

Fotavtrykksmetodikk i Enova

Av: Per Ivar Helgesen

Dato: 18. juni 2020

Oppsummering

Dette notatet beskriver fotavtrykksmetodikk, med ståsted i Enova og vinklet mot tema som relevante for Enova. Notatet fokuserer mest på anvendelser innenfor byggsektoren. Dokumentet er et utdrag fra et internt notat, og interne Enova-vurderinger er utelatt her.

Enova støtter i dag prosjekter for å oppnå reduserte klimagassutslipp i Norge, målt i forhold til hva som ellers ville ha blitt tilfelle hvis prosjektene ikke ble gjennomført. Samtidig vet vi at enkeltaktørers valg kan utløse eller spare store indirekte klimagassutslipp som skjer hos andre aktører. Dette er sammenhenger som Enova kan ta hensyn til, men som i dag ikke kvantifiseres eller utløser støtte i seg selv. Fotavtrykksmetodikk kan brukes til å kvantifisere slike effekter.

Innholdsfortegnelse

Oppsummering	1
1 Bakgrunn	2
1.1 Behov og avgrensninger – direkte utslipp versus fotavtrykksberegninger	3
2 Metoder og problemstillinger	5
2.1 Livsløpsanalyse	7
2.2 Kryssløpsanalyse	12
2.3 Bedrifter	14
2.4 Produkter	16
3 Bygg og indirekte utslipp	16
3.1 Fotavtrykksmetoder	16
3.1.1 Norsk standard NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger	17
3.1.2 Future Built beregningsregler	19
3.1.3 Zero Emission Buildings (ZEB) og Zero Emission Neighbourhoods (ZEN)	20
3.1.4 Sertifisering - BREEAM	21
3.1.5 Nasjonale klimagassutslipp fra bygg- og anleggssektoren (Asplan Viak)	21
3.1.6 Vurdering av klimaberegningsmetoder for bygninger i Sverige (Lågan)	22
3.2 Verktøy for å beregne klimafotavtrykk	23
3.2.1 Byggsektorns miljøberäkningsverktøy BM 1.0	26
3.3 Erfaringer	27
3.3.1 Det blir vanligere å stille klimakrav til bygninger	27

3.3.2	Sverige vil stille krav til klimadeklarasjon ved oppføring av nye bygninger	27
3.3.3	Det er vanskelig å oppnå sammenlignbarhet på klimavurderinger for bygg	28
3.3.4	Metodeutvikling er i en tidlig fase og det er store forskjeller	29
3.3.5	En komplett livsløpsanalyse er komplisert og arbeidskrevende	30
3.3.6	Indirekte klimaresultater fra FutureBuilt	30
3.3.7	Erfaringer fra Asplan Viak	31
4	Referanser	33

1 Bakgrunn

I avtalen mellom KLD og Enova er det definert fire målindikatorer. For avtaleperioden 01.01.2017-31.12.2020 legges det til grunn at følgende nivå indikerer god måloppnåelse:

- klimaresultater tilsvarende 0,75 millioner tonn CO₂-ekv. i ikke-kvotepiktig sektor
- energieresultater tilsvarende 4 TWh
- effektresultater tilsvarende 400 MW
- innovasjonsresultater tilsvarende utløst innovasjonskapital på 4 milliarder kroner

For Enovas resultater gjelder generelt at prosjektene som støttes vurderes ut fra et *konsekvensperspektiv*, og at resultatene kvantifiseres i forhold til en *kontrafaktisk baseline*. Resultatene måles altså i forhold til *hva som ellers ville ha skjedd*, og ikke i form av *observerte* endringer, f.eks. reduksjon av utslipp eller observert reduksjon eller endring av energibruk. Enova godskriver f.eks. resultater som følge av effektivisering, slik at økt produksjon som utnytter en mer effektiv prosess både kan føre til:

- energibesparelse (sammenlignet med alternativ prosess) og
- økt forbruk av energi (som følge av økt produksjon).

I forkant av at gjeldende styringsavtale ble inngått, ble det vurdert hvordan kvantitative mål burde utformes, herunder kvantifisering av Enovas klimamål (Enova, 2016). Klimamålet er satt i form av prosjektbaserte resultater som er kontraktsfestet eller resultater som forventes utløst av tredjepart basert på gjennomføring av et prosjekt (f.eks. som følge av bruk av infrastruktur som hurtigladere eller landstrøm).

Enova beregner og rapporterer for avtaleperioden 2017-2020 klimaresultater i form av årlig sparte direkte klimagassutslipp. Målestokken for direkte klimagassutslipp er de nasjonale territorielle utslippene, som ligger i overkant av 50 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år. Enova fokuserer dog på kutt i ikke-kvotepiktige utslipp, siden kvotemarkedet EU ETS allerede vil sørge for tilstrekkelige kutt i kvotepiktige utslipp i

Europa. Klimaresultatene måles «end-of-pipe», tilsvarende som for SSBs territoriale utslippsregnskap. Man hensyntar altså ikke livsløpsbaserte konsekvenser i leveransekedene til varer og tjenester som inngår i prosjektet. Bruk av fotavtrykksmetodikk kan gi grunnlag for mer incentivriktige styringsmål.

1.1 Behov og avgrensninger – direkte utslipp versus fotavtrykkberegninger

Norge har meldt inn nasjonale forpliktelser om å kutte klimagassutslipp til FN, og har lovfestet mål for utslippskutt i klimaloven (Lov om klimamål (Klimaloven), 2018). Norge har inngått avtale om å samarbeide med EU for å oppfylle målet for utslippskutt. Dette samarbeidet operasjonaliseres ved at Norge blir en del av EUs klimarammeverk, som består av tre pilarer: 1) Kvotesystemet EU ETS, 2) Ikke-kvotepiktige utslipp som omfattes av regelverket i innsatsfordelingsforordningen og 3) Utslipp og opptak i skog- og arealbrukssektoren.

Innsatsfordelingsforordningen innebærer måltall for utslippskutt i 2030, og et regelverk for fastsettelse av nasjonale årlige utslippsbudsjett for perioden 2021-2030 for ikke-kvotepiktige utslipp (Effort sharing 2021-2030: targets and flexibilities, 2018). Klimakur 2030 har nylig utredet tiltak for å nå klimaforpliktelsene frem til 2030. Målsetningen for utredningen har vært å definere tiltak som kan redusere de norske ikke-kvotepiktige klimagassutslippene med 50% til 2030 (Miljødirektoratet, 2020). Fokuset er altså på direkte utslipp, slik de måles i det territoriale utslippsregnskapet (SSB, u.å.).

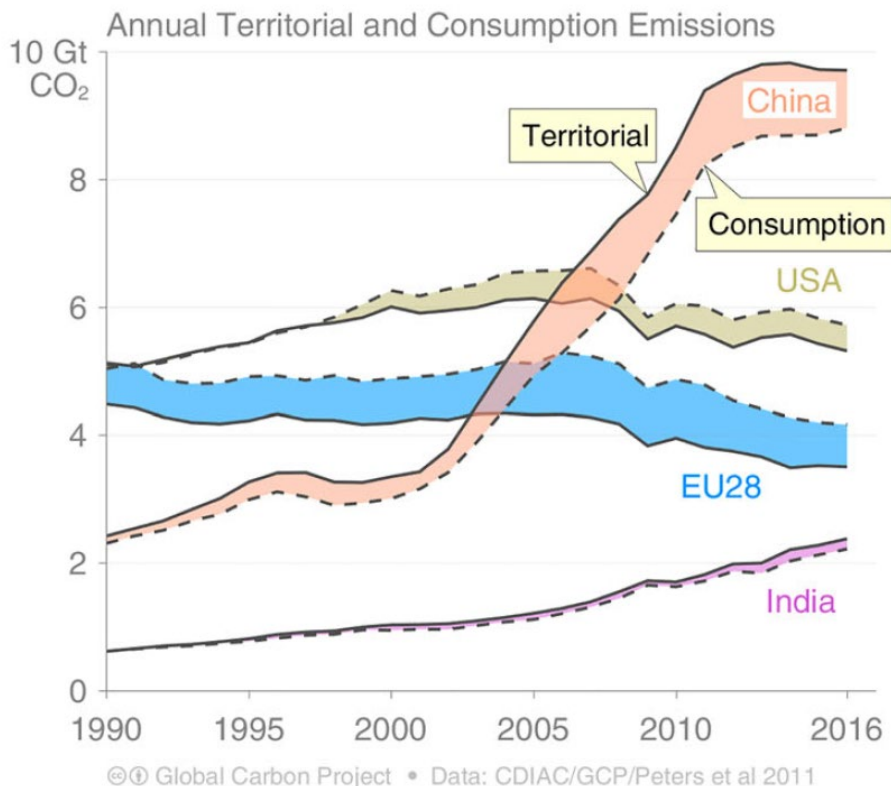
Noen beslutninger som tas i dag er langsiktige og kan påvirke fremtidige utslipp i stor grad, selv om de har små målbare konsekvenser for direkte utslipp på kort sikt. Et eksempel på dette er beslutninger som tas ved bygging av bygninger. Levetiden for et bygg settes normalt til 60 år, slik at et bygg som planlegges nå kan forventes å stå til etter år 2080. Byggsektoren i Norge står for en svært lav andel av de direkte norske klimagassutslippene. Dette medfører at sektoren ikke er relevant i Klimakur 2030. Byggnæringen har likevel stor indirekte påvirkning, f.eks. gjennom materialvalg ved konstruksjon av bygg, energibruken som avhenger av byggets utførelse og transportbehov som følger av byggets plassering og funksjon.

Et annet eksempel er at industriaktører opplever økt fokus på at industriprosesser og materialbruk er bærekraftige - uten at bærekraftige produkter nødvendigvis oppnår høyere priser i markedet. Sirkulær økonomi er et annet aktuelt tema, som indikerer at mange aktører fokuserer på bærekraftige produkter og tjenester i økende grad. Dagens markedsmekanismer sikrer imidlertid ikke at slike aspekter får gjennomslag, og gis betydning på en effektiv måte.

For å jobbe mot en langsiktig overgang til et lavutslippssamfunn og støtte opp under bærekraftig energi- og materialbruk er det behov for å måle klimagassutslipp etter en annen metodikk: Vi ønsker å måle klimafotavtrykket. Klimafotavtrykket måler de totale utslippene fra en investering over hele levetiden på tvers av landegrensene. Dette er en helt annen målestokk enn de årlige direkte territoriale utslippene. De

direkte utslippene fokuserer på end-of-pipe utslipp, det vil si de faktiske (kortsiktige) utslippene basert på faktisk bruk av naturressurser som gir utslipp. Dersom Norge kutter ut innenlandsk produksjon av sement, og i stedet importerer sement som er produsert i utlandet, så reduseres de norske territorielle utslippene – men det kan godt hende at de globale utslippene øker. Når reduserte utslipp i én nasjon kompenseres med økte utslipp et annet sted, kalles det *karbonlekkasje*.

Norge er i en heldig situasjon når det gjelder territorielle utslipp. Norge utvinner store mengder fossil olje og gass, som eksporteres og gir store inntekter. Utslippene fra disse energibærerne blir bokført i landet der de forbrennes. For inntektene kan Norge importere produkter som har medført klimagassutslipp der de har blitt produsert, f.eks. i Kina. Dette betyr at vårt konsum skaper høyere globale utslipp enn våre territorielle utslipp. Ved hjelp av kryssløpsanalyser kan man korrigere de (direkte) territorielle utslippene og legge til utslipp knyttet til varene som vi importerer. Siden Kina eksporterer en stor mengde varer som gir innenlandske produksjonsutslipp, så har Kina større territorielle enn konsumbaserte utslipp. For Europa og USA er bildet motsatt.



Figur 1 Forskjellen på territorielle produksjonsbaserte utslipp og konsumbaserte utslipp

Det er ikke noen selvfølge at konsumenter/Enova/Norge skal vektlegge denne type indirekte sammenhenger, og gjøre tiltak for å hensynta dem. Tradisjonelt stoler gjerne økonomer på at korrekte priser løser samfunnsmessige problemer, ved at prisene bærer all relevant informasjon forbundet med konsumbeslutningen. Dersom

fossil diesel har større klimakonsekvenser enn biodiesel, så skal markedet prise inn denne økte klimaødeleggelsen i prisen for fossil diesel. Klimaproblemet utgjør imidlertid en eksternalitet som den enkelte aktør ikke behøver å hensynta og som markedet derfor ikke priser korrekt. Dette kan korrigeres med avgifter, eller andre virkemidler. Som et supplement til avgifter kan Enovas støtteordninger påvirke kjøpsatferd, og gjøre at nye og uprøvde løsninger raskere tas i bruk av innovatører og tidlig majoritet. Nye løsninger kan dermed oppnå gjennomslag i markedet og bli konkurransedyktig uten subsidier (dersom løsningen har livets rett).

