevant med mindre det inkluderes som et obligatorisk krav i standarden.

¹² Ifølge EN 16485 skal utslippsfaktor for biogent CO₂ være 1, men det skal regnes likt opptak som utslipp. Siden GWP på 1 benyttes for utslipp og -1 for opptak, vil dette utlignes. Dette blir det samme som å behandle biogent CO₂ som klimanøytralt.

5.3.3 Systemgrenser for tiltakskrav

Med hensyn til tilgjengelig dokumentasjon for enkelte bygningsprodukter, vil det være svært utfordrende å stille tiltakskrav som ivaretar en større del av livsløpet enn produktfasen (A1-A3) og utskifting i levetiden (B4). Som nevnt i kapittel 5.3.2.2, er det viktig å ta hensyn til bygningsproduktens levetid, i tillegg til utslipp fra produksjonsprosessen, for å unngå suboptimalisering. Denne informasjonen er tilgjengelig fra EPDer, og bør være uproblematisk å innhente for produkter der det er utarbeidet EPD.

Dersom det alltid ble utarbeidet energiberegninger for alle bygninger, kunne disse alltid bli brukt som grunnlag for utslippsberegning for energi i drift. Dersom man fastsatte hvilke utslippsfaktorer for energibruk som skulle benyttes i klimagassberegninger, kunne driftsfasen alltid medregnes, selv om tiltaksmodellen for energibruk ble benyttet. Imidlertid stilles det ikke krav til energiberegninger for bygninger som benytter tiltaksmodellen for energi. Dette betyr i praksis at dersom man skulle innført rammekrav til klimagassutslipp for alle bygninger, ville det ikke vært tilstrekkelig grunnlag for beregning av energibruk i drift for de bygningene der tiltaksmodellen for energi benyttes. Dermed fordrer tiltaksmodellen for energi i praksis en tilsvarende tiltaksmodell for klimagassberegninger.

Som nevnt i kapittel 5.2.2.2, er det essensielt at tiltakskrav stilles for de elementene som har størst betydning for total klimapåvirkning fra produktfasen. Dette bør vurderes mer inngående i en eventuell utforming av faktiske krav (blant annet med hensyn til hvorvidt tiltakskrav bør utformes ulikt for ulike bygningskategorier), men generelt kan følgende elementer og materialgrupper pekes ut som kandidater for tiltakskrav (se også Vedlegg 4):

Bygningsdeler:

- Grunn og fundamenter
- Bærekonstruksjon
- Bærende yttervegger
- Dekker
- Vinduer

Materialgrupper:

- Betong
- Sementprodukter
- Armeringsstål
- Konstruksjonsstål
- Trykkfast isolasjon
- Utvendig kledning

Som diskutert i kapittel 2.3.1, er det en avveining mellom hensyn til fleksibilitet i valg av materialer for å oppnå lavest totale klimagassutslipp per bygningsdel, og hensyn til gjennomførbarhet for tiltakskrav som skal kunne tilfredsstilles for alle typer utbyggere. Dette bør vurderes nærmere, med innspill fra ulike typer utbyggere, for å finne ut hvorvidt det vil være mulig å stille krav per bygningsdel/-element, eller om kun krav per materialgruppe er hensiktsmessig i TEK.

Dersom det stilles tiltakskrav for materialgrupper, kan det også være en mulighet å definere hvilke typer som inngår medregnes ut fra mengde brukt i bygningen. Dette kunne gjøres ved

å stille krav til at et bestemt antall av de største materialforekomstene per volum skal oppfylle krav til maksimale klimagassutslipp. En slik utforming av tiltakskrav fordrer at det settes grenseverdier for klimagassutslipp for alle materialtyper som er mye benyttet i norske bygninger.

5.4 Suksesskriterier og metodiske valg for øvrige miljøtema

5.4.1 Ressursbruk

Miljøkrav i TEK til ressursbruk bør, som diskutert kapittel 3.2.2, deles inn i minstekrav som ivaretar hensyn til forbruk av truede ressurser, og krav som skal fremme en bedre total ressursutnyttelse over levetiden.

Som diskutert i kapittel 3.2.2.1 bør minstekrav til fravær av knappe metallressurser omfatte sink, kobber og krom.

For total ressursbruk er følgende tema relevante:

- Tilrettelegging for ombruk og gjenvinning
- Arealeffektivitet
- Optimalisering av materialbruk i konstruksjoner
- Endringsdyktighet i bygninger
- Design for ombruk og gjenvinning
- Robusthet
- Vedlikeholdsvennlighet
- Avfallsminimering på byggeplass
- Skånsom riving, med høy grad av sortering
- Ombruk og gjenvinning av ressursene

Fordi disse temaene kan ivaretas på mange forskjellige måter, er det utfordrende å stille gode og spesifikke krav til total ressursbruk. Imidlertid kan krav til dokumentasjon av materialbruk være en viktig driver for å tilgjengeliggjøre informasjon om ressursbruk i bygninger. Dette i seg selv kan være en viktig driver for å forbedre den totale ressursbruken i samfunnet, selv om det ikke nødvendigvis påvirker ressursbruken i det enkelte prosjektet. Dette er diskutert videre i kapittel 5.5

5.4.2 Helse- og miljøskadelige stoffer

Nedenfor følger en tolkning av dagens lovkrav når det gjelder bruk av produkter med helse- og miljøskadelige stoffer (Direktorat for Byggkvalitet, 2013):

I følge produktkontrolloven skal produkter med skadelige stoffer ikke brukes hvis brukeren kan finne bedre alternativer for helse og miljø uten urimelig kostnad eller ulempe. Med ulempe menes for eksempel brannfare eller annen sikkerhetsrisiko. For å unngå bruk av skadelige stoffer, må brukeren gjøre en såkalt substitusjonsvurdering.

Substitusjon av helse- og miljøskadelige stoffer er lovregulert gjennom substitusjonsplikten (produktkontrollloven § 3a) og i teknisk forskrift (TEK17, §9-2 Helse- og miljøskadelige stoffer).

Bruk av de mest helse- og miljøskadelige stoffene reguleres ved at noen stoffer er helt forbudt. Andre er tillatt brukt i det ferdige produktet, men regulert gjennom krav til varsomhet hos bruker.

I praksis betyr dette at det er en rekke krav som pålegges både byggherren (ansvarlig søker), de prosjekterende og de utførende for å unngå bruk av helse- og miljøskadelige stoffer.

Byggherren skal kontraktfeste og følge opp at substitusjonsvurderinger blir gjort, kontrollere at rutiner for substitusjon er fulgt, behandle avviksmeldinger med kritisk sans, og godkjenne eventuelle valg av produkter som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer etter gjennomført substitusjonsvurdering.

De prosjekterende må gjøre seg kjent med hvilke produktgrupper som kan inneholde de mest skadelige stoffene og vurdere alternative materialer og løsninger, samt spesifisere funksjonskrav og dokumentasjonskrav om miljøkvaliteter i beskrivelsen.

Entreprenøren er ansvarlig for å innhente produktopplysninger og sørge for at de produkter som blir kjøpt inn tilfredsstiller funksjonskravet i beskrivelsen, samt gjennomføre substitusjonsvurderinger i henhold til substitusjonsplikten, dersom det benyttes byggevarer som inneholder helse- og miljøskadelige stoffer. De skal også kunne dokumentere at det er gjort slike vurderinger.

Utfordringen er at til tross for at regelverket i utgangspunktet er klart, så viser det seg at det kun er begrenset kunnskap om dette i byggebransjen. Dette ser man tydelig når man arbeider med BREEAM. Man ser at veldig mange aktører knapt har hørt om produktkontrollloven og substitusjonsplikten, mange entreprenører har aldri gjennomført en substitusjonsvurdering og vet dermed ikke hva som kreves, eller hva de skal gjøre med den etter at den er gjennomført, og mange byggherrer vet ikke hva de skal gjøre med en substitusjonsvurdering, dersom de får den tilsendt.

Etter vårt syn tyder dette på at regelverket på dette området ikke er godt nok.

5.4.2.1 Systemgrenser

Vurderinger av helse- og miljøskadelige stoffer gjelder ikke bare valg av materialer i produksjonsfasen (A1-A3 jf. Figur 5.6), men også ved anskaffelse av materialer gjennom bygningens levetid på grunn av reparasjon, vedlikehold og utskifting av materialer (B2-B5). Det er dessuten også aktuelt i byggefasen (A5), for å sikre et trygt arbeidsmiljø for de som jobber på anleggsplassen. Innhold av helse- og miljøskadelige stoffer i byggematerialene vil påvirke avfallshåndteringen i livsløpets slutfase (C1-C4). Farlig avfall er mer ressurskrevende å håndtere enn annet avfall. I tillegg påvirkes muligheter til å ombruke og resirkulere byggematerialer.

Fordi innhold av skadelige stoffer er svært relevant for aktiviteter i avhendingsfasen for bygninger, er det hensiktsmessig å legge et så langt tidsperspektiv som mulig til grunn dersom man stiller krav til innhold av farlige stoffer. Selv om byggematerialenes innhold av

helse- og miljøskadelige stoffer er under dagens definerte grenseverdier, er det usikkert om det fortsatt vil være slik når bygningen rives. Grenseverdier endres i takt med forbedret kunnskap om stoffenes påvirkning. I tillegg kan det vise seg at nye stoffer som vi ikke vet virkningen av i dag, er helse- og miljøskadelige.

Kravene til helse- og miljøskadelige stoffer bør gjelde alle byggematerialer, inkludert tekniske systemer.

5.4.3 Emisjoner til inneklime

TEK krever at «produkter til byggverk skal gi ingen eller lav forurensning til inneluften» (§ 13-1, sjuende ledd). Veiledningen til kravet er ganske detaljert, og stiller krav til dokumentasjon for materialbruken. En utfordring er imidlertid at kravet befinner seg blant kravene for luftkvalitet. Dette er krav som normalt ivaretas av VVS-konsulentene og ventilasjonsentreprenøren. Disse aktørene har i utgangspunktet liten innvirkning på hvilke materialer som benyttes i bygningen. Veldig ofte velger disse aktørene også legge inn god sikkerhetsmargin i dimensjoneringen av luftkanaler etc., for å være sikker på at det ikke kommer klager i ettertid. Følgelig er ikke disse aktørene avhengig av at det faktisk velges lavemitterende materialer, og dermed ingen drivkraft til å følge opp materialvalgene.

Dermed faller ansvar for oppfølging av kravene på arkitekt og øvrige entreprenører i prosjektet. I praksis er det kun i begrenset grad tillatt å benytte byggevarer som ikke er dokumentert lavemitterende i norske byggeprosjekter (gjeldende fra TEK 10). Man skulle derfor forvente at det var svært enkelt å framskaffe slik dokumentasjon.

Asplan Viaks erfaring fra BREEAM-prosjekter tilsier at på dette området har aktørene i byggebransjen begrenset erfaring med faktisk å skulle levere slik dokumentasjon. I løpet av årene som har gått siden BREEAM ble tatt i bruk i Norge, har tilgangen på dokumentasjonen blitt betydelig bedre. Det er imidlertid fortsatt et godt stykke igjen før alle byggevareleverandører i det norske markedet er i stand til å levere tilstrekkelig dokumentasjon iht. dette kravet i byggeforskriftene.

Emisjoner av stoffer til inneklimate fra materialer og inventar foregår i bygningens bruksfase (B1), gjennom hele bygningens levetid. For å redusere avgassing gjennom bygningens levetid, må dette tas hensyn til ved anskaffelse av byggematerialer, dvs. i produksjonsfasen (A1-A3) og i bruksfasen ved utskifting av materialer (B2-B5).

For bygningsdeler er det primært innervegger og dekker (gulvbelegg og himlinger) som har overflater som eksponeres for innemiljøet, i tillegg til innvendige overflater på yttervegger. Møbler og inventar er også av stor betydning, men dette kan ikke reguleres av teknisk forskrift.

5.5 Dokumentasjonskrav

Som nevnt i kapittel 1.4.3, er forpliktende dokumentasjonskrav avgjørende for at miljøkrav i TEK skal ha sin tilsiktede effekt.

I tillegg til å sikre at miljøkrav faktisk følges opp, kan dokumentasjonskrav for miljøprestasjon i TEK gi verdifull informasjon som kan brukes i statistikk og forskning. Krav i TEK kan være et avgjørende virkemiddel for å sørge for at mer dokumentasjon av livsløpsbasert miljøpåvirkning på bygningsnivå blir utarbeidet og tilgjengeliggjort.

5.5.1 Materialdeklarasjoner for bygninger

I juni 2017 leverte *Advisory Board for sirkulær økonomi* til den danske regjeringen en rapport med 27 anbefalinger til tiltak for å fremme sirkulær økonomi i Danmark (Advisory Board for sirkulær økonomi, 2017). Blant disse anbefalte de at det burde innføres krav til at man for alle nybygg oppført etter 2020 skal opplyse om materialbruk, mengden gjenbrukte, ombrukte og ombrukbare materialer, og dessuten mengde og antall uønskede stoffer som inngår i bygningen i såkalte *bærekraftsdeklarasjoner*. De anbefalte også introduksjon av en frivillig ordning for bærekraftsklassifisering av nye bygninger fra 2020, med sikte på en obligatorisk klassifiseringsordning fra 2025.

En mulighet for å utnytte merverdien i dokumentasjon av miljøprestasjon kan være å etablere en ordning med slik materialdeklarasjon for bygninger. Materialdokumentasjonen kunne inneholde informasjon om:

- Spesifikk materialbruk og materialmengder i bygningen
- Gjenbrukte/ombrukte materialer
- Klassifisering av demonterbarhet i bygningselementer
- Klimapåvirkning fra materialbruk
- Forekomster av helse- eller miljøskadelige stoffer
- Emisjonsmerking for materialer eksponert mot inneklima
- Vedlikeholdsinformasjon for bygningsprodukter

Dokumentasjon av materialbruk i bygninger, av hvordan bygningsdeler er satt sammen/montert, og innhold av eventuelle uønskede stoffer kan bidra til at materialer blir gjort tilgjengelige for ombruk/gjenbruk. Kartlegging av tilgjengelige ressurser kan gi oversikt over hvor mulige gjenbruksmaterialer finnes og vil komme til å bli tilgjengelige i fremtiden. Slik informasjon vil kunne forenkle logistikken forbundet med å innhente gjenbruksmaterialer. På denne måten kan dokumentasjon av materialbruk være en driver for bruk av bygninger som ressursbanker i neste livsløp. Klassifisering av demonterbarhet, deklarerer av gjenbruksmaterialer o.l. kan dessuten tenkes å ha en stor bevisstgjøringseffekt rundt ombruk og gjenvinning. Krav til dokumentasjon av dette for bygninger kan dermed bidra til økt gjenbruk av byggematerialer, selv om man ikke stiller spesifikke krav til grad av gjenbruk TEK.

Dokumentasjon av oppfyllelse av minimumskrav til skadelige stoffer, emisjoner til inneklima og bruk av truede ressurser kan ha relevans i et forbrukerperspektiv. For eksempel ville det vært nyttig for boligkjøpere å kunne sjekke om boligen de vurderer har forekomster av helse- eller miljøskadelige stoffer, eller om den oppfyller krav til lavemitterende materialer. For eksempel kunne en slik «miljøattest» være en obligatorisk del av boligdokumentasjonen, på

lik linje med energiattest. I fremtiden kunne man også se for seg at miljøattesten forelå elektronisk, for eksempel gjennom ordninger tilsvarende boligmappa.no¹³.

Informasjon om materialbruk i BIM-modeller vil også kunne brukes som dokumentasjon på materialbruk i bygninger. Imidlertid fordrer det at BIM-modellene tilgjengeliggjøres for de som har interesse av informasjon om materialbruk i bygget med tanke på gjenbruk, og at de har tilstrekkelig kompetanse på BIM-modeller til å hente ut denne informasjonen. BIM kan imidlertid bli et viktig verktøy i utarbeidelsen av dokumentasjon som kan tilgjengeliggjøres.

5.5.2 Tilgang på miljøinformasjon

Eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK skal være minstekrav for alle bygninger. Tilstrekkelig god og tilgjengelig miljødokumentasjon er derfor en forutsetning for å innføre slike krav. Per i dag er det langt større tilgang på informasjon om innhold av helse- og miljøskadelige stoffer enn hva som finnes for de øvrige miljøtemaene som er diskutert i denne utredningen. Dokumentasjon av emisjoner gjennom emisjonstester og/eller miljømerker er tilgjengelig for en del produkter, men må ofte etterspørres spesifikt. Informasjon om innhold av resirkulerte materialfraksjoner og eventuelt innhold av truede ressurser må også ofte etterspørres fra produsent. Dokumentasjon av klimapåvirkning er kun tilgjengelig på en standardisert og sammenliknbar måte dersom det er utarbeidet EPD (eller PEF) for produktet.

Tilgang på informasjon kan være avgjørende for hvilke livsløpsfaser og bygningsdeler det eventuelt bør stilles krav til vurdering av klimapåvirkning, som diskutert i kapittel 5.3.2.2 og 5.3.2.4. Selv om det foreligger mye dokumentasjon på enkelte typer bygningsprodukter, som for eksempel betong, er det flere bygningselementer som det omtrent ikke finnes produktspesifikk informasjon om i det hele tatt, som for eksempel energiproduserende enheter og VVS-installasjoner. I tilfeller der det ikke finnes produktspesifikk informasjon, må man støtte seg på miljøinformasjon fra databaser med gjennomsnittlige (generiske) data. Dette gir større usikkerhet i klimagassberegninger knyttet til hvorvidt de produktene som faktisk benyttes har en produksjonsprosess tilsvarende gjennomsnittlige tall for produktgruppen.

Det pågår mye arbeid for å gi bedre og mer konsistent miljøinformasjon om bygningsprodukter, blant annet gjennom EPD-ordningen og EU-arbeidet med Product Environmental Footprint. I det EU-finansierte FoU-prosjektet BAMB arbeides det med å utvikle «materialpass» (Materials Passports), som skal gi informasjon om de karakteristikkene ved bygningsmaterialer, produkter og produktsystemer som muliggjør ombruk og gjenvinning av materialer. Materialpassene er imidlertid ikke tenkt som noen merkeordning, og dokumenterer ikke grad av måloppnåelse iht. sirkulær økonomi-prinsipper. Informasjonen i materialpassene skal gå utover det som opplyses i tradisjonell produktinformasjon eller miljøinformasjon, og skal gi praktiske beskrivelser av hvordan den gjenværende verdien i materialer kan benyttes. (BAMB, 2017).

Dersom man tar utviklingen i miljødokumentasjon som har skjedd i senere år som en indikator, kan det forventes en vesentlig forbedring i utvalg og tilgjengelighet for

¹³ En ordning for digitalisering av service-informasjon for boliger. <https://www.boligmappa.no/>

miljødokumentasjon for alle bygningselementer. Utviklingen i BIM-modellering peker dessuten i retning av at alle typer bygningsdokumentasjon vil samles i digitale modeller i stadig større grad i fremtiden, noe som blant annet vil gjøre det enklere å innhente underlagsdata for klimagassberegninger. En eventuell innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK ligger et stykke frem i tid, og det er derfor rimelig å forutsette at vesentlig mer miljødokumentasjon vil være tilgjengelig på dette tidspunktet enn det som er tilfelle i dag.

Innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK kan også være en viktig driver for å få på plass mer miljødokumentasjon for produkter. Det har vist seg gjennom erfaring med miljøkravene i BREEAM at det å stille krav til dokumentasjon med EPDer har ført til at langt flere EPDer har blitt utarbeidet. Det å stille krav til miljødokumentasjon for byggematerialer stimulerer til at mer dokumentasjon blir utarbeidet. Dette er et argument for å først kun introdusere dokumentasjonskrav, før man stiller krav til miljøprestasjon, slik at man sikrer at dokumentasjonen som benyttes når faktisk miljøprestasjon skal evalueres mot krav er mest mulig reell og spesifikk – se kapittel 5.7 for videre diskusjon av dette.

I tillegg til at miljøinformasjon om produkter utarbeides, er det nødvendig at denne informasjonen er sammenliknbar på tvers av ulike typer dokumentasjon, og at den er enkelt tilgjengelig. I den danske utredningen av behov og muligheter for å tilrettelegge for økt bruk av miljøvennlige byggematerialer (Høibye & Petersen, 2015), anbefales det at det opprettes en ny it-løsning for miljøinformasjon om byggevarer som retter seg mot den delen av den potensielle brukermassen som ikke besitter inngående LCA-kunnskap. For denne løsningen anbefales det å *«tenke i retning av en it-løsning med fortolket og formidlet miljøinformasjon eventuelt under en merkeordning. Så langt det er mulig bør eksisterende merkeordninger anvendes»*.

5.5.3 Tidspunkt for dokumentasjon av måloppnåelse

Et viktig formål med å utarbeide klimagassberegninger i byggeprosjekter er at klimapåvirkning tas inn som en del av beslutningsgrunnlaget ved valg av løsninger. Derfor stilles det ofte krav til at det skal gjøres og dokumenteres klimagassberegninger i flere faser av prosjektet. Det skal ofte også dokumenteres hvilke alternativvurderinger som er gjort, og hvordan klimapåvirkning er tatt hensyn til i ulike valgsituasjoner. På denne måten unngår man at klimagassberegningene kun blir gjort som sluttdokumentasjon og ikke som beslutningsstøtte.

I forskriftskrav er hensikten å dokumentere overholdelse av krav i den ferdige bygningen. Dermed er det ikke hensiktsmessig å stille krav til at klimagassberegninger eller andre miljøvurderinger skal gjøres utover som bygget-dokumentasjon. Det kan være fornuftig at tidspunkt for dokumentasjon av oppfyllelse av eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav sammenfaller med oppfyllelse av energikrav (og andre krav i TEK som skal dokumenteres). Det samme gjelder for de øvrige miljøtemaene.

5.5.4 Rapportering av klimagassberegninger

Asplan Viak anbefaler at krav til rapportering av klimagassberegninger i TEK følger den nye standarden for klimagassberegninger for bygninger. I høringsutkastet stilles det krav om at beregningsresultatene skal ha tilstrekkelig oppløsning til å kunne rapportere følgende:

- klimagassutslipp i bygningens levetid [tonn CO₂-ekv.]
- klimagassutslipp per år [tonn CO₂-ekv./år]
- klimagassutslipp per m² totalt bruttoareal BTA i bygningens levetid [kg CO₂-ekv./m²]
- klimagassutslipp per år og per m² bruttoareal BTA [(kg CO₂-ekv./år)/m²]
- klimagassutslipp per år per bruker [(tonn CO₂-ekv./år)/person]
- Klimagassutslipp fra materialer (A1-A3, B1-B5, C3-C4) og energi (B6) per m² BTA [kg CO₂-ekv./m²]

I tillegg skal klimagassutslippene kunne presenteres for de ulike delene av bygningen og knyttet til ulike formål i driften av bygningen, avhengig av formålet med beregningen. Høringsutkastet angir en tabell for nødvendig oppløsning for de ulike fasene.

I tillegg til resultatpresentasjonen, skal sentrale forutsetninger og metode rapporteres i henhold til følgende tabell:

Tabell 5.2 Krav til presentasjon av forutsetninger og metode i høringsutkast til standard for klimagassberegninger (NS 3720).

Beskrivelse	Spesifikasjon	Skal (S), Bør (B)
Formålet med beregningen	F.eks. beregning av et helhetlig klimagassbudsjett, sertifisering, sammenligning av energisystemer	S
Bygningens geografisk lokalisering	Gateadresse, gårds- og bruksnummer	S
Bygningstype	Kategorisert i henhold til NS 3457	S
Bygningens areal	Totalt brutto areal (m ² BTA)	S
Bygningens funksjon(er)	Hvordan bygningen brukes	S
Andre sentrale kvaliteter	Brannklasse, terrorsikring og andre kvaliteter som ikke framgår av bygningstype i henhold til NS3457 og hvordan bygningen brukes, men som kan ha avgjørende betydning for klimagassutslipp for objektet.	B
Antall brukere	Personer som bruker bygningen hver dag eller besøker bygningen av og til	S
Beregningsmodell	Hvis det er anvendt en beregningsmodell	S
I hvilken fase i byggeprosessen beregningene er utført.	Innledende fase, prosjektering, som bygget eller i drift.	S
Hvilke systemgrenser som er inkludert.	Hvilken avgrensning av tomt, bygning, infrastruktur, energisystem, etc. som er omfattet av beregningen.	S
Hvilke moduler av livssyklusen som er inkludert.	Modulene A1 til C4 og D.	S
Oppgi byggeår og år for analysen		S

5.5.5 Ansvar for gjennomføring og dokumentasjon

Som ytterligere beskrevet og diskutert i kap. 1.4.3, så er det en problemstilling at kombinasjonen av lite konkrete miljøkrav i Byggteknisk forskrift, fravær av spesifikke dokumentasjonskrav og udefinert ansvarsforhold for dokumentasjon og kontroll, gir krav som oppfattes som lite bindende. Erfaringsmessig blir oppfyllelse av miljøkravene i TEK i praksis sjelden dokumentert og ikke nødvendigvis overholdt.

