

Beregningsregler for klimagassregnskap med design for demontering og ombruk (DfD)



SirkBygg

Rapport fra FoU-prosjektet SirkBygg, i samarbeid med Powerhouse.
Oktober 2022

Forfattere:

Carine Lausset, SINTEF Community (SirkBygg)

Oddbjørn Dahlstrøm, Asplan Viak (Powerhouse)

Marit Kindem Thyholt, Skanska (prosjektleder SirkBygg)

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	3
2	Lovverk og standarder	4
2.1	Standarder for livssyklusanalyser - LCA	4
2.2	Sirkularitet i LCA-standarder	5
2.3	Modul D	7
2.3.1	Modul D - Energi	7
2.3.2	Modul D – Materialer	7
2.4	Allokeringsregler for materialer	7
3	Biogent karbon og DfD	9
3.1	Opptak av biogent karbon	9
3.2	Standard i klimagassberegninger	9
4	Karbonatisering av CO₂ i betong	11
5	Verdivurdering av av fremtidig unngåtte utslipp	12
5.1	Teknologiforbedring	13
5.2	Valg av tidshorisont	13
6	Konklusjon	13
7	Videre arbeid	14

1 Introduksjon

Å planlegge og bygge for mulig fremtidig demontering og ombruk av de materialressursene vi bygger inn ved nybygg og rehabilitering, er et tema som har blitt aktualisert i løpet av kort tid. I internasjonal litteratur benyttes «Design for disassembly» eller «Design for Deconstruction» som begrep for disse prosessene, forkortet DfD.

DfD er eksempelvis fremhevet som viktig tiltak for en mer sirkulær byggenæring både fra EU via Green Deal¹ (EUs taksonomi) og nasjonal handlingsplan for sirkulær økonomi². I juni 2022 ble det også klart at revisjon av teknisk forskrift av 2017 (TEK17), § 9-5 vil stille krav om at «Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for *senere demontering* når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme».

Med økt fokus på sirkularitet i byggenæringen er det også behov for å klarlegge hvordan sirkulære tiltak ivaretas i lover og regler for gjennomføring av klimagassregnskap. I forskningsprosjektet SirkBygg er det gjennomført en studie, beskrevet i denne rapporten, av hvordan gjeldende lover og regler tilrettelegger for at DfD kan hensyntas i klimagassregnskap. Det er valgt å ha fokus på kun gjeldende regelverk og standarder (norske, europeiske og internasjonalt), og ikke ulike bransjeordninger³ som har sine egne regler for hvordan DfD kan inkluderes i slike regnskap. Med denne kunnskapen står bransjen i bedre stand til å legge føringer for hvordan reglene kan anvendes for å fremme DfD i nye byggeprosjekter og ved rehabilitering.

Standarden ISO 20887:2020⁴ definerer Design for Disassembly på følgende måte: “Approach to the design of a product or constructed asset that facilitates disassembly at the end of its useful life, in such a way that enables components and parts to be reused, recycled, recovered for energy or, in some other way, diverted from future waste stream”.

I SirkBygg benyttes DfD som begrep for *design og bygging for demontering og ombruk*, selv om DfD etter definisjonene har en noe utvidet systemgrense. LCA (Life Cycle Analyses, eller livssyklusanalyser) er en metode som brukes for å vurdere miljøbærekraft. Når byggkomponenter eller materialer brukes over flere livssykluser i flere bygninger, må allokering av miljøpåvirkninger diskuteres. Metodiske spørsmål som da oppstår blir hvordan LCA bør anvendes for sirkulære bygningskomponenter med flere sykluser. I denne rapporten undersøkes i hvilken grad LCA-standarder for byggeprodukter og bygninger ivaretar slik allokering.

Denne studien utgjør Trinn 1 av en større studie som ser på hvordan DfD kan inngå i klimagassberegninger. Trinn 1 har avdekket at gjeldende regler kun til en viss grad omhandler DfD i klimagassregnskap, og at det er behov for analyser av hvordan dette kan gjennomføres for både å fremme DfD men samtidig også hvordan DfD bør ses i sammenheng med øvrige klimagass- og ressursreducerende tiltak for å oppnå en balansert og troverdig scenario. Trinn 2 av studien omhandler slik anvendelse av regelverket.

¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

² Nasjonal strategi for en grøn, sirkulær økonomi, Regjeringen 2020.

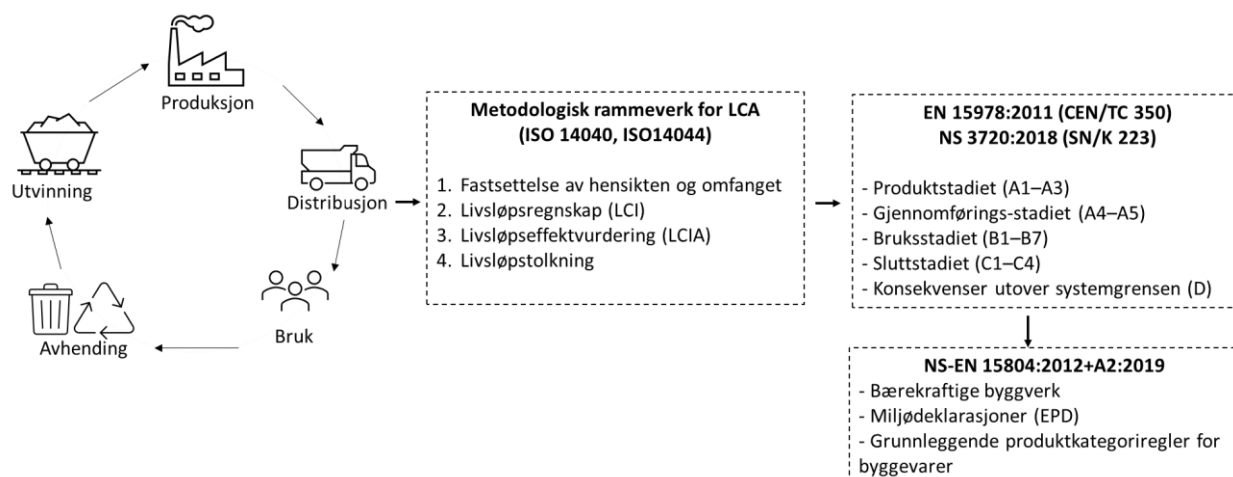
³ F.eks. FutureBuilt (<https://www.futurebuilt.no/>) og Powerhouse (<https://www.powerhouse.no/>)