Skal så Enova basere tiltakene på fotavtryksmetodikk for å sikre global effekt av norske klimatiltak? Gunnar Eskeland argumenterer for at «hver av oss svarer bare for våre egne utslipp» (Eskeland, 2012). *"Den gode praktiske og teoretiske grunnen har med ansvar og insentiver å gjøre (kall det gjerne internalisering): Den som eier og opererer en sementfabrikk eller en bil er aller best i stand til å få gjort noe med utslippene og vurdere hvordan de skal reduseres."* Også Lasse Fridstrøm argumenterer på samme måte, og legger til grunn territorialprinsippet: *"Hvert land og hver regjering må ha ansvar for utslipp på eget territorium. (...) En logisk følge av territorialprinsippet er at vi ikke skal bry oss om utslipp på andre lands territorium – heller ikke det klimafotavtrykket som er nedfelt i de produktene vi importerer, eller det utslippet som oppstår når våre eksportprodukter tas i bruk."*, (Fridstrøm, 2019).

Dersom markedet skal kunne hensynta underliggende aspekter som avstedkommer indirekte utslipp for ulike produkter og tjenester, så må kunnskap om disse produktenes og tjenestenes klimafotavtrykk gjøres tilgjengelig og vektlegges av markedsaktører. Dersom Enova skal fokusere på disse sammenhengene bør det formaliseres

- hvordan ambisjoner skal settes
- hvilke endringer som skal oppnås
- hvordan effekter skal observeres og om mulig kvantifiseres.

2 Metoder og problemstillinger

Klimafotavtryksmetodikk tar mål av seg til å kvantifisere klimafotavtrykket for et produkt eller tjeneste over hele livsløpet (se Figur 2 (Roychoudhury & Khanda, 2016)), hvor man også hensyntar verdikjeden for innsatsfaktorene (kryssløpet) for produktet eller tjenesten.



Figur 2 Livsløpsanalyse - Life Cycle Assessment

En problemstilling kan f.eks. være: Hvilke klimagassutslipp medfører produksjon, drift og avhending av en diesebil som er basert på materialer fra Europa, produsert vha. kullkraft på en fabrikk i Polen, solgt i Tyskland, bruktimportert til Norge og avhendet i bilopphuggeri her. Hva blir klimafotavtrykksgevinsten av å kjøpe en japansk batteribil i stedet? En byggrelatert problemstilling kan for eksempel være: Hva blir klimafotavtrykksgevinsten av å bygge en heltrekonstruksjon i stedet for en betongkonstruksjon?

Det er svært krevende å kvantifisere forutsetningene for slike analyser. Ikke bare forutsettes du å ha oversikt over hvor stålet til bilen er produsert og med hvilken kraftmix – du skal også kjenne den fremtidige innblanding av biodrivstoff i diesel og sammenligne med kraftmiksen frem i tid. Dette krever egentlig en guddommelig innsikt som så skal dokumenteres i form av et fullskala, dynamisk datagrunnlag med tilhørende beregningsmodell.

Man kan beregne klimafotavtrykket enten med *livsløpsanalyse* (LCA) eller *kryssløpsanalyse* (input-output analyse, IO) (Hertwich & Peters, 2009). Klimafotavtrykket er i teorien uavhengig av beregningsmetoden, og matematisk er de to metodene identiske (E. Hertwich, personlig kommunikasjon, 12. mai 2020).

Anta at vi vil finne klimafotavtrykket for en bil. Livsløpsanalyse kan benyttes for å undersøke en spesifikk bil, mens en kryssløpsanalyse vil beskrive et gjennomsnittlig kjøretøy representert av den aktuelle sektoren i nasjonalregnskapet. En kryssløpsanalyse jobber med tall fra hele økonomien, mens en livsløpsanalyse vanligvis benytter tall på et mer detaljert nivå og bare omfatter de viktigste prosessene.

Livsløpsberegnete fotavtrykk er i gjennomsnitt litt lavere enn kryssløpsbaserte fotavtrykk, fordi de livsløpsanalysene ikke får med alle prosesser og f.eks. utelater

bruk av tjenester under produksjon (E. Hertwich, personlig kommunikasjon, 12. mai 2020).

For kryssløpsanalysen er en svakhet at dagens økonomiske kryssløp i liten grad representerer nye teknologier som kan få stor utbredelse i fremtiden. For eksempel vil dagens nasjonalregnskap i liten grad representere hvorvidt batterier fra elektriske biler kan inngå i nye produkter og tjenester etter at dagens elbil har nådd sin økonomiske levetid en gang i fremtiden. (Dette er selvsagt også vanskelig i en livsløpsanalyse, men likevel relativt vanskeligere å adressere i en kryssløpsanalyse.)

Metodisk kan man altså beregne klimafotavtrykk ved hjelp av *kryssløpsanalyse* (som beskriver energi- og materialstrømmene inkludert de transportrelaterte basert på et aggregert økonomisk helhetsbilde) eller *livsløpsanalyse* (som tar med konsekvensene av kryssløpsanalysene for hele livsløpet fra vugge til grav). Figur 3 skisserer et eksempel hvor man ønsker å finne klimafotavtrykket for et bygg.



Figur 3 Kryssløpsanalyse og livsløpsanalyse med bygg som eksempel på anvendelse

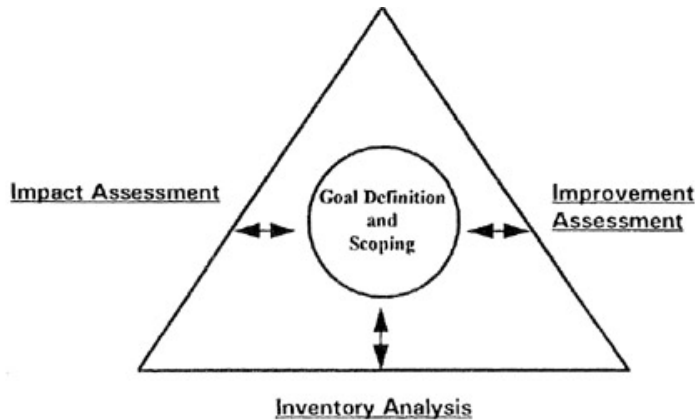
2.1 Livsløpsanalyse

Livsløpsanalyse forkortes LCA, som står for Life Cycle Assessment. I følge ISO 14040:2006 defineres LCA som: "Compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle".

En eldre og lengre definisjon stammer fra Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), som i 1993 definerte LCA slik:

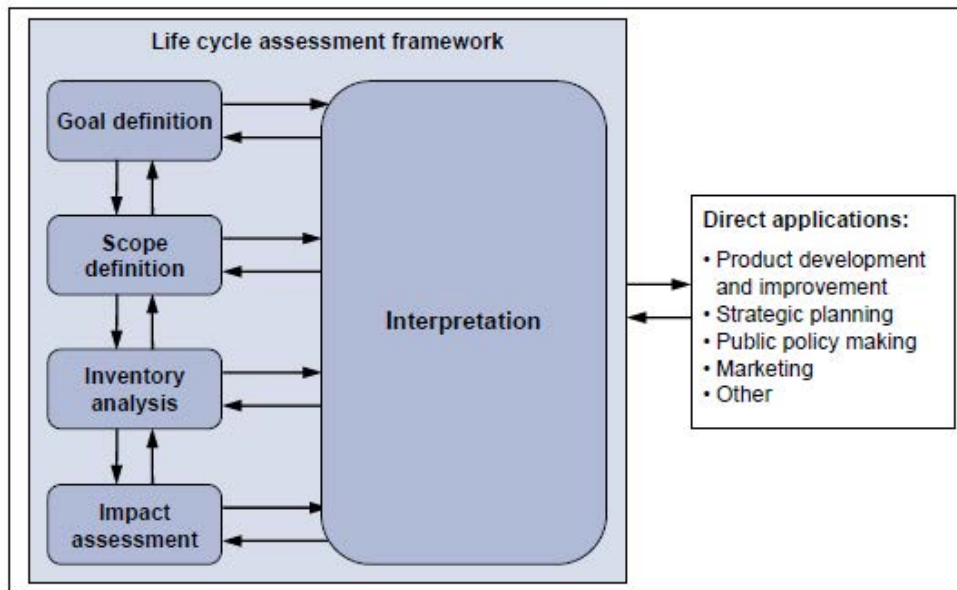
"Life cycle assessment is an objective process to evaluate the environmental burdens associated with a product, process or activity by identifying, and quantifying energy and material usage and environmental releases, to assess the impact of the energy and material uses and release on the environment, and to evaluate and implement

opportunities to effect environmental improvements. The assessment includes the entire life cycle of the product, process or activity, encompassing extracting and processing raw materials; manufacturing, transportation and distribution; use/deuse/maintenance; recycling; and final disposal."



SOURCE: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993b), *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice"* (1st ed.), Pensacola, FL: SETAC, p. 11. Reprinted by permission. Copyright 1993 by Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Figur 4 SETAC triangle



Figur 5 Rammeverk for LCA fra ILCD-handbook, modifisert fra ISO 14040:2006

I henhold til ISO 14040:2006 så kan en livsløpsanalyse deles inn i fire faser (se Figur 5 Rammeverk for LCA fra ILCD-handbook, modifisert fra ISO 14040:2006Figur 5, (European Commission & Joint Research Centre, 2010)):

- 1) Definisjon av mål og omfang (goal and scope definition)

- 2) Lager analyse (Lifecycle Inventory analysis, LCI)
- 3) Effektanalyse (Lifecycle Impact Assessment, LCIA)
- 4) Livsløpstolkning (interpretation)

1) Definisjon av mål og omfang (goal and scope definition)

Dybden og bredden av en livsløpsanalyse kan avhenge sterkt av hvordan man definerer målet og omfanget av analysen. Dette gjør at livsløpsanalyser kan være vanskelige å sammenligne.

En LCA-analyse kan ta for seg et produkt, en tjeneste eller i videste forstand en form for menneskelig aktivitet. Man ønsker å analysere det aktuelle *systemet* som tjener en funksjon for å levere en form for nytte. Ut fra dette kan man definere hva som er den *funksjonelle enheten* for analysen. Den funksjonelle enheten kan for eksempel være en elektrisk bil som kjører 12 000 km per år. Et annet eksempel på en funksjonell enhet kan være «egnet emballasje for å kunne beskytte, transportere og lagre 1000 liter drikke».

2) Lager analyse (Lifecycle Inventory analysis, LCI)

Her beskrives relevant input som inngår for den funksjonelle enheten, både energiflyt, materialflyt og annen ressursinput.

Det analyserte systemet deles gjerne opp i forgrunnssystemet og bakgrunnssystemet (foreground og background system):

- Forgrunnssystemet: Inkluderer prosesser som er direkte koblet til analysens funksjonelle enhet. Her er det gjerne behov for å innhente spesifikk informasjon til analysen.
- Bakgrunnssystemet: Prosesser som er allment brukt og gjerne beskrevet i tilgjengelige databaser, f.eks. produksjon av basismaterialer og tilhørende transport med f.eks. lastebil, jernbane eller skip.

Det finnes to hovedtyper av LCI-metoder: «attributional» og «consequential».

- «Attributional modellering» benevnes også som deskriptiv eller bokføringsmodellering. Alle strømmer inn og ut av alle prosesser bokføres i den rekkefølge de kommer.
- «Consequential modellering» følger et prinsipp som identifiserer og modellerer alle prosesser i bakgrunnssystemet som en konsekvens av beslutninger som gjøres i forgrunnssystemet.

«Attributional» er mest brukt og er innebygget i en statisk teknosfære i motsetning til «consequential» som inngår i en dynamisk teknosfære. «Consequential modellering» benevnes også som endringsorientert, effektorientert, beslutningsbasert, markedsbasert, og påvirkes av markeder og forventede endringer. I nordisk sammenheng benytter man begrepene bokføringsperspektiv og konsekvensperspektiv (Janson et al., 2019).

Siden en LCA-analyse tar for seg systemet rundt den funksjonelle enheten, så er det viktig å definere systemgrenser. Dette gjøres hovedsakelig på tre ulike måter (Finnveden et al., 2009):

- Mellom det tekniske systemet og miljøet.
- Mellom signifikante og ubetydelige prosesser.
- Mellom det studerte tekniske systemet og andre tekniske systemer.

Videre finnes det tre typer prosesser (hvor man må allokere ressurser):

- a) Multi-output
- b) Multi-input
- c) Open-loop recycling (hvor et avfallsprodukt resirkuleres til et annet produkt)

Når man har multifunksjonelle prosesser finnes det to prinsipielt ulike måter å håndtere dem på (Finnveden et al., 2009). Enten kan man allokere miljøeffektene mellom produktene, eller alternativt kan man dele opp prosessen i underprosesser eller utvide systemgrensene (avoided burden method). I henhold til ISO14044:2006 skal man om mulig unngå å allokere påvirkningen mellom produkter. Dersom man må allokere mellom systemets input og output, så bør disse fordeles basert på de underliggende fysiske relasjonene. Dersom dette ikke er hensiktsmessig kan man bruke andre relasjoner som f.eks. økonomisk verdi (Saade et al., 2016).

3) Effektanalyse (Lifecycle Impact Assessment, LCIA)

I denne delen av en livsløpsanalyse kombineres ressurs- og utslippsstrømmene fra LCI-fasen til et mindre sett av miljøeffektindikatorer. LCIA forsøker å modellere alle effekter av produktsystemet som kan forventes å skade et eller flere områder som krever beskyttelse.

