

NOTAT

9. oktober 2024
2023 - 966

Klimaindsatser og CO₂-udledninger i bygge- og anlægsprojekter

Kapitel 1 – Indledning

Transportministeriet er ansvarligt for mange af statens bygge- og anlægsprojekter og er således rutinemæssigt at finde blandt Danmarks største bygherrer. Ministeriet har derfor en vigtig opgave i at arbejde for, at dets bygge- og anlægsprojekter opføres i overensstemmelse med den grønne dagsorden.

Denne rapport sætter fokus på denne dagsorden med en beskrivelse af ministeriets nuværende klimaindsatser, målemetodiske opmærksomhedspunkter for CO₂-opgørelser i bygge- og anlægsprojekter og videre arbejde med klimaindsatser.

I forbindelse med klimaindsatserne på området er der nu solide værktøjer, som muliggør CO₂-opgørelser af bygge- og anlægsprojekter. Der pågår arbejde med at forbedre værktøjerne yderligere bl.a. via teknologisk fremskrivning. Endvidere kortlægges tilgængeligheden af klimaløsninger for anlægssektoren samt mulighederne for at omsætte disse til konkrete virkemidler i ministeriets bygge- og anlægsprojekter.

Målemetodisk har ministeriet fokus på den produktspecifikke tilgang til opgørelse af klimateffekter af projekter og fremme af data, der kan understøtte dette. Samtidigt påpeges det, at bygge- og anlægsprojekters mange særegne karakteristika gør det vanskeligt at opstille et regelsæt for, hvad den forventede CO₂-udledning vil være pr. bygget kvadratmeter eller løbende kilometer vej eller bane.

I de kommende år vil vi se flere CO₂-opgørelser på baggrund af livscyklusanalyser og en yderligere forbedring af LCA-værktøjerne, InfraLCA og LCAByg. Samtidigt vil ministeriets virkemiddelskatalog blive udbygget og anvendt i kommende projekter.



Kapitel 2 - Klimaindsatser relateret til byggeri og anlæg

Opgørelsen af klimapåvirkningen af et projekts produkter, processer, transport mm. opgøres i bygge- og anlægsprojekter med data, der indeholder værdier fra livscyklusvurderinger. Dette gælder også for opgørelser af nye initiativer og virkemidler for at reducere CO₂-udledninger.

Livscyklusvurderinger (*Life Cycle Assessment, LCA*) er en metode til at vurdere miljøpåvirkninger, herunder klimapåvirkning, af et produktsystem eller en tjeneste i alle faser af dets livscyklus, fra råvareudvinding og produktion til brug, bortskaffelse og genanvendelse.

En livscyklusvurdering foretages på baggrund af data indsamlet, om de processer et produkt eller en tjeneste undergår i dets levetid. For byggeri eller anlæg er processerne illustreret i nedenstående figur:

Figur 2.1. Illustration af livscyklusfaser.

Produkt			Byggeproces		Brug							Endt levetid				Udenfor systemgrænse
Råmaterialer	Transport	Fremstilling	Transport	Indbygning	Brug	Vedligehold	Reparation	Udskiftning	Renovering	Energiforbrug	Vandforbrug	Nedrivning	Transport	Affaldshåndtering	Bortskaffelse	Genbrug og genanvendelse
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Kilde: EPD Danmark

For at opgøre klimaaftryk på baggrund af LCA-data er der i Danmark udviklet værktøjer til at foretage klimaopgørelser i bygge- og anlægsprojekter. I byggebranchen anvendes oftest LCAByg og i anlægsbranchen anvendes oftest InfraLCA.

I følgende kapitel er det beskrevet, hvordan der arbejdes og opgøres klimaaftryk i bygge- og anlægsprojekter med udgangspunkt i de nævnte værktøjer, LCAByg og InfraLCA.

InfraLCA

Klimaaftrykket fra et konkret anlægsprojekt opgøres i InfraLCA, som er Vejdirektoratets og Banedanmarks værktøj til beregning af klima- og miljøpåvirkninger fra infrastrukturprojekter. Klimaaftrykket opgøres med emissionsdata, der værdisætter den konkrete CO₂-udledning og disse anvendes til opgørelser i InfraLCA.



Emissionsdata vil typisk stamme fra EPD'er (Environmental Product Declaration, på dansk: miljøvaredeklaration). En EPD er dokumentation af et produkts miljømæssige påvirkning. En EPD udvikles i henhold til den internationale standard, ISO14044, og specificeres herfra ved EN15804 for byggevarer.

For at en EPD accepteres i InfraLCA, skal EPD'en være tredjeparts-verificeret. Verifikationen foretages af en uvildig tredjepart, som er ekspert og uafhængig af bestiller og programoperatører; dvs. en enhed, der er ansvarlig for, at alle retningslinjer overholdes. EPD'en udgives herefter af programoperatøren. InfraLCA anvender primært EPD'er fra programoperatørerne EPD Danmark og EPD Norge.

Den seneste udgave af InfraLCA er stillet frit tilgængelig på www.vd.dk/InfraLCA, hvor baggrund og brugsvejledninger kan tilgås. Den seneste version er Version 3.10 og er udgivet i november 2023¹.

Med version 3 er værktøjet i stand til at håndtere alle essentielle livscyklusfaser i projekter i overensstemmelse med nyeste revision af EPD-standarden EN15804:A2. Desuden er der indarbejdet flere forudsætninger, inkl. bedre henvisninger til datakilder.

InfraLCA anvendes i stigende grad i den samlede danske infrastrukturbranche. Det har høj prioritet at understøtte dette i funktionaliteten, så værktøjet kan anvendes bredt indenfor infrastruktur- og anlægsprojekter.

Vejdirektoratet og Banedanmark faciliterer i den forbindelse flere samarbejder, hvor aktører og interessenter inden for infrastrukturbranchen har mulighed for at deltage og give brugererfaringer og analysebehov videre. Blandt deltagerne er eksempelvis styrelser, kommuner, rådgivere, entreprenører med flere. Input herfra anvendes bl.a. til opgørelse af konkrete behov for kommende versioner af InfraLCA.

Analyser i InfraLCA foretages for projekter i de tidlige planlægningsfaser. I de tidligere faser opgøres klimabelastningen på et forholdsvist aggregeret niveau, mens den i de senere faser opgøres mere detaljeret, hvor specifikke projektrelaterede detailvalg er fastlagt.

¹ Seneste nyt fra februar 2024



Opgørelser i InfraLCA kan udføres med udgangspunkt i følgende to tilgange:

- En aggregeret opgørelse i enten vej- og baneregi. Dette baseres på input i form af et aggregeret format for eksempel fra en totalentreprisepgørelse, et rådgiveroverslag eller fra NAB (Ny anlægsbudgettering).
- En detaljeret opgørelse efter enten Vejdirektoratets eller Banedanmarks tilbudslister, som baseres på specifikke projektmængder.

I forbindelse med brugen af InfraLCA er der defineret en række basisforudsætninger og -værdier. InfraLCA er udviklet, så der kan opgøres og beregnes miljøpåvirkningsoverslag uden at kende til alle projektspecifikke detaljer. Dette er især nødvendigt i projekters tidlige faser.

I InfraLCA tilstræbes det, at de basisværdier og forudsætninger, der anvendes som standard, repræsenterer et gennemsnit af det danske marked. Da der imidlertid endnu ikke eksisterer EPD'er på samme niveau mellem alle produktgrupper på markedet, anvendes følgende datahierarki for opgørelse af gennemsnitlige basisemissionsfaktorer:

- Repræsentative produktspecifikke EPD'er baseret på EN15804:A2
- Repræsentative branche EPD'er baseret på EN15804:2013, dvs. EPD'er baseret på standarden før den nyeste.
- Repræsentative emissionsfaktorer fra anerkendte databaser, såsom Ecoinvent eller GaBi

Som udgangspunkt vil det være værktøjets basisforudsætninger og -værdier, der bliver brugt i analyser. Basisforudsætninger og -værdier gælder bl.a. for emissionsfaktorer, energiforbrug, transportdistancer og levetider på produkter og materialer.