En løsning som etter vårt syn ville bidra til at fagfeltet hadde fått økt oppmerksomhet i byggeprosjektene, slik at disse kravene ikke lengre vil kunne neglisjeres, kan være en eller en kombinasjon av følgende forslag:

- Miljøkravene i TEK bør vurderes opp mot eksisterende krav til ansvar i SAK10 kapittel 12 og eventuelt endring av disse kravene.
 - Det ansees naturlig at dette inkluderer følgende miljøkrav:
 - Klimapåvirkning (nye krav ang. dette temaet må inkluderes i TEK)
 - Helse- og miljøskadelige stoffer (jfr. § 9-2 i dagens TEK)
 - Emisjoner til inneklime (jfr. § 13-1, syvende ledd i dagens TEK)
 - Ressursbruk (nye krav ang. dette temaet må inkluderes i TEK)
 - Tilsvarende som for andre ansvarsrettområder kan det også her stilles ulike krav til ulike tiltaksklasser, slik at f.eks. arkitekten eller totalentreprenøren kan ta på seg ansvarsrett i dette fagfeltet i relativt små og enkle prosjekter (tiltaksklasse 1), mens det i større prosjekter (tiltaksklasse 3) ofte vil være nødvendig med eget personell med kompetanse innen fagfeltet.
- Det vil være nødvendig å gjøre en vurdering av hvilke tiltak som skal falle inn under de enkelte tiltaksklassene på miljøtemaet, jfr. kap. 5.2.3.
- Ev. kan det i tillegg innføres krav til uavhengig tredjepartskontroll innen fagfeltet i de høyeste tiltaksklassene.

Vi mener at innføring av separat ansvarsrett for miljøtemaet vil kunne bidra til at de aktuelle kravene i større grad blir etterlevet i byggeprosjektene, rett og slett fordi det blir en klargjøring av hvem som har ansvaret for at prosjektet overholder disse kravene. Det blir også en ansvarliggjøring ved at den personen som har erklært ansvarsrett for faget, må signere en erklæring på at de spesifiserte kravene er ivaretatt i byggverket. I mer komplekse prosjekter vil man også oppnå at det vil benyttes personell med egnet kompetanse innen fagfeltet. Vi mener at det er sannsynlig at dette vil bistå til at miljøtematikken løftes høyere opp på agendaen i både prosjektering og bygging.

Økt fokus på tematikken i prosjektering og bygging vil videre sannsynligvis medføre at miljø også prioriteres høyere hos byggevareleverandørene, fordi de vet at det blir vanskelig å levere produkter i norske byggeprosjekter, dersom leverandøren ikke kan dokumentere miljøegenskapene til produktet.

5.5.6 Datakvalitet i klimagassberegninger

Datakvalitet har stor innvirkning på klimagassberegninger. Derfor er det nødvendig å stille minimumskrav til kvalitet på data som brukes, og til å dokumentere dette.

Høringsutkastet til ny standard for klimagassberegninger skiller mellom to nivåer av datakvalitet:

Nivå 1: Spesifikke data som er beregnet eller målt for et konkret produksjonssystem, dvs. et konkret produkt fra en spesifikk produsent. Datagrunnlaget skal reflektere den reelle produksjonen innenfor et gitt tidsrom. Datasettet må være en gyldig tredjepartsverifisert miljødeklarasjon eller en tredjepartsverifisert LCA-rapport iht. NS-EN 15804. Data bør ikke være eldre enn 5 år.

Nivå 2: Alle data som ikke tilfredsstillt kravet til nivå 1. Dette inkluderer generiske data, gjennomsnittsdata og representative (proxy) data som for eksempel er beregnet med utgangspunkt i typiske data for en produksjonsprosess i et gitt tidsrom og geografisk område. Bransje-EPD'er som representerer en gruppe produsenter av en produkttype regnes som nivå 2-data. Utløpt EPD regnes som nivå 2 data. Data bør ikke være eldre enn 10 år.

Standarden stiller krav til at alle inndata og forutsetninger i klimagassberegningen skal tilstrebe å gjenspeile virkeligheten så nøyaktig som mulig. Det skal til enhver tid velges de mest representative data som er tilgjengelig for de aktuelle materialene. Alle datakilder som benyttes til klimagassberegninger som følger standarden må dokumenteres, der forutsetninger og analyser som ligger til grunn for dataene skal gjøres rede for.

5.5.7 Dokumentasjon av innhold av helse- og miljøskadelige stoffer

Fravær av helse- og miljøskadelige stoffer i henhold til Prioritetslisten og EU's kandidatliste kan dokumenteres gjennom EPD'er, sikkerhetsdatablader eller miljømerker og ordninger som Sintef Teknisk Godkjenning, Miljømerket Svanen, EU Ecolabel, Byggevarebedømmningen etc. En mulighet for dokumentasjon er også egenerklæringer fra produsent, slik man benytter i BREEAM-NOR.

Eventuelle avvik bør dokumenteres, med begrunnelse som redegjør for hvorfor det ikke var mulig å substituere materialet.

5.5.8 Dokumentasjon av emisjoner til inneklime

I veiledningen til dagens TEK anbefales det at lavemitterende materialer skal dokumenteres med hensyn til innhold, emisjonskurve, forutsatt anvendelse og bruksegenskaper, opplysninger om mulige helseeffekter, og egnet overflatebehandling, rengjøring og vedlikehold. Dokumentasjon av dette bør være tredjepartsverifisert.

Under er det angitt eksempler på sertifiseringsordninger og miljømerker som kan benyttes for å bekrefte at produkter tilfredsstillt krav til lavemitterende materialer i henhold til NS-EN 15251:2007, tillegg C:

- a) Treplater¹⁴: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, miljømerket Svanen, SINTEF Teknisk Godkjenning eller tilsvarende.
- b) Tregulv: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus eller tilsvarende.
- c) Tekstil- og laminatgulvbelegg¹⁵: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, GuT, SINTEF Teknisk Godkjenning, miljømerket Svanen (unntatt for tre- eller linoleumsgulv) eller tilsvarende.
- d) Maling og lakk som påføres på stedet: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, SINTEF Teknisk Godkjenning eller tilsvarende.
- e) Nedsenkede himlingsplater: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, SINTEF Teknisk Godkjenning eller tilsvarende.

¹⁴ Omfatter sponplater, fiberplater (inkludert MDF), OSB, sementbundne sponplater, kryssfiner, heltrepanel og akustikkplater

¹⁵ Omfatter gulv av vinyl, linoleum, kork, gummi, teppe og laminat

- f) Veggkledninger: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, SINTEF Teknisk Godkjenning eller tilsvarende.
- g) Gulvlim og fugemasser: Produkter skal være sertifisert med M1, EC 1, EC 1 Plus, miljømerket Svanen eller tilsvarende.

5.6 Målkonflikter

Når ulike miljøtema vurderes, er det en risiko for at det oppstår situasjoner der de ulike miljøhensyn står i motsetningsforhold til hverandre. Typiske eksempler kan være at en type overflatemateriale gir lavere klimapåvirkning enn en annen, men medfører mer emisjoner til inneklimate, eller at en type kledning som inneholder resirkulert materiale medfører uønsket forbruk av en knapp ressurs, men gir lav klimapåvirkning. Derfor er det nødvendig å etablere regler for å vekte eller prioritere ulike typer miljøpåvirkning dersom det skulle oppstå slike målkonflikter.

Dersom et av kravene som er i konflikt er et forskriftskrav, for eksempel til fravær av giftige stoffer, er det åpenbart at dette er et absolutt krav, som må prioriteres fremfor andre hensyn. Som diskutert i kapittel 5.2.1, kan krav som defineres som nødvendige for å oppnå et minimumsnivå for ønsket miljøprestasjon for bygninger også behandles på denne måten. Ved å definere kravene på minimumsnivå som absolutte krav som ikke kan nedprioriteres, sikrer man at minimumsnivået ivaretas.

Iht. kravene i gjeldende TEK og det foreslåtte minimumsnivået for krav i denne utredningen, vil krav til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer, emisjonsnivå for materialer eksponert mot inneklimate og forbruk av spesielt truede ressurser være absolutte krav som ikke kan nedprioriteres til fordel for økt gjenbruk eller lavere klimapåvirkning. For eksempel betyr dette at det ikke kan benyttes gjenbruksmaterialer som inneholder helse- eller miljøskadelige stoffer, og at fasadeplater av resirkulert metall ikke bør brukes dersom de inneholder knappe metallressurser (som for eksempel kobber), på tross av lave klimagassutslipp. Når eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK defineres mer spesifikt, bør det gjøres en vurdering av hvorvidt det kan oppstå målkonflikter der det bør kunne gjøres unntak, slik at det eventuelt må defineres spesielle regler for dette.

Selv om hensyn til klimapåvirkning og gjenbruk ofte overlapper, kan det oppstå situasjoner der de kan komme i konflikt med hverandre. Et eksempel på dette kan være gjenbruksmaterialer som må fraktes over lengre distanser, der lave klimagassutslipp fra produksjonsfasen veies opp av utslipp fra transport. Dersom det både skal stilles miljøkrav til klimagassutslipp, og krav som fremmer gjenbruk, må kravene ledsages av krav til prioritering/vekting mellom disse. Fordi et av de overordnede målene med økt gjenbruk av byggematerialer er å redusere klimagassutslipp, er Asplan Viaks anbefaling at hensyn til klimagassutslipp prioriteres i slike tilfeller.

5.7 Prosess

I tillegg til metodisk innhold og form, kan prosessen for eventuell innføring holdes frem som avgjørende for hvorvidt man lykkes med å introdusere livsløpsbaserte miljøkrav i TEK.

Det vil være en viktig suksessfaktor å utforme krav som i størst mulig grad kan overkomme eksisterende barrierer for utarbeiding av livsløpsbaserte miljøvurderinger av bygg. Per i dag kan de viktigste barrierene oppsummeres som følger:

- Mangel på kunnskap/kompetanse
- Mangel på gratis, åpent tilgjengelig verktøy som er egnet for alle utbyggere
- Tilgang på data (til rett tid)
- Tidsbruk (oppfatning av tidsbruk)

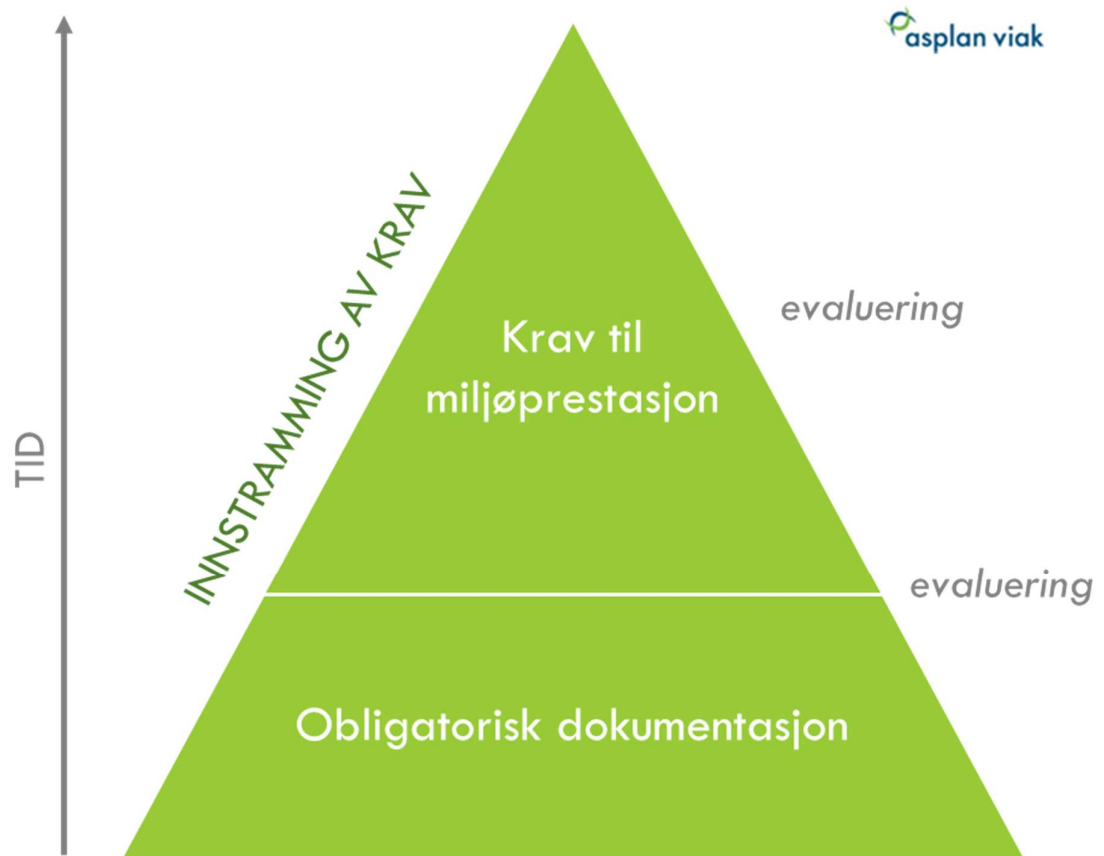
Et stadig mer omfattende system av krav til bygninger som skal oppføres kan i seg selv oppfattes som en barriere for utbyggere. Dette kan være et argument for en trinnvis innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK.

Dagens TEK stiller allerede krav til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer og emisjoner til innneklima, og indirekte til forbruk av truede ressurser. Som diskutert i kapittel 5.2.1, kan disse temaene defineres som et nødvendig minimumsnivå for å ivareta akseptabel miljøprestasjon for bygninger, som bør forankres med tydeligere krav til dokumentasjon og oppfølging. En trinnvis tilnærming vil derfor i hovedsak være relevant for evaluering og dokumentasjon av klimapåvirkning, og eventuelt total ressursbruk. Å innføre dokumentasjonskrav først, uten krav til miljøprestasjon kan være en god løsning. Dette er analogt til å innføre krav til dokumentasjon av materialbruk med EPD, uten å stille spesifikke utslippskrav til materialene. Som nevnt i kapittel 5.1.3, har man hatt gode erfaringer med denne typen prosess.

Dersom man først innfører krav til at utbyggere skal dokumentere byggenes miljøprestasjon over livsløpet, kan man trekke erfaringer fra prosessen som kan være nyttige i utformingen av rammekrav og tiltakskrav. Dette erfaringsgrunnlaget har vi langt på vei forsøkt å etablere i denne utredningen, men fordelene med å bruke dokumentasjon utarbeidet på bakgrunn av krav i TEK, vil være at dette kunne gi et empirigrunnlag som er sammenliknbart og standardisert på et nivå som man ikke har tilgang til per i dag. Ved først å introdusere krav til dokumentasjon, vil man også sikre at utbyggere er kjent med prosessen og det metodiske rammeverket før dokumentasjonen skal vurderes mot oppfyllelse av krav. På denne måten kan man sikre at dokumentert miljøprestasjon er mest mulig reell og best mulig skikket for å vurdere måloppnåelse. I tillegg vil man gjennom en evaluering av dokumentasjonsordningen kunne vurdere hvorvidt det finnes barrierer for at god dokumentasjon utarbeides, i tillegg til eventuelle barrierer for implementering av krav til miljøprestasjon.

Det kan også være en mulighet å ha en differensiering i innføring av krav. Større prosjekter har bedre muligheter for å innhente tilstrekkelig kompetanse til å gjennomføre vurderinger, og forårsaker dessuten mer klimapåvirkning enn små byggeprosjekter. Dermed kunne det vært en mulighet å introdusere rammekrav kun for bygninger over en viss størrelse. Dette kan i ytterste konsekvens gi insentiv for å bygge mer arealeffektivt, noe som i seg selv er et godt miljøtiltak (gitt at det oppføres samme antall bygninger totalt).

En trinnvis tilnærming til innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK kan være en suksessfaktor. På samme måte som med energikravene i TEK, kan kravene til miljøprestasjon gradvis strammes inn i takt med teknologiutvikling og forbedring i gjennomsnittlig miljøprestasjon for bygninger og byggematerialer. Denne prosessen er illustrert i Figur 5.7:



Figur 5.7 Mulig trinnvis prosess for innføring av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK.

6 MULIGHETER FOR VIDERE ARBEID

Denne rapporten representerer et første skritt for å vurdere om og eventuelt hvordan livsløpsbaserte miljøkrav kan inkluderes i TEK. Et naturlig neste steg vil være å vurdere de sentrale temaene som løftes frem i rapporten videre, og se mer spesifikt på nivå og omfang for krav, samt tidspunkt for ikrafttreden.

Basert på de ulike problemstillingene som er løftet frem i denne rapporten, vurderer vi dessuten følgende tema som relevante å utforske videre:

- **Betydning av krav på bygningsnivå for total miljøprestasjon for områder.** Det er viktig at TEK-krav på bygningsnivå ikke begrenser muligheten til å oppnå god miljøprestasjon på områdenivå.
- **Muligheter for å inkludere transport til byggeplass i systemgrenser for klimapåvirkning fra materialbruk.** Etersom transport kan stå for en vesentlig andel av klimagassutslipp over livsløpet for byggematerialer, bør det vurderes om det er juridisk mulig å stille rammekrav til klimagassutslipp i TEK som også inkluderer transport til byggeplass.
- **Grensesnitt mellom livsløpsbaserte miljøkrav og energikrav.** Utdypes i eget avsnitt under.

6.1 Grensesnitt mellom livsløpsbaserte miljøkrav og energikrav

Innføring av livsløpsbaserte miljøkrav medfører krav til dokumentasjon av miljøprestasjon for bruksfasen, og dermed for energibruk i drift. Dette medfører at man må avklare grensesnittet mellom rammekrav til energibruk og krav til klimapåvirkning fra bruksfasen. Som nevnt innledningsvis, vurderes dette temaet ikke å ligge innenfor rammene av denne utredningen, men det kan være naturlig å utforske i neste steg, på bakgrunn av vurderingene i denne rapporten.

Det kan for eksempel være interessant å vurdere om det kan være hensiktsmessig å åpne for noen grad av fleksibilitet mellom energikrav og miljøkrav. For eksempel kan det vurderes om det er fornuftig å gi unntak fra miljøkrav for spesielt energieffektive bygninger, eller vice versa. En fordel med dette ville være å lette dokumentasjonsmengde, og gi større fleksibilitet til å finne de beste løsningene i hvert enkelt prosjekt. Imidlertid er forskriftens primær oppgave å sikre et godt minimumsnivå for miljøprestasjon for alle bygg.

6.2 Høringsrunder og kartlegging av barrierer for ulike typer utbyggere

For å sikre at eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK er gjennomførbare for alle utbyggere, bør det gjennomføres høringsrunder der ulike typer utbyggere involveres. Spesielt vil det være viktig å involvere utbyggere uten LCA-kompetanse. Gjennom slike høringsrunder kan man kartlegge eventuelle barrierer mot å gjennomføre og dokumentere miljøprestasjon.

Høringsrunder med utbyggere ville også være nyttig for å identifisere hvordan en eventuell tiltaksmodell for klimapåvirkning fra materialbruk best kan utformes. Herunder også om det er gjennomførbart å utforme en tiltaksmodell for bygningsdeler, eller om man kun har anledning til å stille krav per materialgruppe.

7 KONKLUSJON

Dagens TEK stiller ikke krav til livsløpsbasert miljøprestasjon for bygninger. Fra diskusjonene presentert i denne rapporten, kan vi konkludere med at det er mulig og hensiktsmessig å innføre livsløpsbaserte miljøkrav i TEK. Dette vil kunne gi en mer helhetlig vurdering av bygningers miljøprestasjon.

Det stilles per i dag miljøkrav i TEK til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer, emisjoner til inneklime, og bærekraftig ressursforbruk. Krav til ytre miljø i kapittel 9 og inneklime i kapittel 13 har imidlertid vesentlig forbedringspotensial knyttet til presisering av krav, spesifikke dokumentasjonskrav og klarere definisjon av ansvarsforhold.

I tillegg til å vurdere en mulig utvidelse av miljøkravene i TEK med flere miljøtema (klimapåvirkning og ressursbruk), ser denne utredningen på forbedringspotensialet for eksisterende krav for å sikre at et nødvendig minimumsnivå for miljøprestasjon for bygninger ivaretas.

For å ivareta de viktigste miljøhensynene for bygninger, bør det stilles livsløpsbaserte miljøkrav for følgende miljøtema i TEK:

- Klimapåvirkning
- Ressursbruk
- Helse- og miljøskadelige stoffer
- Emisjoner til inneklime

Med livsløpsbaserte miljøkrav mener vi i denne rapporten krav som ivaretar hele livsløpet til bygget, inkludert miljøpåvirkning som oppstår oppstrøms i verdikjeden, som for eksempel klimagassutslipp fra produksjon av byggematerialer. Dette tilsvarer metodikken som ligger til grunn for livsløpsvurdering (LCA). Imidlertid er komplett LCA, inkludert effektvurderingssteget (gjennom bruk av karakteriseringsfaktorer) kun hensiktsmessig å bruke for å vurdere klimapåvirkning. Krav til helse- og miljøskadelige stoffer, bruk av truede ressurser og emisjoner til inneklime bør heller baseres på vurderinger av spesifikke stoffer man ønsker å unngå, slik som standard praksis er for disse miljøtemaene.

I 2017 er det ingen europeiske land som stiller livsløpsbaserte miljøkrav som omfatter materialbruk i sine byggeforskrifter. Det pågår arbeid i både Danmark og Sverige som er noe tilsvarende arbeidet presentert i denne utredningen. Det finnes per i dag ingen tilgjengelige verktøy i Europa som er direkte brukbare for å vurdere klimapåvirkning i et livsløpsperspektiv i TEK. Det metodiske rammeverket i den nye norske standarden for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720) kan benyttes som metodisk rammeverk for krav til klimapåvirkning over livsløpet. Ettersom NS 3720 kan forventes å bli førende for klimagassberegninger av bygninger i Norge, vil det være hensiktsmessig om eventuelle krav i TEK også fulgte retningslinjene standarden angir.

Materialbruk og energibruk i drift av bygninger påvirker hverandre gjensidig. Derfor må disse sees i sammenheng når man vurderer klimapåvirkning over livsløpet. Klimapåvirkning fra byggematerialer forårsakes i stor grad av energibruk i verdikjeden (bundet energi), og energi kan derfor benyttes som en indirekte indikator for klimapåvirkning. Imidlertid er det forbundet

høy usikkerhet med beregninger av bundet energi. Det er også andre prosesser i byggematerialers verdikjede enn energibruk som påvirker klimagassutslipp. Ettersom globalt oppvarmingspotensiale (GWP) omfatter både klimagassutslipp som følge av energibruk i verdikjeden og utslipp fra andre aktiviteter, er dette en mer komplett indikator på klimapåvirkning enn bundet energi, i tillegg til å være et direkte mål på klimapåvirkning. Det anbefales at eventuelle livsløpsbaserte miljøkrav i TEK benytter GWP fremfor bundet energi som målparameter for klimapåvirkning som miljøtema. Klimakrav bør imidlertid ikke erstatte energikrav, ettersom dette kan føre til at oppmerksomhet flyttes vekk fra energieffektiviseringstiltak, som fortsatt kan være viktige for å fortsette utviklingen mot lavere klimapåvirkning fra bygninger.

Det foreslås en delt modell for livsløpsbaserte miljøkrav i TEK. Krav til innhold av helse- og miljøskadelige stoffer, emisjoner til inneklimate og forbruk av truede ressurser bør danne et minimumsnivå for miljøprestasjon som alle utbyggere må oppfylle. Som nevnt over, stilles det allerede krav innen de to førstnevnte miljøtemaene. For å sikre at dagens krav etterfølges, anbefales det å inkludere mer spesifikke dokumentasjonskrav med angivelse av hvem som har ansvaret for at kravene overholdes. Krav til spesielt truede ressurser kan bidra til å redusere etterspørsel etter kritiske råstoffer og tømmer fra sårbare/vernede områder.

Fordi det kan være relativt ressurskrevende å vurdere og dokumentere klimapåvirkning over hele livsløpet for en bygning, foreslås det en modell med rammekrav og tiltakskrav for klimapåvirkning. Denne modellen vil være tilsvarende dagens energikrav. De utbyggerne som besitter tilstrekkelig LCA-kompetanse kan utarbeide klimagassberegninger for å vise oppfyllelse av rammekrav til klimagassutslipp. I de prosjektene der man enten ikke har tilstrekkelig kompetanse eller ressurser til dette, kan utbygger i stedet velge å oppfylle tiltakskrav til klimapåvirkning for materialgrupper eller bygningsdeler. Dersom det stilles rammekrav for klimagassutslipp, er det svært begrenset hvor omfattende rammekravene kan være for å skulle kunne oppfylles av alle utbyggere. Ved å innføre en tiltaksmodell som alternativ, får man fleksibilitet til å kunne gjøre rammekrav mer omfattende. I en tiltaksmodell for materialbruk vil det være svært utfordrende å stille krav til dokumentasjon av flere livsløpsfaser enn produksjonsfasen og utskifting over levetiden (A1-A3 + B4).

Systemgrenser for rammekrav til klimapåvirkning i TEK må settes slik at livsløpsperspektivet ivaretas, men samtidig slik at kravene er gjennomførbare for alle utbyggere. Rammekrav bør være mest mulig metodisk tilsvarende NS 3720, for å tilrettelegge for størst mulig sammenliknbarhet på tvers av klimagassberegninger for bygninger i Norge. Standarden stiller relativt omfattende krav til hvilke livsløpsfaser og bygningsdeler som skal medregnes, for å sikre mest mulig helhetlige analyser. Å sette krav i TEK i henhold til standarden ville være å ligge på et litt høyere ambisjonsnivå enn hva som er gjennomførbart med dagens tilgang på miljødata. Fordi eventuelle miljøkrav i TEK ligger et stykke frem i tid, er det rimelig å forvente en vesentlig utvikling i tilgangen på miljøinformasjon. Avhengig av når eventuelle krav til klimapåvirkning i TEK trer i kraft, kan systemgrenser for krav i henhold til NS 3720 være hensiktsmessig. Eventuelt kan det settes mindre omfattende systemgrenser som sikrer at de viktigste bygningsdelene og livsløpsfasene medregnes – se Tabell 7.1.

Krav til miljøprestasjon må ledsages av spesifikke dokumentasjonskrav, der det er klart definert hvem som har ansvar for å følge opp at rett dokumentasjon blir levert. Krav i TEK

kan være et avgjørende virkemiddel for å sørge for at mer dokumentasjon av livsløpsbasert miljøpåvirkning på bygningsnivå blir utarbeidet og tilgjengeliggjort.