Enovas hovedfokus er reduksjon av klimagassutslipp for å hindre global oppvarming, men generiske LCI-data og LCA-verktøy er utviklet for å regne på mange ulike miljøpåvirkninger som f.eks. miljøforgiftning, forsuring av havene, fortynning av ozonlaget, vannforurensning, luftforurensning, osv. Man grupperer disse ulike påvirkningene i ulike midtpunkter (midpoints) og endepunkter (endpoints), se Figur 6 (European Commission & Joint Research Centre, 2010).

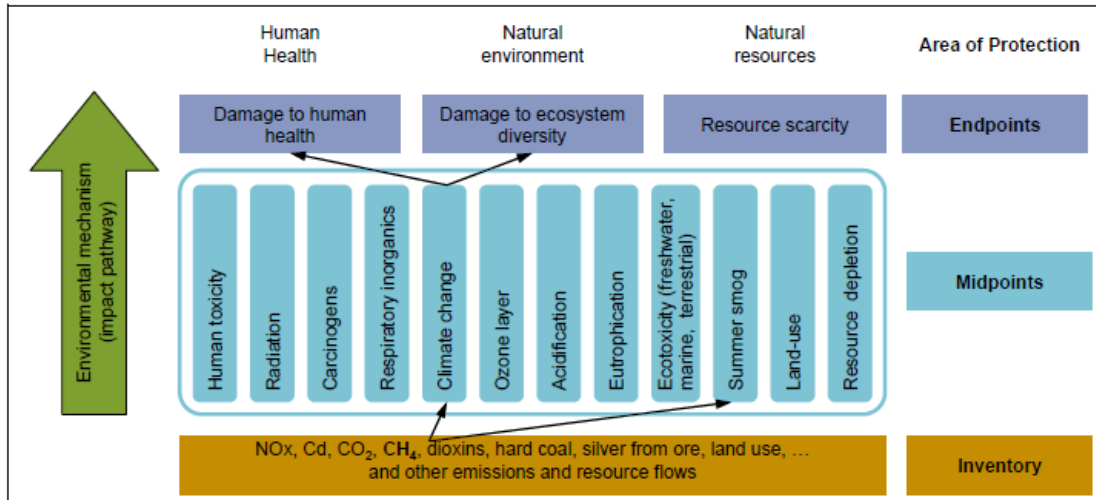
1

I henhold til ISO 14044:2006 består LCIA av to obligatoriske (a og b) og to frivillige trinn (c og d):

- a) Valg av «impact categories and classification»
- b) Karakterisering hvor effekten av hvert utslipp modelleres kvantitativt.
- c) Normalisering
- d) Veiing

Dette kan gjøres på mange måter. En mulig inndeling med fordeling på midpoint og endpoint levels er vist i Figur 6. ISO-standardene har latt være å standardisere valg av

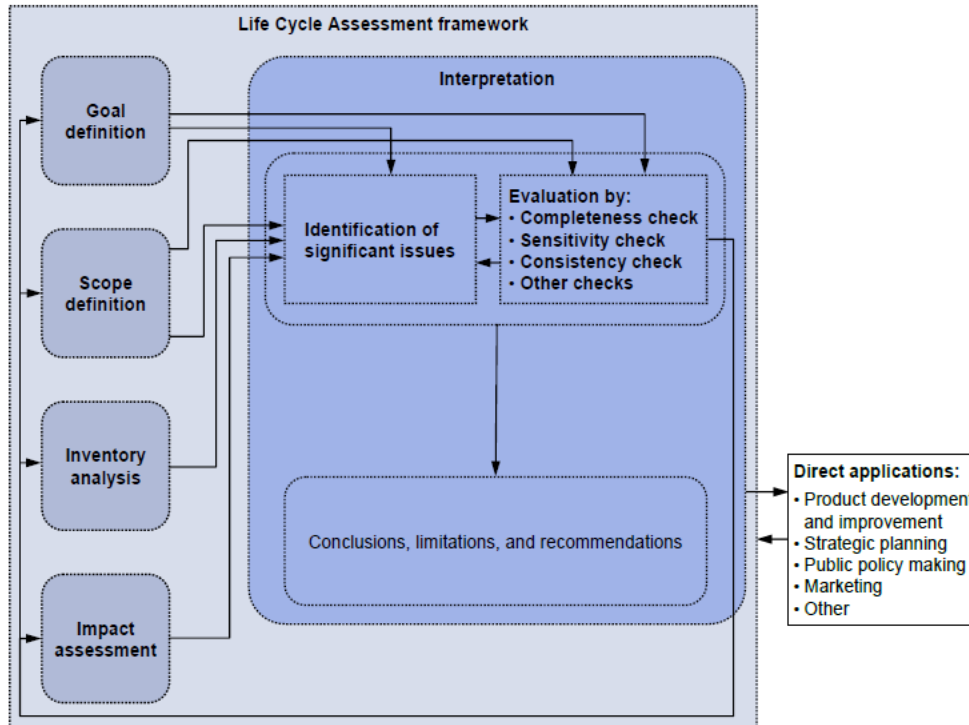
LCIA-metode, men andre aktører prøver å komme med anbefalinger, f.eks. «International Reference Life Cycle Data System» (European Commission & Joint Research Centre, 2010).



Figur 6 Livsløpsanalyse - steg fra lager via midpunktskategorier til påvirkningsendepunkter som krever beskyttelse (Kilde: ILCD-handbook)

4) Livsløpstolkning (interpretation)

En LCA eller LCI studie er nesten alltid en iterativ prosess. Den første iterasjonen kan inneholde generiske eller gjennomsnittlige data og sammen med ekspertvurderinger identifisere nøkkelprosessene og elementære strømmer. Hovedinnsatsen kan deretter konsentreres om de mest relevante delene av systemet. Analysen bør så ende opp med konklusjoner, begrensninger og anbefalinger, se Figur 7 (European Commission & Joint Research Centre, 2010).



Figur 7 Tolkning (fase 4) i rammeverket for livsløpsanalyse

2.2 Kryssløpsanalyse

Kryssløpsanalyse er en systematisk analyse av det gjensidige avhengighetsforholdet mellom produksjonssektorene i et land (Munthe, 2020). Dette er en metode innen samfunnsøkonomien. Analysen bygger på såkalte kryssløpstabeller, som gir tall for leveranser av varer og tjenester mellom sektorene og fra sektorene til konsum og investering. Ved å forutsette proporsjonalitet mellom produktmengde og innsats av produksjonsfaktorer kan man stille opp kryssløpsmodeller som blant annet benyttes ved utarbeidelse av nasjonalbudsjettet.

I nasjonalregnskapet produserer Statistisk sentralbyrå tabeller som beskriver produksjon av varer og tjenester, bruk av varer og tjenester samt leveransestrukturen mellom de ulike sektorene av økonomien (SSB, 2019). Disse dataene utnyttes i en kryssløpsmodell ved at handel mellom ulike næringer i økonomien er organisert i matriseform slik at man effektivt kan hente ut andeler av produksjon – med tilhørende utslipp – som regnes som produktinnsats i de ulike næringer (Asplan Viak, 2019). Dermed kan kryssløpsmodeller benyttes for å beregne andeler av andre sektors klimagassutslipp som følge av aktiviteter innen bygg og anlegg.

I en kryssløpsmodell antas det at prisene på varer og tjenester er konstante, men modellapparatet kan utvides til generelle likevektsmodeller hvor også priser kan beregnes i modellen. Datagrunnlaget organiseres da i en Social Accounting Matrix

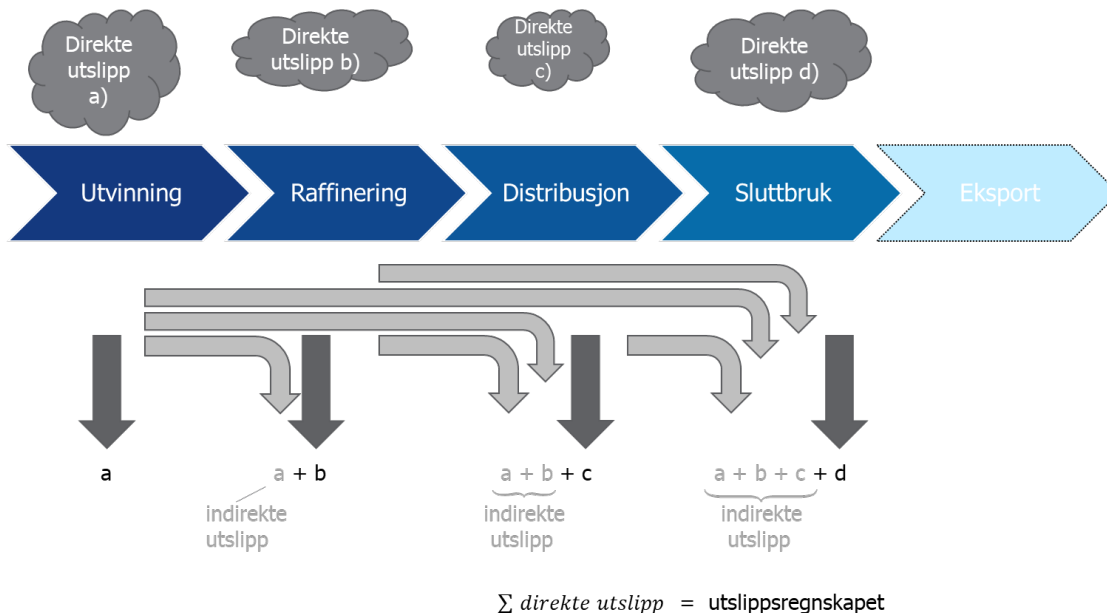
(SAM), som gir et øyeblikksbilde av hele økonomien for et gitt år (basisåret). Et eksempel på innholdet i en SAM er vist i Figur 8.

	Industry	Commodity	Factors	Institutions	Enterprises	Capital	Trade	Total
Industry		<i>Make</i>					<i>Exports</i>	Total Industry Income
Commodity	<i>Use</i>			<i>Consumption</i>		<i>Consumption</i>		Total Commodity Income
Factors	<i>Value Added</i>						<i>Exports</i>	Total Factor Income
Institutions		<i>Sales</i>	<i>Transfers</i>	<i>Transfers</i>	<i>Transfers</i>		<i>Exports</i>	Total Institution Income
Enterprises								Total Enterprise Income
Capital						<i>Transfers</i>	<i>Exports</i>	Total Capital Income
Trade	<i>Imports</i>		<i>Factor Trade</i>	<i>Imports</i>		<i>Transfer</i>	<i>Exports</i>	Total Trade Income
Total	Total Industry Outlay	Total Commodity Outlay	Total Factor Outlay	Total Institution Outlay	Total Enterprise Outlay	Total Capital Outlay	Total Trade Outlay	

Figur 8 Innhold i en Social Accounting Matrix (SAM)¹

Det som er direkte utslipp et sted i verdikjeden er også indirekte utslipp et annet sted i verdikjeden. For at totalsummen av utslipp skal bli korrekt må alltid *hele* verdikjeden vurderes. Hvis ikke vil samme utslipp tas med flere ganger, og totalsummen av utslipp vil også endres avhengig av hvor mange ledd det er i verdikjeden.

¹ <https://implanhelp.zendesk.com/hc/en-us/articles/115009674708-Introducing-the-SAM->



Figur 9 Direkte og indirekte utslipp langs verdikjeden

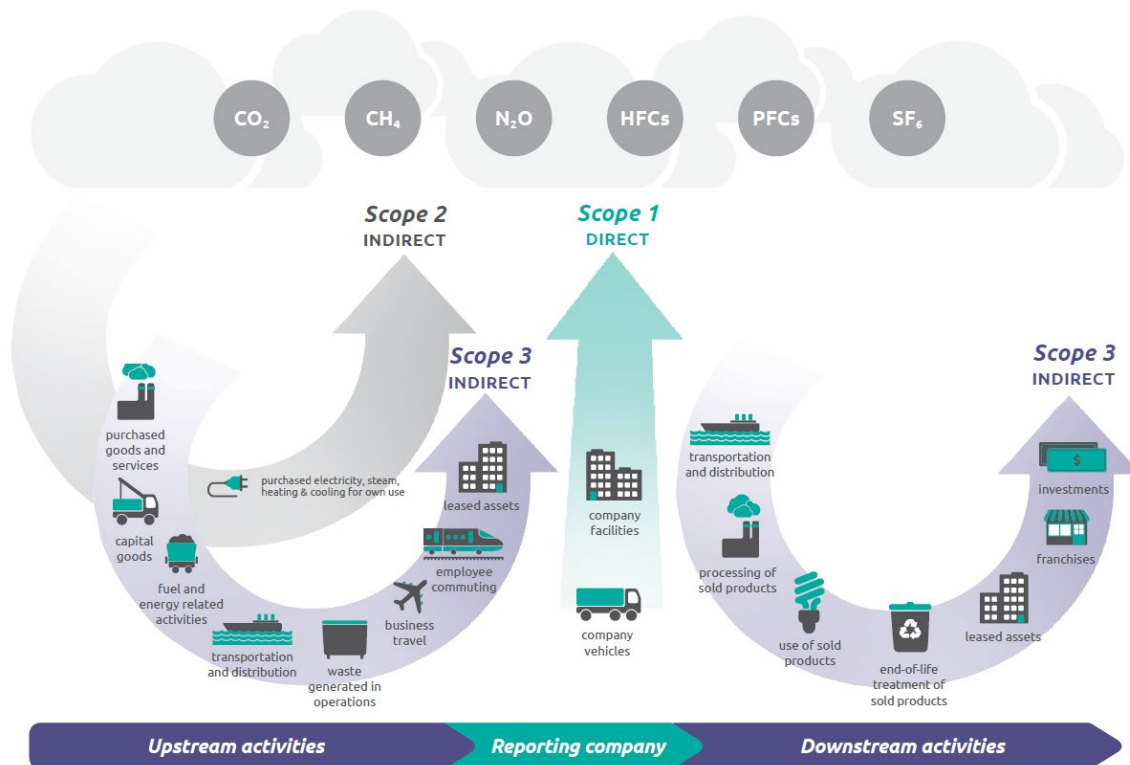
I livsløpsanalyse snakker man tilsvarende om livsløpet «fra krybbe til grav» (cradle-to-grave). Et lignende begrep er «fra krybbe til port» (cradle-to-gate). Dette er en partiell livsløpsanalyse, som tar for seg produksjonen av produktet (oppstrøms) før transport til kunden, bruksfasen og avhending (nedstrøms). Det er verdt å merke seg at partielle analyser som tar for seg cradle-to-gate *ikke* ivaretar hele verdikjeden.