Når der skal laves projektspecifik analyse eller følsomhedsanalyse i InfraLCA, vil det være muligt at tilsidesætte basisforudsætninger og -værdier for at bruge projektspecifikke værdier fra fx EPD'er. Dette kræver, at man som producent via en tredjepartsverificeret EPD kan dokumentere en anden værdi, fx for klimaaftrykket.

Som det fremgår af ovenstående, indeholder InfraLCA i dag en anseelig mængde data og funktionaliteter. Dertil kommer, at værktøjet løbende udvikles og forbedres ift. ny viden og behov for nye anvendelsesmuligheder.



InfraLCA står derfor overfor en vurdering af, hvordan værktøjet fremover bedst muligt og mest effektivt fortsat kan løfte opgaven med opgørelse af klimaaftryk.

LCAByg

LCAByg er ligesom InfraLCA, et værktøj til livscyklusanalyse (LCA) af bygninger, bygningsdele og byggematerialer, mv.

LCAByg er udviklet af Institut for Byggeri, By og Miljø ved Aalborg Universitet København. LCAByg er specifikt udviklet til at analysere og vurdere klimapåvirkningen fra byggeri.

Programmet håndterer som udgangspunkt alle livscyklusfaserne relateret til materialeforbruget, A1-A3, B4, C3-C4 og D samt for energiforbruget, B6, der baseres på bygningens energirammeberegning.

Udarbejdelsen af LCA baserer sig i høj grad på generiske miljødata for materialer og bygningsdele, fra datagrundlaget i bygningsreglementet og indbygget i databasen i LCAByg. Det generiske data stammer hovedsageligt fra den tyske database Ökobaudat 2020, og repræsenterer derfor ikke nødvendigvis danske forhold med hensyn til produktion og bortskaffelse.

I dag findes der ikke nogen dansk database, der dækker bredt over materialer benyttet i byggeriet, dog er udgivelsen af EPD'er fra den danske byggebranche i vækst, hvorfor det forventes, at det i stigende grad bliver muligt at anvende dansk branche- og produktspecifikt data i fremtidige LCA'er. Danske branche- og produktspecifikke EPD'er kan downloades fra EPD Danmark og indhentes direkte i LCAByg.

Derudover kan analysen udvides med indtastning af data fra udførelsesfasen A4-A5 i overensstemmelse med kravene i den frivillige bæredygtighedsklasse som blev til i forbindelse med den nationale strategi for bæredygtigt byggeri fra 2021.

Forskellen mellem InfraLCA og LCAByg

Der sker løbende en koordinering mellem de to modeller, så de i relevant omfang bygger på de samme forudsætninger. Der er dog flere tekniske forskelligheder mellem InfraLCA og LCAByg. Herudover anvendes disse værktøjer i forskellige brancher, hvilket har direkte indflydelse på, hvordan værktøjerne bruges i praksis.



InfraLCA anvendes primært i anlægsbranchen. Større anlægsprojekter er kendetegnet ved et større volumen og længere tidshorisont. Et anlægsprojekt gennemgår en række faser fra de indledende planlægningsundersøgelser, hvor der er begrænset viden, til anlæg og drift, hvor der er behov for en større detaljeringsgrad. Værktøjet skal derfor kunne belyse klimaaftrykket i de enkelte faser, herunder når der skal stilles klimakrav i udbud.

Hertil kommer, at InfraLCA skal tage højde for afgrænsningen i samfundsøkonomiske analyser og håndtere klimafremskrivningsdata for projekter med en lang tidshorisont.

LCAByg anvendes i byggebranchen som er kendetegnet ved byggerier med mindre volumen dog større samlet antal og en relativ kort tidshorisont. Den tekniske kompleksitet af byggeprojekter er større, og byggerierne er underlagt bygningsreglementet i modsætning til anlægsprojekter.

Derfor er det nødvendigt med et værktøj som i højere grad understøtter den tekniske kompleksitet, og som understøtter opfyldelsen af kravene i bygningsreglementet.

**Table 2.1. Oversigt over datagrundlag, -kilder og forudsætninger for hhv. InfraLCA og LCAByg**

	Projekterings- fase	Emissionsfak- torgrundlag	Input og forud- sætninger	Mulige inklude- rede moduler
InfraLCA	Fase 1: Forundersøgelse	Basisemissionsfaktorer (branchegenomsnit)	Basisforudsætninger og bygherreoverslag	A1-A3, A4, A5, B4, C1, C2, C3, C4, D
	Fase 2: MKV	Basisemissionsfaktorer (branchegenomsnit)	Basisforudsætninger og bygherreoverslag	A1-A3, A4, A5, B4, C1, C2, C3, C4, D
	Fase 3: Projekt til besigtigelse	Basisemissionsfaktorer (branchegenomsnit)	Basisforudsætninger eller projektspecifikke data Bygherreoverslag	A1-A3, A4, A5, B4, C1, C2, C3, C4, D
	Fase 4: Projekt til anlæg	Basisemissionsfaktorer (branchegenomsnit)	Basisforudsætninger eller projektspecifikke data Bygherreoverslag	A1-A3, A4, A5, B4, C1, C2, C3, C4, D
	Fase 5: Anlæg	Produktspecifik EPD	Projektspecifikke data	A1-A3, A4, A5, B4, C1, C2, C3, C4, D
LCAByg	Designfase	Generisk emissionsdata fra Ökobau		A1-A3, B4, B6, C3-C4 og D
	Anlæg	EPD er eller generisk emissionsdata fra Ökobau		A1-A3, A4, A5, B4, B6, C3-C4 og D

Anm: Med undtagelse af B4, der inkluderer udledninger for udskiftningsprocessen, medregnes B-fasen, dvs. brugsfasen, ikke i analyser i InfraLCA. Dette skyldes, at dette ikke er relevant i anlægs- og infrastrukturprojekter, fx. for vejprojekter. Analyser i InfraLCA inkluderer derfor ikke udledninger fra trafikken på veje. Dette håndteres i andre, etablerede værktøjer.



Teknologisk fremskrivning

Anlægsprojekter forløber ofte over flerårige perioder, ligesom overslagene typisk laves flere år før anlægsprojektet igangsættes, hvorfor den teknologiske udvikling kan have stor betydning for den samlede CO₂-udledning i projekterne. Der er derfor en stigende interesse for at inkludere den teknologiske udvikling i opgørelser af anlægsprojekters CO₂-udledning.

Det er i dag ikke normal praksis indenfor livscyklusanalyser at opdele resultater og/eller faser efter, hvorledes disse kan tilkobles en forventet og specifik teknologisk fremskrivning.

Derfor indeholder LCA-værktøjer, herunder InfraLCA og LCAbyg, endnu ikke funktionaliteter omkring CO₂-udledninger og CO₂-reduktioner, hvor en teknologisk udvikling og fremskrivning er inddraget.

Skal der tilkobles en forventet teknologisk fremskrivning, skal der derfor udvikles en metode til dette. I forbindelse med analyser af større anlægsprojekter er dette forsøgt indarbejdet i InfraLCA, hvor beregningen suppleres med en teknologisk fremskrivning til projektets livscyklus.

Den metodiske tilgang og det videre arbejde beskrives nærmere i kapitel 4.

Markedsdialog

I maj 2023 offentliggjordes den fælles markedsdialog for klimatiltag, som er blevet udarbejdet af Vejdirektoratet, Bygningsstyrelsen og Banedanmark i fællesskab.

Formålet med markedsdialogen var at undersøge, hvilke klimatiltag, der er mulige at indarbejde i kommende bygge- og anlægsprojekter, samt hvilke forandringer bygherrer, entreprenører og materialeleverandører sammen kan sætte for fremtidige bygge- og anlægsprojekter.