Det foreslås en trinnvis innføring av krav til klimagassberegninger i TEK. Å innføre dokumentasjonskrav, uten krav til miljøprestasjon i en periode før rammekrav/tiltakskrav introduseres, vil kunne minimere barrierer mot gjennomføring, og sikre at dokumentert miljøprestasjon er mest mulig reell. På samme måte som med energikravene i TEK, kan krav til miljøprestasjon gradvis strammes inn i takt med teknologiutvikling og forbedring i gjennomsnittlig miljøprestasjon for bygninger og byggematerialer.

Kravene i TEK skal sikre et minimumsnivå, og være gjennomførbare for alle utbyggere. Det er derfor lite rom for, og også ikke i forskriftens hensikt, å stille veldig ambisiøse miljøkrav. Krav til dokumentasjon av miljøprestasjon i TEK kan likevel være en avgjørende suksessfaktor for å redusere miljøpåvirkning fra bygningsmassen i fremtiden. Ved å innføre dokumentasjonskrav til klimapåvirkning og ressursbruk vil livsløpsbaserte miljøkrav i TEK kunne bidra til å få frem verdifull dokumentasjon som kan benyttes i statistikk og for å innhente kunnskap som kan gi enda bedre miljøkrav i fremtiden. Krav til dokumentasjon kan også være en viktig driver for at mer miljøinformasjon, for eksempel i form av EPDer, blir tilgjengelig. Dette vil kunne heve kvaliteten på vurderingene, som igjen legger grunnlag for spesifisering og forbedring av miljøkrav. Å fremskaffe mer dokumentasjon vil dermed legge til rette for at krav til miljøprestasjon for klimapåvirkning på sikt kan implementeres i TEK. I tillegg vil dokumentasjonskrav i TEK etablere informasjon om materialbruk som kan legge til rette for at bygninger blir fremtidens ressursbank.

De viktigste suksesskriteriene for hvert miljøtema er oppsummert i Tabell 7.1:

Tabell 7.1 Viktigste suksesskriterier for livsløpsbaserte miljøkrav i TEK, per miljøtema

Metodikk	Type krav	Prosess	Systemgrenser	
			Livsløpsfaser	Bygningsdeler
KLIMAPÅVIRKNING				
LCA-metodikk iht. ny standard for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720	Rammekrav og tiltakskrav	Dokumentasjonskrav først, krav til miljøprestasjon i neste trinn.	<u>Rammekrav:</u> Iht. NS 3720. Ev. minstekrav: A1-A3 (Produksjon av byggematerialer til oppføring av bygningen) (inkludert A4, (transport til byggeplass - dersom juridisk mulig å inkludere) B1-B5 (Materialbruk som skyldes bruk, vedlikehold, reparasjon, utskiftning av byggematerialer og renovering) B6 (Energibruk i drift)	<u>Rammekrav:</u> 2.1 Grunn og fundamenter 2.2 Bæresystemer 2.3 Yttervegger 2.4 Innervegger 2.5 Dekker 2.6 Yttertak 4.9 Andre elkraftinstallasjoner (solcelleanlegg) <u>Tiltakskrav:</u> Bygningsdeler: Grunn og fundamenter Bærekonstruksjon Bærende yttervegger Dekker Vinduer

			C3-C4 (Avfallshåndtering)	<i>eller</i> Materialgrupper: Betong Sementprodukter Armeringsstål Konstruksjonsstål Trykkfast isolasjon Utvendig kledning
TOTAL RESSURSBruk				
Iht. prinsipper i sirkulær økonomi	Kun dokumentasjonskrav (avfallskrav allerede implementert i TEK, kan forbedres)	Dokumentasjonskrav	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
TRUEDE RESSURSER				
Vurdering av innhold av definerte truede ressurser. Krav til fravær av følgende ressurser anbefales: Tømmer fra sårbare/vernede områder Sink Kobber Krom	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
HELSE- OG MILJØSKADELIGE STOFFER				
Vurdering av innhold av skadelige stoffer iht. lovkrav.	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Hele livsløpet for materialbruk	Alle materialer og bygningsdeler
EMISJONER TIL INNEKLIMA				
Vurdering av emisjoner iht. lovkrav.	Minimumskrav	<i>Ikke relevant</i>	Kun bruksfasen relevant	Produkter eksponert mot inn klima

8 REFERANSER

- Aalerud, P. J. (2012). *Primærenergikonseptet og beregning av primærenergifaktorer*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Institutt for energi- og prosessteknikk.
- Advisory Board for cirkulær økonomi. (2017). *Anbefalinger til regeringen*.
- BAMB. (2017, November 2). *Buildings As Material Banks*. Hentet fra <http://www.bamb2020.eu/>
- Baumann, H., & Tillman, A.-M. (2004). *The hitch hiker's guide to LCA: An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund.
- Bionova Ltd. (2017, 09 11). *Norwegian government towards zero carbon buildings with One Click LCA*. Hentet fra www.oneclicklca.com: <https://www.oneclicklca.com/norwegian-government-towards-zero-carbon-buildings/>
- Borg, A. A. (2016). The environmental impact of ventilation systems in a norwegian office building from a life cycle perspective.
- Boverket. (2017, Oktober 6). *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR. BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2017:5*. Hentet fra Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR: http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_bfs_2011-6.pdf
- Boverket. (2017). *Rapport 2017:24 - Plan- och bygglagen som ett effektivt verktyg för minskad klimatpåverkan*. Karlskrona.
- Bramslev, K., Hagen, R., & Haupt, H. M. (2017). *Grønn Materialguide Versjon 2.2*.
- BRE. (2017, Oktober 10). *Standard Assessment Procedure (SAP 2012)*. Hentet fra BRE: <https://www.bre.co.uk/sap2012/page.jsp?id=2759>
- BRE. (2017, Oktober 10). *UK's National Calculation Method for Non Domestic Buildings*. Hentet fra UK NCM: <http://www.uk-ncm.org.uk/>
- Building Information Foundation RTS. (2017, November 28). *M1 criteria and the use of classified products*. Hentet fra Emission Classification of Building Materials : <http://m1.rts.fi/en/m1-criteria-and-the-use-of-classified-products-2d03887d-aa6a-4a66-ad3c-ce25a512cf38>
- Concerted Action EPBD . (2015). *2016 Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*. Lisboa: Concerted Action EPBD .
- Designing Buildings. (2017, Oktober 10). *Simplified Building Energy Model SBEM*. Hentet fra Design Buildings Wiki: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Simplified_Building_Energy_Model_SBEM
- Direktorat for Byggkvalitet. (2013). *Unngå helse og miljøskadelige stoffer - en veileder for byggherrer, prosjekterende og utførende*.

- Direktoratet for byggkvalitet. (2017, Oktober 30). *Direktoratet for byggkvalitet*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17): <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-1/>
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2017, November 2). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Hentet fra <https://dibk.no/byggeregler/dok/iii/10/>
- Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., & Donatello, S. (2017). *Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings. Part 3: How to make performance assessments using Level(s)*. European Commission.
- EeBGuide Project. (2011). *EeBGuide Guidance Document - Operational guidance for life cycle assesment studies of the energy-efficient buildings initiative*. EU.
- EMICODE. (2017, November 28). *Limit Values*. Hentet fra Emicode: <http://www.emicode.com/en/emicode-r/limit-values/>
- eTool Global. (2016, 02 23). *eToolLCD Methodology*. Hentet fra eTool Global: <http://etoolglobal.com/faq-category/etool-lcd-methodology/>
- European Comission. (2017, November 1). *Environment*. Hentet fra Circular Economy: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- European Comission. (2017, Oktober 18). *The development of the PEF and OEF methods*. Hentet fra Environmental Footprint pilot phase: http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/dev_methods.htm
- European Commision. (2016). *Guidance for the implementatino of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) pilot phase*. European Commision.
- European Commission. (2017, November 1). *Critical Raw Materials*. Hentet fra GROWTH: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
- European Commission. (2017, November 6). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. Hentet fra EUR-lex: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL;/ELX_SESSIONID=FZMjThLLzfxmmMCQGp2Y1s2d3Tjwtd8QS3pqqkhXZbwqGwlgY9KN!2064651424?uri=CELEX:32010L0031
- European Commission. (2017, November 20). *Level(s)*. Hentet fra Environment: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety. (2016, 18 5). *Ökobaudat - Sustainable Construction Information Portal*. Hentet 10 10, 2017 fra Ökobaudat: <http://www.oekobaudat.de>
- Frees, N. (2007). Crediting aluminium recycling in LCA by demand or by disposal. *The international journal of life cycle assessment*, 13(3), ss. 212-218.

- Frischknecht, R., Wyss, F., Knöpfel, S. B., & Balouktsi, M. (2015). Cumulative energy demand in LCA: the energy harvested approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 957-969.
- FutureBuilt. (2014). *Regneregler for klimagassberegninger i Future Built - Bygg og områder*.
- Futurebuilt. (2017). *Futurebuilt Statusrapport 2017*. Oslo: Futurebuilt.
- Guest, G., Bright, R. M., Cherubini, F., & Strømman, A. (2013). Consistent quantification of climate impacts due to biogenic carbon storage across a range of bio-product systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 43, ss. 21-30.
- Hammerstad, A. (2017, August 28). Telefonsamtale . (M. Fuglseth, Intervjuer)
- Henckens, M. L., van Ierland, E. C., Driessen, P. P., & Worrell, E. (2016). Mineral resources: Geological scarcity, market price trends, and future generations. *Elsevier*, 102-111.
- Hischier, R., & Weidema, B. (2010). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*. St. Gallen: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, ecoinvent.
- HM Government. (2017, Oktober 10). *The Building Regulations 2010*. Hentet fra legislation.gov.uk: <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2010/2214/introduction/made>
- Høibye, L., & Petersen, J. K. (2015). *Foranalyse og behovsoppgørelse til substitutionsdatabase for bygge-materialer*. København: Miljøstyrelsen.
- IPCC. (2014). *IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Technical Summary*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kasser, U., & Pöll, M. (1999). *Ökologische Bewertung mit Hilfe der Grauen Energie*. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Kerkhof, A., Terlouw, W., Vieira, M., Alexandre, C., & Bagard, R. (2017). *Evaluation report. Technical evaluation of the EU EF pilot phase*. European Commission. Hentet fra Environmental Footprint pilot phase: http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/HD_pilot_eval_final.pdf
- Klima- og miljødepartementet. (2017). *Meld. St. 45 (2016–2017). Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulær økonomi* .
- Kupfer, D. T., Baitz, D. M., Colodel, D. C., Kokborg, M., Schöll, S., Rudolf, M., . . . Köhler, D. A. (2016). *GaBi Database modelling Principles*. Leinfelden-Echterdingen: Thinkstep AG.
- Madslie, O., & Berntsen, M. (2017, November 23). *Filteroppsett i ProductXchange i Norge*. Hentet fra Cobuilder.com: <http://cobuilder.com/wp-content/uploads/2015/11/Filteroppsett-i-ProductXchange.pdf>
- Miljødirektoratet. (2013, November 3). *Bruker meir verstingstoff i byggjebransjen*. Hentet fra Miljødirektoratet: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2013/November-2013/Bruker-meir-verstingstoff-i-byggjebransjen1/>

- Ministry of environment and water, Bulgaria. (2014). *National Waste Management Plan 1014 - 2020*.
- NGBC - Norwegian Green Building Council. (2012). *Teknisk Manual - BREEAM NOR*. Oslo: NGBC.
- Nordby, A., & Wærner, E. R. (2017). *Hvordan planlegge for mindre avfall. En veileder for å redusere avfallsgenerering i byggprosjekter*. Oslo: NGBC.
- Norsk Eiendom. (2015). *Veileder for fasenormen "Neste Steg"*. Oslo: Bygg21. Hentet fra http://www.bygg21.no/globalassets/dokumenter/nestesteg_fullversjon.pdf
- NVE. (2017, November 3). *Mer om økodesign og energimerking*. Hentet fra NVE.no: <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/okodesign-og-energimerking-av-produkter/mer-om-okodesign-og-energimerking/>
- Olje- og energidepartementet. (2017, November 3). *Forskrift om miljøvennlig utforming av energirelaterte produkter (økodesignforskriften)*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-02-23-190>
- Pauliuk, S., Milford, R., Müller, D., & Allwood, J. (2013). The steel scrap age. *Environmental science and technology*, 47(7), ss. 48-54.
- Pré. (2016). *SimaPro Database Manual - Methods*. Pré Sustainability.
- PRé. (2017). *SimaPro.com*. Hentet fra <http://www.simapro.com>
- ProductXchange. (2017, November 23). *Om ProductXchange*. Hentet fra ProductXchange.no: <http://productxchange.no/productxchange-arbeidsgrupper/>
- Reap, J., Roman, F., Duncan, S., & Bras, B. (2008). A survey of unresolved problems in life cycle assessment. Part 2: impact assessment and interpretation. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13:374–388.
- Regeringskansliet. (2017, Oktober 6). *PBL ska bli ett effektivare klimatverktyg*. Hentet fra Regeringen.se: <http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/06/pbl-ska-bli-ett-effektivare-klimatverktyg/>
- Regeringskansliet. (2017, september 21). *Uppdrag att föreslå metod och regler för redovisning av byggnaders klimatpåverkan*. Hentet fra <http://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2017/09/uppdrag-att-foresla-metod-och-regler-for-redovisning-av-byggnaders-klimatpaverkan/>
- Regnskogfondet. (2017, November 1). *Dette mener Regnskogfondet om tømmerplantasjer*. Hentet fra Regnskogfondet: <https://www.regnskog.no/no/om-regnskogfondet/dette-mener-regnskogfondet/dette-mener-regnskogfondet-om-tommerplantasjer>
- Regnskogfondet. (2017, November 1). *Dette mener Regnskogfondet om tømmercertifisering*. Hentet fra Regnskogfondet: <https://www.regnskog.no/no/om-regnskogfondet/dette-mener-regnskogfondet/dette-mener-regnskogfondet-om-tommersertifisering>

- Regnskogfondet. (2017, November 1). *Tropiske treslag*. Hentet fra Regnskogfondet: <https://www.regnskog.no/no/hva-du-kan-gjore/unnga-tropisk-tommer/tropiske-treslag>
- Regnskogfondet. (2017, November 28). *Unngå tropisk tømmer*. Hentet fra Regnskogfondet: <https://www.regnskog.no/no/hva-du-kan-gjore/unnga-tropisk-tommer>
- Rombach, G., Modaresi, R., & Müller, D. B. (2012). Aluminium Recycling - Raw material supply from a volume and quality constraint system. *World of metallurgy - ERZMETALL*, 65(3), ss. 157-162.
- Rosenbaum, R. K., Bachmann, T. M., Gold, L. S., Huijbregts, M. A., Jolliet, O., Juraske, R., . . . Hauschild, M. Z. (2008). USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 532–546.
- Saxegård, S. A., Vold, M., Edvardsen, T., Brekke, A., Iversen, O. M., & . (2016). *Transportkalkulator EPD-verktøy: Brukermanual*. Kråkerøy: Østfoldforskning.
- Skullestad, J. L. (2016). *Bygging av høyhus i tre som et klimatiltak. Masteroppgave*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Solli, C., Dahlstrøm, O., & Nordby, A. (2015). *Helhetlig miljøvurdering av byggematerialer*. Hentet fra https://husbanken.no/bibliotek/bib_miljo/asplan_viak_ica/
- Standard Norge. (2017, November 3). *CE-merking*. Hentet fra standard.no: <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/>
- Standard Norge. (2017). *Forslag til Norsk Standard prNS 3720 - Metode for klimagassberegninger for bygninger* .
- Standard Norge. (2017, November 3). *Økodesign*. Hentet fra standard.no: <https://www.standard.no/fagomrader/miljo-og-barekraft/okodesign/>
- Statens Byggeforskningsinstitutt. (2016). *Brugervejledning til LCAByg version 3*. Aalborg.
- Statens Byggeforskningsinstitutt Aalborg Universitet København. (2017, Oktober 10). *Introduktion*. Hentet fra LCAByg: <https://www.lcabyg.dk/>
- Statistisk Sentralbyrå, SSB. (2017, November 1). *Statistikkbanken*. Hentet fra Avfall fra byggeaktivitet: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/saveselections.asp>
- Svanemerket. (2017). *Svanemerket.no*. Hentet fra <http://www.svanemerket.no/svanens-krav/byggevarer-og-hus/hus/>
- Svenska miljöinstitutet. (2017). Hentet fra <http://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2017-05-31-nytt-verktyg-hjalper-dig-rakna-fram-byggnaders-klimatpaverkan.html>
- Sørnes, K., Nordby, A.-S., Fjeldheim, H., Hasheim, S. M., Mysen, M., & Schlanbusch, R. D. (2014). *Anbefalinger ved ombruk av byggematerialer*. Oslo: Sintef Byggeforsk.

Tally. (2016). *Tally | Learn | Methods*. Hentet 10 06, 2017 fra Choosetally.com:
<http://choosetally.com/methods/>

Thinkstep AG. (2010, 03 12). *Release of GaBi Build-it*. Hentet 10 06, 2017 fra
Thinkstep.com: <https://www.thinkstep.com/content/news-release-gabi-build-it>

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (2017, Oktober 6). *Bygningsreglementet 2015*. Hentet fra
<http://bygningsreglementet.dk/>

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (2017, Oktober 10). *Bæredygtigt byggeri*. Hentet fra Trafik-,
, Bygge- og Boligstyrelsen: <http://www.trafikstyrelsen.dk/DA/Byggeri/Baredygtigt-byggeri.aspx>

Winter, S., Emara, J., Ciroth, D. A., Su, C., Srocka, M., & , . (2015). *openLCA 1.4 Comprehensive Manual*. Berlin: Green Delta GmbH.

VEDLEGG 1

BYGGEFORSKRIFTER OG ARBEID FOR Å REDUSERE MILJØPÅVIRKNING FRA BYGNINGER I ANDRE EUROPEISKE LAND

Her omtales de landene som har livsløpsbaserte miljøkrav i sine byggeforskrifter eller der CO₂ benyttes som indikator (land der forskriftene kun stiller krav til bruk av primærenergifaktorer er ikke omtalt). I tillegg omtales byggeforskriftene i de øvrige skandinaviske landene spesielt, samt pågående arbeid med implementering av livsløpsbaserte miljøkrav i disse.

Danmark

I Bygningsreglementet (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017), Danmarks tekniske byggeforskrifter, er det per i dag ingen krav som omhandler bygningers klimagassutslipp. I den danske energimerkeordningen for bygninger er det imidlertid krav til at energimerkesertifikater skal inneholde beregnede CO₂-utslipp (fra energibruk) parallelt med energibruk. Materialkrav i de danske byggeforskriftene omfatter kun hensyn til inneklime og sikkerhet.

Den danske regjeringen la i 2014 frem en ny byggepolitisk strategi som spesielt vektla tiltak for å fremme bærekraftig byggeri (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2017). En utredning utført i 2015 av Cowi på vegne av den danske Miljøstyrelsen (Høibye & Petersen, 2015) hadde som formål å «*analysere hvordan det kan gjøres enklere å få flere vanlige borgere så vel som profesjonelle til å benytte økologiske, miljøvennlige og bærekraftige materialer i bygninger*». Utredningen omfattet også en vurdering av behov og muligheter for å etablere en dansk it-løsning med miljøinformasjon som kan forbedre beslutningsgrunnlaget hos innkjøpere og brukere, og dermed tilrettelegge for økt bruk av miljøvennlige byggematerialer.

Statens Byggeforskningsinstitutt, Aalborg Universitet utviklet i 2016 LCA-verktøyet LCAByg (Statens Byggeforskningsinstitutt Aalborg Universitet København, 2017), med støtte fra Trafik- og Byggestyrelsen. Cowi utarbeidet utslippsfaktorer for energibruk til verktøyet. LCAByg er gratis og åpent tilgjengelig, men det er per i dag ikke krav til at verktøyet skal benyttes til dokumentasjon av miljøpåvirkning fra nye bygg.

Sverige

Per i dag omfatter de svenske byggeforskriftene (Boverkets byggregler – BBR) kun krav til energibruk. Imidlertid ble forskriftene endret per 1. juli 2017 (Boverket, 2017) til å benytte primærenergi som målparameter i stedet for levert energi.

Den svenske regjeringen har gitt Boverket i oppdrag å foreslå en metode og regler for rapportering av bygningers klimapåvirkning i et livsløpsperspektiv (Regjeringskansliet, 2017). Arbeidet skal omfatte forslag til metode for beregning av klimapåvirkning gjennom bygningers livsløp, utredning av mulig form på dokumentasjonskrav og muligheter for tilsyn,

bedømmelse av hvilke typer bygninger kravet skal omfatte, og utredning av konsekvensene av forslaget. Forslaget skal ferdigstilles senest 15. januar 2018.

Boverket har også utredet muligheter for å endre den svenske plan- og bygningsloven (PBL) for å redusere klimapåvirkning fra byggsektoren. Fra 2. mai 2011 ble det innført en bestemmelse i PBL om å ta hensyn til miljø- og klimaspørsmål i kommunal planlegging av bebyggelse og infrastruktur (kapittel 2, § 3). Den nye loven tydeliggjorde at kommunene har ansvar for planlegging med hensyn til klimaspørsmål, og at det vurderes som en offentlig interesse. Boverket har høsten 2017 undersøkt hvilken effekt denne loven har hatt, og utredet om det er et behov for å endre plan- og bygningsloven ytterligere for å redusere bygningers klimapåvirkning (Regeringskansliet, 2017). Arbeidet ble ferdigstilt i oktober 2017 (Boverket, 2017). Kartleggingen viser at kommunene i stor grad arbeider for å fremme strukturer og tiltak som fører til redusert klimapåvirkning i sin overordnede planlegging, og at slikt arbeid var satt i gang i kommunene også før 2011. De fleste tiltak som er satt i gang for å redusere klimapåvirkningen fra offentlig planlegging går på bruk av fornybare energikilder og reduksjon av energibruk og transportbehov. Boverket konkluderer på bakgrunn av dette med at det ikke er behov for å endre plan- og bygningsloven. I tillegg påpekes det at det er for tidlig å si om endringen har hatt en effekt, fordi effekten først viser seg når planprosesser som er satt i gang etter mai 2011 blir implementert.

Det svenske miljøinstituttet holder på med utvikling av et verktøy for å beregne klimapåvirkning fra bygninger (Svenska miljöinstitutet, 2017). Verktøyet, som vil være gratis å bruke, lanseres i løpet av høsten 2017 og skal kunne brukes av personer også uten LCA-kompetanse.

Storbritannia og Irland

I England, Wales og Nord-Irland angis energieffektivitetskriterier for bygninger ikke direkte som energibruk (primærenergi eller levert), men i CO₂-utslipp. I energibrukssertifikater er CO₂-verdien basis for energimerke-rangering. Byggeforskriftene for England og Wales (HM Government, 2017) angir at alle bygninger, både nybygg og rehabiliterte, må overholde makskrav for CO₂-utslipp fra energibruk. Kravet angis som kg CO₂ per m² per år for en standard referansebygning av samme type, størrelse og form som den planlagte bygningen.

CO₂-kravet for boliger skal regnes i henhold til metodikken *Standard Assessment Procedure (SAP) 2012*, utviklet av BRE (BRE, 2017). SAP-metodikken omfatter beregning av energibruk til romoppvarming, oppvarming av tappevann, ventilasjon og belysning. Eventuell energi produsert på tomten blir trukket fra i regnskapet. Bundet energi, dvs. energibruk til å produsere materialer inngår ikke. CO₂-utslipp brukes altså som en indikator for å måle energieffektiviteten til bygningen.

For ikke-boligbygninger benyttes metodikken *National Calculation Methodology (NCM)* (BRE, 2017). Både SAP og NCM er implementert i flere kommersielt tilgjengelige beregningsverktøy, og NCM er i tillegg implementert i et verktøy utviklet av BRE, *Simplified Building Energy Model (SBEM)* (Designing Buildings, 2017).

Skottland har sine egne byggeforskrifter, men følger samme krav til dokumentasjon av energieffektivitet gjennom CO₂-verdier og med samme beregningsmetodikker som resten av Storbritannia.

I Irland er det obligatorisk å beregne primærenergibruk og CO₂-utslipp forbundet med energibruk i drift av bygninger iht. metodikkene Dwelling Energy Assessment Procedure (DEAP) for boligbygninger og Non-dwelling Energy Assessment Procedure (DEAP) for ikke-boligbygg. Alle nye boliger må overholde krav til maksimale CO₂-utslipp fra energibruk tilsvarende et nivå for energieffektivitet som er 60% bedre enn 2005-nivå. For andre typer bygninger skal det maksimale tillatte utslippstallet settes relativt til et referansebygg. Referansebygningen defineres som en bygning av samme bygningstype, størrelse, beliggenhet og form som bygningen som vurderes, og som oppfyller samme funksjon mht. hvilke aktiviteter som skal foregå i bygningen, men med gjennomsnittlig energibruk tilsvarende 2008-nivå. Alle energimerkesertifikater må inneholde informasjon om CO₂-utslipp, men dette skal angis relativt til en referanseverdi for en bygning av samme type.

Andre europeiske land

Spanske byggeforskrifter stiller krav til energibruk i bygninger i form av både primærenergibruk og CO₂-utslipp. I Spania ble det i 2007 utviklet et offisielt verktøy for energiberegninger av bygninger, LIDER/CALENER, som har vært obligatorisk å bruke for å vise samsvar med byggeforskriftene for nye bygninger siden 2007, og for alle bygninger som selges eller leies ut fra 2013. LIDER/CALENER-verktøyet beregner CO₂-utslipp fra energibruk basert på levert energi til bygningen og offisielt bestemte utslippsfaktorer.