2.3 Bedrifter

Den internasjonale standarden ISO 14064-1:2018 omhandler kvantifisering og rapportering av klimagassutslipp og reduksjoner på organisasjonsnivå.

The Greenhouse Gas Protocol² deler klimagassutslipp fra bedrifter inn i tre nivåer (scopes) (GHG Protocol, 2011).

² GHG Protocol etablerer og tilgjengeliggjør globale standarder for å måle og redusere klimagassutslipp, og er et samarbeid mellom World Resources Institute og World Business Council for Sustainable Development.



Figur 10 Oversikt over ulike scope for utslipp langs verdikjeden (GHG Protocol, 2011)

Tabell 1 Beskrivelse av bedrifters klimagassutslipp på scope 1, 2 og 3

Nivå	Beskrivelse
Scope 1	Direkte klimagassutslipp, f.eks. pga. forbrenning av drivstoff i transport eller bruk av fossile energibærere i produksjonsprosesser.
Scope 2	Indirekte klimagassutslipp som følge av bedriftens energikonsum i form av elektrisitet, varme og damp.
Scope 3	Indirekte klimagassutslipp basert på utslipp fra delene av verdikjeden som ligger utenfor bedriften. Disse utslippene kalles også «verdikjedeutslipp» (value chain emissions).

Beregninger av bedrifters Scope 3 utslipp kan være basert på både kryssløpsdata (typisk såkalte environmentally-extended input-output data - EEIO) eller LCA-data.

World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development og Carbon Trust har samarbeidet om en guide for beregning av Scope 3 utslipp som supplerer standarden (Barrow et al., 2013).

EU Kommisjonen har publisert en guide for Organisation Environmental Footprint (OEF) (Pelletier et al., 2012) og en metodeanbefaling får både OEF og PEF (EU Commission, 2013).

2.4 Produkter

En Environmental Product Declaration (EPD) er et dokument som gir uavhengig og tredjepartsverifisert informasjon om livsløpsbaserte miljøpåvirkninger for et produkt. En EPD inneholder kvantifiserte størrelser, og kan benyttes som input til regneverktøy. Relevante standarder som beskriver dette³ er ISO 14025 «Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer» og ISO 14040 «Environmental management Life cycle assessment Principles and framework». I tillegg beskriver standarden EN 15804 hvordan selskaper i bygg og anlegg skal lage EPD'er «Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products».

Norske EPD'er er tilgjengelig via <https://www.epd-norge.no/>.

Internasjonale EPD-er kan man søke etter i <https://www.environdec.com/EPD-Search/>.

Som nevnt i kapittel 2.2 så omtaler man gjerne livsløpet «fra krybbe til grav» (cradle-to-grave), eller alternativt «fra krybbe til port» (cradle-to-gate) som er en partiell livsløpsanalyse som tar for seg produksjonen av produktet før transport til kunden og videre bruk. *En EPD kan være av type cradle-to-gate eller cradle-to-grave*, og det kan også finnes mellomvarianter som «cradle-to-gate-with-options» (Cobuilder, 2015).

EU Kommissjonen har publisert en guide for Product Environmental Footprint (PEF) (Manfredi et al., 2012), og en metodeanbefaling for både OEF og PEF (EU Commission, 2013).

De internasjonale standardene ISO 14067:2018 "Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification" og PAS 2050 spesifiserer livsløpsanalyser for å kvantifisere klimafotavtrykk for produkter (Carbon Footprint, u.å.).

Greenhouse Gas Protocol har en standard for livsløpsrapportering for produkter⁴.

3 Bygg og indirekte utslipp

Bygg er bestemmende for en stor andel av globale klimagassutslipp, men det meste av utslippene er indirekte utslipp. Byggsektoren har kommet langt i å kvantifisere indirekte utslipp. Vi beskriver derfor fotavtrykksmetoder, verktøy og erfaringer særskilt for byggsektoren i dette kapitlet.

3.1 Fotavtrykksmetoder

³ <https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/EPD>

⁴ <https://ghgprotocol.org/product-standard>

I dette delkapittelet omtales noen byggrelaterte fotavtryksmetoder. Erfaringer og anbefalinger omtales i påfølgende delkapitler.

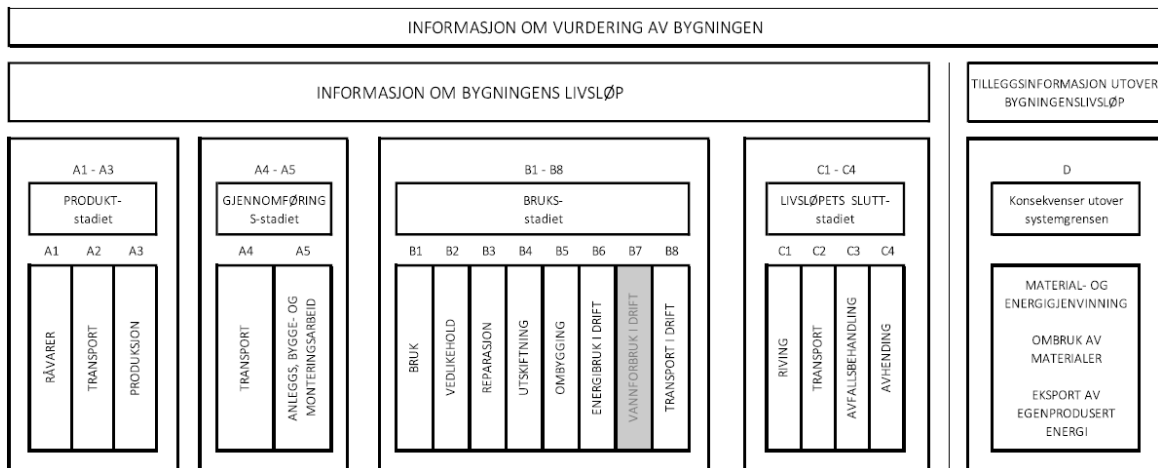
3.1.1 Norsk standard NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger

Norsk standard NS3720 ble publisert 2018-09-01 (Standard Norge, 2018a). Formålet har vært å standardisere en metode for klimagassberegninger for bygninger basert på regnskaps-LCA. Slike beregninger skal så danne grunnlag for

- Beslutningsstøtte ved valg av konsept, prosjekteringsalternativ og valg mellom rehabilitering, ombygging eller nybygg
- Dokumentasjon
- Oppfyllelse av krav og mål

Standardiseringskomitéen «SN/K 356 Klimagassberegninger for bygninger» ble oppnevnt av Standard Norge i desember 2013, og har vært ledet av Eivind Selvig fra Civitas.

Standarden er bygget opp med moduler som dekker hele livsløpet for en bygning. En nyhet er at standarden tar inn transport av personer og varer til og fra bygningen i driftsfasen. Dette gjør at lokaliseringen av bygget blir en viktig egenskap ved bygget, og påvirker utslippet fra transport. Dette aspektet er lagt inn i en ny modul B8, se Figur 11. De øvrige modulene stemmer overens med standarden NS-EN 15978:2011 «Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning - Beregningsmetode», se Figur 12.



Figur 11 Livssyklus for en bygning definert i NS 3720:2018

A1-A3 Product Stage			A4-A5 Construction Process Stage		B1-B7 Use Stage							C1-C4 End of Life Stage				D Benefits and loads beyond the system boundary			
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
Raw Material Supply	Transport to Manufacturer	Manufacturing	Transport to building site	Installation into building	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction / demolition	Transport to end of life	Waste Processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling	Exported energy / Potential

Figur 12 Livssyklus for en bygning definert i NS-EN 15978:2011

Systemgrense

For en ny bygning skal systemgrensen omfatte bygningens livsløp som vist i Figur 11. For en eksisterende bygning (eller del av den) skal systemgrensen omfatte alle stadier som representerer gjenværende levetid samt riving/avhending og avfallshåndtering ved livsløpets slutt for bygningen.

Rapportering av resultater

I Figur 13 gjengis en resultattabell for klimagassutslipp fra ulike faser i livsløpet, hentet fra NS 3720.

INFORMASJON OM VURDERING AV BYGNINGEN																
INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP														Konsekvenser utover systemgrensen		
	Unit	Produktstadiet	Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet							Livsløpets sluttstadiet				
		A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Klimagassregnskap																
Klimagassutslipp; (GWP _{tot})	kg CO ₂ e															Substitusjonseffekter som følge av: - ombruk - resirkulering - eksportert energi
Klimagassutslipp; (GWP _{bio})	kg CO ₂ e															
Klimagassutslipp; (GWP _{LULUC})	kg CO ₂ e															
Material- og energistrømmer som krysser systemgrensen etter avfallshåndtering*																
Komponenter/ materialer som blir ombrukt	kg															
Materialer som blir resirkulert	kg															
Materialer som blir energigjenvunnet	kWh															
Eksportert egenprodusert energi	kWh															
* Material- og energistrømmer som kan tilordnes modul D, der substitusjonseffekter beregnes.																

Figur 13 Resultattabell for klimagassutslipp fordelt på de ulike modulene i livsløpet og material- og energistrømmer som krysser systemgrensen etter avfallshåndtering (Kilde: NS 3720)

3.1.2 Future Built beregningsregler

FutureBuilt er et tiårig program med visjon om å vise at det er mulig å utvikle klimanøytrale bygg og byområder med høy kvalitet. FutureBuilt har hatt som mål å få frem 50 forbildeprosjekter i Osloregionen som skal redusere klimagassutslippene med minst 50 prosent innen områdene transport, energibruk og materialbruk sammenlignet med referansealternativ eller dagens praksis. Prosjektene kan omfatte både områder og enkeltbygg. FutureBuilt består per mars 2020 av 54 prosjekter fordelt på barnehager og skoler, kontorbygg, kulturbygg, boligprosjekter, idrettsanlegg, transport- og sykkelanlegg og byområder.

FutureBuilt har publisert en rapport som omtaler regnereglene i programmet: «Regneregler for klimagassberegninger i Future Built» (Selvig et al., 2019). Rapporten gir et godt innblikk i detaljeringsgraden som trengs. I utgangspunktet baserte FutureBuilt sine klimagassberegninger på Statsbyggs løsning «klimagassregnskap.no». Denne løsningen er ikke lenger tilgjengelig, og funksjonaliteten er videreført i «One Click LCA» som leveres av det finske selskapet Bionova.

Eivind Selvig er hovedforfatter for regnereglene i FutureBuilt, og samme person har også vært komiteleder for arbeidet med NS 3720. Generelt er det godt samsvar mellom regnereglene til FutureBuilt og den norske standarden for klimagassberegninger for bygninger.

Future Built programmet har inngått i en form for paraplysamarbeid kalt «Framtidens byer». Her har «energi i bygg» vært et satsningsområde, og innsatsen i Oslo, Bærum, Drammen og Asker har i stor grad dreid seg om FutureBuilt. For de resterende 10 byene har man hatt pilotprogrammet «Framtidens bygg», med Lavenergiprogrammet og NAL som initiativtakere. Status ved avslutningen av Framtidens byer var 31 godkjente pilotprosjekter, hvorav sju var områdeprosjekter. Alle byene har hatt minst ett pilotprosjekt.

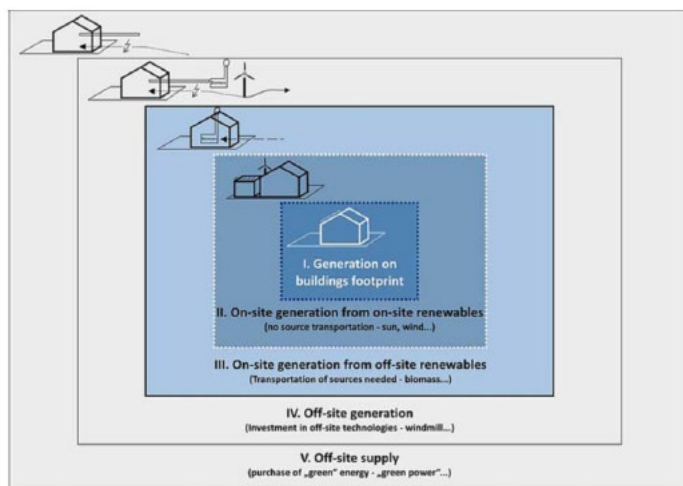
Enova er partner og representert i programstyret i FutureBuilt, og har deltatt i referansegruppen for pilotprosjektene i Framtidens bygg.