Arbejdet blev lavet skriftligt ved at udsende en guide og et spørgeskema på de respektive styrelses udbudsportaler. Efterfølgende sendte 27 entreprenører, underleverandører og rådgivere svar til markedsdialogen, som blev analyseret, og resultaterne indarbejdet i en rapport.



Generelle resultater

Overordnet set er det især indenfor områder som reduktion og genbrug af materialer, designoptimering og transportoptimering, herunder emissionsfri byggepladser, hvor der ses et stort potentiale for at reducere udledningerne fra projekter.

Mange af entreprenørerne kan især se jordarbejder som et sted, der kan optimeres, både ift. arbejderne på pladsen, men også transportlogistikken ved deponi eller andet transport.

Entreprenørerne kan allerede i dag tilbyde bygherreoptimeringer indenfor: Optimering og genanvendelse af materialeforbrug, mindre spild og affald, emissionsfri maskiner, grønne skurbyer samt LCA-beregninger med mulighed for vurdering af alternative byggeprocesser eller materialer.

Nedenfor præsenteres besvarelserne grupperet i forhold til de centrale spørgsmål.

Tiltag på bygge- og anlægspladsen

Størstedelen af entreprenørerne kan allerede i dag dokumentere energiforbruget fra en bygge- og anlægsplads, fx som månedsforbrug af brændstof, el og vand. Flere arbejder for at skaffe mere detaljerede oplysninger om byggepladsens energiforbrug.

Som forslag til hvordan energiforbruget kan reduceres fra byggepladsen, fremhæves først og fremmest energiforbruget fra skurbyen og materiellet.

Entreprenører og rådgivere oplister flere forskellige forslag til, hvordan graden af genanvendelse kan øges i forbindelse med etablering af arbejdsplads og arbejdsveje.

Muligheder indenfor ikke-vejpgående maskiner

For krav til ikke-vejpgående køretøjer gælder, at et krav om overholdelse af Stage IIIB² i mindre grad vil bidrage til mere miljøvenlige

² Europæiske emissionsnormer for motorer, der anvendes i nye ikke-vejpgående mobile maskiner, er blevet implementeret som gradvist strengere niveauer kendt som stage I til stage V standarderne. Kilde: <https://www.teknologisk.dk/ydelser/videncenter-for-non-road-mobile-maskiner/eu-krav-defineret-i-stage-standarder/39093.4>



køretøjer på byggepladsen, da hovedparten af markedet allerede opfylder dette krav i dag.

Entreprenørerne tilkendegav samtidig, at et krav om overholdelse af Stage V kræver en længere indfasning end 2025, som var oplæget fra styrelserne i markedsdialogen.

Eldrevet materiel

Entreprenørernes besvarelser viser, at der til emnet om eldrevet materiel er en stor usikkerhed, og generelt er der ikke stor viden på området om, hvordan det fossildrevne materiel kan erstattes af eldrevet materiel på byggepladsen.

Blandt entreprenører opleves en overvejende positiv forståelse for, at der stilles krav om eldrevet materiel til mindre materiel og håndværktøj, dog under den klare forudsætning, at bygherre på forhånd grundigt har undersøgt, at maskiner til den givne opgave er til rådighed på markedet, at bygherre er opmærksom på, at prisen for eldrevet materiel i indkøb er dyrere, samt at eldrevne maskiner ikke kan benyttes i hele dage ad gangen.

Den største udfordring for, at eldrevet materiel kan komme i brug på byggepladsen, set fra entreprenørernes side, er el-infrastrukturen.

Der er bl.a. en usikkerhed om, hvorvidt der kan skabes nok effekt (watt) på byggepladsen til opladning af større materiel end håndværktøj. Usikkerheden dækker også over om udrulning kan ske i tide, så der er strøm tilgængelig på pladsen fra start.

Generelt om materialer og EPD'er

Respondenterne fremhæver generelt følgende materialer, som dem der har størst potentiale for at bidrage med reduktioner: Cementerstatninger i beton samt substitution af jomfruelige grus- og stenprodukter. Med jomfruelige materialer forstås naturressourcer, som endnu ikke har været anvendt.

Herudover er der potentialer for billige CO₂-reduktioner ved større fokus på design-optimering og præcision af funktions- og kvalitetskrav.



Der er generelt god erfaring med dokumentation af materialers klimapåvirkning og håndtering af EPD'er, på tværs af materialegrupper. Der er dog fokus på, at krav til dokumentation ikke bliver unødigt restriktivt og ikke skaber konkurrenceforvridning.

Specifikt om beton

Der er generelt god adgang til opdaterede EPD'er for langt størstedelen af den beton, der benyttes.

Det største potentiale for at reducere klimapåvirkningen ligger i at nedbringe cementforbruget, herunder gennem brug af alternative bindersystemer, reducere mængde af beton, erstatte med andre materialer via designoptimering, samt at undgå unødvendigt høje krav til styrke- og eksponeringsklasse til den anvendte beton.

Der er usikkerhed ift. hvordan eventuelle CO₂-grænseværdier skal håndteres. Kravene må ikke blive konkurrenceforvridende, og der peges på, at der bør anvendes grænseværdier for det samlede bygværk (bro, bygning) fremfor blot delelementer (sokkel, søjle, dæk osv.).

Specifikt om stål

Der er i besvarelsenerne moderat erfaring med dokumentation af klimapåvirkningen fra stål. Det skyldes, at der ikke blandt respondenterne er udbredt erfaring med dokumentation og EPD'er på stålprodukter, og generelt få besvarelser til denne kategori i markedsdialogen.

Respondenterne bemærker, at der for denne materialegruppe er større usikkerhed omkring data for egenskaber, transport og produktionsmetode. Respondenterne har forholdsvist begrænset erfaring med CO₂-reduktion og substitution af stålprodukter.

Der peges dog på designoptimering for at mindske mængde, samt at muligheden for høj genanvendelsesprocent i produktionen af nye stålprodukter kan reducere CO₂-forbruget set i et livscyklusperspektiv.

Virkemiddelskatalog og skyggepriser

Bygningsstyrelsen, Banedanmark og Vejdirektoratet er i gang med at udarbejde et koncernfælles virkemiddelskatalog. Kataloget skal



understøtte klimaloven, og understøtter udviklingen af en koncernfælles metode til at reducere klimapåvirkningen fra infrastrukturprojekter og byggeri.

Det koncernfælles virkemiddelkatalog skal anvise konkrete løsninger for, hvad der teknisk og kommercielt kan efterspørges, så styrelsernes indkøbsvolumen til infrastrukturanlæg og byggeri bruges til at understøtte den grønne omstilling. I første omgang fokuseres på virkemidler, der skaber gunstig klimaeffekt.

Kataloget vil indeholde anvisning af virkemidler, der kan indgå i planlægning, projektering, udbud og udførelse, drift og vedligehold. Virkemidler beskrives efter en fælles tilgang med samme typer nøgletal og henvisning til, hvem der har erfaring med anvendelse af virkemidler samt anbefaling til anvendelse.

Det koncernfælles virkemiddelkatalog giver mulighed for, at den enkelte styrelse kan foretage tilpasning af værktøjet i forhold til den enkelte styrelses specifikke og konkrete behov. I praksis vil der derfor være behov for styrelsesspecifikke virkemiddelkataloger, der bidrager med indhold til det koncernfælles virkemiddelkatalog.

Kataloget kan ikke bruges som direkte beslutningsværktøj og erstatter ikke brugen af LCA (Life Cycle Assessment), beregning af livscyklusomkostninger (LCC), leverancesikkerhed og andre markedsrelaterede overvejelser, der indgår i et helhedsorienteret beslutningsgrundlag for grønt indkøb og forbrug i de enkelte styrelser.

Virkemiddelkataloget er til fælles inspiration for styrelserne, og skal danne grundlag for at udveksle erfaringer mellem styrelserne og fremme den grønne omstilling.

Kataloget udvikles og anvendes i dag som et oversigtsværktøj over arbejds- og analyseopgaver i forskellige faglige enheder og organisationer. Det er styrelsesspecifikt, hvordan virkemidlerne implementeres efter godkendelse. Kataloget offentliggøres på sigt.