I Slovenia har beregning av CO₂-utslipp fra energibruk vært inkludert i byggeforskriftene siden 2010. For alle nye bygninger må det dokumenteres CO₂-utslipp fra forventet energibruk i prosjektering, og fra energibruk som bygningen. Energimerkesertifikater må også inneholde informasjon om CO₂-utslipp fra energibruk (beregnet fra primærenergibruk).

Land som ikke har krav til CO₂-utslipp som en del av byggeforskriftene, men der CO₂-utslipp skal angis i energibrukssertifikater (EPC) er Belgia, Bulgaria, Kypros, Hellas, Latvia, Luxembourg, Polen, Portugal og Østerrike.

Østerrike har en nasjonal plan om at nye og rehabiliterte bygninger skal bevege seg i retning av det de definerer som nær nullenergibygninger (NZEB). I de nasjonale NZEB-kriteriene er CO₂-utslipp (kg CO₂/m²/år) én av fire miljøtema. Maksimale CO₂-verdier tillat for et NZEB er angitt i definisjonen parallelt med primærenergibehov, men disse omhandler kun utslipp fra energibruk. Kravene for NZEB strammes inn trinnsvis per år frem til 2020, og CO₂-kravet for NZEB i 2014 tilsvarte en reduksjon i utslipp på 15-25%, sammenliknet med standard praksis.

I Romania er det definert kriterier for NZEB som omfatter parallelle makskrav til primærenergibruk og CO₂-utslipp fra energibruk på tilsvarende måte som i Østerrike. CO₂-utslipp kan også inkluderes som parameter i energimerkesertifikater.

I Frankrike kan bygninger klassifiseres enten etter energibruk eller klimagassutslipp (fra energibruk) på en skala fra A til G.

I Bulgaria stilles det krav til bruk av gjenbruksmaterialer i nye bygninger gjennom den nasjonale Avfallsplanen 2014-20 (Ministry of environment and water, Bulgaria, 2014). Kravene omfatter alle nye bygninger som finansieres med offentlige midler, og angir en minimumsprosent av materialene som brukes til konstruksjons- og oppfyllingsformål som må

være gjenbruksmaterialer. Avfallsplanen skal sørge for innfasning av mer ombruk av byggematerialer, ved å skjerpe inn kravene gradvis fra 2014 til 2020.

VEDLEGG 2

FRIVILLIGE ORDNINGER OG MERKEORDNINGER

Frivillige ordninger og forbildeprogrammer for hele bygninger

BREEAM-NOR

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) er en internasjonalt anerkjent sertifiseringsordning for å måle en bygnings bærekraftige egenskaper. Bygningen sertifiseres etter følgende ni miljøområder:

1. Ledelse og administrasjon
2. Helse og innemiljø
3. Energibruk
4. Transport
5. Vann
6. Materialer
7. Avfall
8. Arealbruk og økologi
9. Forurensning

Hvert område består av en rekke emner som beskriver hvordan miljøpåvirkning fra bygningen kan reduseres. Hvert emne beskriver i detalj et formål med tilhørende kriterier og dokumentasjonskrav. Der innfrielsen av disse kriteriene kan dokumenteres kan BREEAM-poeng tildeles.

Kriteriene i BREEAM-manualen skal representere god eller beste praksis for bærekraftig design og innkjøp og er stort sett strengere enn minstestandardene i byggeforskrifter og annet regelverk.

Utifra hvor mange poeng som tildeles vil bygningen sertifiseres etter en skala med klassifiseringene «Pass», «Good», «Very Good», «Excellent» og «Outstanding».

Det er mulig å oppnå poeng ved å utføre en livsløpsvurdering av bygningen, i tillegg til å gjøre alternativvurderinger for ulike bygningsdeler

BREEAM-NOR (NGBC - Norwegian Green Building Council, 2012) er en norsk tilpasning av BREEAM og eies av Norwegian Green Building Council (NGBC). Den norske manualen ble lansert i 2012. Ny versjon ble offentliggjort i 2016.

BREEAM-prosessen

BREEAM-NOR forutsetter at prosjekter følger prosjektfasene til Bygg21 (Norsk Eiendom, 2015) vist på figuren under.



Figur 0.1: Prosjektfaser ihht Bygg21

Dette innebærer at man ved oppstart tilrettelegger for en konseptvurderingsfase hvor det er tid til å vurdere alternativer og gjennomføre kartlegginger. I neste fase (tilsvarende forprosjekt) innarbeides valgte konsepter i prosjekteringsunderlaget og det legges opp planer for gjennomføring av løsningene. BREEAM-NOR har en rekke fremdriftskrav som forutsetter at emner er løst innen avsluttet forprosjekt.

I innkjøpsfasen er det viktig at det er satt av tid til å vurdere konkrete materialer/produkter mht. miljøkravene som er forutsatt i beskrivelsene før innkjøp. Det er også viktig at prosjektene har planlagt hvordan de skal ivareta krav og tilrettelegge byggeplassen for bl.a. tilstrekkelig fuktsikring, ryddighet og avfallshåndtering før byggeprosessen er i gang. Fremdriften til byggeprosessen må organiseres på en slik måte at kontrollene som skal gjennomføres har mulighet for avbøtende tiltak og justeringer hvis man ikke tilfredsstillter de forutsatte kravene.

FutureBuilt

Futurebuilt (Futurebuilt, 2017) er et tiårig program med visjon om å vise at det er mulig å utvikle klimanøytrale bygninger og byområder med høy kvalitet. FutureBuilt har som mål å få frem 50 forbildeprosjekter, både for enkeltbygninger og områder. Et forbildeprosjekt i FutureBuilt skal redusere klimagassutslippene sine fra materialbruk, energibruk og transport med 50 % sammenliknet med standard byggemetoder, i et livsløpsperspektiv. Satsningen omfatter nybygninger og rehabilitering, enkeltbygninger og områder, kommunale og private utbyggere. Prosjekter som går inn i FutureBuilt forplikter seg til å oppfylle et sett med kvalitetskriterier, samt å dokumentere at disse kvalitetene oppnås. Det må velges byggematerialer med lave klimagassutslipp fra produksjon og avhending, og helse- og miljøskadelige stoffer skal unngås. I tillegg skal byggene være energieffektive, og det skal gjøres tiltak for å redusere utslipp fra transport til og fra bygningen, som for eksempel god lokalisering, mobilitetsplanlegging og miljøvennlige transporttiltak.

Ordninger for byggevarer

Økodesigndirektivet og CE-merket

Økodesigndirektivet er et EU-direktiv som gir rammene for fastleggelse av krav til miljøvennlig design av energirelaterte produkter (Standard Norge, 2017). Sammen med energimerkedirektivet, har Økodesigndirektivet til hensikt å redusere energirelaterte produkters miljøbelastning i hele deres livsløp (NVE, 2017). Stadig nye produktgrupper blir omfattet av direktivet. Økodesignkrav innebærer blant annet at det skal settes minimumskrav til energieffektivitet for energirelaterte produkter som skal selges på EUs marked. Etter hvert vil også andre tema enn energieffektivitet, som for eksempel forurensning og biologisk

mangfold, bli omfattet av direktivet. Økodesignforskriften¹⁶ trådte i kraft i 2011, og skal sikre implementeringen av Økodesigndirektivet. Økodesigndirektivet stiller krav til CE-merking av produktene omfattet av direktivet. Kravet til CE-merke gjelder også ihht. Byggevareforordningen.

CE-merking er en ordning for å informere om at myndighetskrav som er gitt i direktiv eller forordning er ivaretatt og at dokumentasjon for dette er tilgjengelig (Standard Norge, 2017). CE er en forkortelse av Communauté Européenne, og CE-merket er en deklarasjon av at produktene oppfyller EU-regelverk innen helse, miljø og sikkerhet.

EPD

En EPD (Environmental Product Declaration) er et kortfattet tredjepartsverifisert og registrert dokument med transparent informasjon om produkters miljøprestasjon gjennom hele livsløpet. Både bakenforliggende livsløpsvurdering og EPD er alltid basert på internasjonale standarder. Mer enn 350 EPDer fra over 100 bedrifter er nå publisert og fritt tilgjengelig hos EPD Norge.

Norge er i verdenstoppen med sine mange EPDer. Hele 70 % av ikke-betongrelaterte medlemmer i Byggevareindustriens forening har EPDer. De produsenter som ikke har EPDer, er primært leverandører til småhusmarkedet, et marked som så langt ikke har særlig fokus på miljødokumentasjonen utover forskriftskrav. Vel 40 % av de betongrelaterte medlemmene har EPDer. Når man ser på hvor stor del av markedet disse produsentene dekker, ligger markedsandelen på 70 %. Slike tall viser at norske leverandører i stor grad kan levere miljødokumentasjon i form av EPDer når dette etterspørres.

Totalt er det vel 3500 byggevarerelaterte EPDer i Europa, og det er et stadig økende fokus på EPDer i det europeiske markedet.

For Norge dominerer produsentspesifikke EPDer (dvs. EPDen representerer kun en produsent), men i resten av Europa har man valgt å bruke mer generiske eller representative EPDer for mange produsenter samlet. Den "norske modellen" med produktspesifikke EPDer legger til rette for konkurranse mellom tilsvarende produkter, som igjen trigger miljøforbedringer.

Norske EPDer har også med informasjon om innhold av helse- og miljøskadelige stoffer.

Eksempel på hvordan dokumentasjonen fremstår i norske EPDer vises i Figur 0.2:

¹⁶ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-02-23-190>

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklarerert, MNR=modul ikke relevant)

Product stage				Construction installation stage	User stage								End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftninger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/ resirkulering/ potensiale	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A4
GWP	kg CO ₂ -eq	1,38E+02	4,78E+00	1,25E+01	4,23E-03
ODP	kg CFC11 -eq	4,56E-06	9,00E-07	2,17E-06	8,00E-10
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	4,41E-02	1,01E-03	2,64E-03	7,50E-07
AP	kg SO ₂ -eq	9,14E-01	2,23E-02	1,25E-01	1,49E-05
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	2,72E-01	3,92E-03	7,56E-02	3,10E-06
ADPM	kg Sb -eq	1,36E-04	9,90E-06	4,93E-05	9,35E-09
ADPE	MJ	8,73E+02	7,24E+01	1,47E+02	6,46E-02

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

Leeseeksempe 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009

Figur 0.2: Eksempel på dokumentasjon som finnes i en EPD (hentet fra EPD Norges nettsider)

For byggeverer er norske EPDer tilgjengelig innen følgende kategorier:

- Asfalt og pukk
- Betongvarer
- Ferdig betong
- Bygningsplater
- Dører og vinduer
- Heltreprodukter
- Isolasjon
- Teknisk-kjemiske byggevareprodukter
- Stålkonstruksjoner
- Sement
- Takbelegg/membraner
- Mørtel
- GreenEMAS
- Naturstein

Det er gjennom ECO platform¹⁷ åpnet for at også utenlandske EPD'er kan registrere seg hos EPD Norge.

¹⁷ Felles organisering/program av ulike lands EPD-program.

Product environmental footprint (PEF)

I 2013 ble det startet et treårig EU-prosjekt, EU Environmental Footprint, som har hatt som formål å harmonisere metodikk for beregning av miljøfotavtrykk for produkter og organisasjoner (European Commission, 2017). Pilotfasen av prosjektet har blitt gjennomført som et samarbeid mellom et stort antall ulike aktører, inkludert bedrifter, LCA-eksperter og andre interesserte parter. Prosjektet har resultert i utvikling av egne metodikker for å utarbeide miljødokumentasjon for produkter, Product Environmental Footprint (PEF), og av organisasjoner, Organisation Environmental Footprint (OEF).

I likhet med EPDer skal miljødeklarasjonene for produkter baseres på produktkategoriregler, her kalt Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR), men det stilles enda strengere krav til datagrunnlaget for å tilrettelegge rettferdig sammenlikning mellom produkter. I tillegg stilles det krav til at minst 50 % av bransjen for den aktuelle produktkategorien skal involveres i utarbeidingen av PEFCR. En PEFCR skal representere et «europaisk standardprodukt» for den aktuelle produktkategorien, og således introdusere en referanse for miljøprestasjon.

Hensikten med å utvikle PEF-rammeverket har også vært å forenkle og effektivisere arbeidet med miljødokumentasjon, sammenliknet med tradisjonell LCA (Kerkhof, Terlouw, Vieira, Alexandre, & Bagard, 2017). Tiltak for å få til dette omfatter blant annet:

- Standardisering av kategoriseringsmetode for beregning av miljøpåvirkninger
- PEFCRene skal definere hvilke miljøpåvirkningskategorier som er relevante for produktkategorien
- PEFCRene skal inneholde bakgrunnsdatasett for bruk til å utarbeide PEFer, slik at det kun er nødvendig å innhente data for det spesifikke produktsystemet, og koble dette med standard bakgrunnsdata
- Åpent tilgjengelige beregningsverktøy for små og middelstore bedrifter skal hjelpe ikke-LCA-eksperter i utarbeiding av PEFer

Pilotprosjektet skal etter planen være slutført høsten 2017.

Grønn materialguide

Grønn materialguide (Bramslev, Hagen, & Haupt, 2017) er ikke en merkeordning, men en veileder for hvordan man kan gå frem for å velge mest mulig miljøvennlige materialer i et byggeprosjekt. Guiden er utarbeidet av Grønn Byggallianse, Context AS og DiBK.

Versjon 2.2 (oktober 2017) omfatter informasjon om materialvalg for følgende bygningsdeler:

- Bygningsplater
- Konstruktive materialer
- Gulvbelegg
- Utvendige kledninger
- Isolasjon
- Taktekking
- Utvendige dekker

Følgende miljøtema vurderes i guiden:

- Klimagassutslipp
- Ressursgrunnlag
- Avhending
- Kjemikalieinnhold
- Inneklima

Den gir ingen vurdering av spesifikke produkter, men er en oversikt over forventede miljøegenskaper for produktgrupper. Et utdrag fra oversikt over gulvbelegg i guiden er vist i Figur 0.3:



Figur 0.3: Oversikt over miljøegenskaper for ulike typer gulvbelegg i Grønn Materialguide

Svanemerking av byggevarer og hele bygg

Svanemerket¹⁸ er en ikke-kommersiell nordisk merkeordning for produkter. For å få merket et produkt, må en produsent først dokumentere at en rekke krav er oppfylt, og deretter betale

¹⁸ <http://www.svanemerket.no/>

en avgift. Avgiften går til å dekke driften av merkeordningen. Det er Stiftelsen Miljømerking som forvalter Svanemerket i Norge.

Svanemerking utvikler krav innen ulike produktgrupper, blant annet finnes egne krav for byggevarer og hus. Kravene utvikles ved hjelp av analyser av de ulike produktgruppene, produktenes livsløp og miljøbelastning, samt hvilke miljøkrav som gir mest miljøeffekt. På denne måten vil kriteriene innen hver gruppe være spesifikke og relevante, noe som er vanskelig å oppnå om man har samme krav til alle typer produkter. Input til analysene som gjøres er eksisterende LCA-analyser, datasett fra generiske databaser, EPDer og vitenskapelige rapporter. Kravene revideres jevnlig for at de skal holdes oppdatert.

Kravene i Svanemerket er formulert presist og spesifikt inkludert grenseverdier, målemetoder og tidspunkt for måling/prøvetaking. Krav omfatter både bruk og produksjon av produktene.

Svanemerking baserer seg på et gjennomarbeidet og omforent grunnlag når de stiller krav og det er tydelig angitt hvordan leverandørene skal teste sine produkter for å kunne dokumentere at deres produkter tilfredsstillt kravene. Svanemerket garanterer først og fremst at et produkt er vurdert til å passere de kravene som til enhver tid gjelder for produktgruppen. I tillegg skal Svanemerkede produkter være blant den mest miljøvennlige tredjedelen av produkter innen produktgruppen.

Det er utarbeidet et kriteriesett for svanemerking av småhus, leilighetsbygninger og bygninger for barnehage og skole (Svanemerket, 2017). Det er to lisensinnehavere i Norge som kan bygge i henhold til disse kriteriene og tilby svanemerkede hus. Det er per i dag oppført et boligprosjekt i Bergen. Trysilhus markedsfører flere prosjekter som svanemerkede.

Svanemerket for bygninger omfatter mer enn bare materialkrav selv om det er en viktig del av kravene. Det stilles krav innen følgende kategorier:

- Energi og klima
- Avfall
- Innemiljø
- Kjemiske produkter
- Byggevarer og materialer
- Trevirke, bambus og fiberbaserte råvarer
- Kvalitetsstyring og byggeprosess
- Kvalitet og lovkrav

For hvert krav er det beskrevet hvordan det skal dokumenteres. For å oppnå svanemerket kreves det at:

- Alle obligatoriske krav er oppfylt
- Et minimum antall med poengkrav er oppfylt
- Nordisk miljømerking har vært på byggeplass og kontrollert

ECOproduct

ECOproduct¹⁹ er en merkeordning som evaluerer byggematerialers miljøprestasjon basert på informasjon i EPDer. Alle produktene som er vurdert iht. ECOproduct-metoden er samlet i en database, for å gjøre det enklere å kunne velge miljøvennlige materialer og produkter i byggeprosjekter. ECOproduct-databasen driftes av Byggtjeneste, og er tilgjengelig via abonnement på Byggtjeneste Portalen. Metoden er i stor grad overlappende med vurderingene i Grønn Materialguide.

Metodikken som ligger til grunn for vurderingene gjennomgikk en større revisjon i juli 2017 (Hammerstad, 2017). Dokumentasjon for den reviderte ECOproduct-metoden er under utarbeidelse. ECOproduct vurderer følgende miljøtema:

- Inneklima
- Helse-/miljøskadelige stoffer
- Ressursbruk
- Klimapåvirkning

Inneklima vurderes iht. NS-EN 15251, basert på informasjon i egendeklarasjon fra produsent.

Helse- og miljøskadelige stoffer vurderes iht. REACH, Prioritetslisten og CLP-forordningen (vurderes fra EPD og/eller egendeklarasjon iht. det samme).

Ressursbruk vurderes spesifikt for hvert produkt. Tidligere ble ulike metaller og oljebaserte produkter vurdert likt, men etter metodikkendringen har oljebaserte produkter og metaller hver sin score. Metaller vurderes dessuten etter knapphet (iht. en EU-liste over knappe metaller). I de tilfellene der det ikke foreligger tilstrekkelig dokumentasjon, gis dårligste karakter (for eksempel dersom det ikke er dokumentert innhold av resirkulert materiale). For vurderinger av tropisk tømmer støtter ECOproduct seg på merkeordningene PEFC og FSC.

Klimapåvirkning vurderes som CO₂-ekv. (A1-A3), sammenliknet med en referanseverdi. Tidligere ble klimapåvirkning vurdert per kg for alle produkter, og sammenliknet med snitt for produktgruppe fra klimagasregnskap.no. Etter revisjon regnes det per deklart enhet i EPD, og referanseverdien er et vektet fra snitt i ECOproduct-databasen (75 %) og klimagassregnskap.no materialdatabase (25 %).

ProductXChange

Verktøyet ProductXchange er en digital plattform for å utveksle informasjon om produkter og vurdere hvorvidt de oppfyller krav (inkludert miljøkrav) i prosjekter. ProductXchange er resultatet av de EU-finansierte utviklingsprosjektene ChemXchange og ProductInfoX (ProductXchange, 2017).

Verktøyet fungerer som et digitalt stoffkartotek der brukerne kan distribuere og samle inn produktinformasjon, inkludert sikkerhetsdatablader, ytelseserklæringer, monteringsveiledninger, miljødokumentasjon, teknisk dokumentasjon, EPDer etc. ProductXchange er utviklet for bruk av byggenæringen, og krever lisens for bruk.

¹⁹ <http://byggtjeneste.no/ecoproduct/>

ProductXchange er også koblet til programvaren goBIM, som kan brukes til å knytte sammen BIM-modeller med informasjon i stoffkartoteket.

Klassifisering av produktene i stoffkartoteket skjer henhold til spesifiserte filtre (Madslien & Berntsen, 2017). Et nasjonalt filter definert for alle brukere i Norge ligger som standard i systemet. I tillegg kan man sette opp egne filtre, med stoffer eller produkttegenskaper man ønsker kontroll med. For eksempel brukes filterfunksjonen til å identifisere helse- og miljøskadelige stoffer iht. Prioritetslisten eller REACH Kandidatlisten.

ProductXchange er satt opp med merking av produkter iht. følgende miljødokumentasjon:

- Svanemerket
- Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk, datert etter 1. jan 2010, som dokumenterer fravær av stoffer på BREEAM-NOR sin sjekklister A20
- EPD (Environmental Product Declaration) (miljødata må sjekkes opp mot kravene)
- Egendeclarasjon på at krav i BREEAM-NOR sjekklister A20 tilfredsstilles
- Egendeclarasjon på at krav i BREEAM-NOR emne HEA 9 tilfredsstilles
- M1-sertifikat

VEDLEGG 3

OVERSIKT OVER EKSISTERENDE METODER OG VERKTØY FOR LIVSLØPSBASERT MILJØVURDERING AV BYGG

Metoder

Norsk standard for klimagassberegninger av bygg

Siden 2013 har det pågått et arbeid med å utvikle en norsk standard for klimagassberegninger av bygninger, NS 3720 – *Metode for klimagassberegninger for bygg*. Hensikten med utviklingen av standarden er å sørge for at beregninger og beregningsverktøy som følger standarden holder et gitt kvalitetsnivå og at resultater fra klimagassberegninger for bygninger blir sammenliknbare.

Standarden vil beskrive metodikk for beregning av klimagassutslipp som baserer seg på livsløpsvurderinger. Metodikken bygger i hovedsak på NS-EN 15978, *Vurderinger av bygningers miljøprestasjon*, men er begrenset til beregning av utslipp av klimagasser. Standarden skal bygge på prinsippene for regnskapsbasert LCA.

I oktober 2017 ble utkast til NS 3720 lagt ut på høring (Standard Norge, 2017). Fristen for å komme med innspill er satt til 23. desember 2017. Høringsutkastet omfatter minimumskrav til hvilke bygningsdeler og livsløpsfaser som skal inngå i beregninger; regler for valg av analyseperspektiv, analyseperiode og metodikk for å regne om klimagassutslipp til CO₂-ekvivalenter. Utkastet stiller også krav til datakvalitet, dokumentasjon og rapportering, og angir regler for beregning av utslippsfaktorer for elektrisitet, fjernvarme, produkter som inneholder biogent karbon og for produkter som resirkuleres eller ombrukes. I tillegg beskrives prinsipper for beregninger av klimagassutslipp fra de ulike fasene.

Standarden skal kunne anvendes på klimagassberegninger for bygging av nye bygninger, rehabilitering og vedlikehold av eksisterende bygninger, i alle faser i en byggeprosess.

Level(s)

Level(s) er et frivillig system for bygningssektoren for å måle og rapportere ytelsen for bærekraftige bygninger i et livsløpsperspektiv (European Commission, 2017). Level(s) er utviklet av Europakommisjonen, i samarbeid med industriinteressenter. Level(s) er ikke en egsertifiseringsordning, men bruker indikatorer basert på eksisterende verktøy, og standarder, som for eksempel sertifiseringsordninger som BREEAM og andre. Formålet med Level(s) er å lage en felles plattform for å samkjøre de eksisterende rammeverkene og sertifiseringsordningene for å vurdere bygningers ytelse som allerede er i bruk innen EU. Hensikten er å bidra til større gjennomskiktighet og mer konsistente vurderinger av bærekraftige bygninger.

Rammeverket er i stor grad bygget på livsløpsperspektivet og prinsippene i sirkulær økonomi, og omfatter retningslinjer for beregningsmetodikk, datakilder, systemgrenser. I tillegg angis rammeverk med vektingsfaktorer for å vurdere kvalitet på vurderingene som gjøres (Dodd, Cordella, Traverso, & Donatello, 2017).

Level(s) kan brukes direkte, gjennom å følge angitt metodikk, eller indirekte, ved å benytte et annet rammeverk eller sertifiseringsordning som er i tråd med Level(s)-rammeverket.

Level(s) definerer de viktigste aspektene som påvirker bygningers bærekraftsprestasjon som følger (kalt makro-målsettinger):

- Klimagassutslipp gjennom livsløpet
- Effektive og sirkulære materialkretsløp
- Effektiv bruk av vannressurser
- Helsefremmende og komfortable områder
- Klimatilpasning og -robusthet
- Levetidskostnad og -verdi

For hvert aspekt angis ulike indikatorer som kan brukes for å vurdere bærekraftsprestasjon. Energibruk i driftsfasen (målt som forbruk av primærenergi) og Global Warming Potential presenteres som indikatorer for klimagassutslipp.

Det angis tre nivåer for vurdering og rapportering av klimagassutslipp over livsløpet. For vurdering på nivå 1 angis det en forenklet beregningsmetodikk med datakilder, tiltenkt bruk av personer uten ekspertkompetanse på LCA. For å vurdere klimagassutslipp fra energibruk i drift på nivå 1 spesifiseres det at utslippsfaktorer kan benyttes. Det legges til grunn at CO₂-utslipp fra biogene, fornybare kilder skal betraktes som klimanøytrale (dvs. regnes med GWP-faktor 0).

Nivå 2 er tiltenkt vurderinger som skal danne grunnlag for benchmarking mellom ulike bygninger, mens nivå 3 er tiltenkt bruk av LCA som beslutningsstøtte i prosjekter. På nivå 2 og 3 skal total klimapåvirkning beregnes for alle livsløpsfaser.

For å vurdere effektive og sirkulære materialkretsløp angis to livsløpsverktøy: materialoversikt for bygningen (building bill of materials); og scenarier for bygningslevetid, tilpasningsmuligheter og avhending. I tillegg angis én indikator: bygg- og rivningsavfall.

Level(s)-rammeverket gir også anbefalinger for bruk av LCA som et overordnet vurderingsverktøy.