⁴ ISO 20887:2020 Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirement and guidance

2 Lovverk og standarder

2.1 Standarder for livssyklusanalyser - LCA

LCA dekker hele livsløpet (dvs. produksjon, distribusjon, bruk, avhending og utvinning) av et produkt eller system. Ved bruk av LCA er det mulig å sammenligne miljøbidrag for et produkt eller system som fyller samme funksjon. LCA er en standardisert metodikk beskrevet i NS-EN ISO 14044:2006 "Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Krav og retningslinjer" og ISO 14044:2006 "Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk". Begge disse ISO-standard legger rammeverk for LCA som vist i *Figur 1*. For bruk av LCA for bygninger finnes følgende spesifikke standarder: EN 15978:2011⁵ "Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning - Beregningsmetode" og NS 3720:2018⁶ "Metode for klimagassberegninger for bygninger". NS 3720 er den norske standarden for klimagassregnskap for bygninger og er basert på EN 15978:2011 med en tilleggsmodul B8 som omhandler mobilitetsrelaterte utslipp under drift over bygningens levetid. Den europeiske standarden har flere miljøpåvirkningskategorier. Standarden NS-EN 15804:2012+A2:2019 "Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer" behandler LCA på produktnivå. Formålet med EN 15804 er å definere klare retningslinjer for livsløpsvurdering (LCA) i EPD⁷ for produkter til bygg- og anleggssektoren.



Figur 1: LCA standard: Rammeverk, bygg og produkter. Utarbeidet fra ISO 14040, ISO14044, EN15978:2011, NS3720:2018, EN15804:2012+A2:2019

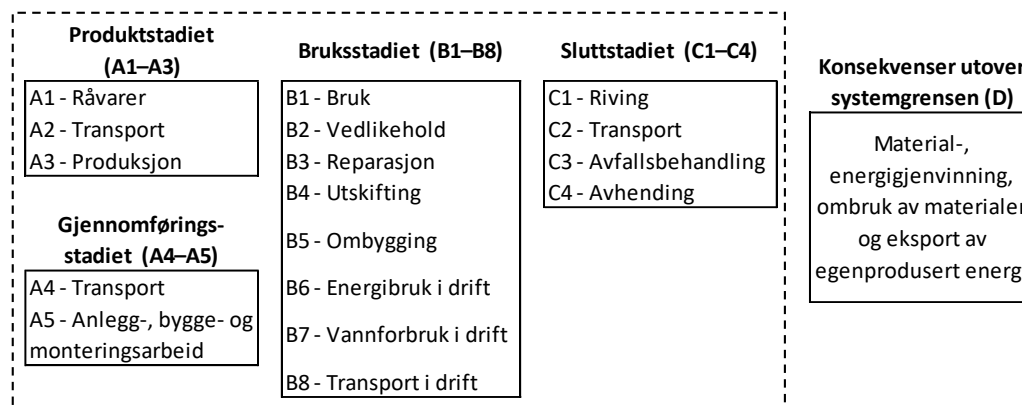
En LCA for bygninger deler livsløpet inn i fire stadier, som vist i *Figur 2*: produksjonsstadiet (A1–A3), gjennomføringsstadiet (A4–A5), bruksstadiet (B1–B8), og sluttstadiet (C1–C4). I tillegg kommer Modul (D) som uttrykker netto fordeler og belastninger fra ombruk, materialgjenvinning og energigjenvinning av materialer i neste produktsystem (neste bygg). I praksis tilsvarer Modul D å kvantifisere påvirkninger og unngåtte påvirkninger fra neste livsløp for byggematerialene, og eksport av netto levert energi produsert av selve bygget (med f.eks. solpanel). Gevinster og belastninger bestemmes ut fra når materialer forlater systemet for bygg i en DfD-syklus (*mitt bygg*) på

⁵ NS-EN 15978:2011 Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning - Beregningsmetode

⁶ NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger

⁷ EPD: Environmental Product Declaration

utskiftningsstadiet (B4) eller på byggets sluttstadium (C1–C4). Gevinster gjennom hele byggets livssyklus som kan krediteres *neste bygg* er vanligvis summert og rapportert i ett enkelt tall som modul-D-påvirkninger.



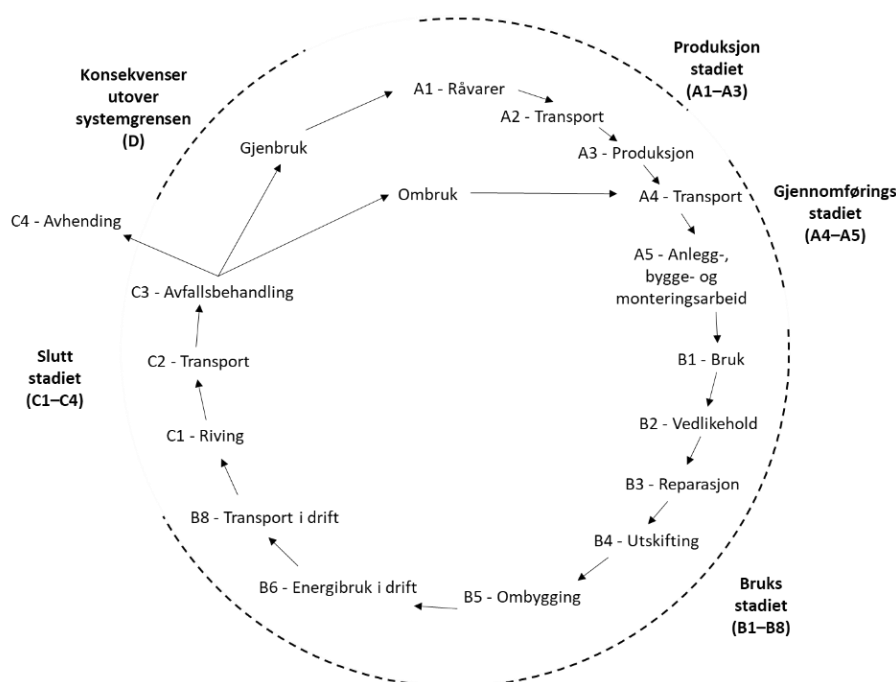
Figur 2: Livssyklusstadier – Lineær tilnærming. Kilde: NS 3720