Forhold og muligheder kan være forskellige i de enkelte styrelser og på de konkrete projekter. Det er derfor ikke givet, at et virkemiddel hensigtsmæssigt kan finde ens anvendelse på tværs af styrelser og projekter, og der vil ikke være krav herom.

Analyse af virkemidler, der indgår i virkemiddelkataloget

Virkemidlet beskrives i det koncernfælles virkemiddelkatalog ud fra nogle fastsatte overskrifter, blandt andet 'status' for det enkelte



virkemiddel, hvor det fremgår, hvorvidt virkemidlet befinder sig i idéfasen, analysefasen, er godkendt og klar til implementering, implementeret eller afvist.

Udover status for virkemidlet, kategoriseres anvendelsesmulighederne ud fra hvilken fase i et anlægsprojekt, virkemidlet kan bidrage i, hvilket fagtema virkemidlet hører under, og hvilket materiale virkemidlet repræsenterer.

Det er besluttet, at virkemidler til CO₂-reduktioner på tværs af styrelserne vurderes på baggrund af følgende oplysninger og nøgletal:

1. En beskrivelse af virkemidlet, der forventes at kunne reducere CO₂-udledningen, samt anvendelsesområderne, og hvilke fordele og ulemper, der er ved at anvende det enkelte virkemiddel. Virkemidlet stilles op imod et basisscenario og fordele og ulemper ved tiltaget ift. basissceneriet identificeres, kvantificeres og om muligt værdisættes. Basissceneriet bør tage udgangspunkt i det produkt/den metode, der normalvis anvendes, til udførelse af det konkrete stykke arbejde.
2. En beregning af Life Cycle Cost (LCC) ved at implementere virkemidlet. Beregningen af LCC illustrerer meromkostningerne eller besparelser for et anlæg over en 50-årige periode ved at implementere virkemidlet. Tidshorisonten skal være lang nok til, at alle relevante forskelle i fordele og ulemper medtages.

Hvis der er tale om fx klimavenlige slidlag, hvor der forventes en CO₂-effekt i hele slidlagets levetid, bør tidshorisonten fastlægges hertil. Hvis der alternativt er tale om fx brug af biodiesel, kan tidshorisonten afgrænses til anlægsperioden, da der ikke forventes langsigtede effekter af tiltaget.

Tidshorisonten på basissceneriet og alternativerne skal være den samme, før der reelt kan ske en sammenligning. Ved forskellige levetider er der derfor behov for justering af beregningerne.

Hvis anlægsinvesteringer har forskellige tidshorisonter, skal der tages udgangspunkt i den enes levetid: Vælges den korte tidshorisont, skal der indgå en restværdi, mens der ved valg af den lange tidshorisont inkluderes omkostningen ved reinvestering. Det metodevalg, der giver det mest retvisende resultat, vil afhænge af det konkrete tiltag. LCC beregnes i nutidskroner.



3. En beregning af hvor meget CO₂, der kan reduceres i projektet, hvis virkemidlet implementeres. Beregningen af CO₂-reduktionen skal ske i et LCA-perspektiv, så virkemidlets CO₂-reduktioner beregnes på baggrund af hele livscyklussen. Beregning af LCA-nøgletallet skal så vidt muligt ske i InfraLCA, LCAByg eller dokumenteres via EPD'er eller andre LCA-beregninger. Øvrige CO₂-effekter, som ikke fremgår af EPD'er, fx CO₂-udledninger ved kørsel, inkluderes også.
4. En beregning af hvor meget det koster at reducere ét ton CO₂ via virkemidlet. Dette udgør virkemidlets CO₂-skyggepris. De værdisatte fordele og ulemper, der er beregnet i LCC-beregningen, måles op imod tiltagets CO₂-besparelse for beregning af CO₂-skyggeprisen. CO₂-skyggeprisen kan både være positive og negativ. Negative CO₂-skyggepriser regnes der typisk ikke på.

Beregningen af skyggeprisen bør indeholde alle samfundsøkonomiske forskelle i fordele og ulemper ved tiltaget – både kortsigtede og langsigtede, direkte og afledte effekter:

- Investerings- og driftsudgifter samt eventuelle indtægter
- De samfundsmæssige gevinster og ulemper (fx støj, rejsetid, kørselsomkostninger, trafiksikkerhed, partikler, NO_x)
- Afledte konsekvenser (fx adfærdsændringer og ændrede afgifter til staten)

Konsekvenserne kvantificeres og værdisættes til en kroneværdi. Eksterne omkostninger værdisættes ved hjælp af Finansministeriets nøgletalskatalog og de Transportøkonomiske Enhedspriser.

CO₂-besparelsen værdisættes ikke i de transportøkonomiske enhedspriser, og skal derfor udelukkende kvantificeres i CO₂-skyggeprisen. Dog skal afgiftsændringer, som en ændret CO₂-udledning medfører, medregnes i konsekvenserne af tiltaget³.

³ Finansministeriet, Vejledning i Samfundsøkonomiske Konsekvensvurderinger, august 2017.



Ved usikre effekter tages der udgangspunkt i det forventede udfald. Ved stor usikkerhed kan der foretages følsomhedsberegninger.

Da LCA-beregningerne ikke indeholder oplysninger om udledningssted, er det som udgangspunkt ikke muligt at opdele udledningerne i nationalt og globalt afgrænsede CO₂-udledninger.

Dertil påpeges det, at det kan give uhensigtsmæssige incitamenter for markedet, hvis der fokuseres på nationalt udledt CO₂ på virkemidler, når der skal reduceres CO₂ fra infrastrukturprojekter. Dette skyldes, at såfremt der fokuseres på reduktion af nationale udledninger, vil der være risiko for at danske virksomheders konkurrenceevne forringes og for lækage til udlandet.

Det vil helt konkret give incitament til, at produktionen flyttes til udlandet og øge risikoen for, at den samlede udledning bliver større.

Skyggeprisberegninger tager derfor udgangspunkt i hele CO₂-udledningen og ikke kun indenlandsk udledt CO₂.

På baggrund af de tre beregnede nøgletal LCC, LCA og CO₂-skyggeprisen vurderes virkemidlet for, om der kan forventes en CO₂-reduktion ud fra et LCA-perspektiv, og om prisen for at reducere ét ton ekstra CO₂ (CO₂-skyggeprisen) kan betragtes som værende omkostningseffektive CO₂-reduktioner.

Finansministeriet, Nøgletalskatalog, nyeste version via <https://fm.dk/arbejdsomraa-der/regnemetoder-og-regnemodeller/regnemetoder-og-regnemodeller/vejledning-om-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger/>

Transportøkonomiske Enhedspriser, nyeste version via <https://www.cta.man.dtu.dk/modelbibliotek/teresa/transportoekonomiske-enhedspriser>

Transportministeriet, Manual for samfundsøkonomisk analyse på transportområdet, marts 2015



Det Miljøøkonomiske Råd⁴ og Klimarådet⁵ skriver begge, at en ensartet CO₂-afgift på tværs af udledningskilder vil være den mest omkostningseffektive måde at opnå klimalovens 2030-målsætning. De har hver især regnet på, hvad denne CO₂-afgift skal være i 2030 for at realisere klimalovens målsætning, og når frem til henholdsvis 1.200 kr². og 1.500 kr³. i år 2030 pr. reduceret ton CO₂.

De 1.200/1.500 kr. svarer til prisen på de *mest omkostningsfulde* reduktioner, der skal til for at opnå målsætningen. Det betyder, at det forventes at være muligt at opnå målsætningen i Klimaloven ved maksimalt at betale 1.200/1.500 kr. for reduktion af ét ton CO₂, mens dyrere tiltag ikke er nødvendige for at opnå den konkrete målsætning.