Level(s)-programmet ble lansert for testing høsten 2017, og testperioden skal gå over to år.

Regneregler for FutureBuilt

I FutureBuilt-prosjekter skal det lages et klimagassregnskap som omfatter materialbruk, energibruk og transport av bygningens brukere gjennom bygningens levetid. Samlede klimagassutslipp fra disse hovedpostene skal reduseres med 50 % sammenliknet med en referansebygning gjennom livsløpet. FutureBuilt har publisert regneregler som beskriver hvordan beregningene skal gjøres (FutureBuilt, 2014).

Powerhouse-metoden

Målet med et Powerhouse-prosjekt er at bygningen skal produsere mer energi enn det som brukes gjennom drift av bygningen og til produksjon av materialer gjennom bygningens levetid. Energibruk over livsløpet kompenseres med fornybar energiproduksjon på bygningens tomt. Primærenergifaktorer har hittil blitt benyttet som målparameter.

Zero Emission Buildings (ZEB)-metoden

For en ZEB-bygning (eller et ZEN-område - zero emission neighbourhood) skal klimagassutslipp fra materialbruk og energibruk gjennom bygningens levetid veies opp for gjennom fornybar energiproduksjon på bygningens tomt (eller innenfor nabolaget/området). I motsetning til et Powerhouse-prosjekt er det klimagassutslipp i CO₂-ekvivalenter som brukes som indikator, og ikke primærenergibruk. Det finnes ulike definisjoner på ZEB-bygninger, utfra hvor mye av materialbruken som tas med i beregningene:

ZEB-O:

Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift av bygningen.

ZEB-O ÷ EQ:

Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift av bygningen, men uten medregnet den energien som går til bruk av utstyr.

ZEB – OM:

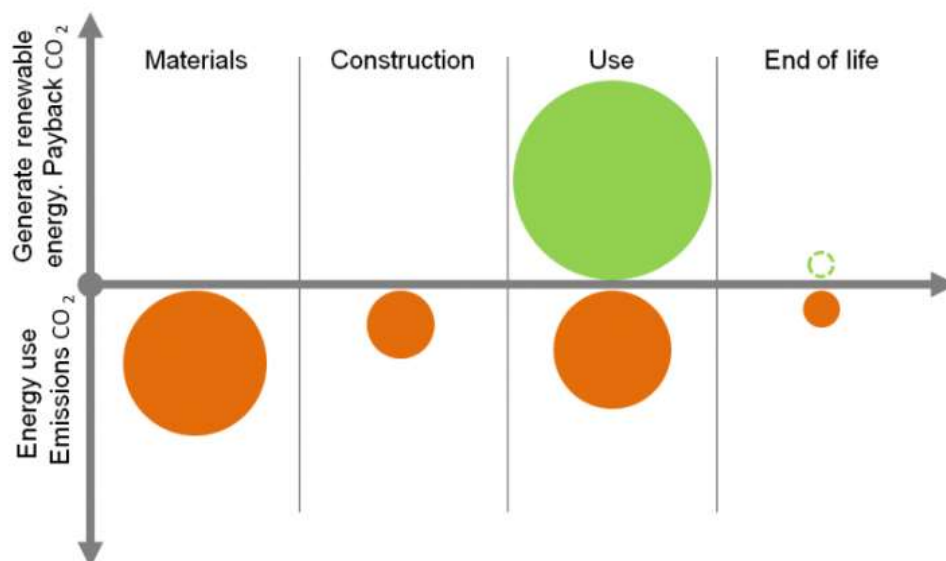
Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift og produksjon av byggematerialer.

ZEB – COM:

Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra bygging, drift og produksjon av byggematerialer.

ZEB – COMPLETE:

Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippene fra absolutt hele levetiden til bygningen. Dette gjelder byggematerialer, konstruksjon, drift og produksjon, samt riving og gjenvinning.



Figur 0.1 Illustrasjon av alle bidrag som medregnes i et ZEB COMPLETE-bygg. Hentet fra www.zeb.no.

Verktøy

Tabellen viser hvilke verktøy for LCA og klimagassberegninger av bygninger som er kartlagt. Verktøyene som er ansett som de mest relevante, er markert i grønt og omtalt nærmere under.

Navn	Type	Land	Beskrivelse	Link	Vurdert nærmere?
SimaPro	Programvare	Sveits	Programvare for alle typer LCA	http://www.simapro.com	Ja
GaBi	Programvare	Tyskland	Programvare for alle typer LCA	http://www.gabi-software.com/	Ja
OneClick LCA	Verktøy for bygg	Finland	Programvare for LCA av bygg	http://www.oneclicklca.com/	Ja
Klimagassregnskap.no	Verktøy for bygg	Norge	Verktøy for LCA av bygg	http://www.klimagassregnskap.no	Ja
CCaLC Tool	Programvare (gratis for research og annen ikke-kommersiell bruk)	England	Enkelt verktøy for å beregne carbon footprint og water footprint for ulike produksjonsprosesser. Inneholder 4000 (dvs. langt fra alle) Ecoinventprosesser og 2000 prosesser fra egen database. Mest myntet på å finne hot-spots i en produksjonskjede. Lite fleksibel. Lite transparent. Stor mulighet for brukerfeil. Ikke bra for bygg.	http://www.ccalc.org.uk/index.php	Nei
Eco-Bat	Verktøy for bygg	Frankrike	Skal gjøre det lettere å vurdere miljøpåvirkning fra bygg. Minner litt om klimagassregnskap.no. Ser ut til å brukes av noen få franske entreprenører, men ser ikke ut til å være ikke et anerkjent verktøy som brukes av mange.	http://www.eco-bat.ch/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1&lang=en	Nei
EIME	Programvare	Frankrike	Nettbasert program. Integrrert med noen av prosessene fra ELCD-databasen. Lite intuitivt, ikke godt egnet for bygg. Lite fleksibelt.	https://codde.fr/en/our-software/eime-en/eime-presentation	Nei
Environmental Impact Estimator	Verktøy for bygg	Hellas	Enkelt verktøy for bygninger der man kan estimere utslipp ved å bygge opp en bygning, omtrent som klimagassregnskap.no	http://www.athenasmi.org/	Nei

eVerdEE	Verktøy for bygg	Italia	Enkelt verktøy for å beregne miljøpåvirkning fra bygninger i henhold til ISO 14040.	http://act-clean.eu/index.php/eVerdEE;100.142/1	Nei
KCL-ECO	Programvare	Finland	Ser ut som det likner litt på SimaPro og Gabi. Integrert med Ecoinvent og ELCD.	http://www.vtt.fi/files/research/ism/manufacturingsystems/kcl_eco_v5_poster.pdf	Nei
OpenLCA		England	Minner om SimaPro og Gabi. Er gratis. Følger med noen databaser, men er mulig å kjøpe lisens til flere. Kan importere lisenser og LCIA-metoder. Ikke tilpasset til bygninger.	http://www.openlca.org/	Ja
TEAM	Programvare	Frankrike	Programvare for LCA-beregninger. Ikke spesielt tilpasset bygninger. Støtter ISO 14040 og 14044. Inkluderer databaser.	https://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html	Nei
Umberto	Programvare	Tyskland	Likner på SimaPro og Gabi.	https://www.ifu.com/en/umberto/	Nei
Envest	Verktøy	Australia	Enkelt verktøy for å beregne kostnader og miljøpåvirkning fra bygninger i tidligfase, basert på lokasjon, bygningstype, størrelse, solinnstråling osv.	http://clarityenv.com.au/envest/	Nei
Elodie	Programvare	Frankrike	Et verktøy tilpasset det franske markedet, som likner på One-Click LCA og klimagassregnskap.no. Inneholder miljøinformasjon fra franske EPDer, og beregner miljøpåvirkning utfra materialmengder, levetider og EPD-data. Beregner også utslipp fra energibruk og vannforbruk.	http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB19053.pdf	Nei
EcoQuantum	Verktøy	Nederland	Beregning av utslipp for bygninger. Basert på utregna utslippsfaktorer for materialer og energibruk, bl.a. med SimaPro.	http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8647.pdf	Nei
DuboCalc	Verktøy for bygg	Nederland	Sustainable Construction Calculator. Nederkandsk verktøy for å beregne klimagassutslipp fra bygninger.	https://www.dubocalc.nl/en/	Nei
EPD transportkalkulator	Verktøy for å beregne utslipp fra transport av byggevarer til Norge	Norge	Utviklet av Østfoldforskning. Basert på Ecoinvent og statistikk. Beregner utslipp fra transport av ulike varer, man kan selv bestemme avstand. Aktuell for å inkludere transport på en enkel måte.	https://www.lca.no/	Ja
eTool	Verktøy for bygg	Australia	Likner klimagassregnskap.no og OneClick LCA. Støtter EN 15978 og 14044. Er et eksempel på enkelt verktøy som kunne blitt brukt av de uten LCA-kunnskap, der man kan velge mellom ulike materialer for bygningsdelene.	http://etoolglobal.com/	Ja
LCAByg	Verktøy for bygg	Danmark	LCAByg (Statens Byggeforskningsinstitut, 2016) er et verktøy for bygninger utviklet av danske Statens Byggeforskningsinstity og Aalborg Universitet på oppdrag fra det danske direktoratet Trafik -og Byggestyrelsen. Verktøyet er åpent tilgjengelig for nedlasting, og er ment til bruk for å utføre LCA-beregninger av både nye og rehabiliterte bygninger.	https://www.lcabyg.dk/	Ja
EcoProduct	Verktøy for byggematerialer	Norge	Leveres av Byggtjeneste, utviklet i samarbeid mellom Byggtjeneste, Grønn Byggallianse, Statsbygg, Forsvarsbygg, SINTEF Byggeforsk, Direktoratet for byggkvalitet, Miljødirektoratet, Husbanken, Byggemiljø, NCC, NAL I ECOBOX m.fl. Basert på EPD, vurderer inneklime, helse- og miljøskadelige stoffer, ressursbruk og klimapåvirkning.	http://www.byggeportalen.no/EcoProduct#/Home http://byggtjeneste.no/wp-content/uploads/ECOproduct-metode_NO-1.pdf	Ja

SimaPro

SimaPro (PRé, 2017) er utviklet av PRé Sustainability, og er verdens ledende LCA-programvare. SimaPro er lisensbasert (årlig lisensavgift), og kostnaden avhenger av hvilken programversjon man ønsker, samt antall brukere som skal benytte samme lisens. Programmet er fullt integrert med miljødatabasen Ecoinvent²⁰, med utslippsinformasjon om over 12 000 prosesser og produkter. Hovedvekten av disse prosessene representerer produksjon i Europa. I tillegg finnes det også andre databaser man kan hente utslippstall fra i SimaPro.

I SimaPro bygges livsløpsinventar opp basert på enhetsprosesser. Hver enhetsprosess inneholder informasjon om ressursbruk og utslipp per enhet for en gitt prosess i en verdikjede. Man kan velge mellom å definere egne enhetsprosesser, eller benytte predefinerte enhetsprosesser fra databasen.

Miljøpåvirkning kan beregnes for hver enkelt enhetsprosess i SimaPro. På denne måten er det mulig å beregne miljøpåvirkning på ulike detaljeringsnivåer. SimaPro egner seg dermed både til å beregne utslippsaktorer på ønsket nivå, som kan brukes i egne beregninger i regneark, og til å sette opp et komplett system og utføre hele analysen i programmet.

SimaPro egner seg godt til alternativvurderinger, da det er funksjonalitet for å sammenlikne to eller flere enhetsprosesser med hensyn på valgte miljøpåvirkninger.

Manuell oppbygging av enhetsprosesser i SimaPro krever noe kunnskap om LCA-metodikk. For eksempel finnes det en rekke prosesser som produserer flere produkter. Ulike regneregler innen LCA bestemmer da hvor mye av inngangsfaktorene som skal fordeles til de ulike produktene. Ecoinvent-databasen inneholder parallelle sett med enhetsprosesser, som representerer forskjellige metodiske valg. I SimaPro kan man dessuten velge å bruke ulike karakteriseringsmodeller, som bestemmer hvordan ulike utslipp og aktiviteter kan regnes om til miljøpåvirkning. Det er derfor nødvendig å kunne avgjøre hvilke metodiske valg som egner seg i hver analyse.

På grunn av mengden valgmuligheter i programvaren, er det nødvendig med noe opplæring for å kunne ta i bruk SimaPro, i tillegg til grunnleggende LCA-kompetanse.

Gabi

GaBi (Kupfer, et al., 2016) er utviklet av Thinkstep AG og er linket opp mot GaBis egen miljødatabase, som inneholder over 10 000 prosesser fra hele verden. I tillegg er GaBi integrert med blant andre Ecoinvent-databasen. Bruk av GaBi er lisensbasert (årlig lisens).

I GaBi bygger man opp en livsløpsanalyse med samme prinsipp som i SimaPro, det vil si ved å bygge opp et livsløpsinventar basert på enhetsprosesser man definerer selv eller henter fra en av databasene. Brukergrensesnittet er litt annerledes enn i SimaPro, og tillater brukeren å bygge opp livsløpsinventaret ved å tegne flytskjemaer. Dette gjør programmet noe mer brukervennlig.

²⁰ <http://www.ecoinvent.org>

I likhet med SimaPro bør man ha grunnleggende LCA-kompetanse for å bruke GaBi, for å sikre at modellen som bygges opp er konsistent med valgt LCA-metodikk.

I 2010 lanserte PE international GaBi Build-it, (Thinkstep AG, 2010) et separat program og en livsløpsdatabase av byggematerialer og konstruksjoner. Utifra Thinkstep sine hjemmesider, virker det ikke som om Build-it programmet er mye brukt, men databasen er brukt videre i Tally, en spesialutviklet LCA plug-in til BIM programmet Revit.

Open LCA

Open LCA (Winter, et al., 2015) er et «open source» LCA-verktøy utviklet av GreenDelta. Programmet er gratis, og det følger med noen gratis LCA-databaser. I tillegg er det mulig å kjøpe lisens til kommersielle databaser, eller importere databaser man allerede har lisens til.

I likhet med SimaPro og Gabi er programmet ikke spesielt tilpasset bygninger, men egner seg til å beregne miljøpåvirkning for en rekke ulike produkter og prosesser gjennom å bygge opp flytskjemaer.

Oneclick LCA

Kompleksiteten i LCA-beregninger har ført til utviklingen av en rekke verktøy og metoder som gjør det enklere å utføre LCA-vurderinger for bygg. OneClick LCA er et slikt verktøy.

OneClick LCA er et dedikert LCA-beregningsverktøy for bygninger, utviklet av Bionova. Programmet er utviklet for å gjøre LCA enklere og mer tilgjengelig for personer uten mye LCA-kompetanse. Lisens til å bruke OneClick LCA betales per byggeprosjekt man analyserer.

For å gjøre en analyse med OneClick LCA trenger man informasjon om materialmengdene som inngår i bygningen. Dette kan enten legges inn manuelt, eller gjennom å importere mengder fra BIM-modell. Dersom BIM-modell skal brukes som underlag, er det imidlertid nødvendig at denne er tilstrekkelig godt merket med riktige materialer og mengder. For hver bygningsdel kan man velge mellom et sett med predefinerte materialer fra en rullegardinliste.

Verktøyet inneholder en egen materialdatabase med miljøinformasjon, som bygger på miljødeklarasjoner for byggevarer (EPDer) fra en rekke land. Fordi EPDer er representative for lokal produksjonsteknologi, har verktøyet også en funksjonalitet for å tilpasse EPD-informasjon til det landet man ønsker, ved bruk av korrigeringsfaktorer.

OneClick LCA er enklere å bruke enn LCA-programvare som SimaPro og GaBi, og vil derfor kunne brukes av flere. Programmet har imidlertid begrenset fleksibilitet og gir mindre transparente beregninger.

Klimagassregnskap.no

Klimagassregnskap.no utviklet av Statsbygg er et web-basert verktøy for å beregne klimagassutslipp for bygninger, fra materialbruk, energibruk og transport i driftsfasen, og energibruk og transport i byggefasen. Verktøyet inneholder en tidligfase-modul med

eksempelbygninger for ulike bygningskategorier bestående av predefinerte bygningsdeler, der man kan beregne klimagassutslipp ved å fylle inn data om størrelse på bygningen (bebygd areal, kjellerareal og bruttoareal). Programmet setter da opp et boks-formet bygning med de gjeldende arealene og standard materialer, og beregnet utslipp basert på utslippsfaktorer for de ulike materialene som inngår. Det er mulig å justere på materialtyper, materialmengder og å legge inn egendefinerte utslippsfaktorer.

Tidligfase-modulen har vært vanlig å bruke for å generere referansebygninger i prosjekter med mål om utslippsreduksjoner relativt til en referanse. FutureBuilts regneregler for klimagassregnskap krever dette. I tillegg er det mulig å legge inn prosjekterte materialmengder og å bygge opp en bygning fra bunnen.

Verktøyet vil bli utviklet fra januar 2018. Statsbygg og Bionova signerte i september 2017 en 5-års avtale om å utvikle et nytt verktøy til å beregne klimagassutslipp for alle Statsbygg sine prosjekter basert på OneClick LCA (Bionova Ltd., 2017). Verktøyet er ment å erstatte dagens klimagassregnskap.no, og vil bli tilgjengelig for å kjøpe.

LCAByg

LCAByg (Statens Byggeforskningsinstitut, 2016) er et verktøy for bygninger utviklet av danske Statens Byggeforskningsinstitut og Aalborg Universitet på oppdrag fra det danske direktoratet Trafik -og Byggestyrelsen. Verktøyet er åpent tilgjengelig for nedlastning, og er ment til bruk for å utføre LCA-beregninger av både nye og rehabiliterte bygg. Et tilsvarende verktøy for å gjøre levetidskostnadsberegninger, LCCbyg, er også utviklet.

Verktøyet inneholder pre-sammensatte bygningsdeler, men det er også mulig for brukere å velge byggematerialer selv for å modellere en mer tilpasset bygning. Strukturen i LCAByg er delt opp med følgende hierarki:

- **Bygningsdeler** – En bygningsdel består av en underliggende konstruksjon, f.eks. en bygningsdel YtterveggNordFasade består av 162 m² av en spesifikk konstruksjon for en lett yttervegg.
- **Konstruksjoner** – En konstruksjon velges fra LCABygs konstruksjonsbibliotek eller en egendefinert konstruksjon. Konstruksjon består av en eller flere underliggende byggevarer, f.eks. vil en ytterveggskonstruksjon bestå av betong, mineralull, stålbeslag og fibercementplater. Den tilhørende bygningsdelen vil ha samme enhet som konstruksjonen.
- **Byggevarer** – Inventardata på livsløpsutslipp ligger på dette nivået.

Bakgrunnsdata er hentet fra Ökobaudat (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016), som er en standardisert database for miljøvurdering av bygninger laget av det tyske miljødepartementet. Ökobaudat inneholder 1300 varer og henter både generiske og spesifikke miljødeklarasjoner fra diverse selskaper og aktører. Disse databasene er basert på GaBi bakgrunnsdata.

LCAByg beregner resultater for 5 miljøkategorier og 2 energikategorier, som vist i Tabell 0.1:

Tabell 0.1 Miljøpåvirkningskategorier i LCAByg

Kategorier	Forkortelse	Enhed
Global oppvarming	GWP	CO2 -ækvivalenter
Ozonlagsnedbrydning	ODP	R11-ækvivalenter
Fotokemisk ozondannelse	POCP	Ethen-ækvivalenter
Forsuring	AP	SO2-ækvivalenter
Næringssaltbelastning	EP	PO4-ækvivalenter
Udtømmning af abiotiske ressurser – grundstoffer	ADPe	Sb-ækvivalenter
Udtømmning af abiotiske ressurser – fossile brændsler	ADPf	MJ
Primærenergiforbrug	PEtot	kWh
Sekundære brændsler	Sek	kWh

EPD Transportkalkulator

Dette er en web-kalkulator som enkelt beregner miljøpåvirkningen knyttet til transport og import av byggevarer (Saxegård, et al., 2016). Verktøyet er utviklet av Østfoldforskning på oppdrag fra EPD-Norge og Byggevareindustrien. Miljøpåvirkningen for transport i kalkulatoren er modellert ved bruk av Ecoinvent-databasen og beregnet i Simapro.

Bruken av verktøyet er først og fremst rettet mot miljødeklarasjoner og er satt sammen av to brukerversjoner. Én enkel versjon som beregner miljøpåvirkningene for import av predefinerte byggevareprodukter med utvalgte produksjonsland, og én versjon hvor brukeren selv kan definere transportavstander og transportmidler. Dette gjør det mulig å bruke verktøyet med varierende grad av LCA-kompetanse.

Transportkalkulatoren har begrensninger ved at de predefinerte scenariene kan avvike fra virkeligheten. Det er heller ikke mulig å endre fyllingsgraden til transportmidlene, noe som spesielt kan få utslag for materialer som er volumbeskranket i transport (rør, materialer med lav tetthet etc.). Begrensninger, samt forutsetninger for beregningene er dokumentert i kalkulatorens veileder.

Tally

Tally (Tally, 2016) er en LCA plug-in som integrerer GaBi-datasettet i BIM-programmet Revit. Prosjektet er et samarbeid mellom KT Innovations, Thinkstep og Autodesk og gjør det mulig å koble BIM-komponenter direkte til livsløpsinventardata for å beregne miljøpåvirkningen til en bygning direkte. Dette krever at komponentene i 3D-modellen til en viss grad er definert i henhold til material og komposisjon, noe som kan være krevende i tidligfase prosjekt.

Programmet vil huske tidligere koblinger mellom komponenter og materialdata, og kan gjøre det lettere å utføre etterfølgende livsløpsanalyser. Databasegrunnlaget tilrettelegger derimot kun «screening LCA» med ganske liten transparens og muligheter for redigering av inventardata. Det virker ikke som om det går an å redigere relevant informasjon som produksjonsteknologi og –land. Inventardata er basert på amerikansk produksjon noe som vil

redusere mulighetene for bruk i europeisk produksjon. Transportavstander kan redigeres av bruker. Programmet tilrettelegger heller ikke tilknytning til andre databaser enn GaBi's egne databaser.

eToolLCD

eToolLCD (eTool Global, 2016) er et web-basert verktøy laget for å utføre en fullstendig LCA av bygninger i henhold til ISO 14044 og EN 15978. Verktøyet er noe mindre komplekst enn One-Click LCA, og er gratis å laste ned og å bruke, men dersom det skal brukes i kommersielt arbeid må man betale for det.

Verktøyet støtter ikke import av 3D modeller (BIM), men kan hente materialdata fra 2D-tegninger av bygg.

Siden eToolLCD er utviklet i Australia er inventardatabasen foreløpig begrenset til australske forhold, med kompatibilitet til BREEAM UK gjennom IMPACT-databasen. Verktøyet er per dags dato ikke tilpasset for norske forhold. Det er i midlertid et eksempel på et enkelt, gratis, verktøy med lav brukerterskel for LCA av bygninger.

Verktøyet har funksjonalitet til å vurdere måloppnåelse i henhold til miljøsertifiseringsystemer som BREEAM UK ved at det støtter bruk av IMPACT databasen som brukes i disse sertifiseringene.

VEDLEGG 4

KILDER TIL MILJØPÅVIRKNING FOR ULIKE TYPER BYGNINGER

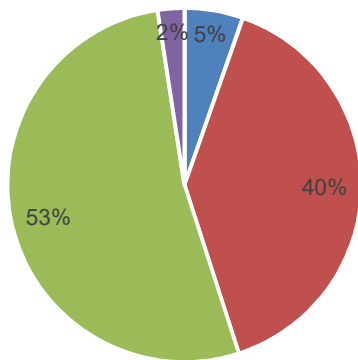
Klimagassutslipp fordelt på livsløpsfase

Fordeling av klimagassutslipp på ulike livsløpsfaser eller aktiviteter ser forskjellig ut for ulike typer bygninger på grunn av ulikt bruksmønster og oppbygging. For eksempel vil det som regel brukes mer tappevann i boliger enn i kontorbygninger og forretningsbygninger, og det vil typisk være flere vegger i et kontorbygninger enn i en forretningsbygning. Dette gjenspeiles i fordelingen av klimagassutslipp på materialbruk og energibruk. Byggefase og riving vil spille relativt liten rolle for alle typer bygninger, og kan forventes å utgjøre enda mindre for eneboliger og småhus der det ikke brukes anleggsmaskiner.

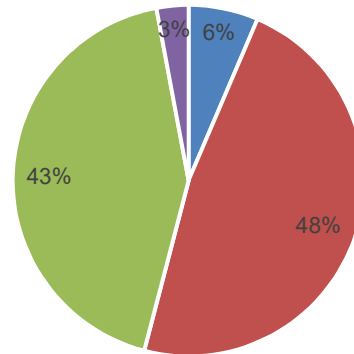
I figurene under vises typiske fordelinger av klimagassutslipp på livsløpsfaser for ulike bygningstyper med TEK17-standard og passivhusstandard. Utslipp fra materialbruk er basert på tidligfasemodulen til klimagassregnskap.no, og utslipp fra byggefase og riving er basert på erfaringstall fra Asplan Viak. Beregnede utslipp fra energibruk er basert på energibruk i henhold til TEK17 og passivhusstandard, i kombinasjon med utslippsfaktorer for de ulike energikildene. Det er forutsatt at oppvarming (rom, vent. og tappevann) dekkes av fjernvarme, slik at elektrisitet kun brukes til el-spesifikt. For bruk av elektrisitet er det forutsatt nordisk produksjonsmiks med en utslippsfaktor på 100 g CO₂-ekv/kWh. For elektrisitetsbruk i produksjon av byggematerialer er det lagt til grunn en blanding av norsk og europeisk, etter databasen gitt i klimagassregnskap.no. Utslippsfaktoren brukt for fjernvarme er 114 g CO₂-ekv/kWh, basert på Hafslund-miks for 2015 (og nordisk elektrisitetsmiks i fjernvarmeproduksjonen).