De europeiske bygnings-LCA-standardene EN 15804:2012 og EN 15978:2011 samt den norske NS 3720:2018 kombinerer metodiske tilnærminger. Virkninger fra produksjon, bruk og avfallshåndtering (modul A-C) beregnes ved å bruke «cut-off» tildelingsmetoden mens "systemgrensen utvidelse" er brukt for å ta hensyn til potensial for ombruk og materialgjenvinning for byggelementer og materialer (modul D) i en mulig påfølgende syklus. Denne framgangsmåten tilsvarer en 100:0 tilnærming, som forklart videre i kapittel 2.4.

2.2 Sirkularitet i LCA-standarder

I en sirkulær-LCA er den ovennevnte tilnærmingen problematisk av to grunner. For det første er det vanskelig å standardisere godskriving av ombruk (D) og materialgjenvinning (C3). For det andre er tilnærmingen tilpasset for ett bygg = en syklus. For flere bygg (flere sykluser), som er tilfelle i en sirkulær økonomi, kan enkelte sykluser bli utelatt fordi de er ikke omfattes av vurderingen. Disse to aspekter er forklart videre under.

Ved å ta en sirkulærøkonomisk tilnærming kan den lineære modellen vist i Figur 2 redesignes som en sløyfe som vist i Figur 3.



Figur 3: Livsyklusstadier – Sirkulær tilnærming

I EN 15978:2011 og NS 3720:2018 anses bygningen som en sammensetning av ulike bygningsprodukter (komponenter, materialer og konstruksjoner). Disse kan ha ulik teknisk eller funksjonell levetid, som legges til grunn ved LCA-studier. Standardene legger imidlertid ikke føringer for hvordan det skal tas hensyn til at ulike bygningsprodukter ikke bygges inn uavhengige av hverandre, og at utskifting (gjørne til ombruk) kan medføre at andre bygningsprodukter med i utgangspunktet lengre levetid også må skiftes ut. Denne problemstillingen er mest aktuell ved ombygginger og ikke ved endt levetid for bygget.

Ifølge NS 3720 skal konsekvenser knyttet til fremtidig ombruk, material- og energigjenvinning utenfor systemgrensen for analysen beregnes i modul D og rapporteres separat. Det er videre ikke klart hvordan modul D skal påvirke klimagassberegningene. Når det utføres klimagassberegninger for et bygg inkluderes vanligvis alle eller bare deler av modulene A1-C4. Modul D er en utfordring i beregningene da dette sier noe om effekten av å *erstatte* noe en gang i fremtiden. Hvis f.eks. et hulldekke av betong inkluderer utslippsfaktor for modul D i en EPD, kan dette si noe om reduserte klimagassutslipp av å erstatte nytt hulldekke av betong. Men det er stor usikkerhet i å fastsette klimagassutslipp fra å produsere nytt hulldekke (og andre materialer) 60 år frem i tid. Og skal utslipp som *erstattes* eller *unngås* 60 år frem i tid (D) vektlegges like mye som å fokusere på å redusere utslipp fra produksjon av materialer og anleggsfase i dag (A1-A5)? Det er også en risiko for dobbelttelling av å redusere klimagassutslipp dersom et bygg tar med *reduserte* eller *unngåtte* utslipp i modul D i klimagassregnskapet, og neste bygg tar med reduserte utslipp i A1-A3 for å bruke samme materialer.

Skal modul D inkluderes i beregninger bør det tydelig defineres hva produktene erstatter den dagen i fremtiden produktene demonteres for deretter å ombrukes i neste bygg. Gjeldende standarder eller regelverk er ikke tydelige på dette, med den konsekvens at det er opp til det enkelte prosjekt eller EPDer å vurdere dette. EPDer angir modul D for enkelte produkter basert på dagens praksis angående avfallsbehandling, som angitt i

produktkategoriregler (PCR) for produktet under vurdering. I praksis betyr det at modul D i EPDer betrakter modul D som en følge av energigjenvinning, ikke materialgjenvinning eller ombruk.

2.3 Modul D

I tillegg til de fire livsyklusstadier: produksjonsstadiet (A1–A3), gjennomføringsstadiet (A4–A5), bruksstadiet (B1–B8⁸) og sluttstadiet (C1–C4), tar modulen D hensyn til videre stadier utover disse systemgrensene ved å inkludere ombruk og materialgjenvinning av bygningsprodukter som går inn i nye bygg eller til produksjon av nye materialer.

Modulen D kan videre fordeles på konsekvenser utover systemgrensen som gjelder *energi* og *materialer*. "Modul D – Energi" har blitt "regulert" og kvantifisert med den norske standarden NS 3720. "Modul D – Materialer" anerkjenner DfD ved å hensynta mulig materialgjenvinning og ombruk, men kvantifiserer ikke disse prosessene. «Modul D – Energi» og "Modul D – Materialer" er videre forklart nedenfor.