Vælges andre metoder end ensartede CO₂-afgifter på tværs af alle sektorer, må prisen pr. ton CO₂ forventes at blive højere. De 1.200/1.500 kr. anvendes derfor til at vurdere, hvornår et virkemiddel kan bidrage med omkostningseffektive CO₂-reduktioner. Denne vurdering bidrager til, at der reduceres mest muligt CO₂ for de midler, der kan investeres i CO₂-reduktioner.

Implementering af virkemidler skal altid ske indenfor styrelsernes, projektets og fagområdernes rammer, herunder også økonomiske rammer.

Vejdirektoratet

I Vejdirektoratet er der implementeret en proces for, hvordan virkemidler indsamles, analyseres og herfra enten godkendes eller forkastes til brug af de faglige enheder i organisationen. Status for virkemidlerne opdateres løbende i Vejdirektoratets interne virkemiddelkatalog. Et virkemiddel kan godkendes til brug, hvis fagområdets analyse af virkemidlet kan dokumentere at:

1. Virkemidlet kan reducere CO₂, beregnet i et LCA-perspektiv
2. Virkemidlet kan implementeres indenfor fagområdets øvrige rammer

⁴ [DØRS, Økonomi og Miljø 2020 – Dansk Klimapolitik frem mod 2030, 2021](#)

⁵ [Klimarådet, Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion, 2020](#)



3. Virkemidlets beregnede CO₂-skyggepris er lavere end de 1.500 kr., som er Klimarådets bud på en CO₂-afgiftssats, der skal til for at nå Klimalovens 2030-målsætning.

I Vejdirektoratet anvendes de 1.500 kr. som det maksimale beløb, som Vejdirektoratet er villigt til at betale for at reducere ét ton ekstra CO₂ på tværs af udledningsskilder og projekter. Denne beløbsgrænse betegnes og anvendes som en *CO₂-betalingsvillighed*⁶.

At et virkemiddel er godkendt til at blive anvendt i Vejdirektoratet, betyder ikke nødvendigvis, at det kan implementeres på tværs af alle projekter. Et virkemiddel kan implementeres på to måder alt afhængig af, 1) om tiltaget har den ønskede effekt på tværs af alle projekter, samt 2) i hvilket omfang tiltaget vil påføre projekterne en merudgift. På baggrund af en vurdering af virkemidlets effekt og eventuelle merudgift på tværs af projekter, kan det enten implementeres som en ny standard, og dermed indarbejdes i vejreglerne, vejledning, processer og udbudsparadigmer, eller som et projektspecifikt virkemiddel, der kan implementeres i projekter, hvor tiltaget har den ønskede effekt og den økonomiske ramme tillader, at det anvendes.

Der kan dog være virkemidler, der indledningsvist har en CO₂-skyggepris, der er højere end den fastsatte CO₂-betalingsvillighed, men som vurderes at kunne bidrage med billigere CO₂-reduktioner i fremtiden, når teknologien er udviklet yderligere.

Sådanne virkemidler afvises ikke nødvendigvis efter de første analyser. Det vurderes i det konkrete tilfælde, om det giver mening at afprøve virkemidlet i pilotprojekter og analysere det over en længere periode.

Et eksempel herpå er anvendelse af eldrevet materiel som et CO₂-reducerende virkemiddel, der i de første beregninger har en forholdsvis høj CO₂-skyggepris, men det vurderes samtidig at være en teknologi, der skal bidrage på længere sigt.

Analyseperioden kan for nogle virkemidler løbe over en længere periode, hvor pilotprojekter anvendes til at afprøve virkemidlet og til indsamling af bedre data og viden til at lave en endelig analyse

⁶ Anvendelse af en CO₂-betalingsvillighed samt niveauet for betalingsvilligheden er afstemt med departementet i efteråret 2021/start 2022 jf. sag 21/11772-2.



og vurdering af, i hvilke scenarier og projekter virkemidlet kan bidrage, samt hvilken effekt virkemidlet har i praksis.

Bygningsstyrelsen

I Bygningsstyrelsen vil principperne være de samme som beskrevet af Vejdirektoratet i forhold til at kunne godkende og anbefale brugen af et givent virkemiddel.

Hvorvidt et virkemiddel kan implementeres, afhænger af Bygningsstyrelsens individuelle vurdering af virkemidlets effekt i forhold til finansiering af en eventuel meromkostning på et givent projekt.

Banedanmark

I Banedanmark indgår udarbejdelse af det koncernfælles virkemiddelkatalog ligeledes i arbejdet med udvikling af Banedanmarks udbudsprocesser og kravspecifikation for at fremme bæredygtigt indkøb og forbrug samt som del af implementering af nyt indkøbscirkulære Charter for godt og grønt indkøb.

I første omgang er fokus at identificere virkemidler, der kan bidrage til at reducere CO₂-belastningen fra byggeri, drift og vedligehold af jernbanen.

Principielt og på sigt indeholder virkemiddelkataloget også tiltag, der tilpasser jernbanen til klimaændringer, dvs. påvirkningen af mere vand, varme og vind.

I Banedanmark arbejdes der ligeledes med et jernbanespecifikt virkemiddelskatalog. Virkemiddelkataloget er idriftsat oktober 2023, dvs. samtidig med det koncernfælles virkemiddelkatalog.

Opbygningen af virkemiddelkataloget er udarbejdet med henblik på integration af koncernfælles løsninger, hvor det giver mening, fx reduktion af transport, jordarbejder m.v.

Et forslag til et virkemiddel kan komme fra alle, der har en idé, og kan anbefales til nærmere analyse på baggrund af en samlet vurdering af:

- Forventning om væsentlig CO₂-effekt – dvs. især virkemidler, der resulterer i reduktion af materialeforbrug som beton, stål samt transport (via leverance- og logistikplanlægning samt drivmiddelvalg).



- Kommerciel modenhed – dvs. at der foreligger konkrete erfaringer med anvendelse af løsningen.
- Bred anvendelighed/potentiale for udbredt anvendelse i Banedanmarks projektportefølje – dvs. at løsningen kan anvendes i større dele af porteføljen.
- Aktualitet og synergieffekt med andre mål – eksempelvis bidrag til at nå andre nationale og politiske mål, fx omkring råstoffer, støj, biodiversitet, social diversitet/mangfoldighed.

Når et virkemiddel vurderes relevant, igangsættes en nærmere analyse af virkemidlet, som skal danne grundlag for en vurdering og opgørelse af, om virkemidlet skal afvises eller optages.

I analysen af virkemidlerne angives det bl.a., hvornår det anbefales at genbesøge analysen, fx i forhold til forventet prisudvikling, teknologiske muligheder m.v. Dette er fx relevant i forhold til anvendelse af elektriske maskiner, hvor den kommercielle modenhed og prissætning er i hastig udvikling.

Beslutning om hvorvidt et virkemiddel skal anvendes eller ej skal begrundes. Følgende kriterier ligger til grund for beslutningen:

- Giver CO₂-reduktion i forhold til traditionel løsning. Beregninger udføres i overensstemmelse med koncernfælles metode, herunder anvendelse af InfraLCA
- Øger værdien af infrastrukturen (fysisk asset) på anden vis, fx via synergieffekt og multifunktionalitet (fx betonkabelkasser designet som adgangsvej og paddehegn, se nedenfor)
- Reducerer/effektiviserer drift- og vedligeholdelsesprocedurer

Eksempelvis kan en idé om ”smart design” af betonkabelkasser, så de både kan fungere som adgangsveje (ved at øge bredde til 80 cm) og paddehegn (ved lave et udhæng på overdel) måske anbefales til optagelse som inspiration, selvom mængden af beton til kabelkassen isoleret set bliver større.

Dette sker idet flere formål kan tilgodeses i det samme design, og dermed undgå selvstændigt materialeforbrug til paddehegn og adgangsveje.



Aktuelt planlægges det at undersøge anvendelse af spuns, træ til gangbroer, perroner og faunapassager samt eldrevet materiel.