3.1.3 Zero Emission Buildings (ZEB) og Zero Emission Neighbourhoods (ZEN)

Zero Emission Buildings (ZEB) var et forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) som ble støttet av Norges Forskningsråd og ble etablert i 2009 og avsluttet i 2017. Hovedmålsetningen til ZEB var å utvikle produkter og løsninger for eksisterende og nye bygninger som vil lede til markedsgjennombrudd for bygninger med null klimagassutslipp knyttet til produksjon, drift og avhending. I 2017 ble det opprettet et nytt FME-forskningscenter «Zero Emission Neighbourhoods» (ZEN), med støtte fra Norges Forskningsråd i nye 8 år.

Regneregler fra ZEB har vært publisert i ulike rapporter, en oppsummering er gitt i «A Norwegian ZEB Definition Guideline» (Fufa et al., 2016).

Forskningsarbeidet har f.eks. jobbet med kvantifisering av CO₂-koeffisienter, blant annet for fremtidig europeisk elektrisitetsmiks som det henvises til i regnereglene til FutureBuilt. I NS 3720 kreves det at man skal regne på minst to scenarier for elektrisitet for nett; et scenario med norsk forbruksmiks og et scenario med europeisk forbruksmiks.



Figur 14 Eksempler på ulike systemgrenser

3.1.4 Sertifisering - BREEAM

BREEAM er verdens eldste (1990) og Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy for bygninger (Byggtjeneste, u.å.). BREEAM står for Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology.

BREEAM-NOR er en norsk tilpasning av BREEAM, og er Norges mest utbredte miljøsertifisering for alle typer bygg (Grønn byggallianse, u.å.)

BREEAM-NOR er ifølge «Byggtjeneste» Norges eneste metode for sertifisering av bærekraftige bygg. I Norge er det i overkant av 300 registrerte BREEAM-NOR prosjekter, mens verktøyet og metodikken benyttes av enda flere. Formålet er å motivere til bærekraftig design og bygging gjennom hele byggeprosjektet, fra tidlig fase til overlevert bygg. BREEAM-NOR har vist seg å være et effektivt verktøy for å samordne de ulike aktørene i et byggeprosjekt og integrere bærekraftig tenkning i alle ledd (Byggtjeneste, u.å.).

Den tekniske manualen BREEAM-NOR er tilgjengelig via Grønn Byggallianse (Grønn Byggallianse, 2019).

Lågan-rapporten (Janson et al., 2019) lister opp fire andre sertifiseringssystemer i Sverige, i tillegg til den svenske varianten av BREEAM:

- Miljöbyggnad 3.0, indikator 15 (SGBC)
- Klimatvärdering i LEED version 4.0 (USGBC)
- Klimatvärdering i BREEAM-SE 2017 (SGBC)
- Citylab (SGBC)
- NollCO2 (SGBC)

3.1.5 Nasjonale klimagassutslipp fra bygg- og anleggssektoren (Asplan Viak)

Asplan Viak har kvantifisert klimagassutslippene fra bygg- og anleggssektoren (Asplan Viak, 2019), og Figur 15 viser skjematisk forskjellen på fotavtrykksperspektivet og produksjonsperspektivet. Denne forskjellen tilsvare forskjellen på territorielle og konsumbaserte utslipp som vist i Figur 1 (territorielle utslipp tilsvare produksjonsperspektivet, mens konsumbaserte utslipp tilsvare fotavtrykksperspektivet).



Figur 15 Fotavtrykksperspektiv versus produksjonsperspektiv for bygg- og anleggssektoren

Eksport inkluderes ikke i fotavtrykksperspektivet, siden dette inngår som import for et annet land (og dermed inngår i deres fotavtrykksperspektiv).

3.1.6 Vurdering av klimaberegningsmetoder for bygninger i Sverige (Lågan)

Lågan-rapporten (Janson et al., 2019) har vurdert ulike klimaberegningsmetoder for bygninger i Sverige. Funnene er oppsummert i Tabell 2, se side 42 i rapporten.

Tabell 2 Egenskaper for klimaberegningsmetoder for bygninger (Kilde: Lågan rapport)

	Syfte	Perspektiv	LCA-skeden	Systemgräns for el	Allokeringsperspektiv for kraftvarme i B6	Rekommenderad tid for utförande	Resultat per funksjonell enhet
Boverkets klimatdeklarasjoner	Klimatdeklarasjon for all nyproduksjon	Bokforing	A1-A5	Enligt EN15978	Enligt EN15978	Enligt lagkrav efter oppfordr byggnad. Rekommanderas vid projektering.	CO _{2e} /m ² BTA
Klimatdel i Level(s)	Klimatindikator i hallbarhetsdeklarasjon for kontor og bostader	Bokforing	A1-C4	Enligt EN15978	Enligt EN15978	Projektering	Klimatindikator kg CO _{2e} /m ² , år
Miljøbyggnad 3.0 indikator 15	Klimatpåverkan från stommen og grunden i en byggnadsertifisering	Bokforing	A1-A3 (+A4 for Silver og Guld)	B6 ingår ej	B6 ingår ej	Projektering	g CO _{2e} /m ² A _{temp}
Klimatdel i LEED	Klimatbedömning i byggnadsertifisering	Bokforing	A1-A4	B6 ingår ej	B6 ingår ej	Projektering	kg CO _{2e}
Klimatdel i BREEAM-SE	Klimatbedömning i byggnadsertifisering	Bokforing	A1-A4, Poäng baseras på antal skeden	B6 ingår ej	B6 ingår ej	Projektering	kg CO _{2e}
NollCO2	Certifiseringssystem	Bokforing, tidsupplöst	A1-A5, B6	Nordisk elmix	Energimetoden	Projektering	kg CO _{2e} /m ² A _{temp}
Tidsstegen 2	Bedömning av energiløsninger i nyproduksjon eller energitåtgårder i befintlige byggnader	Konsekvens	B6	Europa	Allokering anvendes ej, istället systemekspansjon i energisystemet	Projektering	kg CO _{2e} /år
Klimatdel i Citylab	Del i sertifiseringssystem	Bokforing	Rekommenderar hel livscykelanalyse			Projektering, planering av stadsdel	
Öppet klassningssystem	I. Byggnadsdeklarasjon, II. nollbyggnader, III. sertifiseringssystem	I. Bokforing II. Bokforing, tidsupplöst III. Konsekvens	B6	Nordisk elmix	Alternativproduksjonsmetoden anvendes eftersom data finns att tillgå med den. Allokering med avseende på energi eller økonomi hade varit önskvärt.	Slutdeklarasjon, projektering	g CO _{2e} /m ² A _{temp}

Perspektiv

En av kolonnene i Tabell 2 er analyseperspektivet, og som nevnt i kapittel 2.1 skiller man mellom «attributjonal» og «consequential» modellering i LCA lageranalyse (inventory analysis). I Lågan-rapporten benytter man begrepene bokføringsperspektiv og konsekvensperspektiv.

Tabell 3 Bokføringsperspektiv versus konsekvensperspektiv

Bokføringsperspektiv	Konsekvensperspektiv
Sum utslipp skal stemme med virkeligheten.	Fokuserer på endringer, ikke summen.

Benytter gjennomsnittsverdier, f.eks. utslippsfaktor for gjennomsnittlig europeisk kraftmiks.	Benytter marginalverdier – f.eks. utslippsfaktorer fra den dyreste energien som brukes, og som først stenges av.
Beskriver den direkte klimabelastningen fra produktsystemet som allokeres til produktet	Må også beskrive konsekvenser i tilgrensende systemer
Er enklere å få entydig, siden analysen inkluderer et avgrenset system.	Analysen blir svært avhengig av antagelser siden den favner konsekvenser i tilgrensende systemer.
Passer for miljømerking og sammenligning av ulike produkter ved innkjøp.	Passer for produkt- og prosessutvikling, for å sammenligne ulike alternativer som kan produseres eller implementeres.
Når flere produkter deler samme prosess <i>allokeres</i> miljøpåvirkningen til de ulike produktene. Prinsippene for dette kan variere. For EPD og OEF kan man forsøke å detaljere prosessen ytterligere.	Når flere produkter deler samme prosess forsøker man å detaljere prosessen eller vurdere hvilken systemekspansjon som trengs for det aktuelle produktet. Ved substitusjon av produkter kan man benytte marginalbetraktninger (ikke bare gjennomsnittsbetraktninger). Systemgrensen kan tilpasses til hva som vil være alternativet, og hvilken miljøpåvirkning som dermed kan unngås.

Vi ser i Tabell 2 at de fleste metodene som er vurdert i rapporten benytter bokføringsperspektivet.

LCA-steg

Kolonnen med LCA-steg (LCA-skeden) i Tabell 2 viser til de ulike modulene i Figur 12, og utgjør en form for systemgrense idet den definerer hvilke prosesser i livssyklusen som skal inkluderes. Som vi ser er det stor forskjell på hvilke steg som inngår. Dette gjelder også ved angivelse av elektrisitet og varmekraft.

Vi ser for eksempel at sertifiseringsmetodene BREEAM-SE og LEED bare omfatter modulene A1-A4 (råvarer, transport av produkter, produksjon og transport under byggingen). Disse metodene ser altså bare på en avgrenset del av livsløpet, og tar ikke hensyn til bruksrelaterte utslipp fra bygget.

3.2 Verktøy for å beregne klimafotavtrykk

Et beregningsverktøy er avhengig av datagrunnlag, generisk metodikk og (som regel) tilpasninger til den aktuelle problemstillingen. Noen eksempler på disse delene er:

- a) Databaser med LCI datasett (LifeCycle Inventory): Ecoinvent v3, Agri-footprint, ELCD, NEEDS.

- b) Generisk LCA-programvare (livsløpsanalyser), f.eks. SimaPro, GaBi, openLCA eller Umberto.
- c) Verktøy for livsløpsanalyser/fotavtrykksberegning for å beregne klimapåvirkning ved byggrelaterede problemstillinger, f.eks. One Click LCA, ISY Calcus eller byggLCA.

Det finnes en rekke LCA-verktøy, både generiske og tilpasset bestemte næringer. De fire vanligste verktøyene synes å være SimaPro, GaBi, OpenLCA og Umberto, men eksempelvis er det listet 19 ulike verktøy i Tabell 4 (Ormazabal et al., 2014).

Tabell 4 Verktøy for LCA-beregninger

Tool	Developer	Approach	Web
AIST-LCA 4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	Generic	www.aist-riss.jp/main/
Athena	Athena Sustainable Materials Institute, Canada	Building and construction	www.athenasmi.org/
BEES 4.0	National Institute of Standards and Technology, USA	Building materials	www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm
CMLCA 4.2	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland	Generic	www.cml.leiden.edu/software/
E'DATABASE	Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH, Germany	Generic	www.e3database.com/
EARTHSTER 2 TURBO	GreenDelta GmbH	Generic	www.greendelta.com/
ECO-BAT 4.0	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Switzerland	Building and construction	www.eco-bat.ch/
GaBi	Pe-International	Generic	www.gabi-software.com/
GEMIS	Oeko Institut, Germany	Generic	www.gemis.de
LEGEP	LEGEP Software GmbH, Germany	Generic and Building	www.legep.de/?lang=en
OpenLCA	GreenDelta GmbH	Generic	www.openlca.org/
REGIS	Sinun AG - EcoPerformance Systems	Generic	www.sinun.com/
SABENTO	ifu Hamburg GmbH, Germany	Chemical	www.sabento.com
SIMAPRO	PRé-Consultants	Generic	www.pre-sustainability.com/
SULCA 4.2	VTT Technical Research Centre of Finland	Generic and forest	www.vtt.fi/index.jsp
TEAM	Ecobilan PricewaterhouseCoopers	Generic	www.ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html
TESPI	ENEA, Italy	Generic	www.elca.enea.it/
UMBERTO	ifu Hamburg GMBH	Generic	www.umberto.de/en/
USES-LCA 2.0	Netherlands Center For Environmental Modeling	Terrestrial, freshwater, and marine ecosystems	www.cem-nl.eu/useslca.html

Når det gjelder fotavtrykksmetodikk anvendt på bygg, så har FutureBuilt-programmet jobbet med forbildeprosjekter hvor områder og enkeltbygg over livsløpet skal redusere klimagassutslippene med 50 prosent innen områdene transport, energibruk og materialbruk. Per mars 2020 består FutureBuilt av 54 prosjekter. Både nybygg og rehabilitering i Oslo, Bærum, Asker eller Drammen kan delta i FutureBuilt.