2.3.1 Modul D - Energi

I Norge har modul D blitt mest benyttet i forbindelse med eksport av overskuddsproduksjon av fornybar energi (typisk solstrøm) i byggeprosjekter til nettet. I NS 3720:2018 heter det bl.a. «konsekvenser ved eksportert egenprodusert energi som krysser systemgrensene, tilordnes modul D». Beregningsregler iht. bransjeordninger som ZEB-senteret, FutureBuilt og Powerhouse tillater å inkludere mengden eksportert overskuddsenergi ved beregning av levert energi (dvs. eksportert energi kommer til fradrag). Overskuddsenergien beregnes på time- eller årsbasis. I NS 3720:2018 er det angitt to ulike scenarier for fremtidige klimagassutslipp knyttet til strømproduksjon: Scenario 1 (NO) og Scenario 2 (EU28 + NO) – basert på hhv. norsk og europeisk produksjonsmiks. Scenario 1 anser i praksis Norge som et isolert elektrisitetssystem uten import/eksport av elektrisitet, og Scenario 2 forutsetter at elektrisiteten flyter fritt mellom europeiske land, inkludert Norge. Disse utslippsfaktorene innebærer i praksis at eksport av strøm erstatter like mengder produsert strøm innenfor disse systemgrensene, og på denne måten bidrar til unngåtte utslipp.

2.3.2 Modul D – Materialer

På det samme måte som de to fremtidige scenariene for strøm er definert i NS3720:2018, gjenstår det å definere scenarioene for fremtidige unngåtte klimagassutslipp ved «eksport» av ombrukte eller materialgjenvunnede materialer i modul D. Definerings av slike scenarier er i dag overlatt til det enkelte prosjekt, bransjeordninger e.l.

2.4 Allokeringsregler for materialer

Allokeringsmetoder for materialer (inn i bygget A1–A4, ut av bygget (C1–C4) + modul D) gjeldende for flere sykluser kan grovt sett grupperes i tre hoved tilnærminger⁹: 100:0 ('cut-off'), 0:100 ('end-of-life resirkulering'), og 50:50 ('lik andel'). Disse allokeringsmetodene favoriserer enten inngående (100:0) eller utgående (0:100) sekundære materialer. Derfor prøver EU-kommisjonen ved utviklingen av "Circular Footprint Formula" som en del av

⁸ B8 er ny modul sammenlignet med NS-EN 15978, benyttes for transport i driftsfasen

⁹ Allocation solutions for secondary material production and end of life recovery: Proposals for product policy initiatives. Allacker, Mathieux et al. 2014

"Product Environmental Footprint (PEF)"¹⁰ å imøtekomme flere allokeringalternativer ved å dekke resirkulert innhold på input-siden og materialgjenvinning og ombruk ved slutten av første syklus ved å bruke en A-faktor som reflekterer markedssituasjonen (dvs. om det er høyt eller lavt tilbud og etterspørsel for materialet) og endringen i kvalitet mellom sykluser. Disse allokeringsmetodene er beskrevet i tabellen under.

Tabell 1: Allokeringsmetoder

Allokering	Beskrivelse	Standardisert
100:0	Også kalt "Cut-off" i den anerkjente LCA databasen Ecoinvent. Med "Cut-off" menes at "skillet" mellom den første og den andre brukeren går ved "end-of-waste", som definert i annex til EN 15804. Metoden er beskrevet i EN 15804 og EN 15978. Miljøbidrag av produksjonsstadiet (A1–A3) er allokert til den første brukeren . Neste bruker (neste bygg) bærer miljøbidrag i A1-A3 knyttet til bruk av resirkulerte materialer eller ombruk av ressurser i det første bygget hvor miljøbidraget skjer i modul C3. Metoden oppfordrer aktører til å bruke resirkulerte og ombrukte materialer (gevinst i A1-A3), men gir ingen miljøgevinst ved å designe for fremtidig demontering og ombruk for bruk i neste bygg. Metoden gir derfor ingen insentiver for DfD.	Ja. EN 15804, EN 15978 og NS3720
0:100	Miljøbidrag av produksjonsstadiet (A1–A3) er allokert til den siste brukeren . Metoden oppfordrer aktører til å designe for fremtidig demontering og ombruk for bruk i neste bygg, men gir ikke insentiv til å bruke gjenvunnet materialer eller ombruke allerede eksisterende bygningskomponenter. Metoden gir derfor insentiver for DfD. Men med tanke på relativt lange levetider for bygningskomponenter er scenarier for ombruk og materialgjenvinning vanskelig å forutsi nøyaktig.	Nei
50:50	Miljøbidrag fra produksjonsstadiet (A1–A3) er allokert mellom den første og den siste brukeren . Metoden gir derfor noen insentiver for DfD.	Nei
"A faktor"	A faktoren, som beskrevet i den "Circular Footprint i PEF" ¹⁰ , reflekter markedssituasjoner og fordeler miljøbidrag og gevinster fra materialgjenvinning og ny materialproduksjon mellom den som leverer og den som bruker resirkulert materiale eller ombrukte komponenter. A=1 reflektere en 100:0 tilnærming (dvs. kreditter gis kun til det resirkulerte innholdet), mens A=0 reflektere en 0:100-tilnærming (dvs. kreditter gis kun til resirkulerbare og ombrukbare materialer på sluttstadiet). A er gjerne lik 0,2 ≤ A ≤ 0,8 for alltid å fange opp begge aspektene ved resirkulering og ombruk ved slutten av byggets levetid	Ja PEF er anbefalt av den Europeiske kommisjonen (2019) ¹¹ . Den nye versjonen av EN 15804+A2:2019 inkluderer en bedre harmonisering mellom PEF og EPD. "PEF blant annet forenkler informasjonen for forbrukere ved vekting, aggregering og innføring av en type merkeordning, mens EPD gir ikke-aggregerte opplysninger for profesjonelle brukere. PEF og EPD erklærer nå de samme indikatorene, har samme ILCD ¹² dataformat og har blitt mer detaljerte om beskrivelse av bruk, utslipp og innhold av biogent karbon. Med denne endringen vil også EPD på bedre vis illustrere de sirkulære egenskapene til produktene." ¹³

¹⁰ https://ec.europa.eu/environment/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods_en