Kontorbygning med standard byggematerialer

Energibruk TEK17



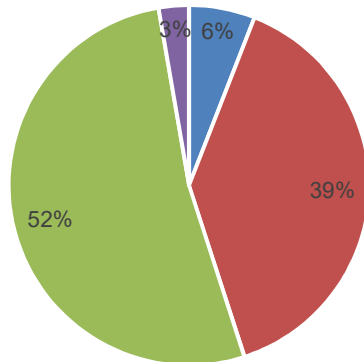
Passivhus



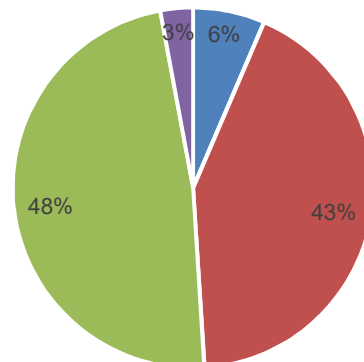
■ Byggefase ■ Materialbruk ■ Energibruk ■ Riving

Boligblokk med standard byggematerialer

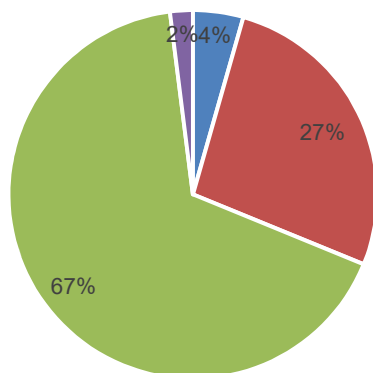
Energibruk TEK17



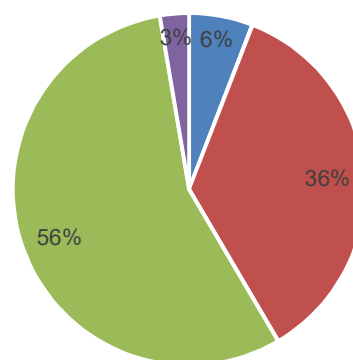
Passivhus

**Forretningsbygning med standard byggematerialer**

Energibruk TEK17



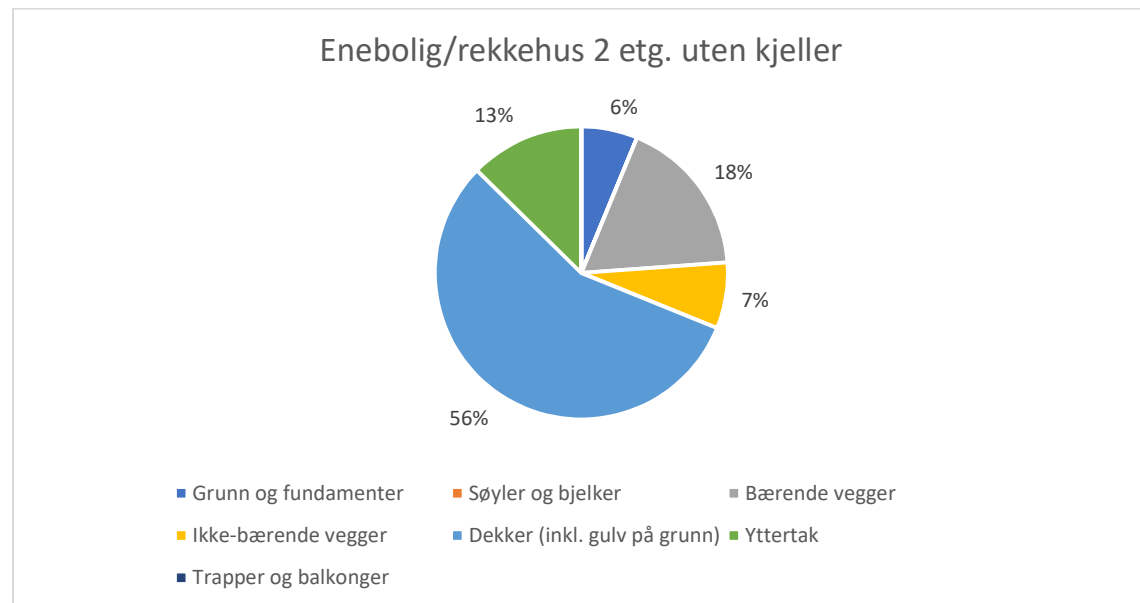
Passivhus



■ Byggefase ■ Materialbruk ■ Energibruk ■ Riving

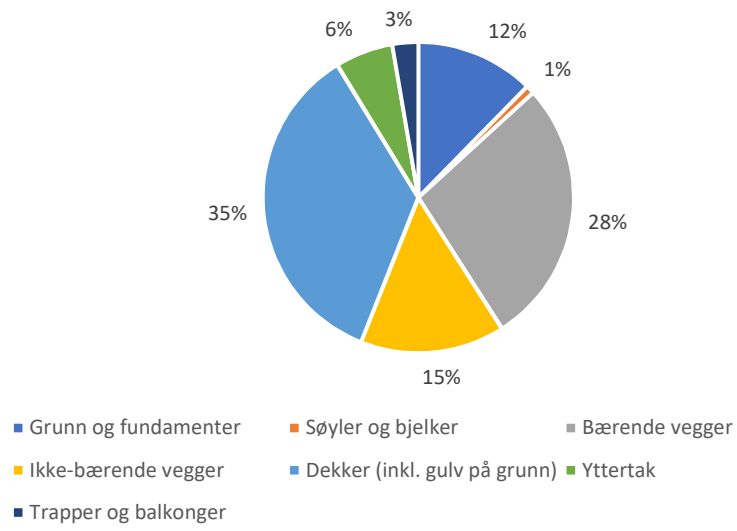
Klimagassutslipp fordelt på bygningsdeler

Fordeling av klimagassutslipp mellom ulike bygningsdeler vil også variere for ulike typer bygninger, spesielt mellom små og store bygg. For småhus og eneboliger på under 3 etasjer brukes det som regel enkelt reisverk i tre, og det trengs ikke søyler og bjelker eller bærende vegger i betong eller massivtre. Dermed vil bæresystemet stå for en mindre del av totale klimagassutslipp enn for større bygninger med et mer omfattende bæresystem. Under følger eksempler på fordeling av klimagassutslipp for småhus og boligblokk som eksemplifiserer dette. Beregningene er basert på klimagassregnskap.no. Utslippsfaktorer for elektrisitetsbruk i materialproduksjonen er en blanding av norsk og europeisk, i henhold til databasen gitt i klimagassregnskap.no.



Klimagassutslipp fra materialbruk i en standard boligblokk med parkeringskjeller vil i større grad enn en enebolig være knyttet til bærende vegger og dekker:

Boligblokk 5 etg. med parkeringskjeller



Tabellen under gir en oversikt over mulig miljøpåvirkning fra de ulike bygningsdelene. Omtale av de ulike helse- og miljøskadelige stoffene finnes etter tabellen.

Bygningsdel	Klimagassutslipp	Helse- og miljøskadelige stoffer	Forbruk av truede ressurser	Innemiljø
Grunn og fundamenter	<p>Betong og armeringsstål i peler, fundament og gulv på grunn gir høye klimagassutslipp. Kan reduseres ved å benytte lavkarbonbetong eller lavvarmebetong, og armeringsstål med 100 % resirkulert stål.</p> <p>Trykkfast isolasjon som EPS eller XPS gir også et betydelig bidrag.</p>	EPS og XPS kan inneholde bromerte flammehemmere.	<p>Resirkulert stål er en ressurs med høy etterspørsel, og det er for lite stålskrapp i markedet til at alle aktuelle stålprodukter kan produseres med skrap. Derfor vil i realiteten bruk av stålskrapp ett sted, føre til at det må brukes nytt stål et annet sted. Klimaeffekten ved å benytte stålskrapp er dermed omdiskutert.</p> <p>Såkalt miljøbetong eller lavkarbonbetong inneholder flyveaske, som er et biprodukt fra kullkraftverk. Foreløpig er det mest sannsynlig overskudd av flyveaske i markedet, men dersom etterspørselen stiger nok kan det bli underskudd. Da er det viktig å sørge for at ikke etterspørsel etter flyveaske fører til mer etterspørsel etter kullkraft.</p>	Vil ikke påvirke innemiljøet, da det ikke eksponeres for inneluft.
Søyler og bjelker	<p>Gir et betydelig bidrag dersom utført i stål og betong. Ulike stålprofiler kan fås med ulike resirkuleringsgrader. Betongsøyler og -bjelker kan fås med sementtyper med stor variasjon av klimagassutslipp.</p> <p>Søyler og bjelker i limtre gir lave klimagassutslipp.</p>	Lim i trebjelker- og søyer inneholder formaldehyd, men nivået i moderne produkter er under grenseverdiene.	På samme måte som for grunn og fundamenter, vil eventuelle søyer og bjelker i stål eller armert betong føre til bruk av stålskrapp og flyveaske.	Vil i liten grad påvirke inneklima, med mindre eksponert for innelufta.
Yttervegger	Glass, isolasjon og bærende elementer og fasademateriale	<p>Impregnering: CCA-impregnering (som inneholder kobber, krom og arsen) er ikke lenger tillatt.</p> <p>Kobberimpregnert trevirke produsert etter 2003 regnes ikke som farlig avfall.</p> <p>Kreosotimpregnering inneholder PAH. Dette er ikke lenger tillatt.</p> <p>Vinduer og dører kan inneholde bisfenol A, bly, bromerte flammehemmere, ftalater, oktyl- og nonylfenoler og klorparafiner. PCB ble forbudt i 1980.</p> <p>Maling, lakk og lim kan inneholde bisfenol A, ftalater, klorparafiner, kadmium, bly, krom, nonyl- og</p>	<p>Det finnes en rekke fasadeplater i metall. Fasadeplater i kobber anbefales ikke, da det er knapphet på kobber.</p> <p>Bruk av stål og betong kan føre til bruk av skrapstål og flyveaske.</p>	<p>Kun innvendige overflater av ytterveggene vil påvirke inneklimaet.</p> <p>Spesielt lim, maling, plastprodukter og tekstiler kan inneholde flyktige organiske forbindelser som smitter til innelufta.</p>

		oktylfenoler og tinnorganiske forbindelser.		
Innervegger	Bærende elementer og eventuelle glassvegger gir store utslag på klimagassregnskapet.	I tillegg til flyktige organiske forbindelser finnes det en rekke miljøgifter og andre farlige stoffer som omfattes av prioritetslista: Bygningsplater kan inneholde oktyl- og nonylfenoler, bromerte flammehemmere, ftalater og tinnorganiske forbindelser og bisfenol A. Maling, lakk og lim kan inneholde bisfenol A, ftalater, klorparafiner, kadmium, bly, krom, nonyl- og oktylfenoler og tinnorganiske forbindelser.		Formaldehyd finnes i sponplater, kryssfinér og andre treplater som inneholder lim. Nivået av formaldehyd i moderne treprodukter ligger under grensenivåene for innemiljøet, slik at de ikke forårsaker helseskade ²¹ . Det finnes også treprodukter med lim som ikke inneholder formaldehyd. Generelt vil de fleste innvendige overflater avgasse flyktige organiske forbindelser til innelufta, men lav-emitterende materialer vil avgasse mindre.
Dekker	Betong og armering fører til høye utslipp fra dekker. Kan reduseres ved å benytte lavkarbonbetong eller lavvarmebetong, og armeringsstål med 100 % resirkulert stål. Massivtredekker gir også betydelige utslipp på grunn av volumet, men som regel lavere utslipp enn betong	Gulvbelegg: Vinylbelegg kan ha klorparafiner og Ftalater. Linoleumsbelegg kan inneholde mye bly. Sparkel, fugemasse og fugeskum kan inneholde Bisfenol A, ftalater, klorparafiner, krom og oktyl- og nonylfenoler.	Eventuelle dekker i armert betong kan føre til bruk av stålskrap og flyveaske.	For flyktige organiske forbindelser er det eksponert gulv/gulvbelegg, himlingsplater og eksponert himling som er i kontakt med innelufta og kan påvirke konsentrasjonen av organiske stoffer i innelufta.
Yttertak	Trykkfast isolasjon, takstein, konstruksjon	Takbelegg kan inneholde ftalater, PAH og blyforbindelser.		
Trapper og balkonger	Betong og stål	Impregnering	Eventuelle elementer i armert betong eller stål kan føre til bruk av stålskrap og flyveaske.	
Tekniske installasjoner	Produksjon av solceller gir høye klimagassutslipp, og dersom hele taket dekkes av solceller kan dette fort utgjøre halvparten av alle klimagassutslipp fra byggematerialer. Ventilasjonskanaler lages ofte i galvanisert stål som gir høye utslipp i produksjonsfasen. Materialbruk i	Cellegummi rundt rør: Bromerte flammehemmere Kabler og diverse produkter av gummi og PVC kan inneholde klorparafiner.	Kobberrør brukes ofte som vannrør. Bør vurderes om det kan benyttes andre typer rør.	

²¹ <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/8-Tre-og-miljo.pdf>

	<p>ventilasjonsanlegg inkludert aggregat kan utgjøre rundt 6-8 % av klimagassutslipp fra materialer i en bygning (når ikke andre tekniske installasjoner er medregnet) (Borg, 2016).</p> <p>I tillegg vil produksjon av rør, panelovner, lysarmaturer o.l. føre til klimagassutslipp.</p>			
--	---	--	--	--

Beskrivelse av de ulike stoffene som er omtalt i tabellen:

Flyktige organiske forbindelser (Volatile organic compounds – VOC)

Flyktige organiske forbindelser (VOC) er betegnelsen på organiske stoffer med tilbøyelighet for å fordampe ved lave temperaturer, som for eksempel romtemperatur. Dette gjør at stoffene sprer seg fra materialer og produkter til omgivelsene rundt. Dersom byggematerialer og inventar har et høyt innhold av VOC, og materialene og produktene eksponeres for inneluften, kan det oppstå et dårlig innemiljø med for høye konsentrasjoner av disse stoffene. Eksponering for høye konsentrasjoner av VOC kan føre til irritasjoner i luftveier og slimhinner og forstyrrelser i immunsystemet. Noen av stoffene er også kreftfremkallende. I tillegg til helseplager kan høye konsentrasjoner av VOC i innelufta føre til lukt og dårligere opplevd luftkvalitet.

Det finnes mange ulike organiske forbindelser i inneluft. I typiske ikke-industrielle innemiljøer kan det påvises 50-300 stoffer. Dette kommer av avgassing fra byggematerialer, maling, lakk, lim, fugemasser, innredning, møbler, tekstiler, installasjoner, renholdsmidler, osv.

Eksempler på flyktige organiske forbindelser er:

- **Benzen**
Benzen er den enkleste av de aromatiske hydrokarbonene, og brukes i hovedsak som løsemiddel i industrien og som utgangsstoff i produksjon av mange andre forbindelser. Benzen finnes naturlig i olje, men kan også syntetiseres. Benzen er kreftfremkallende.
- **Formaldehyd**
Formaldehyd finnes i lim, isolasjonsmaterialer, sponplater, finér og tekstiler. Stoffet kan gi irriterte øyne og luftveier, kvalme og pustevansker. I sjeldne tilfeller kan eksponering for formaldehyd føre til utvikling av astma. Stoffet kan også være kreftfremkallende, men ikke ved så lave konsentrasjoner som finnes i norske boliger.

Bromerte flammehemmere (BFH)

Bromerte flammehemmere er en fellesbetegnelse på rundt 75 organiske stoffer som brukes som brannhemmere. De organiske forbindelsene inneholder grunnstoffet brom, som gjør at produkter som inneholder forbindelsene har vanskelig for å ta fyr. På grunn av denne egenskapen brukes bromerte flammehemmere i mange produkter, blant annet elektroniske

produkter, tekstiler og isolasjonsmidler. I en bygning kan man finne bromerte flammehemmere i isolasjonsmaterialene EPS og XPS, og i cellegummi som brukes som rørisolasjon. Det kan også finnes i bygningsplater med ekstra brannmotstand, eller vinduer og dører.

Bromerte flammehemmere kan gi alvorlige helseskader som kreft, redusert fruktbarhet, fosterskade, nerveskade eller miljøskade. De kan også ha hormonforstyrrende egenskaper. Noen forbindelser er svært giftige for vannlevende organismer. Mange bromerte flammehemmere brytes ned svært sakte, og blir dermed oppkonsentrert i næringskjeden. Flere av stoffene er i dag forbudt eller strengt regulert, men det er fortsatt mange typer bromerte flammehemmere i bruk.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH oppstår ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. PAH-forbindelser finnes i steinkulltjære, kreosot og i oljeprodukter hvor hydrokarbonmolekyler har endret størrelse og form.

Stoffgruppen PAH består av mange ulike organiske forbindelser med varierende giftighet. Benzo[a]pyren antas å være en av de mest helse- og miljøskadelige PAH-forbindelsene og har mange alvorlige effekter, blant annet kan det forårsake allergiske hudreaksjoner, genetiske skader, kreft, fosterskader og det kan skade forplantningsevnen.

PAH regnes som en flyktig organisk forbindelse, og kan dermed avgasse til innelufta dersom det er brukt på innvendige flater/materialer, men det er mest vanlig at PAH forekommer i impregnerte materialer som benyttes utvendig.

Bisfenol A (BPA)

Bisfenol A er et syntetisk organisk stoff. Stoffet er en hormonhermer som kan herme østrogen, og dermed påvirke helsen negativt, blant annet ved å skade forplantningsevnen. Studier på pattedyr har vist at eksponering for lave konsentrasjoner under graviditet kan påvirke fosterets utvikling, blant annet utvikling av reproduksjonssystem, læringsevne, fedme og immunsystem. Brukes blant annet som råstoff til plastmaterialer og maling.

Inngår i prioritetslisten.

Klorparafiner

Klorparafiner er en gruppe organiske stoffer som er svært helse- og miljøskadelige. Kortkjedete klorparafiner ble forbudt i 2004, men mellomkjedete klorparafiner (MCCP) finnes fortsatt i importerte produkter. Klorparafiner brukes først og fremst som myknere og brannhemmere i gummi og PVC som brukes til produksjon av kabler, gulvbelegg og diverse forbrukerprodukter. I tillegg kan det finnes i tetningsmaterialer, lim, tapet, tekstiler og maling. Klorparafiner kan spesielt avgasse til innelufta når produktene er nye. Kortkjedete klorparafiner er mer flyktige enn de med lengre kjeder.

Det finnes mange typer klorparafiner med ulik grad av giftighet. Noen klorparafiner kan føre til kreft. De kan også gi nerveskader som nedsatt hukommelsesfunksjon og læreevne. Klorparafiner brytes langsomt ned og hopper seg opp i kroppen til dyr og mennesker over tid.

Ftalater

Ftalater brukes som mykner i plastprodukter, særlig i PVC. Myk PVC brukes i gulvbelegg, kabler og bygningsmaterialer. I Norge finnes ftalater først og fremst i importerte produkter. Ftalater er ikke kjemisk bundet til plastproduktene, og kan derfor lekke ut til omgivelsene imens produktene er i bruk eller etter at de er kastet.

De fleste ftalater er flyktige forbindelser, og kan dermed avgasse til omgivelsene og påvirke innemiljøet dersom det inngår i innvendige overflater.

Nonyl- og oktylfenoler

Nonyl- og oktylfenoler regnes for å være de mest miljøskadelige alkyfenolforbindelsene. Stoffene gir østrogenlignende effekter i fisk, og mistenkes også for å føre til redusert fertilitet hos mennesker. I tillegg kan stoffene gi løsemiddelskader som hodepine, hukommelsestap og nedsatt konsentrasjon. Stoffene brytes langsomt ned i naturen og hoper seg opp i næringskjeden.

Det er hovedsakelig nonylfenoletoksilater og oktylfenoletoksilater som brukes i forbrukerprodukter, men disse stoffene omdannes lett til nonylfenoler og oktylfenoler. Stoffene er forbudt å bruke i rengjøringsmidler og kosmetiske produkter gjennom REACH, men det er fortsatt lov å bruke i maling, lakkprodukter, smøreoljer og faste bearbejdede produkter. I bygninger kan stoffene finnes i vinduer, dører, bygningsplater, maling, lakk, lim, sparkel og fugemasse.

Kadmium

Kadmium og kadmiumforbindelser er både akutt og kronisk giftige for mennesker og dyr. De fleste kadmiumforbindelser er kreftfremkallende. Kadmium kan tas opp og hope seg opp i fisk og dyr, og det er vanskelig å skille stoffene ut av kroppen. Små mengder kadmium kan skade leveren, lungene, nyrene og skjelettet. I tillegg kan kadmium gi nedsatt fruktbarhet og skader på fosteret.

Kadmium brukes blant annet i ulike metall-legeringer, som fargepigment i plast og maling, som stabilisator i plast og som rustbeskyttelse. Stoffet finnes ofte i maling med høyt sinkinnhold.

Bly

Bly tas opp i dyr og mennesker som over tid kan få høye konsentrasjoner i kroppen. Bly er giftig, og for mye bly i kroppen kan føre til skade på nervesystemet og på de røde blodlegemene, virke ødeleggende på fruktbarhet og hemme hjerneutviklingen hos fostre og små barn.

Flere blyforbindelser brukes i glasurer til for eksempel keramikk, som stabilisator og fargestoff i PVC-plast, og som fargestoff og rustbeskyttelse i maling.

Krom

Krom i ren form har ikke betydning for menneskekroppen, men noen kromforbindelser er giftige for mennesker og dyr. De farligste kromforbindelsene kalles seksverdige

kromforbindelser (Krom VI). Disse er kreft- og allergifremkallende og veldig giftige for livet i vann. Enkelte forbindelser kan også skade arvestoffene og evnen til å få barn.

Kromforbindelser brukes for å forhindre nedbrytning av trevirke og for å hindre rust på metall. Det brukes også som rustbeskyttelse og pigment i maling. Det kan også forekomme i tetningsmidler som fugemasse.

Tinnorganiske forbindelser

Tinnorganiske forbindelser er en fellesbetegnelse på kjemiske forbindelser med én eller flere tinn- karbonbindinger. Forbindelse brukes blant annet som stabilisator i PVC-plast, soppdrepende impregnering, desinfeksjonsmiddel, grohemmende tilsetninger i skipsmaling og som plantevernmidler.

De tinnorganiske forbindelsene er giftige og mistenkes å ha hormonhermende egenskaper. I tillegg kan stoffene skade nervesystemet, hud, nyrer og lunger. De regnes også som miljøgifter fordi de er tungt nedbrytbare og oppkonsentreres i næringskjeden.

VEDLEGG 5

LCA-METODIKK

Teksten i denne kapitlet er i stor grad hentet fra en rapport Asplan Viak tidligere har utarbeidet for Husbanken (Solli, Dahlstrøm, & Nordby, 2015), men er skrevet noe om for å passe til temaene som diskuteres i denne utredningen.

Funksjonell enhet

For å gjennomføre en rettfærdig sammenlikning av ulike byggematerialer eller -konsepter, er det sammenliknet systemer som er i stand til å levere samme funksjon. Sentralt i helhetlige miljøvurderinger med LCA er derfor det å definere en funksjonell enhet, som er måleenheten som man sammenlikner alternativene på.

En funksjon kan oppfylles på ulike måter. For eksempel kan funksjonen: «dekke en husholdnings årlige mobilitetsbehov» kunne oppfylles av privatbil, eller alternativt en miks av leiebil, buss og bane. Funksjonell enhet er her knyttet opp til behovet for mobilitet, og de ulike alternative løsningene for å oppnå denne mobiliteten kan beskrives som ulike referansestrømmer.

Når man sammenlikner miljøbelastning for ulike byggematerialer, må man ha klart for seg hva de ulike materialene faktisk brukes til i bygningen. Det er da nødvendig å se utover en kg-til-kg sammenlikning av produksjonsbelastninger for hvert materiale og isteden innføre en funksjonell enhet for hver «tjeneste» som materialet bidrar til. Ifølge boka *Bygningsmaterialenes økologi* (Berge, Butters, & Henley, 2009), kan byggevarer grovt deles inn i tre grupper etter deres tiltenkte bruk, som er konstruksjonsmaterialer, plate/kledningsmaterialer eller klimatiske materialer som modifierer varme- og fuktighetsoverføring.

Ettersom byggematerialer har mange ulike egenskaper, kan det imidlertid være vanskelig å sette sammen rene funksjonelle enheter. Produktene kan ha ulike tilleggsfunksjoner som ikke kommer fram i en gitt sammenlikning, og materialer som ikke passer inn i en etablert kategori - eller funksjonelle enheter som avviker fra det normale - kan være vanskelig å vurdere.

Eventuelle konsekvenser av de ulike produkttegenskapene i levetiden bør også vurderes. Design og materialvalg kan i høyeste grad få driftsmessige konsekvenser, ikke bare for oppvarmingsbehov men også for vedlikehold. Ulike behov for vedlikehold og utskiftninger kan synliggjøres ved valg av f.eks. utvendig kledning.

Ved sammenlikning av materialer og produkter i bygninger bør dette gjøres basert på en funksjonell enhet og ikke kun vekt eller volum. Levetiden til materialer og produkter bør også omfattes av den funksjonelle enheten. Dette vil også være iht. til den nye standarden *NS 3720:201x - Metode for klimagassberegninger for bygg* (under utarbeidelse høsten 2017).