De fleste av prosjektene i FutureBuilt-programmet har benyttet Statsbygg sin løsning **Klimagassregnskap.no** for å regne på klimakonsekvenser (se Tabell 7). Denne løsningen er ikke lenger tilgjengelig. Statsbygg har i stedet anskaffet det kommersielle verktøyet **One Click LCA** som er utviklet av finske Bionova⁵. Funksjonaliteten fra Klimagassregnskap.no er videreført i One Click LCA.

⁵ Se nyhetsartikkel på <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2017/Ny-losning-for-klimagassregnskapno/>

Andre verktøy som har vært brukt av FutureBuilt prosjekter er **ISY Calcus** (som leveres av Norconsult Informasjonssystemer), det generiske LCA-verktøyet **SimaPro** (hvor Asplan Viak er norsk forhandler) og egenutviklede regnearkmodeller. Asplan Viak har f.eks. utviklet sitt eget Excel-baserte verktøy: **byggLCA**. Dette verktøyet benytter primært EPD-data fra EPD-Norge der dette finnes. I tillegg suppleres det med data fra LCA-verktøyet SimaPro og Ecoinvent-databasen, når det skal benyttes materialer eller tekniske løsninger som man ikke har EPD-data på. Utslippsfaktorer for strømmiks og energi er beregnet i SimaPro. Dataene i SimaPro/Ecoinvent kan også overstyres, f.eks. er ikke nødvendigvis materialene i Ecoinvent tilpasset norske forhold.

Lågan-rapporten (Janson et al., 2019) oppgir (på side 10) at følgende verktøy er vanlige for bygganalyser i Sverige:

- **BM 1.0**, Byggsektorns miljøberäkningsverktyg
- **openLCA**
- SimaPro
- **GaBi**
- One Click LCA
- **Anavitor**

OpenLCA og GaBi er generiske LCA-verktøy tilsvarende SimaPro. OpenLCA er «open source», og derfor billigere å ta i bruk. Det finnes både datasett som er gratis og som må kjøpes.

I Boverkets sluttrapport for klimadeklarasjon av byggnader oppgis det en tabell (side 149) med oversikt over ulike verktøy i bruk i Sverige og Danmark (Boverket, 2018), se Tabell 5. Vi finner igjen de tre byggspesifikke verktøyene fra Lågan-rapporten (BM1.0, One Click LCA og Anavitor), men her oppgis det fire andre bygg-verktøy i tillegg.

Tabell 5 Verktøy for klimadeklarasjon av bygg i Sverige og Danmark (Boverket, 2018)

Namn	Delar av livslykelen	Miljødata/databas	Koppling byggnadsdata	Organisation/føretag webblats
Anavitor	A1–A4, spill i modul A5, B2, B4, C1–4	IVL:s miljødatabas.	Miljødata koppelas till mængder från økonomisk kalkyl eller CAD.	Informationsbyggarna www.anavitor.se
BECE/ BECEREN	A1–A3, B4	En enkel uppsättning generiska data, ej oppdaterade. Anvøndaren kan sjølv laggø in data.	Manuell inmatning eller baserat pø referenshus.	Mauritz Glaumann www.ecoeffect.se Finns beskrivet i Malmqvist et al., 2011; Wallhagen et al., 2011.
BidCon Klimatmodul	A1–A3	Ecoinvent samt andra køllor.	Miljødata koppelas till mængder som genereras från økonomisk kalkyl i Bidcon-programmet.	Elecosoft Utveckling av en klimatomdul till Bidcon har skett i samarbeite med Tyrøns.
Byggsektorns Miljøberøkningsverktøg (BM-verktøget)	A1–A3 + spill i A5	Urval av data från IVL:s miljødatabas. Anvøndaren kan sjølv laggø in data.	Manuell inmatning øn sø lønge.	IVL Svenska Miljøinstituttet – utveckling inom ramen før E2B2-projekt finansierat av Energimyndigheten.
LCAByg	A1–A3, B4, C3–4	Data från Økobaudat som granskats utifrøn representativitet før den danske marknaden.	Manuell inmatning eller baserat pø referenshus.	SBI – Danmarks byggforskningsinstitutt. Utveckling finansierat av Danmarks mot-svarighet till Energimyndigheten.
Miljøbyggnad Klimatverktøg	A1–A4	Urval av data från IVL:s miljødatabas	Manuell inmatning.	www.sgbc.se
OneClick LCA	Øtminstone A1–A3, B4, C1–4	Framfør øllt EPD-data från hela vørløden.	Miljødata koppelas till mængder från økonomisk kalkyl eller CAD.	Bionova https://www.oneclicklca.com/

3.2.1 Byggsektorns miljøberøkningsverktøg BM 1.0

Verktøyet BM 1.0 er tilgjengelig gratis, og tar før seg stegene frem til bygget er ferdig (cradle to gate), men ikke bruk og avhending av bygget. Boverket i Sverige arbeider med innføring av krav til klimadeklarasjon av bygg, og BM 1.0 kan tenkes ø bli et verktøg som bidrar til gjennomføring av dette. Verktøyet er utviklet i et prosjekt som heter «Branschgemensamt miljøberøkningsverktøg før byggnader», og er finansiert av E2B2. Verktøyet kan lastes ned fra IVL Svenska Miljøinstituttet, og installeres pø egen pc (*BM – Praktiska verktøgsfrøgor og installation, 2020*).

«I dette E2B2-finansierade prosjekt har forskare vid IVL arbetat med att *førenkla* LCA-verktøget og gøra det *øppet og kostnadsfritt* før ølla, vilket førhøppningsvis ska øka anvøndningen.» - sitat fra forord av Anne Grete Hestnes fra NTNU (Erlandsson, 2018). Om mølene før prosjektet stør det blant ønnet (pø side 9):

- ta fram ett öppet LCA-verktyg som gör det möjligt att göra en klimatdeklaration för en byggnads byggskede, det vill säga från vaggga till färdig byggnad.
- komplettera verktyget med en LCA-databas för de mest frekvent använda byggresurserna, så att en klimatdeklaration kan beräknas.

Verktøyet fokuserer i første omgang på konstruksjonen og materialene, men i et lengre perspektiv er ambisjonen at hele livsløpet skal inkluderes (inkludert energibruk i drift). LCA-databasen i BM 1.0 omfatter stegene A1-A3, som er obligatoriske for å utarbeide en EPD for et byggprodukt. Man ser for seg at verktøyet også skal benytte leverandørspesifikke EPDer etter hvert som slike blir tilgjengelige. Det finnes funksjonalitet for å legge til og vedlikeholde EPDer (Sidvall et al., 2020), og man håper at dette skal kunne effektiviseres. Verktøyet vil dermed kunne stimulere til å gjøre bedre produktvalg og konstruksjonsløsninger (Erlandsson, 2018, 2018).

”I ett längre perspektiv är ambitionen att en hel livscykel ska inkluderas i Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg. Trots en sådan utveckling ser vi framför oss att man i en klimatdeklaration skiljer på själva byggnadens och driftenergiens klimatpåverkan, eftersom energianvändningens klimatpåverkan är starkt beroende av de antaganden som görs om det framtida energisystemet.” (Erlandsson, 2018).

Anavitor er verktøy fra et selskap ved samme navn, som samarbeider med IVL Svenska Miljöinstitutet (som også står bak BM1.0). Martin Erlandsson som har vært prosjektleder for utviklingen av BM 1.0 står oppført som ansatt både i IVL og Anavitor.

3.3 Erfaringer

I dette delkapittelet oppsummerer vi en del erfaringer med beregninger av fotavtryksresultater ved bruk av ulike metodikk og verktøy.

3.3.1 Det blir vanligere å stille klimakrav til bygninger

Innkjøperer stiller sterkere miljø- og klimakrav til bygninger. Initiativ som Grønn Byggallianse, FutureBuilt og Smarte byer har gått foran, og flere aktører har satset på forbildeprosjekter og har gått foran med høye ambisjoner og vist at det er mulig å komme opp med innovative tekniske løsninger. Det har blitt stadig vanligere å stille krav til miljøsertifisering av bygninger. Dette har skapt behov for klarere metoder for kvantifisering av klimapåvirkning fra bygg, og en respons på dette er standarden NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger.

3.3.2 Sverige vil stille krav til klimadeklarasjon ved oppføring av nye bygninger

Regjeringen i Sverige har gitt Boverket i oppdrag å forberede innføring av krav til obligatorisk klimadeklarasjon ved oppføring av nye bygninger (Boverket, 2020). Regjeringen planlegger at nye krav skal tre i kraft fra 1. januar 2022, og Boverket utarbeider forslag til forskrifter. Videre arbeider Boverket med følgende oppgaver i tilknytning til innføringen av nye krav (Regeringskansliet, 2020):

- Utvikle en åpen database med klimadata som skal benyttes ved beregning av klimapåvirkning fra bygninger i et livssyklusperspektiv.
- Utvikle et register for klimadeklarasjon for bygninger.
- Utvikle informasjon og veiledning frem til nye krav trer i kraft
- Lage en plan for fortsatt utvikling av klimadeklarasjon for å inkludere hele livssyklusen og omfatte grenseverdier for klimapåvirkning.

Fra før har Boverket gjennomført et prosjekt for klimadeklarasjon av bygninger, og det ble publisert en sluttrapport i 2018 (Boverket, 2018). Her vises det en kalkyle for arbeidsomfanget med å lage en klimakalkyle for modulene A1-A5, se Tabell 6.

Tabell 6 Tidsbruk og kostnader for klimakalkyle av modul A1-A5 (Boverket, 2018)

A1–A3 Område (% av total tidsåtgång)	Tidsåtgång (h)	Kostnad (kr)
Förberedelser (7 %)	7–14	7 000–14 000
Inventering, datainsamling (33 %)	32–64	32 000–64 000
Bedömning av klimatpåverkan (13 %)	13–26	13 000–26 000
Tolkning och analys av data (27 %)	26–52	26 000–52 000
Samanställning och rapportering (20 %)	20–40	20 000–40 000
Totalt A1–A3:	98–196	98 000–196 000
Totalt A4–A5:	22–45	22 000–45 000
Totalt A1–A5:	120–241	120 000–241 000

Mjukvara	Licenskostnad (kr)
LCA-verktyg: Simapro Analyst	50 000–95 000
LCA-verktyg: OpenLCA	0
LCA-verktyg: BM1.0	0
Databas: Ecoinvent	38 000

Kostnaderna är beräknade utifrån ett konsultarvode på 1000 kr/h. Tabellen visar kostnadsuppgifter för några av de stora kommersiella verktygen.

3.3.3 Det er vanskelig å oppnå sammenlignbarhet på klimavurderinger for bygg
 Det er svært krevende å sikre at fotavtryksresultater blir sammenlignbare. Metodene benyttes til forskjellige analyseformål, og ulike metodiske valg, ulike forutsetninger, ulike systemgrenser og ulike datagrunnlag vil føre til store forskjeller i resultater (Janson et al., 2019, side 46).

Eivind Selvig uttalte ved presentasjon av NS 3720: «Ulike forbildeprosjekter har benyttet ulike beregningsmetoder og ulike systemgrenser. (...) Resultatene er egentlig ikke sammenlignbare. (...) Standarden er laget for at slike beregninger skal bli sammenlignbare.» (Standard Norge, 2018b)⁶.

Geografisk grense for elektrisitet, fjernvarme og fjernkjøling har stor betydning for resultatene (Janson et al., 2019, side 14). En annen faktor som påvirker resultatene er om man tar hensyn til opprinnelsesgarantier for elektrisitet (Janson et al., 2019, side 14). NS 3720 angir at man skal regne på *både* norsk og europeisk elektrisitmiks. Videre står det (kap 7.5.3, side 17): «I tillegg til beregnede klimagassutslipp fra de to scenariene kan det i resultatrapporteringen oppgis om det er inngått avtale om opprinnelsesgarantier for innkjøpt elektrisitet. Tidsrommet for avtalen skal oppgis.»

3.3.4 Metodeutvikling er i en tidlig fase og det er store forskjeller

Målet med Lågan-rapporten var å forenkle valg av metode for beregning og rapportering av klimaresultater. Konklusjonen er at dette p.t. ikke er mulig: Metodene anses å være for forskjellige og uprøvde til å komme med anbefalinger, se Boks 1.

Klimatbedömningsmetoderna är ännu för obeprovade för att rekommenderas

Med de stora skillnader som föreligger mellan de analyserade metoderna känns det osäkert om de är tillräckligt underbyggda och utvecklade för att användas regelbundet i byggprojekt. Det är viktigt att parallellt som de olika metoderna används måste initiativtagarna tillse att dessa blir utvärderade och utvecklade för att skapa trovärdighet och trygghet med metodernas resultat. Målet med denna studie var att underlätta vid val av redovisningsmetod baserat på ändamål och situation. Resultatet har dock ytterligare belyst svårigheten med att veta vilken metod som ska väljas. Trots de omfattande studier som här utförts har det visat sig ej vara tillräckligt för att ensidigt kunna rekommendera val av metod. Metoderna skiljer sig för mycket åt avseende syfte och redovisade resultat, både beroende på ingående val, men också i omfattning och kvalitet.