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021H2279&from=EN>

¹² ILCD: International Life Cycle Data system

¹³ [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321071-](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321071-1634025655/Dokumenter/Informasjon%20om%20overgangen%20fra%20EN15804.pdf)

[1634025655/Dokumenter/Informasjon%20om%20overgangen%20fra%20EN15804.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321071-1634025655/Dokumenter/Informasjon%20om%20overgangen%20fra%20EN15804.pdf)

3 Biogent karbon og DfD

3.1 Opptak av biogent karbon

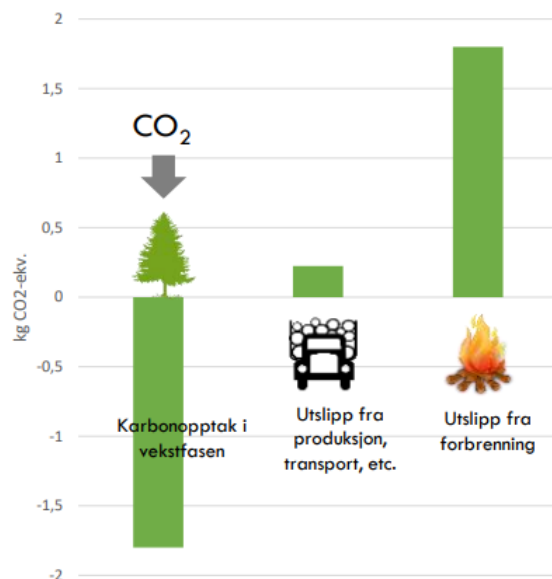
Biogent karbon er karbon som er lagret i biomasse (tær) og jord, via fotosyntesen. I EPDer etter NS 15804:2012 er opptak og utslipp av biogent karbon beregnet etter NS-EN 16485:2014. Dette er basert på modularitetsprinsippet i EN 15804:2012, hvor utslipp skal telles med i den modulen hvor det faktisk skjer. Mengden karbondioksid er beregnet i henhold til NS-EN 16449:2014 (*Tre og trebaserte produkter Beregning av biogent karboninnhold i tre og omdanning til karbondioksid*). Som standard regnes innhold av biogent karbon fra vekt av tørt tre. Det er videre antatt at 50% av biomassen i tørt tre er karbon. Videre benyttes forholdet mellom atomvekt av karbon (12) og CO₂ (44) for å konvertere opptak av biogent karbon til opptak av CO₂.

Eksempel: 435 kg/m³ tørrvekt for furu gir et karboninnhold omregnet til karbondioksid på 797 kg CO₂ pr m³ trevirke ($435 \text{ kg/m}^3 \cdot 50 \% \text{ innhold av karbon} \cdot 44/12 = 797 \text{ kg CO}_2$).

3.2 Standard i klimagassberegninger

Klimagassberegninger for bygg i Norge følger i stor grad NS 3720. Standarden anvendes for klimagassberegninger for nye bygg og ombygging av eksisterende bygg. Standarden definerer ulike omfang av hva som skal inkluderes og ikke i beregningene. For å utføre en helhetlig klimagassberegning skal alle moduler fra A1–C4 være inkludert i beregningene. Videre er det definert at scenarioer for sluttbehandling av ulike typer avfall skal være basert på relevant statistikk og dagens teknologi. Dette medfører at for treprodukter i bygget er standard avfallshåndtering av produktene i dag at de brennes, i anlegg med eller uten system for energigjenvinning.

Biogent karbon skal rapporteres i den modulen opptaket/utslippet skjer, noe som medfører at opptak av biogent karbon er i A1–A3, mens utslipp fra å avfallshåndtering (brenning) er i C3–C4. Siden standard avfallshåndtering er at treavfall brennes, vil lagret biogent karbon slippes ut under avfallshåndteringen. En vanlig praksis i klimagassberegningene har da vært å anta at opptak av biogent karbon i vekstfasen (A1) vil være tilsvarende utslipp av biogent karbon ved forbrenning (C3), når det antas *Umiddelbar oksidasjon* (karbonnøytralt kretsløp) av karbonet, se *Figur 4*. Dette forutsatt bærekraftig skogsdrift hvor ny tilvekst i skogen er lik eller større hogst. Bærekraftig skogvekst er normalt dokumentert med PEFC eller FSC sertifikater.



Figur 4: Opptak og utslipp av biogent karbon i vekstfasen og ved forbrenning. Ved å regne på at opptak er likt utslipp er netto tilskudd av klimagasser til atmosfæren er utslipp fra tilvirkning av treprodukter. Figur: Asplan Viak.