På baggrund af den livscyklusbaserede og helhedsorienterede byggefaglige og totaløkonomiske analyse og konkret LCA-beregning vurderes det om et virkemiddel skal enten afvises, optages i Banedanmarks virkemiddelkatalog, indarbejdes i relevant banenorm eller anbefales til optagelse i det koncernfælles virkemiddelkatalog.

Klimavirkemidler i udbud

Når virkemidler implementeres i udbud af kommende bygge- og anlægsprojekter, reduceres CO₂-aftrykket i forhold til basisscenarioet, isoleret set. I det enkelte projekt kan flere virkemidler komme i spil, afhængig af projektets karakter, teknologiudviklingen og de aktuelle markedsforhold. Implementering af virkemidler i bygge- og anlægsprojekter kan ske som krav eller konkurrenceparametre, der opstilles i udbuddene.

Fremgangsmåden for at implementere et virkemiddel i et udbudsmateriale vil være forskellig, og afhænger af opgavens og virkemidlets karakter. Der vil eksempelvis være virkemidler, der egner sig til at blive implementeret ensartet på tværs af projekter.

CO₂-reduktionskrav til komponenttyper kan eksempelvis indarbejdes som krav i branchestandarder, så de samme krav til en komponents CO₂-udledning gælder på tværs af alle udbud og projekter.

Omvendt vil der som nævnt også være virkemidler, hvor implementering i et udbud bør være projektspecifik og tilpasses det enkelte projekt. Her spiller bl.a. markedsforholdene og antallet af mulige bydende på projekterne ind.

Indenfor de overordnede rammer i udbudslovgivningen arbejder styrelserne med forskellige måder med at indarbejde godkendte virkemidler i kommende bygge- og anlægsprojekter. Banedanmark og Vejdirektoratet arbejder på at implementere gode råd fra Konkurrencestyrelsen om offentlige grønne indkøb⁷.

Vejdirektoratet

I Vejdirektoratet arbejdes overordnet set med tre fremgangsmåder til at implementere virkemidler i udbud af kommende bygge- og

⁷ [Ny vejledning om gennemførelse af grønne udbud \(kfst.dk\)](https://www.kfst.dk/ny-vejledning-om-gennemfoerelse-af-gronne-udbud)



anlægsprojekter. Disse fremgangsmåder udgør ikke en udtømmende liste over muligheder for at indarbejde virkemidler i udbud, men eksemplificerer hvordan virkemidler kan indarbejdes i udbud på forskellige vis alt efter virkemidlets karakter.

1. Virkemidler indarbejdet som krav i udbud

Virkemidler, der sikrer CO₂-reduktioner, kan indarbejdes som krav enten på projektniveau i udbuddet af det enkelte projekt eller på tværs af projekter som nævnt ovenfor.

Eksempler på virkemidler, der kan indarbejdes som krav:

- I projekteringen og planlægningsfasen vælges CO₂-neutrale løsninger til at indgå som designkrav i udbudsmaterialet.
- Anvendelse af bestemte kategorier af materialer og materiel (fx Klimavenlig slidlag (KVS), LED-belysning, varmepumper til opvarmning af skurvogne, eldrevet materiel m.v. CO₂-reduktionskrav til produkttyper kan indarbejdes som krav i branchestandarder, så de samme krav til et produkts CO₂-udledning gælder på tværs af udbud og projekter. Vejdirektoratet har eksempelvis indført et krav om klimavenlig asfalt (KVS) i vejstandarderne)
- Enkeltprodukters egenskaber (fx krav til en støjskærms CO₂-udledning eller krav om maksudledning fra beton- og stålelementer)
- Byggepladsens drift (fx energiforsyning og affaldshåndtering)

Inden et virkemiddel indarbejdes som et krav til projektdesign eller udførelse af entreprisen, analyseres effekten ved at stille kravet i det pågældende projekt, samt mulighederne for at indføre kravet indenfor projektets rammer.

Derudover indgår en vurdering af markedssituationen.

2. Virkemidler indarbejdet som konkurrenceparametre

Når et projekt udbydes, kan CO₂-reduktioner indgå som et konkurrenceparameter ved tildelingen af entreprisen. Ikke alle virkemidler er egnet til at indgå som et konkurrenceparameter. Denne fremgangsmåde til at indarbejde virkemidler i udbud er særligt relevant for virkemidler hvor:



- merprisen for implementering af tiltaget er ukendt eller kan variere meget.
- der er stor forskel på, hvad markedet kan levere indenfor det pågældende område, men hvor bygherre ønsker at understøtte markedsudviklingen i en retning, hvor entreprenører og leverandører konstant arbejder imod produkter og løsninger med et lavere CO₂-aftryk.

Når et virkemiddel indarbejdes som et konkurrenceparameter, har alle potentielle bydende mulighed for at byde på projektet, men de er ikke tvunget til at medtage tiltagene i deres tilbud.

Virkemidler, der indarbejdes som et konkurrenceparameter, påvirker derfor i mindre grad konkurrencesituationen på projektet, da der ikke er tilbudsgivere, der udelukkes fra at afgive tilbud, sammenlignet med virkemidler, der indarbejdes som krav i udbuddet.

I Vejdirektoratet anvendes priskorrektionsmodellen som evalueringsmodel. Når der i fremtidige projekter konkurreres om at implementere CO₂-reducerende tiltag i tilbuddet, vil tildelingskriteriet være ”omkostninger”.

I udbuddet beskrives evalueringsmodellen, samt at der gives et tillæg til tilbudsprisen pr. ton CO₂, der udledes ved den tilbudte løsning. Entreprenørens tilbud bliver derved mere konkurrencedygtigt, når det indeholder et lavt CO₂-aftryk.

Formålet med at fastsætte et beløb pr. reduceret ton CO₂ er, at give entreprenøren et incitament til at reducere CO₂ via tiltag, der kan implementeres indenfor denne beløbsgrænse, og dermed giver størst effekt for pengene.

Som tidligere beskrevet anvendes CO₂-betalingsvilligheden i Vejdirektoratet til at fastsætte dette beløb i udbud.

Eksempler på hvordan CO₂-udledning kan indarbejdes som et konkurrenceparameter med udgangspunkt i ovenstående er:

- Anvendelse af sideordnede tilbud eller et CO₂-svarark

I disse udbudsmetoder beskriver bygherren i udbudsmaterialet de virkemidler, som entreprenøren har mulighed for at implementere i sit tilbud, samt hvilket fradrag der gives til tilbudsprisen, hvis entreprenøren indarbejder virkemidlet i sit tilbud. Bygherre har be-



regnet, hvor meget CO₂ der reduceres, hvis virkemidlerne implementeres på entreprisen. Tillægget/fradraget fastsættes ved at gange den reducerede mængde CO₂ med CO₂-betalingsvilligheden.

Denne fremgangsmåde kan anvendes til at indarbejde virkemidler, hvor merprisen er ukendt eller varierende, samt virkemidler hvor det ikke er alle aktører i markedet, der har mulighed for at tilbyde dem som en del af deres tilbud.

- Anvendelse af alternative tilbud eller en CO₂-baseline

Som en mere teoretisk model, der forventes i et vist omfang at kunne bruges i fremtidige anlægsprojekter, kan der konkurreres på dele af projektets CO₂-aftryk.

Entreprenøren skal i sit tilbud fastsætte den tilbudte løsnings CO₂-aftryk, eksempelvis ved at oplyse emissionsfaktorerne for udvalgte materialer, hvor mængderne på forhånd er fastsatte af bygherre.

EPD'er, der afleveres ved projektafslutning, anvendes som dokumentation for, at de tilbudte emissionsfaktorer er overholdt. I udbuddet gives et tillæg til tilbudsprisen beregnet på baggrund af den tilbudte løsnings CO₂-aftryk. Dertil kan der indarbejdes en incitamentsmodel i form af bod/bonus ved afvigelse fra denne CO₂-baseline.

3. Virkemidler indarbejdet som optioner

En tredje mulighed er at indarbejde virkemidler som optioner i udbuddet. En option er en forhånds aftale om, at kontrakten kan udvides under nærmere fastsatte vilkår.