Boks 1 Vurdering av klimaberegningsmetoder (Janson et al., 2019, side 48)

De myndighetsmetodene som er vurdert i Låganrapporten er primært innrettet for å øke kunnskapen i bransjen. De ulike metodene gir stor valgfrihet, og fokuserer ikke på å stille krav og sette grenseverdier. Det er beskrevet ulike metoder både på EU-nivå og nasjonalt nivå, men det *oppnås ikke synergi* mellom dem. Metodene bygger ikke på hverandre, og henviser ikke til andre metoder (side 45).

Sertifiseringssystemene fokuserer på designet av bygget og byggefasen (modulene A1-A5), drift og avhending blir i liten grad vurdert. Sertifiseringen gjelder altså ikke for livsløpet for en bygning.

⁶ <https://youtu.be/yGi4Yk39LE8?t=286>

3.3.5 En komplett livsløpsanalyse er komplisert og arbeidskrevende

Sitat: «En komplett livscykelanalys av en byggnad är fortfarande ett omfattande arbete. I praktiken utförs det väldigt sällan sådana kompletta analyser i dagsläget.» (Erlandsson et al., 2018).

Standarden EN 15978 anbefaler at alle stegene og modulene fra A1 til C4 bør inkluderes i en fullstendig livssyklusanalyse for beregning av en bygnings miljøpåvirkning. Ved vurdering av svenske metoder for å beregne klimapåvirkning finner man at metodene bare omfatter utvalgte steg og moduler, typisk A1 – A5 i ulik omfang. Årsaken er sannsynligvis at beregningene skal være praktisk gjennomførbare (Janson et al., 2019) – det er altså p.t. komplisert og arbeidskrevende å gjennomføre en komplett livsløpsanalyse.

3.3.6 Indirekte klimaresultater fra FutureBuilt

FutureBuilt har fått opp over 50 forbildeprosjekter i Osloregionen. Tabell 7 oppsummerer resultater fra 26 forbildeprosjekter i FutureBuilt-programmet per 2020-05-04.

Tabell 7 Data fra Future Built per 2020-05-04

Prosjekter	sted	år	verktøy	BRA m ²	mat energi trans Reference (kgCO _{2e} /m ² /yr)			mat energi trans Design (kgCO _{2e} /m ² /yr)			mat energi trans As built (kgCO _{2e} /m ² /yr)			mat energi trans In use (kgCO _{2e} /m ² /yr)			ENOVA støtte
					A1-A3	B6	B8	AL-A3	B6	B8	AL-A3	B6	B8	A1-A3	B6	B8	
Bellonahuset	Oslo	2010	KGR.no v2	3120	8.0	53.0	18.0	6.0	26.0	16.0	4.0	25.0	16.0	4.0	45.0	12.0	2.5 MNOK
Brynseng skole	Oslo	2017	KGR.no v5	10725	8.4	10.7	6.5	6.0	3.1	4.0	5.6	3.1	4.0	5.6			4.5 MNOK
Deichman, Bjørnvika	Oslo	2020	KGR.no v3	19260	28.3	17.2	60.4	14.2	6.4	11.4							17.6 MNOK
Fjell barnehage	Drammen	2010	KGR.no v4	755	14.0	40.0	11.0	7.0	16.0	11.0	7.0	16.0	11.0	7.0	12.0	14.0	
Fredrik Selmers vei 4	Oslo	2013	KGR.no v3	34832	9.0	16.0	19.0	2.0	8.0	13.0	2.0	10.0	13.0	2.0			18.5 MNOK
Frydenhaug skole	Drammen	2014	KGR.no v5	4886	9.9	13.8	17.3	7.8	5.6	8.9	6.1	4.4	8.9	6.1			1.9 MNOK
Granstangen skole	Oslo	2015	KGR.no v5	6079	7.5	12.9	10.8	7.5	6.9	7.8	7.6	5.7	7.8	7.6	6.0	7.8	2.1 MNOK
Holmen svømmehall	Asker	2017	KGR.no v5	5039	15.8	49.2	17.9	16.0	18.5	11.7							9.944 MNOK
Kilden barnehage	Oslo	2018	KGR.no v5	1702	5.6	11	5.1	4.2	4.3	4.2	5.4	4.3	4.2	5.4			
Kistefossdammen barnehage	Asker	2017	KGR.no v4	1220	7.9	12.0	21.6	6.1	3.7	11.5	5.4	3.3	11.5	5.4			1.1 MNOK
Boliger på Korpåsen	Asker	2020	KGR.no v5	1095	9.0	13.7	10.7	3.4	4.4	10.1							
Kringsjø familieboliger	Oslo	2020	OneClick	6009	5.0	10.6	1.9	2.6	5.4	1.1	2.9	4.9	1.1				
Marienlyst skole	Drammen	2010	KGR.no v4	6454	13.0	16.5	5.2	22.4	9.7	5.1	22.4	9.7	5.1	22.4	6.4	4.7	4.8 MNOK
Munchmuseum	Oslo	2020	KGR.no v4	24200	18.7	14.5	15.8	9.2	5.6	4.0							13.391 MNOK
Nasjonalmuseum	Oslo	2020	KGR.no v3	51759	21.0	14.0	22.0	8.0	8.0	13.0							17.6 MNOK
NSB kompetansesenter	Drammen	2010	KGR.no v3	6713	13.0	18.0	7.0	11.0	9.0	3.0	11.0	9.0	7.0	11.0			
Papirbredden 2	Drammen	2012	KGR.no v3	8536	22.0	19.0	18.6	13.0	7.0	16.5	10.0	7.0	17.5	10.0	9.0	17.5	3.4 MNOK
Papirbredden 3	Drammen	2015	KGR.no v3	11500	7.0	14.0	29.0				4.0	5.0	22.0	4.0			
Rykkinn skole	Bærum	2016	KGR.no v5	7415	7.9	10.7	5.2	5.4	5.4	5.2	4.5	5.3	5.2	4.5			0,071 MNOK
Tallhall meteorologisk institutt	Oslo	2011	KGR.no v5	1471	21.0	36.0		14.0	20.0		10.0	18.0		10.0	28.0		1.5 MNOK
Ulsholtsveien 31 - nybygg	Oslo	2017	KGR.no v5	1581	8.2	10.8	16.3	4.4	3.6	11.4	4.9	3.6	11.4	4.9			
Veitvet skole	Oslo	2015	KGR.no v5	8789	13.8	10.7	13.4	5.6	5.6	9.3	5.6	5.6	9.7	5.6			3.3 MNOK
Østensjøveien 27	Oslo	2013	KGR.no v4	16800	10.0	14.0	25.0				5.0	5.0	24.0	5.0	5.0	24.0	4.8 MNOK
Grønnessvingen 7	Oslo	2014	Breeam/KGR.no v4	16373	14	5	31	8.6	2.3	19	8	2.2	19	10.3	2.2	15.1	5,924632 MNOK
Klimahuset	Oslo	2020	OneClick	610	4	11.7	111	4	0.3	56	4.5	-8.2	56				
Stasjonsfjellet skole	Oslo	2014	KGR.no v4	3663	6.3	12.6	11.6	5.5	3.3	6.8	4	2.3	6	3.1	2.3	10.4	1.92 MNOK

I Tabell 8 har vi summert utslippsreduksjoner fra materialer, energi og transport.

Tabell 8 Anslag på utslippsreduksjoner som følge av 26 Future Built prosjekter per 2020-05-04

[kg CO2e/år]	Materialer	Energi	Transport
Sum utslippsreduksjon (26 prosjekter)	-1 869 319	-2 057 269	-2 505 442
Prosentvis del av samlet utslippsreduksjon	29 %	32 %	39 %
Største utslippsbesparelse	-672 867	-310 554	-943 740
Gjennomsnittlig utslippsbesparelse	-71 897	-79 126	-96 363
Minste utslippsbesparelse	60 668	-10 184	2 265

Vi ser at utslippsreduksjonene fordeler seg nokså jevnt, slik at både materialer, energi og transport utgjør signifikante utslippsreduksjoner. Den største andelen av

utslippsreduksjonene kommer fra transport med 39 %, mens materialer utgjør den laveste andelen med 29%.

De fleste beregningene er gjort med Statsbyggs verktøy Klimagassregnskap, og vi kan legge merke til at det er benyttet 4 ulike versjoner av verktøyet (fra versjon 2 til versjon 5). Til tross for at man tydeligvis har lagt ned ressurser over tid i Klimagassregnskap, har man valgt å fase ut verktøyet. To nyere prosjekter har benyttet det nyere verktøyet; arvtakeren One Click LCA.

3.3.7 Erfaringer fra Asplan Viak

Asplan Viak har benyttet sitt egenutviklede verktøy «bygg LCA» til å kartlegge ulike alternativer for MAX-bygget på Tempe i Trondheim. Analysen ble presentert på Enovakonferansen 2020 (Strand-Hanssen, 2020). To måneder senere ble det presentert en grundigere analyse, samt to tilleggstemaer: Powerhouse Paris Proof og fortetting av Landbrukskvartalet (Strand-Hanssen & Dahlstrøm, 2020). Her refereres kort disse eksemplene.

3.3.7.1 Klimakonsekvenser for MAX-bygget

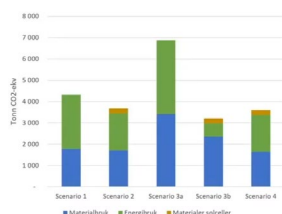
Asplan Viak har brukt bygg LCA til å vurdere klimakonsekvenser for ulike alternativer for MAX-bygget: 1) enkel oppussing, 2) full rehabilitering, 3) nytt bygg med vanlig standard, nytt bygg med høy klimaambisjon, rehabilitering med ombruksmaterialer.

MAX-bygget har blitt rehabilitert. Et nybygg med høy klimaambisjon kunne i teorien ha gitt mindre klimagassutslipp etter 18 år, men dette er i praksis uklart fordi analysene ikke har med alle aspekter og derfor er ufullstendige og ikke helt sammenlignbare (fundamentering har stor betydning, og er ikke inkludert i analysene).

Eksempelet synliggjør både ulike klimakonsekvenser, og mange av usikkerhetene ved slike analyser. Det er vanskelig å generalisere funn, fordi enkeltfaktorer kan ha stor eller liten betydning avhengig av det konkrete analysecaset. Fundamentering og grunnforhold har stor betydning for et byggeprosjekt, og slår f.eks. inn ved vurdering av nybygg versus rehabilitering. En annen problemstilling er at resterende livsløps-CO₂ som er knyttet til et eksisterende bygg ikke tas hensyn til ved riving av det eksisterende bygget.

Totale resultater

- Rive og bygge nytt i TEK17 standard kommer dårligst ut
- Lavest total utslipp rive og bygge nytt med høy standard på energi og materialbruk
- Solceller gir ca 8% reduksjon av totalutslipp

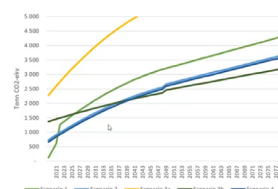


Akkumulerte utslipp

Rehab (2) – nybygg (3b) krysser hverandre etter 18 år; 2037

Har inkludert reduksjon av utslipp knyttet til strøm frem mot 2050 (fra 350 g CO₂ e/kWh til 50 g CO₂ e/kWh) iht beskrivelse i NS3720

TEK17 standard nybygg (3a) har et akkumulert høyere klimagassutslipp sammenliknet med alternativene.

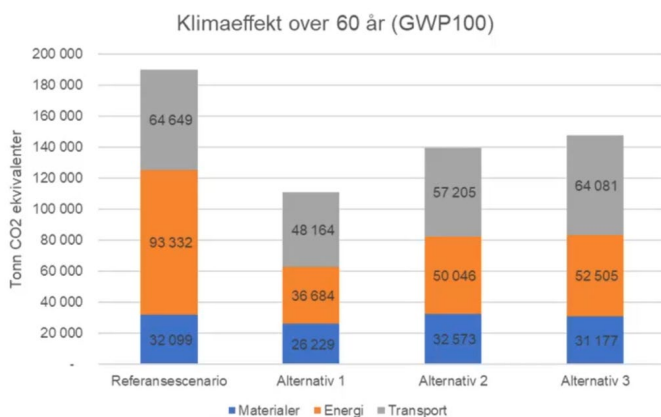


Figur 16 Eksempel på fotavtrykksmetodikk - MAX-bygget

3.3.7.2 Ikke bare materialer og energi – arealeffektivitet er også viktig

Vurderingene for MAX-bygget har hatt fokus på materialer og energi, mens vurderinger av Landbrukskvartalet utvider systemgrensen ved at områdeutvikling,

arealeffektivitet og transport får betydning. I vurderingen satte man felles krav til funksjonell enhet - alle planalternativene måtte oppfylle minimumskrav til antall bosatte, antall kontorplasser osv. Alternativene som ble undersøkt var 1) nybygg på eksisterende område, 2) rehabilitering på eksisterende område eller 3) utbygging på annet område i kommunen.