Fasene i en LCA

En livsløpsvurdering kan deles inn i fire faser eller hoveddeler:

- **Definisjon av mål og omfang**
Det første steget i en livsløpsvurdering er å definere målet med analysen og å sette systemgrensene deretter. Målet med analysen er avgjørende for valg av funksjonell enhet, metodikk og detaljeringsnivå for analysen.
- **Livsløpsinventar**
Utarbeidelsen av livsløpsinventaret innebærer kartlegging og kvantifisering av alle inn- og utgående strømmer av substanser som er nødvendig for å fremskaffe produktet eller prosessen som skal analyseres. Et livsløpsinventar for et produkt er altså en slags «oppskrift» for produktet som inkluderer flere ledd bakover i verdikjeden. Avgrensningen bestemmes av systemgrensene og tilgang på data. Substansene omfatter energi, råmaterialer, produkter, bi-produkter, avfall, utslipp og andre aktiviteter som potensielt kan skade miljøet.
- **Konsekvensutredning**
I konsekvensutredningen bearbeides livsløpsinventaret for å undersøke resulterende miljøpåvirkning for ønskede miljøpåvirkningskategorier. Utslipp og andre aktiviteter som kan være miljøskadelige konverteres til miljøpåvirkning ved hjelp av karakteriseringsfaktorer, som beskriver hvor stort påvirkningsbidrag ulike utslippsstoffer og miljøskadelige aktiviteter gir for en aktuell miljøkategori. Resultatet fra karakteriseringen blir dermed et påvirkningspotensiale for den type miljøpåvirkning kategorien beskriver, for eksempel potensiale for ozonnedbrytning, for global oppvarming eller for forsurening. Hver miljøpåvirkningskategori har en egen enhet (for eksempel har klimapåvirkning kg CO₂-ekvivalenter), og man kan følgelig ikke legge sammen ulike tall fra ulike miljøpåvirkningskategorier for å oppnå en «totalsum» for miljøpåvirkning for et produkt.
- **Tolkning**
I tolkningen av resultatene fra analysen kartlegges de viktigste bidragene til miljøpåvirkning for de valgte kategoriene, slik at forbedringsmuligheter identifiseres. Her bør også eventuelle målkonflikter tas i betraktning: dersom redusert miljøpåvirkning i en kategori fører til økt påvirkning i en annen, må det tas stilling til hvilken miljøpåvirkningskategori det er viktigst å ta hensyn til. Det er også viktig å vurdere hvordan de ulike forutsetningene som er lagt til grunn påvirker resultatet gjennom en sensitivetsanalyse, og hvilke usikkerheter som finnes i systemet og hvordan disse påvirker resultatet.

Regnskaps-LCA vs. konsekvens-LCA

Analyseperspektivet i en LCA er avgjørende for mange av forutsetningene som gjøres i miljøvurderingen, og må velges i henhold til ønsket mål med analysen. Det finnes hovedsakelig to ulike analyseperspektiver som kan brukes i en LCA:

- Regnskaps-LCA (attributjonal LCA)
- Konsekvens-LCA (consequential LCA)

Regnskaps-LCA er den tradisjonelle LCA-formen der alle resulterende utslipp og miljøpåvirkninger forårsaket av et produkt fordeles mellom de ulike produktene og prosessene som krevdes for å fremstille produktet. For alle enhetsprosesser hvor spesifikke data ikke foreligger, benyttes data på gjennomsnittsprodukter. Dette betyr for eksempel å bruke gjennomsnittlig elektrisitet for et bestemt område, eller et gjennomsnittlig stålprodukt, som inngangsfaktorer i livsløpet. Regnskaps-LCA egner seg for å sammenlikne miljøpåvirkningen til to produkter med samme funksjonelle enhet, eller for å identifisere hvilke deler av verdikjeden som forårsaker de største miljøpåvirkningene over livsløpet. Regnskaps-LCA tar imidlertid ikke i betraktning konsekvenser av å velge ett produkt ovenfor et annet; alle effekter som inntreer utenfor systemgrensene blir oversett.

Konsekvens-LCA prøver på den annen side å estimere de totale *miljøkonsekvensene* som oppstår som en konsekvens av å velge en løsning fremfor en annen. Metoden bruker ikke allokering i det hele tatt, men aspektet blir håndtert gjennom *substitusjon*. Det vil si at alle produkter i systemet må undersøkes og analyseres til man forstår hvilken prosess/teknologi i samfunnet som blir påvirket av en endring i systemet som analyseres. I praksis medfører dette at konsekvens-LCA i større grad bruker marginale data, og at det må gjøres undersøkelser av viktige innsatsfaktorer i systemet, og hvordan markedene for disse responderer på endringer i etterspørsel.

Det er beskrevet tilnærminger for å identifisere det som kalles «påvirket teknologi» (Weidema, 2003), mens andre forfattere (Frees, 2007; Nordheim, 1999) bruker priselastisiteter og andre markedsvurderinger som påvirker beslutningstakere, som bakgrunn for at en mer robust antakelse for påvirkede teknologier ofte er ulike markedsmikser, snarere enn en enkelt teknologi. Hvordan man kommer frem til disse miksene er det ikke enighet om, men utarbeidelse av framtidsscenarioer, materialstrøms-vurderinger etc. er elementer som kan bidra til å etablere estimater for slike mikser.

Regnskaps-LCA blir ofte *kontekstløs*, siden man ved å innføre en kontekst i vurderingen, med en gang begynner å nærme seg en beslutningskontekst og dermed konsekvens-LCA. EPDer blir regnet som regnskaps-LCA-er, siden konteksten de skal brukes i ikke nødvendigvis er kjent eller klart definert. Når informasjonen skal brukes behøves det derfor et tolkningslag på toppen av informasjonen, som setter denne i sammenheng med den aktuelle beslutningen. Det er på gang et arbeid med veileder for dette i regi av EPD-Norge. Ofte melder da behovet for «konsekvens-LCA»-basert informasjon seg.

Et illustrasjonseksempel: Forestill deg at Vegvesenet har bestemt seg for en strategi hvor deres materialbruk i vegprosjekter skal bidra til reduserte globale utslipp av klimagasser. De blir presentert to EPDer for funksjonelt sett like betonger å bruke i prosjektene. Den ene betongen er en såkalt lavkarbon-betong som baserer seg på innslag av flyveaske eller «blast furnace slag (BFS)» som delvis substituerer den klimaintensive klinkeren. Den andre betongen er en tradisjonell betong med gjennomsnittlig komposisjon, basert på klinkersement. For at det å velge lavkarbon-betong faktisk skal gi en global nedgang i utslipp, må økt etterspørsel etter flyveaske eller BFS-betong føre til en *reduksjon av produksjon av klinker*. Dette fordrer minst tre ting:

- At det finnes uutnyttet potensial for BFS eller flyveaske i det aktuelle markedet
- At ikke flyveaske eller BFS bare «flyttes ut» av «ikke-miljøbetong-produkter» og inn i miljøprodukter.
- At det ikke er andre miljømessig ekvivalente bruksområder for flyveaske eller BFS som ressursen flyttes fra.

Kun hvis disse forutsetningene er tilstede vil vegvesenet kunne være sikker på at deres etterspørsel etter lavkarbonbetong (og sannsynligvis ressursbruk) vil gi global nedgang i klimautslipp. Hvorvidt denne effekten inkluderes i klimaberegningene, eller ikke, avhenger av om man bruker et konsekvens- eller regnskapsperspektiv.

ISO 14040/44 nevner ikke de to analyseperspektivene, mens ILCD-håndboken fra EU beskriver dem og gir råd om hvilke sammenhenger de bør brukes i. Håndboken anbefaler at konsekvens-LCA brukes for analyser som skal fungere som beslutningsstøtte, men den legger til et tilleggskriterium om at beslutningen som analysen skal informere i seg selv må være «stor nok» til å influere produksjonssystemene som systemet består av. Det kan imidlertid diskuteres om størrelsen på beslutningen i seg selv bør bestemme analyseperspektivet, ettersom større markedsomveltninger nettopp ofte består av et stort antall «mikrobeslutninger».

Enkelte hevder at LCA etter ISO14040/44 i prinsippet er konsekvens-LCA²². Siden valg av systemgrenser og allokeringsmetoder knyttes tett opp til mål og omfang for studien, vil man i praksis ofte ende med en analyse som kan kalles konsekvens-LCA. Dog er det sannsynligvis bare et lite antall studier som har gjennomført konsekvens-LCA rendyrket og konsistent.

Tidshorisont for klimapåvirkning

GWP regner klimapåvirkning i henhold til en satt tidshorisont. Den valgte tidshorizonten fungerer som en avgrensning av vurderingen av oppvarmingspotensialet, slik at klimapåvirkning etter tidshorizontens slutt ikke tas hensyn til. Dette betyr at korte tidshorisonter legger større vekt på miljøpåvirkninger som skjer nært i tid. Den vanligste tidshorizonten for GWP er 100 år, men det publiseres også GWP-faktorer for 20 og 500 år av FNS Klimapanel (IPCC, International Panel on Climate Change).

Utslipp (ev. opptak) som skjer på forskjellige tidspunkt, har videre ulik klimaeffekt under en gitt tidshorisont for evaluering av klimaeffekten, og dette kan gi forskjellig utslag for ulike materialer. Det er spesielt aktuelt i utregning av klimaeffekten fra biobaserte materialer, men påvirker også hvordan fremtidige utslipp (eller opptak) fra avfallsbehandlingsprosesser og eventuelle substitusjonsgevinster i fremtiden, evalueres.

Betraktninger rundt tidshorizonten man måler miljøpåvirkninger over er for øvrig ikke noe nytt diskusjonstema i LCA (Yuan, Wang, Zhai, & Yang, 2015), men foreløpig mangler konsensus om metodene.

I sin femte hovedrapport bemerker IPCC at globalt temperaturendringspotensiale (Global Temperature change Potential, GTP) blir stadig mer utbredt, og kan være bedre egnet for å vurdere oppnåelse av politiske målsettinger. I motsetning til GWP, som angir ekvivalent

²² <http://lca-net.com/blog/iso-system-expansion-substitution/>

klimaeffekt for en gitt tidshorisont, angir GTP endring i global gjennomsnittstemperatur for et angitt år.

Allokering, ombruk og gjenvinning

Generelle allokeringmetoder

Ordet allokering refererer egentlig til prinsipper for fordeling av utslipp som skjer i aktiviteter som leverer mer enn et produkt. I en regnskaps-LCA må allokering benyttes hver gang en prosess produserer produkter som defineres som utenfor systemgrensene, det vil si som ikke benyttes av noen prosess i systemmodellen. Allokeringsregler må da brukes for å fordele utslipp rettferdig mellom de ulike produktene, slik at en riktig porsjon av utslippene inkluderes i systemmodellen.

Et eksempel er prosessene i et sagbruk. I et sagbruk brukes tømmer og energi som hoved-innsatsfaktorer, og produserer en lang rekke ulike produkter for salg. Utslippene knyttet til selve sagbruket, samt alle utslippene knyttet til å produsere innsatsfaktorene, kan fordeles på ferdigproduktene gjennom en allokeringssnøkkel.

ISO standardene for livsløpsvurderinger anbefaler som prinsipp å først søke å splitte opp systemet i delprosesser, slik at man unngår allokering. I praksis betyr det å studere interne årsak-virkningssammenhenger og på den måten etablere en fysisk sammenheng mellom innsatsfaktorer og de ulike produktene. Et eksempel hvor dette er mulig kan være en fabrikk som har to separate produksjonslinjer inne i samme fabrikklokale. De fleste innsatsfaktorene knyttet til produktene fra hver produksjonslinje kan da fordeles etter dette prinsippet, mens enkelte felles innsatsfaktorer fremdeles må fordeles på produktene. Dette kan for eksempel være bygging av selve fabrikklokalet som begge produksjonslinjene befinner seg i.

Hvis det ikke er mulig å dele opp prosessen i flere uavhengige delprosesser, anbefaler standarden følgende generelle prinsipper for fordeling av utslipp på produkter, i prioritert rekkefølge:

1. Unngå allokering ved «systemutvidelse». Dette er identisk med såkalt substitusjon²³ som i praksis betyr at man «fjerner» biprodukter fra sin prosess ved å trekke fra utslippene fra alternativ produksjon av produktet.
2. Fordeling basert på «fysiske størrelser» som for eksempel masse, volum, energi, eksergi eller liknende metoder som kan fungere som en tilnærming for manglende eksplisitt forståelse av årsak virkning-forholdene i prosessen.
3. Allokering basert på økonomisk verdi av de ulike delproduktene

Et illustrasjonseksempel: Et sagbruk produserer (forenklet) 2 produkter: planker og flis. Det bruker en viss mengde energi som innsatsfaktor, i tillegg til tømmer. Hvordan fordeler man så utslippene fra sagbruket, slik at vi kan få et tall for utslipp for produksjon av planker? For innsatsfaktoren tømmer vet man jo hvor mye som ender opp i hvert produkt. For energi kan denne enten fordeles ved hjelp av verdien på plankene vs. flisa, energiinnholdet, massen,

²³ <http://lca-net.com/blog/iso-system-expansion-substitution/>

eller eventuelt gjennom å trekke fra alternativproduksjonen av den funksjonen flisa leverer (for eksempel varmeproduksjon). Det sier seg selv at dette valget vil ha stor betydning på hvor store utslipp fra energibruk som tillegges plankene.

Standarden beskriver ikke eksplisitt at man skal være konsistent i allokeringemetodikk for alle deler av systemet, men den sier at liknende produkter skal behandles på samme vis, for eksempel for avfall som kommer inn eller ut av systemet.

Den beskriver for øvrig også at hvis flere allokeringemetoder synes relevante, skal man gjennomføre sensitivitetsanalyser for å undersøke forskjellene i konklusjon med ulike metoder. Dette er en svært viktig forutsetning som sjelden blir gjennomført.

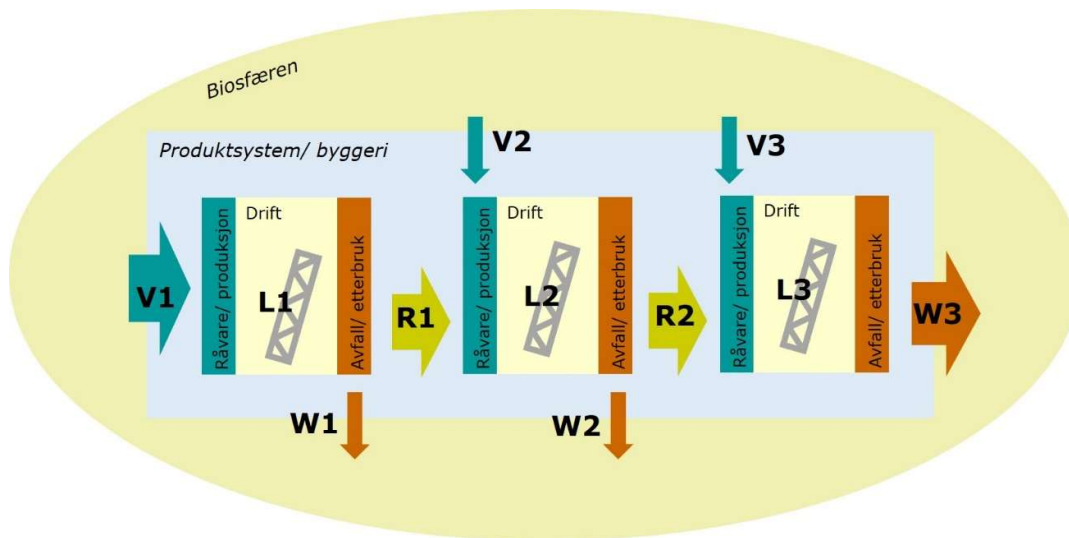
Alternativ 2 og 3 i listen over ble opprinnelig lagt til i standarden fordi man var usikker på om det alltid ville være mulig å bruke substitusjon for å unngå allokering. Gjennom publiseringen av den konsekvensielle versjonen av den anerkjente Ecoinvent-databasen, er det vist at man kan lage en LCA-database uten å bruke en fordeling basert på egenskaper ved produktene som allokeringssprinsipp.

Det kan hevdes at ISO14040 representerer delvis en konsekvensiell LCA-analyse, selv om den ikke eksplisitt nevner dette med ord. Standarden spesifiserer imidlertid tydelig at målet og omfanget med studien skal være tydelig uttrykt, og at metodiske valg må rettfærdiggjøres relativt til dette. Fra dette er veien kort til å mene at hvis resultatene skal brukes som beslutningsstøtte i noen sammenheng, må det velges en eller annen form for konsekvensiell metodikk (metodikk som tar sikte på å estimere hva som vil være miljøeffekten av å velge et alternativ fremfor et annet). Noen forfattere kritiserer det som har etablert seg som en praksis, hvor substitusjon brukes i såkalt «regnskaps-LCA» (Brander & Wylie, 2011) i stedet for å konsistent bruke fordeling basert på egenskaper ved produktene.

Beregning av gevinster ved ombruk og gjenvinning

Allokering er spesielt komplisert i tilfeller med resirkulering og avfallshåndtering. Ombruk og gjenvinning av materialer og produkter fører til redusert behov for primære ressurser og produksjon av nye materialer. Gevinsten dette gir i form av reduserte klimagassutslipp må fordeles til en eller flere av bruksfasene av et ombrukbart/resirkulerbart produkt. Baumann & Tillman (2004) beskriver ulike metoder for å allokere utslipp mellom de ulike bruksfasene på:

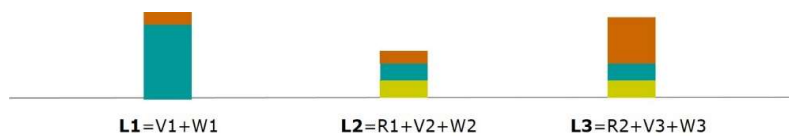
Utgangspunktet for de følgende figurene er prosessene rundt framstilling av materialer, ombruk/ gjenvinning og avhending. Miljøbelastningene i (Baumann & Tillman, 2004) knyttet til disse prosessene kan allokere/fordeles på hvert produkt (L1-L3) på ulike måter. I figuren under og i fordelingsformlene angitt under hver metode er V=primærressurser, R=ombruk/ gjenvinning og W=avhending.



Figur 0.1: Prosesser knyttet til framstilling av materialer, ombruk/ gjenvinning og avhending er vist ved piler i systemet. Miljøbelastningene knyttet til disse prosessene kan allokeres/ fordeles på hvert produkt (L1-L3) på ulike måter. V=primærressurser, R=ombruk/ gjenvinning og W=avhending.

Avgrensning (Cut off)

Prinsippet bak denne metoden er at hvert produkt (L1-L3) tildeles miljøbelastningene forbundet direkte med produksjon og avhending av produktet (Nicholson et al. 2009). En variant av denne tilnærmingen brukes blant annet i den ene av de tre versjonene av ecoinvent-databasen²⁴ og legges blant annet til grunn i EPD-systemet. Metoden kalles også «resirkulert andel/ recycled content» når det brukes for materialer med input av materialer med en viss andel resirkulert materiale.

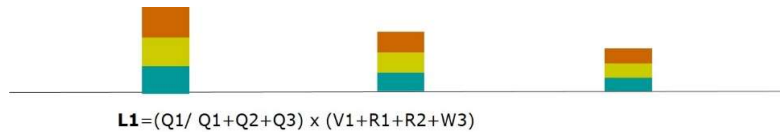


Figur 0.2: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat ved Avgrensning (cut off)

Kvalitetsforringelse (Loss of quality)

Fordeling av miljø-belastninger til hvert produkt ses i forhold til kvalitetsforringelse/ restlevetid. Kvaliteten kan ev. fastsettes ved hjelp av økonomisk verdi, og blir da ekvivalent til økonomisk allokering som beskrevet tidligere. (Q=materialkvalitet)

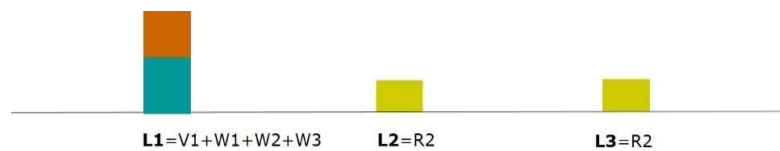
²⁴ <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-version-3/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>



Figur 0.3: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat ved bruk av Kvalitetsforringelse (Loss of quality)

Avfallsbelastninger allokeres til første produkt i kjeden

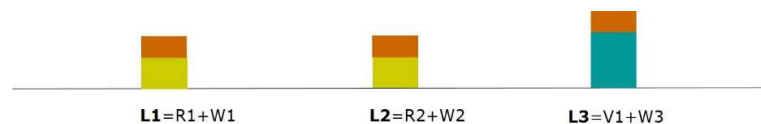
Miljøbelastninger knyttet til både råvareutvinning og avfallsbehandling for produktsystemet allokeres til første produktet i kjeden slik at produsent «betaler» for senere utslipp (Baumann & Tillman, 2004). Metoden samsvarer med forslag i Glitne-prosjektet (Sintef 2010), for økonomisk allokering av avfallshåndtering.



Figur 0.4: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat når Avfallsbelastninger allokeres til første produkt i kjeden

Materialer som tapes må erstattes

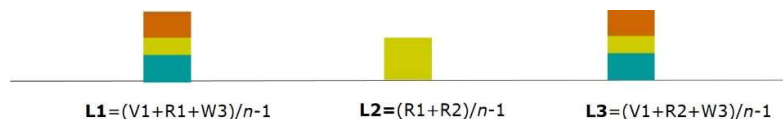
Utslipp fra råvareproduksjon knyttes til de stegene i livsløpet som taper materialer (altså at materialet blir til avfall og ikke resirkuleres) (Baumann & Tillman, 2004).



Figur 0.5: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat når Material som tapes må erstattes

50/50-fordeling

Gevinsten ved at resirkulering reduserer behov for primærproduksjon fordeles likt mellom den som tilbyr og den som bruker skrap ($n =$ antall livsløp). Dette er en pragmatisk mellomløsning som har ført til større diskusjoner i LCA-miljøene²⁵.




Figur 0.6: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat ved 50/50 fordeling

²⁵ Allokeringssprinsippet og diskusjonen er god oppsummert her: <http://lca-net.com/blog/harnessing-the-end-of-life-formula/>

Lukket kretsløp (Closed loop)

Hvert produkt (L1-L3) tildeles en gjennomsnittlig miljøbelastning forbundet med produksjon og avhending av alle produktene i verdikjeden. (n = antall livsløp). Denne metoden er relativt uproblematisk å benytte for en bedrift eller et produktsystem som har full kontroll på kretsløpet.



$$L1=L2=L3=\frac{(V1+V2+V3)+(R1+R2)+(W1+W2+W3)}{n}$$

Figur 0.7: Formel for beregning av belastninger, og typisk resultat ved Lukket kretsløp (Closed loop)

Substitusjon (gevinst som følge av unngåtte utslipp)

Ombruk/gjenvinning substituerer alternativ primærproduksjon av den aktuelle funksjonen. Et eksempel er når bygningsavfall blir brent og brukt til å produsere varme. Avfallsforbrenningen kan da erstatte annen varmeproduksjon. Ved substitusjon kan utslipp fra å produsere samme mengde varme med en representativ alternativ teknologi dermed trekkes fra utslippene for avfallshåndteringen i bygningens livsløp. Dette er det som gjøres ved å inkludere modul D i livsløpsvurderinger for bygg: Man beregner potensielle gevinster/utslippsreduksjoner ved å ombruke eller resirkulere materialene etter byggets levetid.

Substitusjonsmetoden er i prinsippet ikke en allokering, men en metode å unngå allokering på, ved å utvide systemgrensene til å se på tilleggsfunksjoner som leveres av systemet. Denne metoden er grunnlaget for konsekvensorienterte analyser. I en konsekvens-LCA vurderer man hvordan bruk av resirkulert materiale påvirker markedet. Hvis det for eksempel er overskudd av stålskrap i markedet, bør gevinsten for resirkulering tildeles den som bruker skrap. Hvis det derimot er underskudd på skrap i forhold til etterspørselen, vil all bruk av stål føre til at det er nødvendig å øke primærproduksjonen av stål. Bruk av skrap vil i dette tilfellet bare delvis redusere de globale utslippene knyttet til produksjon av dette materialet. Konsekvensperspektivet tilsier da at gevinsten ved å resirkulere stål bør tildeles til den som gjør skrap tilgjengelig, fordi dette vil bidra til å redusere utslipp knyttet til stålproduksjon. For stålmaterialer i en bygning betyr det at istedenfor å beregne reduserte utslipp for stålproduksjon i produksjonsfasen (A1-A3), medregnes modul D for gjenbruk og resirkulering etter bygningens livsløp.

De ulike tilnærmingene beskrevet over er i varierende grad i bruk for materialer i dag. Noen brukes fordi de er ganske enkle og oversiktlige å implementere. Dette gjelder spesielt a) Avgrensning/ «cut-off» -metoden, som på grunn av sin enkelhet og oversiktighet er et av tre allokering-prinsipper som ligger til grunn for LCA-databasen Ecoinvent. Det er stort sett denne metoden som er i bruk i dagens praksis i Norge. For resirkuleringsprosesser allokeres alle utslipp for utvinning av nytt materiale til den første brukeren av materialet (L1), mens nedstrøms bruk (L2, L3) kun belastes miljøbelastningen ved å oppgradere det resirkulerte materialet til ny bruk. For avfallsbehandling ved forbrenning med energigjenvinning er praksis stort sett at utslippene allokeres til avfallshåndteringen, men vi har også observert substitusjon/systemutvidelse for denne typen prosess.