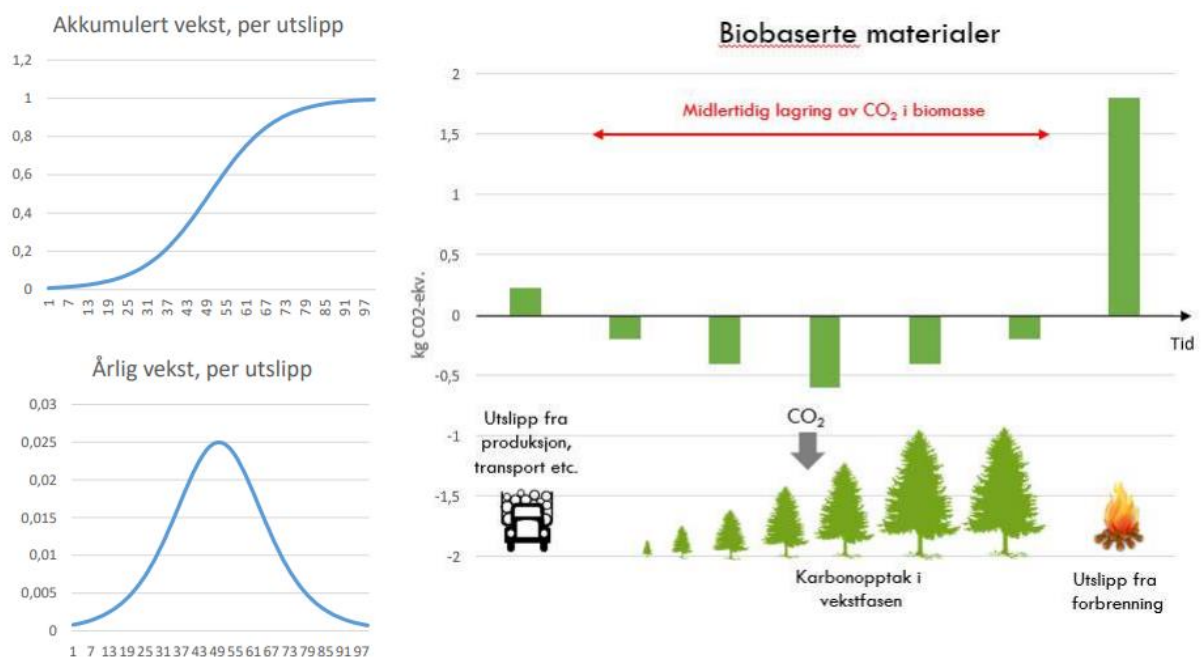
Hvis det kan unngås å sende treavfall til forbrenning når trevirket i fremtiden skal avfallsbehandles, kan utslipp av biogent karbon ved forbrenning unngås. Avhengig av hva som gjøres med trevirket etter endt bruk, kan trevirket derfor fungere som et fremtidig *lager* av biogent karbon så lenge treproduktet ikke brennes (i anlegg uten karbonfangst) eller forrårtnes. Denne faktoren spiller inn i klimagassberegninger for bygg, moduler og produkter når det designes for demontering og gjenbruk. Da vil lagret biogent karbon i produktet fremdeles være lagret i *neste livsløp* med bruk. Utfordringen som ikke er fastsatt i standardiseringen er da hvordan dette skal regnes inn i klimagassregnskapet. Tilsvarende effekt vil det være når treproduktet i fremtiden avfallsbehandles i forbrenningsanlegg med karbonfangst og lagring, noe som medfører at biogent karbon i trevirket som normalt slippes ut ved forbrenning da kan fanges og ikke slippes ut i atmosfæren.

Andre faktorer som kan påvirke beregninger for opptak, lagring og utslipp av biogent karbon over en gitt beregningsperiode er blant annet:

- Treets vekstkurve ikke er lineær og at det ikke kan antas likt opptak hvert år over rotasjonstiden av trær som vokser
- Drift av skog og lokasjon kan påvirke rotasjonstiden for trær
- Opptak og utslipp av biogent karbon skjer ikke samtidig, men i en periode på >60 år, se *Figur 5*
- Når opptak og utslipp av biogent karbon inkluderes for treprodukter, bør det også inkluderes for bioenergi
- Allokering (fordeling) av utslipp fra produksjon og opptak av biogent karbon (A1-A3) mellom første bruk av produktet i bygget og fremtidig bruk etter demontering og ombruk.
- Vektingsfaktor/tidsfaktor for når klimagassutslipp oppstår (Dynamisk LCA), se kapittel **Feil! Fant ikke referanseilden..**
- Effekt av ombruk av treprodukter etter endt beregningsperiode/levetid når *standard* avfallshåndtering unngås

Det er i dag ikke standard å inkludere effekten av punktene beskrevet over i klimagassberegninger for bygg i beregninger som følger NS3720. Det er ikke funnet noen tydelige føringer i standarder og metoder som svarer ut utfordringen med å regne klimaeffekt ved DfD når beregningene inkluderer opptak av biogent karbon.

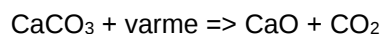
Mangelen i dagens regneregler er hvordan lagret karbon (negativt utslipp) skal håndteres ved overgangen fra ett livsløp til neste (fra ett bygg til neste bygg), når det i dagens standard alltid antas forbrenning av treprodukter etter endt livsløp. Dagens regneregler antar da som forenkling at det er et nøytralt kretsløp for biogent karbon, hvor opptak er det samme som utslipp uavhengig av tid, noe som ikke vil stemme med virkeligheten.



Figur 5: Karbonopptak i biomasse over tid, når rotasjonstiden til trevirket hensyntas. Figur: Asplan Viak

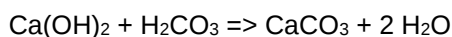
4 Karbonatisering av CO₂ i betong

Ved fremstilling av sement brennes en blanding bestående av hovedsakelig kalkstein (CaCO₃) med andre råmaterialer som kvarts, leire, skifer ol. Først knuses blandingen, og så varmes den opp i store, roterende ovner til en materialtemperatur på rundt 1450 °C. Dette starter en kjemisk prosess (kalsinering) der karbondioksid (CO₂) drives bort fra kalksteinen og danner reaktivt kalsiumoksid (CaO) dannes. Prosessen er slik:



CO₂ må bort fra kalkstein for at sementen skal få egenskapene som gjør at det er mulig å lage betong som herder.

Herdet betong vil reagere med luft og det starter en aldringsprosess som kalles karbonatisering. I prosessen løser CO₂ fra luften seg med porevannet i betongen. CO₂ fra luften bindes kjemisk ved at stabilt CaCO₃ dannes. Dette medfører videre at pH i porevannet synker til under 10. Dette er en motsatt prosess av kalsinering. Prosessen er slik:



Det er normalt ikke ønskelig at karbonatiseringen utvikler seg innover til stålet i armert betong, fordi redusert pH-verdi bryter ned de beskyttende passiveringssjiktene av forskjellige jernoksider, noe som øker risikoen for korrosjon av armeringen. Dette er ikke noe problem i uarmert betong eller knust betong, da armeringskorrosjon ikke finne sted.