Figur 17 Klimaanalyse ved områdeutvikling – Landbrukskvartalet

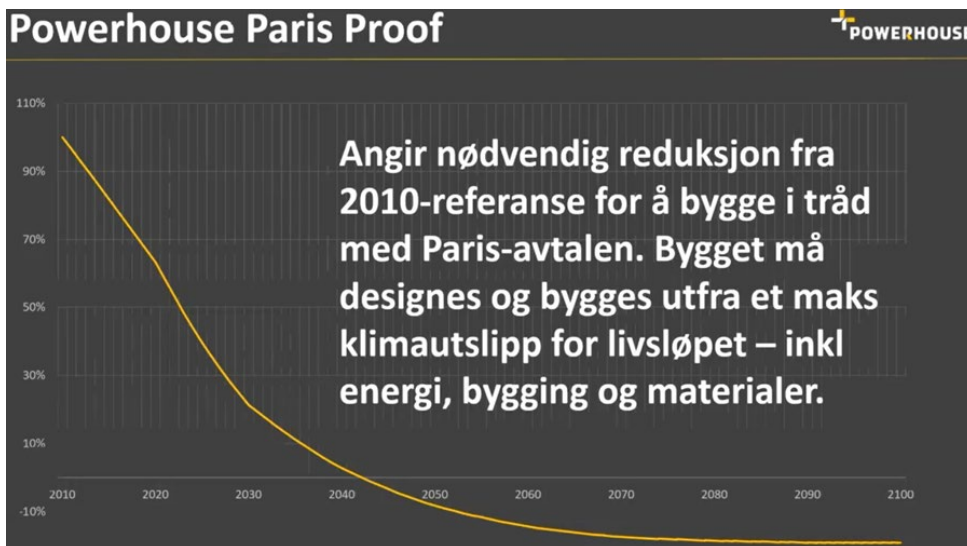
I denne analysen kom nybygging på eksisterende område best ut, og ikke rehabilitering (som ble valgt for MAX-bygget). Årsaken er at det gir mulighet for fortetting og bedre arealeffektivitet.

3.3.7.3 Powerhouse Paris Proof

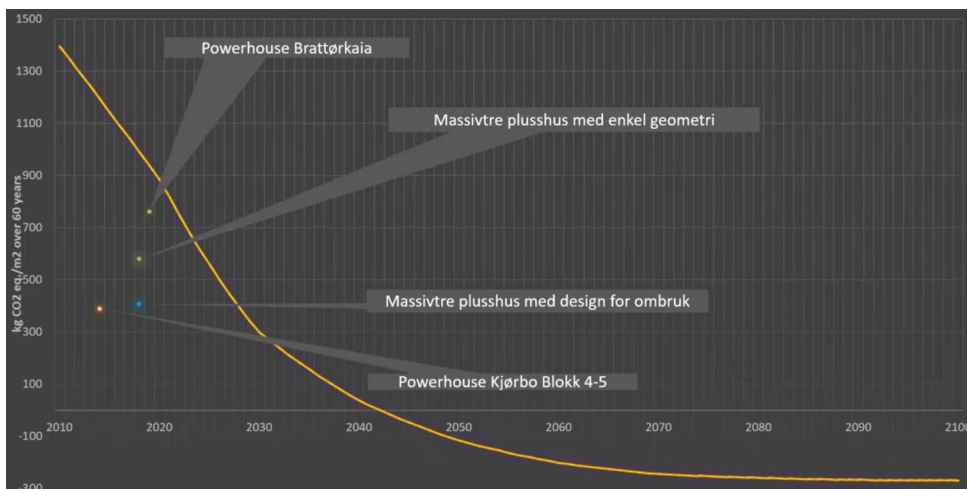
Powerhouse-samarbeidet hadde i utgangspunktet som mål å planlegge og oppføre plusshus (bygninger som produserer mer ren og fornybar energi over livsløpet sitt enn det som blir brukt til produksjon, oppføring, drift og avhending av bygget)(*Powerhouse definition*, 2016). Fokuset er nå endret fra energi til klima.

I 2019 har Powerhouse definert «Powerhouse Paris Proof», hvor man tar utgangspunkt i Paris-avtalens 1,5 graders mål. Standarden angir et maksimalt og totalt CO₂-utslipp per kvadratmeter, inklusiv byggefase, energi i drift, materialer og avhending. Man beholder ambisjonen om at bygget skal produsere energi, og kravet er oppfyllelse av Futurebuilt sin plusshus definisjon.

Ved å definere 2010 som et referansepunkt og anslå fremtidige krav ut fra Paris-avtalens ambisjon, trekker man en kurve som angir fremtidige krav til klimautslipp over livsløpet for et nytt bygg (se Figur 18). Kravene blir stadig strengere, og rundt 2040 kreves det at et nytt bygg ikke skal medføre klimagassutslipp over sitt livsløp. Etter det tidspunktet forutsettes at nye bygg netto skal binde opp klimagasser. Bruk av massivtre vil binde opp CO₂, og kan tenkes å bli et viktig element i fremtidige bygninger, se Figur 19 hvor noen alternativer er indikert.



Figur 18 Powerhouse Paris Proof



Figur 19 Byggalternativer indikert innenfor ambisjonene til Powerhouse Paris Proof

4 Referanser

- Asplan Viak. (2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. Asplan Viak. https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf
- Barrow, M., Buckley, B., Caldicott, T., Cumberlege, T., Hsu, J., Kaufman, S., Ramm, K., Rich, D., Temple-Smith, W., Cummis, C., Draucker, L., Khan, S., Ranganathan, J., & Sotos, M. (2013). *Calculating Scope 3 Emissions— Technical Guidance* (s. 182). GHG Protocol and Carbon Trust Team. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf
- Bingh, L. P., Korsvold, H. G., & Kolshus, K. (2019, januar 15). *Statsbygg klimagassfrokostmote*. <https://www.statsbygg.no/globalassets/files/samfunnsansvar/miljo/klimagassfrokostmote012019.pdf>
- BM – Praktiske verktøysfrågor och installation. (2020, mai 18). [Text]. <https://www.ivl.se/sidor/vara-omraden/miljodata/byggsektorns-miljoberakningsverktog/praktiska-verktogsfrogor-och-installation.html>
- Boverket. (2018). *Klimatdeklaration av byggnader—Förslag på metod och regler* (2018:23; s. 156). Boverket - Myndigheten för samhällsplanering, byggande och boende.

- https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/klimatdeklaration-av-byggnader_slutrapport.pdf
- Boverket. (2020, april 29). *Klimatdeklaration vid uppförande av byggnad*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/>
- Byggtjeneste. (u.å.). *Hva er BREEAM / BREEAM-NOR*. Byggtjeneste. Hentet 13. mai 2020, fra <https://byggtjeneste.no/breem-nor>
- Carbon Footprint. (u.å.). *Product footprint—Services and tools to calculate the environmental impact of your product or service*. Carbon Footprint Ltd. Hentet 13. mai 2020, fra <https://www.carbonfootprint.com/productlifecycle.html>
- Cobuilder. (2015, september 14). What is an EPD? *Cobuilder*. <https://cobuilder.com/en/what-is-an-epd/>
- Enova. (2016). *Enovas klimamål—Prinsipielle avklaringer*.
- Erlandsson, M. (2018). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktøy BM1.0—Ett branshgemensamt verktøy* (IVL rapport C300 2018:04). IVL. <https://www.ivl.se/download/18.2aa2697816097278807e748/1523452093368/C300.pdf>
- Erlandsson, M., Malmqvist, T., Jelse, K., & Larsson, M. (2018). *Livscykelanalyser baserte miljøkrav for byggnadsverk* (Nr. B2253; s. 46). IVL. <https://www.ivl.se/download/18.2aa2697816097278807f499/1525341485253/B2253.pdf>
- Eskeland, G. S. (2012). Elbil og plugghybrid: Hvilke utslipp er våre? *Samfunnsøkonomen*, 26(7), 9–13.
- EU Commission. (2013). *EU Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0179&from=EN>
- Effort sharing 2021-2030: Targets and flexibilities, (2018). https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/regulation_en
- European Commission, & Joint Research Centre. (2010). *ILCD handbook: General guide for life cycle assessment : detailed guidance*. Publications Office of the European Union. <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>
- Finnveden, G., Hauschild, M., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of environmental management*, 91, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>
- Fridstrøm, L. (2019). *Dagens og morgendagens bilavgifter* (TØI 1708/2019; s. 122). Transportøkonomisk institutt.
- Fufa, S. M., Schlanbusch, R. D., Sørnes, K., Inman, M., & Andresen, I. (2016). *A Norwegian ZEB Definition Guideline* (Nr. 29; ZEB Project Report, s. 50). SINTEF Academic Press. https://www.sintefbok.no/book/index/1092/a_norwegian_zeb_definition_guideline
- GHG Protocol. (2011). *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard* (s. 152). The Greenhouse Gas Protocol. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- Grønn byggallianse. (u.å.). *Om BREEAM-NOR*. Grønn Byggallianse. Hentet 13. mai 2020, fra <https://byggalliansen.no/sertifisering/breem/om-breem-nor/>
- Grønn Byggallianse. (2019). *BREEAM NOR 2016 New Construction—Technical Manual SD-5075NOR v.1.2.pdf*. BREEAM.
- Hertwich, E. (2020, mai 12). *Carbon footprint—Based on LCA or input-output analysis?* [Personlig kommunikasjon].
- Hertwich, E., & Peters, G. (2009). Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental science & technology*, 43, 6414–6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>
- Janson, U., Heincke, C., Fahlén, E., & Wahlström, Å. (2019). *Metoder for bedømming av klimapåverkan i bygg- og fastighetssektoren—En oversikt* (Lågan Rapport, s. 53). http://www.laganbygg.se/UserFiles/Projekt/LAGAN_klimatbedomningsmetoder_-_2019-03-02.pdf
- Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030* (Nr. M1625; s. 1196). (2020). Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>
- Manfredi, S., Allacker, K., Pelletier, N., & de Souza, D. M. (2012). *Product Environmental Footprint (PEF) Guide*. EU Commission Joint Research Centre (JRC). <https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/footprint/PEF%20methodology%20final%20draft.pdf>
- Metode for klimagassberegninger for bygninger (NS 3720)*. (2018). Standard Norge.
- Munthe, P. (2020). Kryssløpsanalyse. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/kryssl%C3%B8psanalyse>
- Ormazabal, M., Jaca, C., & Puga-Leal, R. (2014). Analysis and Comparison of Life Cycle Assessment and Carbon Footprint Software. I J. Xu, V. A. Cruz-Machado, B. Lev, & S. Nickel (Red.), *Proceedings of the Eighth International Conference on Management Science and Engineering Management* (Bd. 281, s. 1521–1530). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55122-2_131
- Pelletier, N., Allacker, K., Manfredi, S., Chomkhamri, K., & de Souza, D. M. (2012). *Organisation Environmental Footprint (OEF) Guide*. EU Commission Joint Research Centre (JRC). https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/footprint/OEF%20Guide_final_July%202012_clean%20version.pdf

- Powerhouse definition. (2016).
https://web.archive.org/web/20170831180525/http://www.powerhouse.no/content/uploads/2014/02/2016.06.14_Powerhouse-definition_til-publisering.pdf
- Regeringskansliet. (2020, mars 6). *Uppdrag att vidta åtgärder för att underlätta införandet av krav på en klimatdeklaration vid uppförande av byggnader* [Text]. Regeringskansliet; Regeringen och Regeringskansliet.
<https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/03/uppdrag-att-vidta-atgarder-for-att-underlatta-inforandet-av-krav-pa-en-klimatdeklaration-vid-uppforande-av-byggnader/>
- Roychoudhury, S., & Khanda, D. K. (2016). *Application of Life Cycle Assessment (LCA) in coal mining*. 11.
https://www.researchgate.net/publication/296839700_APPLICATION_OF_LIFE_CYCLE_ASSESSMENT_LCA_IN_COAL_MINING
- Selvig, E., Enlid, E., Arge, N., Hagen, R., & Mason, H. (2019). *Regneregler for klimagassberegninger i Future Built—Bygg og områder* (s. 40). Future Built.
- Sidvall, A., Boberg, N., Sandkvist, F., & Erlandsson, M. (2020). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg—Användarmanual* (s. 55). IVL Svenska Miljöinstitutet.
- SSB. (u.å.). *Utslipp til luft av klimagasser* [Statistical data]. <https://www.ssb.no/statbank/table/08940/>
- SSB. (2019, november 6). *Supply and Use and Input-Output tables*. Ssb.No. <https://www.ssb.no/en/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/tables/supply-and-use-and-input-output>
- Standard Norge. (2018, oktober 11). *Eivind Selvig presenterer NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger*. <https://www.youtube.com/watch?v=yGi4Yk39LE8&app=desktop>
- Lov om klimamål (Klimaloven), (2018). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>
- Strand-Hanssen, S. (2020, januar 29). *Klimakonsekvensen av ulike scenarier*.
<https://www.youtube.com/watch?v=Z6mdN-qNwrE&feature=youtu.be>
- Strand-Hanssen, S., & Dahlstrøm, O. (2020, april 1). *Klimakonsekvensen av rehab kontra nybygg—Ulike scenarier*.
<https://enovaf.sharepoint.com/sites/Intranett/SitePages/Asplan-Viak-presenterer-analyse-av-Max-bygget.aspx>
- Saade, M., Silva, M., & Silva, V. (2016). *A NOVEL PERSPECTIVE ON THE AVOIDED BURDEN APPROACH APPLIED TO STEEL-CEMENT MAKING JOINT SYSTEM*. https://doi.org/10.3218/3774-6_50