Optioner kan anvendes, når projektet på udbudstidspunktet ikke er sikker på, om en bestemt ydelse eller vare bliver aktuel i aftaleperioden, men gerne vil bevare muligheden for at kunne købe den pågældende ydelse eller vare hos den valgte leverandør.

Hvis virkemidler indarbejdes som optioner i udbuddet, hvor entreprenøren også skal prissætte optionen i forbindelse med udbuddet, giver det projektet mulighed for at tage stilling til, om virkemidlet ønskes implementeret, når prisen på virkemidlet er kendt og tilgængelig i tilbuddet. Det vil ikke være alle virkemidler, der kan indarbejdes som optioner.



En option kan også anvendes i tilfælde, hvor projektet forud for udbuddet ikke ved, om der vil være midler til at implementere virkemidlerne. Er der opstillet flere CO₂-reducerende tiltag som optioner, kan projektet indenfor den økonomiske ramme implementere det/de tiltag med den laveste CO₂-skyggepris efter kontraktindgåelse.

Udover at opstille optioner på implementering af enkelte udvalgte virkemidler, så kan en option også være, at der i projektet gives mulighed for at gennemføre en projektoptimering med henblik på at reducere projektets CO₂-aftryk i samarbejde med entreprenøren efter kontraktindgåelsen.

For at finansiere projektoptimeringerne kan der afsættes en pulje, der er målrettet til reduktion af entreprisens CO₂-aftryk og som udmøntes i anlægsperioden. I entrepriseaftalen beskrives det, hvordan der kan gøres brug af puljen.

Puljen kan fx tages i brug ved, at entreprenøren eller bygherre kommer med forslag til projektændringer eller ændring af udførelsesmetoder, som vil reducere entreprisens CO₂-aftryk. Ændringsforslag dokumenteres skriftligt, og skal udover en beskrivelse af tiltaget indeholde et CO₂-overslag for entreprisen med og uden ændring, så det er tydeligt, hvor meget CO₂, ændringsforslaget/ene kan reducere.

Virkemidler, der implementeres som projektændringer, vurderes på baggrund af de samme nøgletal, som er beskrevet i afsnittet om analysen af virkemidler.

Bygningsstyrelsen

I Bygningsstyrelsen benyttes på nuværende tidspunkt hovedsageligt krav i udbud. Fremgangsmåden for at indarbejde virkemidler som krav i udbud ligner den som beskrives af Vejdirektoratet i afsnittet ”1. Virkemidler indarbejdet som krav i udbud”. Det kan eksempelvis være krav til CO₂-grænseværdi eller andre miljøkrav.

I forlængelse heraf ser Bygningsstyrelsen et potentiale i, at man benytter CO₂ som en baseline, og at det for styrelsens arbejde er mere oplagt, at CO₂ kan anvendes som et mindstekrav, frem for et konkurrenceparameter. Ved anvendelse af CO₂ som mindstekrav, vil alle tilbudsgivere skulle afgive et tilbud under en bestemt grænse for at kunne afgive et konditionsmæssigt tilbud.



Banedanmark

I Banedanmark gøres de samme overvejelser, som Vejdirektoratet beskriver. Banedanmark har endvidere introduceret CO₂-workshop fra opstart af nyanlægsprojekter for at sikre, at potentielle CO₂-besparelser i projektførløbet bliver identificeret tidligt, således at det er muligt at opnå dem i projektførløbet. Banedanmark gennemfører en tæt markedsdialog inden udbud ift. at sikre, at markedet er i stand til at levere på de tiltag, som Banedanmark efterspørger. Dette ikke mindst fordi Banedanmark oplever mangel på entreprenører til at gennemføre Banedanmarks projekter. Således er det centralt for Banedanmark, at markedet kan følge med. Da Banedanmarks projekter og aktiviteter er meget forskelligartede træffes beslutningen om den konkrete anvendelse af redskab i udbudsstrategien. I udbudsstrategien tages således stilling til, hvilke virkemidler der kan komme i spil i projektet.

Udbudsstrategien er det konkrete projekts strategi for valg af udbuds- og kontraktretlige løsninger, der sikrer projektet bedst muligt indenfor kvalitet, tid og økonomi set i forhold til opgavens karakter, markedsforhold med mere.

Eksempelvis fastlægges den konkrete entreprise- og udbudsform i udbudsstrategien. Som en del af udarbejdelsen af udbudsstrategien foretager projektet en konkret afvejning af estimeret tid til udbudsprocessen under hensyn til blandt andet mængden og kompleksiteten af krav, der stilles til tilbudsgiverne, herunder anvendelse af godkendte virkemidler.

Der er forskellige fordele og ulemper, afhængigt af, hvordan virkemidlerne indføres i kontrakten for projektet, jf. nedenstående oversigt:

**Tabel 2.3. Hvordan efterspørgsel af virkemidler, fx EPD'er, kan finde sted ved at bruge udbudslovgivningens muligheder**

	Krav i forbindelse med prækvalifikation	Mindstekrav	Option	Evalueringskriterium
Fordele	Giver mulighed for at sikre et felt med mulige leverandører, som der på konkurrerer rent på pris og kvalitet (øvrige kvalitetskrav)	Giver god effekt, enkelt at fastsætte niveauer	Godt egnet til at bestemme pris	Tydelig synliggørelse af Banedanmarks prioritering på området. Styrker konkurrencen og markedsdrevne udvikling af de ønskede løsninger
Ulemper	Risiko for begrænset effekt, hvis de ikke er egnede	Risiko for, at udbud må annulleres, hvis markedet ikke kan levere	Rummer stadig en risiko, hvis option kaldes, og markedet ikke kan levere	Hvis marginal vægtning, kan effekt udeblive. Hvis tung vægtning, kan prisen og øvrige kvalitetskrav risikere at lide under dette.

I Banedanmark anvendes både pris- og pointmodeller baseret på en TCO (Total Cost of Ownership) – tilgang. CO₂-reduktioner kan indgå som selvstændigt krav eller evalueringskriterie.

Ved indkøb af bygherreleverancer, dvs. byggevarer og banetekniske komponenter m.v., anvendes egenudviklede værktøjer til brug for udarbejdelse af kravspecifikation, bl.a. via markedsdialog, samt analyseværktøj til udarbejdelse af evalueringsmodel.

Som input til kravspecifikation og markedsdialog anvendes en systematisk screening af muligheder for bæredygtige løsninger, særligt i forhold til miljø og klima, baseret på Banedanmarks Bæredygtighedsstrategi samt principperne om cirkulært design (kaldet grundmodellen).

En totaløkonomisk analyse- og evalueringsmodel, kaldet Totalværdimodellen, anvendes som analyse- og evalueringsværktøj for produkter. Som en del af markedsdialog spørges leverandører systematisk, om de har udarbejdet/planlægger at udarbejde EPD'er.



Eksempelvis har dette forarbejde betydet, at markedet for skinner er vurderet at være på vej med EPD'er, men at det vil kunne betyde en indskrænkelse af konkurrencen at stille det som krav. I kontrakten er derfor anvendt en blød formulering om, "at såfremt EPD forefindes, kan den fremsendes til Banedanmark".

I de kommende år forventer Banedanmark i stigende grad at anvende fagentrepriser. Formålet er at øge de konkurrencemæssige forhold i udbudsprocessen, da kompleksiteten i det arbejde, der skal udføres på denne måde nedbringes. Dermed opnås potentielt en større mængde af mulige bydere.

Som del af arbejdet med at nedbringe CO₂-belastningen hos underleverandører udarbejder Banedanmark en implementeringsplan for, hvordan EPD'er kan efterspørges som del af udførelsen af entrepriser.

Viden fra de indhentede EPD'er koordineres med de øvrige styrelser, og indgår i det koncernfælles arbejde med tilpasning af Infra-LCA.

Andre klimaindsatser

I ovenstående afsnit er de overordnede og primære klimaindsatser beskrevet, mens der i dette afsnit vil redegøres for øvrige konkrete klimaindsatser, som styrelserne arbejder med.