Prosessen karbonatisering er derfor mest aktuell og mest ønskelig når armert betong er knust etter endt bruk i bygget og stålet er fjernet. Det er mange forhold som innvirker på hvilken mengde CO₂ betongen binder fra luften, som blant annet: betongkvalitet, sement mengde, type bruk, er produktet innendørs eller utendørs, tykkelse, malt overflate, hel betong eller knust betong. Jo mer overflateområde som er i kontakt med luften, jo mer CO₂ vil karbonatiseres i betongen.

Det er iht NS 3720 mulig å inkludere effekt av karbonatisering i klimagassberegninger for bygg, men dette har til nå ikke vært vanlig å inkludere i beregningene. Effekt av karbonatisering beregnes som gitt i NS-EN 16757 Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Produktkategoriregler for betong og betongelementer, og inkluderes i modulene B1, C3, C4 og D, avhengig av når i livsløpet karbonatiseringen og opptaket skjer. Ulike studier viser teoretisk mulighet for karbonatisering, både når betongproduktet er i bygget, og når betongproduktet er knust i fremtiden, men da dette avhenger så mye av ulike og prosjektspesifikke forhold er det usikkerheter i tallene.

NS 3720 har ikke noen beskrivelse av hva som skjer med karbonatisering ved DfD, men generelt er det en utfordring med tanke på DfD da man oppnår høyere grad av karbonatisering med å knuse betongen etter endt bruk. Ved et fremtidig ombruk av betong må korrosjon av armeringen unngås og effekten av karbonatisering må da reduseres. DfD medfører da at karbonatisering i modul D (som er antatt størst ved å knuse betongen) reduseres. Mangelen i dagens regneregler er primært tall på hvor mye karbon som fanges og lagres ved karbonatisering ved ulik fremtidig bruk av betongproduktet. Siden mengde karbon som fanges er avhengig av eksponert betong mot luft og tid fra betongen var nystøpt er det teoretisk mulig å fastsette omfang av lagret karbon både i dag og ved ulike scenario for bruk og DfD i fremtiden.

5 Verdivurdering av av fremtidig unngåtte utslipp

DfD vil kunne bidra til unngåtte klimagassutslipp og nytt ressursforbruk i fremtiden. Dette avhenger imidlertid av hvilke prosesser DfD erstatter. DfD vil erstatte bruk av nye materialer, men klimaeffekten avhenger av karbonintensiteten for disse materialene på det tidspunktet bygget skal demonteres og bygningsprodukter ombrukes. I årene fremover er det naturlig at økt fokus på materialgjenvinning og økt grad av resirkulert innhold i nye materialer, samt mer klimaeffektive produksjonsprosesser, vil bidra til lavere karbonfotavtrykk for nye bygningsprodukter. Substitusjonseffekten ved DfD i klimagassregnskap bør derfor ivareta dette hensynet.

Det er i dag et betydelig fokus på å oppnå målene i Paris-avtalen, og utslippsreduksjoner i dag kan – om Paris-avtalens mål utgjør en premiss - derfor tillegges større vekt enn

fremtidige unngåtte utslipp. Dette er også et hensyn som er relevant å inkludere i et klimagassregnskap.

Under er det gitt beskrivelse av hvordan teknologiutvikling for nye materialer og tidsvekting av utslipp behandles i regelverk og standarder.

5.1 Teknologiforbedring

I NS 3720:2018 beregnes fremtidige utslipp – eller unngåtte utslipp ved eksempelvis solstrømproduksjon og -eksport fra bygg – med en teknologifaktor som baseres på utviklingen av utslippsintensitet i det europeiske kraftnettet (for scenario 2 (UE28+NO)). Tilsvarende teknologifaktor for materialer er ikke beskrevet i standarden per i dag.

5.2 Valg av tidshorisont

CO₂ er en gass som holder seg lenge i atmosfæren. Standarden EN 15804 spesifiserer at en tidshorisont på 100 år (GWP100) skal benyttes ved utarbeidelse av EPDer. Siden NS 3720 henviser til EN 15804 skal også GWP100 benyttes i klimagassberegninger for bygg. Ved bruk av en tidshorisont som er kortere enn 100 år, ved for eksempel å sette klimamål i 2030 og 2050, betyr det at CO₂ som slippes ut i dag skal ha mer tid for å varme opp atmosfære enn CO₂ som for eksempel slippes ut i 2037. Derfor, for et gitt mål i tid, er det riktig å si at CO₂ som slippes ut i dag er mer potent, og vil bidra til mer akkumulert klimaeffekt enn utslipp som skjer langt ut i fremtiden (opp mot 100 år), når det regnes med 100 års tidshorisont (GWP100). Dette innebærer at utslipp som skjer (eller unngås) kan (og bør?) vektes mer i dag, enn (unngåtte) utslipp en gang i fremtiden. Denne type vekting mht. DfD finnes ikke i dag i noen standard eller annet beregningsregelverk for klimagassberegninger for bygg.

6 Konklusjon

Kartleggingen av regelverk for hvordan DfD skal hensyntas i klimagassberegninger, viser at det ikke finnes noen klare retningslinjer for dette. Dette innebærer at klimagasseffekten av tilrettelegging for demontering og ombruk (DfD) av bygningskomponenter, materialer eller konstruksjoner i bygg når et bygg skal avhendes (eller ombygges) er uklar i regelverket. Regelverket gir heller ingen insentiver for tilrettelegging for DfD ved nybygging.

7 Videre arbeid

Studien beskrevet i denne rapporten viser at gjeldende regelverk for klimagassberegninger ikke gir klare retningslinjer for hvordan DfD skal hensyntas. Dette innebærer også at det ikke gis noen insentiver for DfD ved nybygging. Fremtidige klima- og ressursgevinster kan derfor gå tapt fordi tilrettelegging for DfD i dag, med begrenset kunnskap om og produktløsninger for DfD, både kan medføre økte prosjekteringskostnader og eventuelt også byggekostnader. Insentiver for innovasjon for å frembringe gode løsninger for DfD foreligger ikke gjennom regelverket (standarder, lover og forskrifter).