Noen av metodene over kan være vanskelig å benytte, særlig i de tilfellene hvor det er lang tid mellom hvert steg i materialbruken. Dette gjelder blant annet metoden hvor material som

tapes må erstattes. Hvis første bruk er et produkt med en levetid på 60 år, så er det vanskelig å forutse hva som vil skje slutten av levetiden, hvor mye av materialet som vil resirkuleres og hvilke teknikker som da anvendes. Det samme gjelder kvalitetsforringelsesmetoden, hvor det ofte i praksis er vanskelig å bruke noe annet enn økonomi som en tilnærming for kvaliteten. Men ved å bruke økonomi som en indikator, så er man samtidig tett knyttet opp til markedsforholdene rundt det aktuelle materialet på et gitt tidspunkt. For aluminium er dette tydelig, siden verdien av sekunderaluminium er høy, på tross av at sekunderaluminium stort sett bare brukes til støpelegeringer på grunn av lavere kvalitet. Årsaken til at prisen er høy er at det er nok etterspørsel etter støpelegeringer for bruk i bl.a. bilindustrien. Den dagen denne betingelsen ikke lenger er tilstede, vil verdien av sekunderaluminium synke, selv om den «fysiske» kvalitetsforringelsen er den samme som før.

Metodene som er listet opp over er stort sett varianter av «fordeling basert på egenskaper ved produktene» som ble nevnt som en generell tilnærming innledningsvis. Utslippene fordeles gjennom en kalkulert nøkkel til de ulike produktene i systemet. Noen metoder ligger imidlertid litt nærmere et konsekvens-perspektiv, og både b) *Kvalitetsforringelse* og d) *Material som tapes må erstattes* kan nærme seg dette. Metode e) *50-50-fordeling* er et slags forsøk på å finne en pragmatisk middelveg, som kan være enkelt gjennomførbar for noen typer produkter. For byggevarer med lang levetid kan det imidlertid i praksis være vanskelig å anslå hvor i produktkjeden man befinner seg, noe som er en forutsetning for å kunne fordele primær material-produksjon og avhending likt mellom første og siste produkt i verdikjeden.

Allokeringsprippet for ulike byggematerialer

Aluminium

For aluminium er det svært stor forskjell mellom energibruken som kreves for å fremstille primeraluminium, kontra det som kreves for å smelte om skrap. Per i dag er det nok etterspørsel etter resirkulert aluminium til at alt tilgjengelig material blir brukt (Rombach, Modaresi, & Müller, 2012). Det betyr at i et konsekvensperspektiv vil enhver ekstra bruk av aluminium føre til at det må produseres nytt primeraluminium. Andre forfattere har kommet til liknende konklusjoner gjennom å bruke andre metoder, som undersøkelse av priselastisiteter for skrapmetall (Frees, 2007). Frees anbefaler klart å tillegge gevinsten ved resirkulering av aluminium til den som gjør sekundært material tilgjengelig for resirkulering.

Stål

For stål gjelder de samme betraktningene som for aluminium, hvor dagens behov for konstruksjonsstål med høy grad av resirkulert metall overgår de mengdene skrap som finnes tilgjengelig på markedet. Materialstrømsanalyser (Pauliuk, Milford, Müller, & Allwood, 2013) viser hvordan dette bildet kan endre seg også for stål, men for dagens situasjon vil ekstra behov for stål i et konsekvensperspektiv måtte dekkes av primærproduksjon.

Betong

For produksjon av betong er det flere steder hvor allokering er aktuelt. For betong med flyveaskeinnslag i sementen, må det vurderes om utslipp fra kullforbrenning (som er prosessen der flyveaske er et bi-produkt) skal allokere til flyveasken.

I et regnskapsperspektiv er økonomisk allokering en aktuell tilnærming for å allokere kullforbrenningsutslipp til flyveaske. Ved cut-off allokering kommer flyveasken gratis og gevinsten tilfaller brukeren av sementen.

I et konsekvens-perspektiv må man undersøke om det er nok flyveaske på markedet, slik at ikke etterspørsel etter flyveaske vil føre til høyere etterspørsel etter kullforbrenning. Dersom det er nok flyveaske i markedet, vil etterspørsel av flyveaskesement i stedet for vanlig sement føre til en nedgang i produksjon av vanlig sement. I dette tilfellet kan «flyveaskegevinsten» allokere til konsumenten av flyveaskesementen, dvs. til betongkonstruksjonen. Dersom det er mangel på flyveaske i markedet, vil imidlertid miljøgevinsten av å etterspørre flyveaskesement være borte, og utslipp fra kullforbrenning bør allokere til flyveaskeinnholdet i betongen.

I produksjonen av klinker brukes det ofte avfall som energiinnsats. I det skandinaviske markedet er det et overskudd av forbrenningskapasitet, dvs. at det er «mangel» på avfall. I et konsekvensperspektiv vil det derfor være riktig å allokere utslipp fra å brenne avfallet til klinkerproduktet.

Tre

For tre er allokering aktuelt for å fordele innsatsfaktorer mellom produktene i sagbruket, i tillegg til allokering i avfallsbehandling ved EOL (End-of-Life, avhendingsfasen). I sagbruket produseres det både materialprodukter og flis.

Det er to aspekter som kompliserer allokeringens bildet for treprodukter. For det første kan det argumenteres for at ved økonomisk allokering så er verdien på materialer den drivende kraften for å drifte skogen. Dermed kan det også argumenteres med at opptaket av CO₂ skal allokere i henhold til økonomisk verdi, på lik linje med alle andre innsatsfaktorer og utslipp oppstrøms i systemet. En av årsakene til at dette ikke er inkludert i dagens praksis, er sannsynligvis at man så åpenbart bryter massebalansen, og delvis fordi skogen sees på som «natur» og ikke en «treproduksjonsmaskin». Brudd på masse- og energibalanser er for øvrig et problem ved all allokering.

For det andre kan det også argumenteres for at sagflis ut fra sagbruket er avfall fra materialproduksjon, og at utslippene fra avfallsforbrenningen allokere til materialproduktene etter den valgte allokeringmetoden. Ved cut-off allokering vil da alle utslippene fra denne forbrenningen (men også alt opptaket av CO₂ oppstrøms) allokere til materialproduktet. Ved økonomisk allokering vil noe allokere til materialene, mens noe vil allokere til varmeproduksjonen.

Ved livsløpets slutt er det flere muligheter for utnyttelse av trematerialer. Ved forbrenning med energigjenvinning kan for eksempel naturgassfyring erstattes.

Opptak og utslipp av biogent karbon

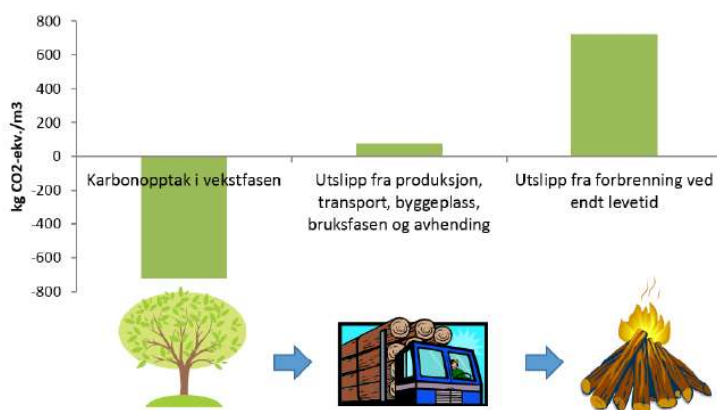
CO₂-utslipp forårsaket av forbrenning av biobrensler eller gamle trematerialer er en del av den naturlige karbon-utvekslingen mellom jorda og atmosfæren. Når planter og trær vokser opp tas det opp CO₂ fra atmosfæren gjennom fotosyntesen, og når de brenner eller råtner, slippes det ut igjen. På bakgrunn av dette regnes som regel CO₂-utslipp fra trematerialer og biobrensler som klimanøytralt. Klimaeffekten av å bruke trematerialer og biobrensler er imidlertid mer kompleks å beregne.

Klimaeffekten fra bruk og forbrenning av biobaserte materialer har flere sider. En side er den rent beregningstekniske delen, som går på hvordan man kvantifiserer de fysiske strømmene mellom teknosfæren og naturen, og hvordan man fordeler utslippene mellom produkter i teknosfæren. Dette gjelder blant annet hvordan man behandler og fordeler CO₂-opptak i vekstfasen til trærne.

En annen side er den fysiske effekten av at utslipp og opptak av CO₂ ofte skjer på ulike tidspunkt, og hvilken tidshorisont man måler klimaeffekt over. Ulike metoder er utviklet for å ta hensyn til dette (Guest, Bright, Cherubini, & Strømman, 2013). I tillegg kan man vurdere alternativ bruk av skogsarealer.

Karbonbinding i treprodukter

Tre, og alt annet plantemateriale, binder karbondioksid i vekstfasen, og fungerer dermed som karbonreservoar inntil materialet brenner eller dekomponeres på annet vis. Så mye som ca. 1,8 kg CO₂ transformeres og lagres i 1 kg tørt trevirke. Ettersom denne mengden karbon som regel overgår belastninger knyttet til utslipp fra produksjon, transport, bruksfase og avhending, er det åpenbart at idet karbonbinding hensyntas i vurderingen av trematerialer, vil det spille en betydelig rolle. Treprodukter som bidrar til å forsinke forbrenning (f.eks i bygg), kan dermed betraktes som en form for karbonfangst (Guest, Bright, Cherubini, & Strømman, 2013).

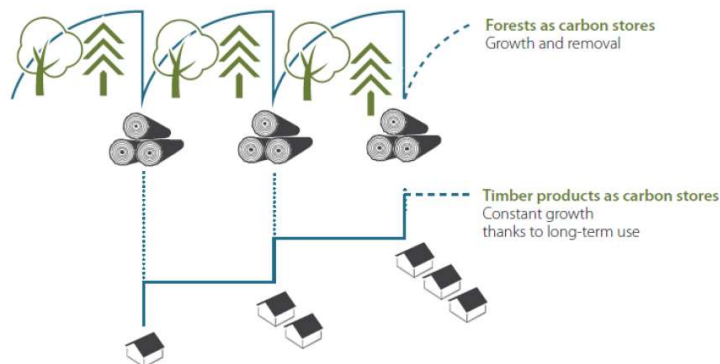


Figur 0.8: Prinsipp for karbonlagring i tre. (Illustrasjon; Mie Fuglseth 2014)

Dagens praksis for å vurdere klimaeffekter av byggevarer er imidlertid stort sett å ignorere opptak/utslipp av biogent CO₂, under en implisitt antakelse om at disse er like store, og at «bærekraftig skogbruk» opprettholder en «nøytral» karbonbalanse. Dette kan enten være en

antakelse om at «treet har tatt opp x kg CO₂ de siste 100 år»²⁶, eller at man antar at det fremtidige opptaket i nyplantet skog vil være likt som den mengden biomasse som blir fjernet.

FNs Klimakonvensjon (UNFCCC) har i mange år diskutert karbonlagring i treprodukter (Harvested Wood Products, HWP) som et mulig klimatiltak. I Durban 2011-møtet ble det besluttet å inkludere HWP i nasjonal rapportering fra 2015 (FCCC 2012). Lagring av karbon i treprodukter kan inngå i et nasjonalt regnskap bare dersom landet kan dokumentere at eksisterende lagre av langsiktig skog ikke reduseres.

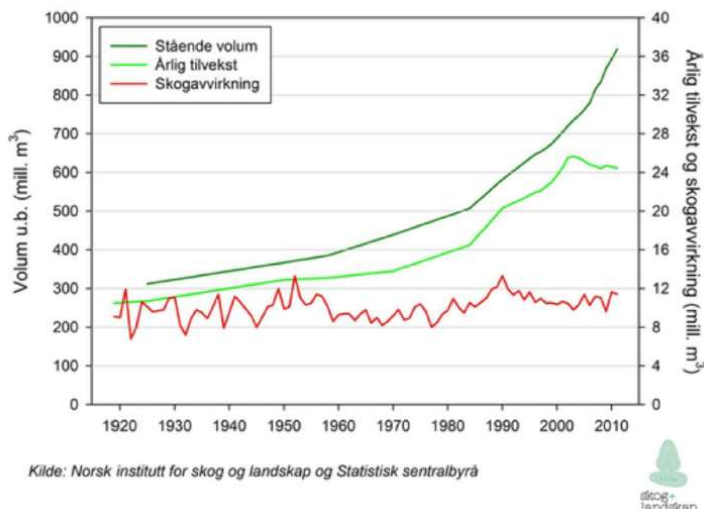


Figur 0.9: Prinsipp for karbonlagring i bygg. (Kilde; http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2015/building_with_wood.pdf)

Karbonbinding i skog

I Norge er kriteriet om at eksisterende lagre av langsiktig skog ikke reduseres overoppfyllt, ettersom den årlige tilveksten av skog er ca. tre ganger den årlige avvirking. Selv om ikke skogarealet øker, så har volumet i skogen økt med nær 60 prosent siden 1990, se Figur 0.10:

²⁶ Som i praksis vil si at skognæringen sitter på en stor mengde «negative utslipp» i dag.



Figur 0.10: Tilvekst i Norsk skog

Skog (og annen vegetasjon) både binder og frigir CO_2 , men det er store forskjeller i netto tilvekst mellom verdens skogsområder. Generelt er det tilvekst av boreal skog i Europa og Nord-Amerika og av bambus i Kina, mens avskoging er knyttet til i sub-tropiske og tropiske områder i Asia, Afrika og Sør-Amerika. Kreditering av karbonlagring i produkter fra disse ulike typene skog vil derfor ha motsatt effekt. Bruk av treprodukter som stammer fra boreal skog (samt bambus) vil kunne stimulere gjenplantning og utvidelser i disse skogsområdene, og dermed gi netto karbonbinding, mens bruk av treprodukter som stammer fra tropisk og sub-tropisk skog vil bidra til ytterligere avskoging (Vogtlander et al., 2014).

Karbonbalansen i skogen avhenger av type jord og vegetasjon. Det er også store mengder karbon bundet i humus og mineraljord, og ved avvirking av tømmer vil deler av karbonlageret i jorda frigis. Det er generelt stor usikkerhet om hvordan skogen vil akkumulere karbon hvis den får stå etter at den når hogstmoden alder (se for eksempel Helin, Sokka, Soimakallio, Pingoud, & Pajula, 2013; Werner, Taverna, Hofer, Thürig, & Kaufmann, 2010). Utslipps-scenarier for alternativ bruk av skogen som avviker fra gjenvekst med samme karbonopptak, kan være aktuelle i konsekvensorienterte analyser.

Det har i livsløpsvurderinger til nå vært vanlig å anta at biobrensel er klimanøytralt over livsløpet. Utgangspunktet for denne betraktningen er at utslippet skjer umiddelbart etter hogst og at det dermed ikke regnes som utslipp senere. I en studie av klimaeffekter fra å bruke norsk skog som energi publisert i 2015, ble det imidlertid laget alternativscenarier hvor skogen fikk lov å fortsette å vokse og akkumulere karbon, som alternativ til å bli brukt til energiformål. Resultatet var at bruk av skog til bioenergi fremstår som et dårlig klimatiltak i et hundreårsperspektiv²⁷. Denne studien inkluderte både alternativ for skogsdriften (påvirker «karbonregnskapet») og effekten av at utslipp og opptak av CO_2 har forskjellig effekt når det skjer på ulike tidspunkt, spesielt i korte tidsperspektiv (påvirker klimaeffekten målt i CO_2 -ekvivalenter (ekv). for en gitt tidshorisont).

I arbeidet for å redusere klimagassutslipp, diskuteres aktiv skogforvaltning for maksimalt klimautbytte. En stor økning i skogplanting vil imidlertid kunne ha negative effekter på

²⁷ http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_17.pdf

artsmangfoldet (biodiversiteten). Høsting av skogavfall og tynning av ung skog er andre tiltak som i større grad går hånd i hånd med en helhetlig skjøtsel som både ivaretar behovet for biodiversitet så vel som intensivering av karbonopptak. En differensiert skogsdrift med økt tynningsaktivitet kan resultere i jevn tilvekst samtidig med bevaring av et høyt stående karbonlager i skogen²⁸.

Utslipp fra elektrisitet

Produksjon av elektrisk kraft gjennom forbrenning av fossile brensler i kraftverk er en av de dominerende årsakene til globale klimagassutslipp. Elektrisitet produseres på ulike måter forskjellige steder i verden. I Norge er elektrisk kraft hovedsakelig produsert av vannkraft.

Siden det er bygget kraftoverføringskabler fra Norge til andre land, er Norge en integrert del av et felles kraftsystem. Avhengig av hvordan prisene på kraft svinger importeres og eksporteres strøm kontinuerlig mellom landene i kraftsystemet. Derfor vil det være en forskjell på å forbruke 1 kWh strøm i Norge sammenliknet med å produsere 1 kWh strøm fra vannkraft i Norge. Over året vil norsk forbruksmiks være en andel vannkraft, kull, olje, kjernekraft, gass, og andre tilgjengelige produksjonsmetoder i kraftsystemet. På årsbasis er imidlertid Norge som regel en netto eksportør av elektrisk kraft.

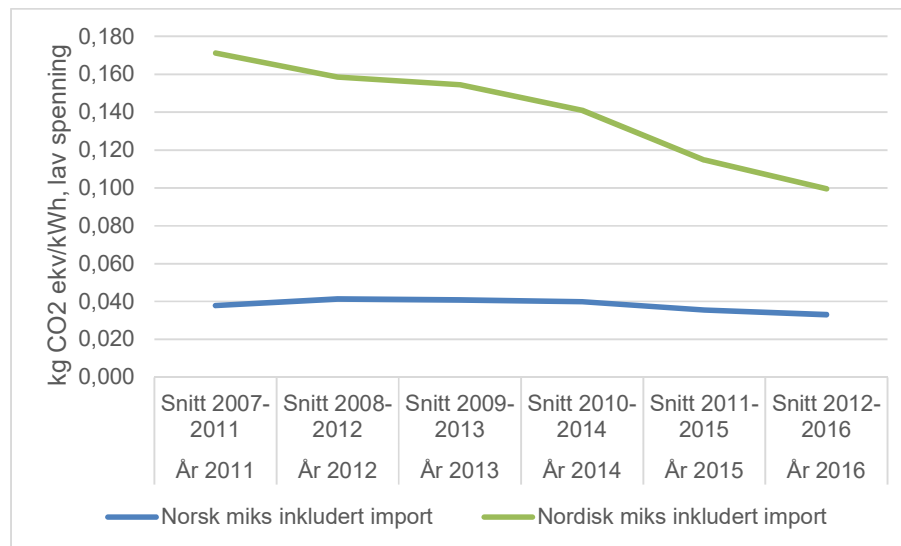
I LCA og klimagassberegninger er det derfor vanlig å vurdere 3 ulike forutsetninger:

- **Norsk produksjonsmiks inkludert import:** Klimagassutslipp fra strøm beregnes ved å benytte den nasjonale produksjonsmiksen supplert med importert kraft over året.
- **Nordisk miks:** Klimagassutslipp fra strøm beregnes ved å benytte gjennomsnittlig forbruk i alle land i Norden (uten Island). Det forutsettes her at integrasjonen i de nordiske landene (uten Island) er såpass sterk at Norden sees på som et felles kraftsystem.
- **Europeisk miks og ulike former for marginalbetraktninger:** En tredje tilnærming er å gjøre ulike former for marginalbetraktning eller analyse for å fastslå hva som er marginal elektrisitmiks på kort eller lang sikt. Siden energiplanlegging stort sett er nasjonalt anliggende, vil en marginalmiks for eksempel kunne basere seg på planlagt utvikling i tilførsel av energi de neste tiårene. Dette kan være utfasing av eksisterende teknologi, bygging av nye kraftverk, eller bygging av kabler for utveksling med utlandet. Noen lager også utviklingsbaner for utviklingen i utslippsintensitet, basert på ulike antakelser om fremtidig utbygging og utfasing av kraft. Zero Emission Buildings (ZEB) bruker for eksempel en faktor for elektrisitet som forutsetter at utslippsintensiteten for produksjon av el i Europa vil reduseres fra 361 g CO₂ ekv/kWh i 2012 til 0 utslipp i 2054 og fremover, i tråd med EUs *Road map to a zero emission future* og 2-gradersmålet. Dette gir et gjennomsnitt på 123 g CO₂-ekv./kWh levert energi i 60 års perioden 2012 til 2072.

²⁸ http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2014/skog_viktig_i_klimasammenheng

Generelt kan man si at grunnen til at strømmiks har blitt et omdiskutert tema er at denne innsatsfaktoren, i tillegg til å være volummessig betydelig i seg selv, har så stor forskjell i utslippsintensitet mellom regioner.

Utvikling av utslippsfaktorer



Figur 0.11: Utvikling av utslippsfaktor for norsk strømmiks inkludert import og nordisk miks fra 2011 til 2016. Utslippsfaktorene for hvert år er basert på en snitt over de 4 siste årene. (Kilde: Asplan Viak)

Figur 0.11 viser utviklingen av norsk strømmiks inkludert import og nordisk miks fra 2011 til 2016. Utslippsfaktorene for hvert år er basert på en snitt over de 4 siste årene for å redusere store endringer i enkeltår. (Asplan Viak). Som figuren viser er det et relativt stabilt utslipp pr år for norsk strømmiks inkludert import, på mellom 33 til 40 g CO₂ ekv/kWh.

For nordisk strømmiks er denne redusert relativt mye (42%) siden 2011. 2010 var et kaldere år enn normalt, noe som var med på å dra opp energimiksen (mer fossilt). Derfor er utslippene for alle år som inkluderer 2010 relativt høye. Så fort 2010 forsvinner fra miksen, kombinert med stor satsning på fornybar energi i Norden, blir det som vist en ganske stor reduksjon av utslipp fra nordisk miks fra 2011 til 2016. Utslipp fra nordisk strømmiks ligger i 2016 på 100 g CO₂-ekv/kWh, rundt 3 ganger så høyt som utslipp fra norsk miks inkludert import.

Opprinnelsesgarantier

Et tilleggsmoment ved betraktninger rundt utslippsintensiteter for strøm, er hvorvidt man i miljøvurderinger skal ta hensyn til at det selges såkalte «oprinnelsesgarantier» for elektrisitet. En opprinnelsesgaranti for strøm er et papir som kan handles 100 % uavhengig av den fysiske kraftoverføringen. Papiret garanterer kjøperen at det er produsert en gitt mengde fornybar elektrisk strøm, et gitt sted i verden²⁹. Fra enkelte hold argumenteres det

²⁹ Det er imidlertid ikke noe krav til addisjonalitet (det vil si at det faktisk bygges ut mer fornybar kraft.) for denne strømmen, noe som gjør at kraft fra eksisterende vannkraft dominerer markedet.

for at kjøpere av disse papirene skal kunne regne utslipp fra elektrisitet ved den aktuelle teknologien sin utslippsintensitet, mens andre forbrukere av kraft må basere seg på en beregnet «restmiks» hvor den fornybare kraften er trukket ut. Etter en meget lang tautrekking besluttet den såkalte GHG-protokollen å introdusere såkalt «dual reporting»³⁰ i sin spesifisering for hvordan man skal regne utslipp fra strøm.

Utslippsfaktorer for elektrisitet benyttet i ulike typer beregninger

Byggematerialer/EPD

For miljødeklarasjoner (EPD) for byggematerialer skal det iht EPD-Norge i produksjonprosessen (A3) benyttes nasjonal markedsmix med import på lavspenning, inkludert produksjon av overføringslinjer og nett-tap: **36,8 g CO₂ ekv/kWh** (EcolInvent 2017)

Bygninger

I klimagassregnskap for energi i drift er en utslippsfunksjon for elektrisitet fastsatt i samarbeid med ZEB, FutureBuilt, Framtidens Byer og BREEAM-NOR. Denne miksen, *EU-mål*, forutsetter at utslipp fra strømproduksjon i Europa blir være null i 2054-55. Det gir et gjennomsnittlig utslipp i perioden 2010-2070 på **132 g CO₂-ekv./kWh**. (klimagassregnskap.no – dokumentasjonsrapport). Utslippsmiksen er ca. tilsvarende **nordisk strømmiks**. Denne faktoren ble brukt i verktøyet klimagassregnskap.no, og skal benyttes i prosjektet tilnyttet ZEB, FutureBuilt, Framtidens Byer og BREEAM-NOR.

Transport

I NSBs Miljøkalkulator og beregninger som viser klimagassutslipp for din togreise sammenliknet med fly, bil og buss, benyttes **nordisk strømmiks**. NSB kjøper opprinnelsesgarantier for sitt strømforbruk, men benytter likevel ikke 0 g CO₂ e/kWh i beregningene. Det presiseres på nettsiden til Miljøkalkulatoren at «*NSB kjøper opprinnelsesgarantier for at det skal produseres like mye fornybar strøm som det togtrafikken forbraker*». Nordisk strømmiks er benyttet for å sikre en nøytral miljøkalkulator som i utgangspunktet ikke fremmer et transportmiddel framfor andre, men som ved bruk av realistisk rutedata og anerkjente miljødata viser klimautslipp fra transport.

Klimabudsjett/miljøbudsjett for infrastruktur

Utslipp fra elektrisitet er beskrevet i *Veileder for utarbeidelse av Miljøbudsjett for jernbaneinfrastruktur, Pilot Follobanen, Bane NOR, 2012*:

- I hht PCR og metode for Klimagassbudsjett utarbeidet av transportetatene skal det i miljøbudsjettet brukes **norsk forbruksmiks** (elektrisitetsmiks inkludert netto import) i direkte elektrisitetsforbruk for bygge-, drift- og vedlikeholdsfasen av jernbaneinfrastruktur.

³⁰ Både kraft basert på fysisk miks, og basert på opprinnelsesgarantier

- For produksjon av inngangsfaktorer som spesifikt produseres i Norge og Norden skal **nordisk elektrisitmiks** benyttes.
- For produksjon av inngangsfaktorer hvor produksjonssted er ukjent (tidlige planfaser), og i alle land unntatt Norden, skal europeisk elektrisitmiks benyttes.

Analysen skal suppleres med **sensitivitetsberegninger** hvor direkte elektrisitetsforbruk benytter Nordisk og Europeisk elektrisitmiks.