I den norske byggenæringen, og hos myndighetene, er det et høyt fokus mht. å bygge mer sirkulært. I påvente av eventuelle endringer i fremtidig regelverk, er det behov for å utvikle nasjonale ordninger som kan fremme DfD. Insentiver for tilrettelegging for fremtidig demontering og ombruk vil kunne frembringe innovasjon for bærekraftige løsninger, både klima- og ressursmessig og ikke minst økonomisk.

I dag finnes nasjonale ordninger som i en viss grad fremmer DfD, disse er beskrevet i korthet under.

BREEAM-NOR v.6.0

I BREEAM-NOR v.6.0¹⁴, Mat 07 Endringsdyktighet og ombrukbarhet, er det gitt kriterier for «ombrukbarhet», dvs. i praksis DfD. Dette er minstekrav for å oppnå Excellent og Outstanding. Emnet er også basert på EUs taksonomi for miljøområdet Sirkulærøkonomi. I BREEAM-manualen er det gitt retningslinjer for hva som må tilfredsstilles for å at prosjektet skal kunne godkjennes innen dette emnet, men disse tiltakene er ikke knyttet til klimagassanalyser.

Nye krav i TEK17 (2022), § 9-5. Byggavfall og ombruk

Nytt i denne bestemmelsen er at byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Heller ikke her er det gitt føringer for hvordan DfD skal hensyntas i klimagassberegninger.

FutureBuilt ZERO¹⁵

I forbildeprogrammet FutureBuilt ZERO gis et fradrag i klimagassregnskapet tilsvarende 10 % tilrettelegging for ombruk av bygningsmaterialer kan man inkludere unngått forbrenning og substitusjon av fremtidig produksjon av nye produkter. Inntil 10% av klimagassutslippene fra modul A1- A3 kan trekkes fra for materialer med dokumentert ombrukbarhet i modul D_{ombruk}. Betingelse for et slikt fradrag for er at «ombrukbarhet» skal dokumenteres iht. FutureBuilts kriterier for sirkulære bygg¹⁶. Disse kriteriene er tilnærmet de samme som gjelder for Mat 07 i BREEAM-NOR v.6.0. Det foreligger ikke noen faglig utredning som grunnlag for 10%-fradraget.

¹⁴ BREEAM-NOR v. 6.0 for nybygg https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2022/03/BREEAM-NOR-v6.0_NOR.pdf

¹⁵ FutureBuilt ZERO kriterier for lavutslippsbygg og -områder <https://www.futurebuilt.no/FutureBuilt-kvalitetskriterier>

¹⁶ www.futurebuilt.no/content/download/13987/94674

Powerhouse Paris Proof

I gjeldende versjon av Powerhouse Paris Proof kan klimagassutslipp knyttet til trevirke gis et fradrag på 100 % ved tilrettelegging for fremtidig demontering og ombruk (innebærer i praksis «evig» ombruk»). Metoden er under utvikling.

Definisjon av *demonterbarhet og ombrukbarhet* er to viktig kritiske indikatorer som foreløpig ikke er tillagt entydige kriterier i standarder. I Norge er det imidlertid gitt føringer for «ombrukbarhet» i programmet for FutureBuilt ZERO og i BREEAM-NOR v.6.0. I SirkBygg er det et mål å videreutvikle disse kriteriene som underlag for hvordan DfD bør kunne godskrives som klimagassreducerende tiltak i klimagassberegninger. Hensyn til praktisk gjennomførbarhet for demontering og ombruk, økonomi og HMS vil stå sentralt.

Som grunnlag for utvikling av beregningsregler for DfD i klimagassanalyser i norske «bransjeordninger» (som Futurebuilt, ZEB/ZEN, Powerhouse Paris Proof osv.) vil en rekke forhold måtte tas i betraktning (ikke uttømmende):

- Allokering/fordeling av fremtidig unngåtte utslipp på første, andre evt. tredje fremtidige byggeprosjekt. Inkl. økonomisk allokering (knyttet til evt. økte kostnader for tilrettelegging for DfD i dag). Inkl. betydning av antall ombruk (antall brukere) for bygningsprodukter (evt. differensiere på ulike typer produkter)
- Allokering av økte utslipp fra tilrettelegging for DfD i dag (mer stål, økt bestandighet osv.) på første, andre evt. tredje fremtidige byggeprosjekt.
- Kan økt levetid i modul C for ombrukbare bygningsprodukter være et alternativ til bruk av modul D for DfD?
- Hvilke utslippsfaktorer skal settes for ombruksprodukter? I dag normalt ikke EPDer for ombruksprodukter.
- Tidsvektning (verdisetting) av fremtidig unngåtte utslipp. Sett i forhold til Paris-avtalens målsetning (reduksjon innen 2050), samt usikkerhet knyttet til teknologiutvikling (mer klimavennlige materialer, CCS ved avfallsbehandling m.m. for substituerte bygningsprodukter) og sannsynlig ombruk i fremtiden.
- Hvordan behandle biogent karbon og karbonatisering ifm. DfD?
- Omfang av klimagassreduksjoner ved DfD vs. andre klimagassreducerende tiltak i klimagassberegninger (energieffektivisering, bruk av mer klimavennlige materialer m.m.)
- Basert på ulike analyser og usikkerhetsmomentet: vurdere «innovasjonsbonus» dersom for stor usikkerhet knyttet til fremtidige klimagassreduksjoner ved DfD

I samarbeid med FME-senteret Zero Emission Neighbourhood (ZEN) med et utvalg partnere samt Powerhouse-alliansen vil SirkBygg gjennomføre et neste trinn (Trinn 2) i arbeidet med beregningsregler for DfD i klimagassanalyser. Dette arbeidet vil startes opp høsten 2022 og avsluttes i løpet av sommeren/høsten 2023. I dette arbeidet vil forhold som påpekt over være noe av grunnlaget for å fremskaffe et underlag for hvordan DfD bør kunne håndteres i klimagassberegninger for bygg.