Disse dækker over allerede etablerede og fremtidige virkemidler samt diverse klimatiltag på anlæg- og byggeprojekter herunder designoptimering.

Klimaindsatser, der håndteres som virkemidler

Virkemidler håndteres og samles i et fælles virkemiddelkatalog samt i interne virkemiddelkataloger, som beskrevet ovenfor.

Det fælles virkemiddelkatalog indeholder derfor på nuværende tidspunkt de fem virkemidler, der er oplistet i nedenstående tabel.



Tabel 2.4. Udklip fra det fælles virkemiddelkatalog pr. 03.08.2023.

Nr.	Titel på virkemiddel	Status for virkemiddel	Fagtema	Materiale
1	Eldrebet materiel	I analysefase	Bygge- og arbejdsplads	
2	Krav om brug af eldrebet sax- og bomlifte	Implementeret, ny standard i VD	Bygge- og arbejdsplads	
3	Biodiesel	Afvist, overstiger betalingsvillighed	Bygge- og arbejdsplads	
4	Gangbroer og faunapassager af træ i stedet for beton	Idéfase	Broer og konstruktioner inkl. støjskærme, portaler og perroner	Træ
5	Spunsvægge af genanvendt materiale	Idéfase	Bygge- og arbejdsplads	Metaller

De interne virkemiddelkataloger indeholder flere virkemidler, som enten er styrelsesspecifikke eller endnu ikke behandlet i styregruppen for det fælles virkemiddelkatalog.

Vejdirektoratet

I Vejdirektoratet kan indholdet fra det interne virkemiddelkatalog sammenskrives i nedenstående tabel. Oversigten indeholder både virkemidler, der er udvalgt til analyse, implementeret som ny standard eller på projektniveau samt idéer til kommende virkemidler. I tabellen illustreres status for de enkelte virkemidler ikke.

**Tabel 2.5. Sammenskrivning af virkemidler i Vejdirektoratets virkemiddelkatalog pr. 04.08.2023.**

Kategori	Virkemidler
Krav som entreprenøren skal overholde på byggepladsen	HVO Biodiesel, ældre materiel under 2,5 tons, ældre sax- og bomlift, ældre personbiler og varevogne, ældre lastbiler, overholdelse af en given Stage norm for ikke-vejgående materiel, grønne kurser, grøn strøm på byggepladsen, varmepumper, LED-belysning.
Krav om maksimal CO ₂ -udledning fra materialer	Beton, stål, armering, forspændt armering, asfalt
Genanvendelse og nye materialetyper	Bitumen Stabiliseret Materiale (BSM) inkl. vedligehold, udvidelse, samt forskellige opbygninger, plastrør fremfor betonrør, genbrug af knust beton i vejopbygning
Mindre transport af materialer	Jordramper, kalkstabilisering
Nyttiggørelse af nye eller eksisterende materialer i projekter	Forbrændingsslagge, overskudsjord, nedknust beton, træ, FRP/GRP (Glasfiber komposit)
Designoptimeringer	Indenfor følgende områder: afvanding, belægningsopbygning, broisolering, fremtidssikring, bygværkstype, censor til lyskilder, støttemure, støjskærme, udfordring af normer

Som et eksempel på, hvordan der arbejdes med virkemidler i konkrete projekter i Vejdirektoratet, oplyses det i nedenstående tabel, hvilke klimatiltag/virkemidler, der er analyseret og er overvejet i planlægningen af konkrete projekter i 2022.

**Table 2.6. Vejdirektoratets eksempler på virkemidler, der er analyseret og har indgået i planlægningen**

Kategori	Virkemiddel	Beskrivelse
Genbrugspotentiale	Stålautovern, skråningsbeklædning, materialer i vejkasen.	Der arbejdes med genbrug i alle henseender, listen er derfor ikke udtømmende. Genbrug af eksisterende materialer er en vigtig metode til at mindske klimaaftrykket i projekterne.
CO2 som et beslutningskriterie i projekter	Kantafgrænsning, overkørsler, vejtilslutninger, 2+1 vej, stibroer, afvanding.	Der regnes CO2 på forskellige løsninger for at kunne vælge den mindst CO2-udledende metode eller materiale.
Minimer transport af materialer i projekter	Kalkstabilisering, skråninger, nedbrydning af beton lokalt, nyttiggørelse af projektjord, lokale aftaler om muld, indbygning af muld, lokale støjvolde, ændring i tværfald på nødspor.	Der arbejdes med at reducere transporten af materialer, ved bl.a. at udnytte eksisterende materialer bedre eller bruge nye metoder. Derudover indtænkes mulighederne for at spare mængder altid.
Krav i udbuddet	Maks. CO2 på materialer som armering, beton og spuns. Genbrug, eldrevet materiel.	Der kan fra Vejdirektoratets side sættes krav til CO2-udledningen fra materialer, samt mængden af genbrug og brug af maskiner for at sætte gang i udviklingen på markedet. Dette kan bidrage til en CO2-reduktion i anlægsbranchen.
Designoptimering	Færre mængder beton og stål i bygværker ved optimering af søjler, indvendig konstruktion og støttevægge. Derudover mindre jordarbejde. Støjskærme.	Designoptimering af bygværker, støjskærme og andet teknik har den effekt, at der kan spares på mængden, eller ændres i materialesammensætningen. Dette mindsker CO2-udledningen fra materialeproduktion og transport.
Nye metoder og materialer	Slaggegrus, Bitumenstabiliseret materiale (BSM), Klimavenligt slidlag (KVS).	Det undersøges om nye innovative løsninger kan hjælpe med at nedbringe CO2-udledningen. Ved at afprøve nye tiltag, kan der opstå en betydelig CO2-gevinst.



Banedanmark

I Banedanmark indgår virkemidlerne, sammen med InfraLCA, også i CO₂-workshops, som er startet op for udvalgte pilotprojekter. Formålet er, at de enkelte projekter identificerer egnede klimainsatser i projektets forskellige faser.

Tabel 2.7. præsenterer eksempler på klimatiltag/virkemidler, der er analyseret og er overvejet i planlægningen af konkrete projekter i Banedamark. **Tabel 2.7. Banedanmarks eksempler på virkemidler, der er analyseret og har indgået i planlægningen**

Kategori	Virkemiddel	Beskrivelse
Genbrugspotentiale	Nedknuse beton fra sveller	Der arbejdes med genbrug i alle henseender, listen er derfor ikke udtømmende. Der arbejdes bl.a. med nedknusning af beton fra sveller som bærelag under asfalt.
	Genbrug af skærver	Ved opfyldning og oprensning af ballast genbruges i videst mulig omfang skærver, mens resten nedkneses og anvendes til underballast eller andre formål. Nedknusning af skærverne til bane stabil underballast vil reducere behovet for indkøb af jomfrueligt og kalkfattigt materiale til underballast fra råstofgrave i Danmark eller udlandet
Anvendelse af nye materialer	Øget brug af træ	Der arbejdes på øget anvendelse af træ, og der er udarbejdet en rapport, hvor substitution af beton med træ i perroner, faunapassager og gangbroer er analyseret.
	Spuns	Mulighed for brug af alternativer til spuns undersøges. CO ₂ reducerende spuns er lavet af genanvendt stål og kan også produceres med vedvarende energi, hvilket reducerer dens CO ₂ aftryk i produktionen.
Minimer transport	Etablering af lokale råstofgrave.	Der fokuseres på at reducere jordtransporten ved bl.a. at etablere lokale råstofgrave.



		Der undersøges mulighed for at planlægge opgaver ved hjælp af digitale værktøjer for at reducere antal kørte kilometer.
Krav i udbuddet	Fokus på materialernes udledning af CO ₂ .	Der efterspørges fra Banedanmarks side EPD'er for udvalgte materialer, og der kan fremadrettet sættes krav til maksimal udledning af CO ₂ fra materialer.
	EPD for sveller	Der udarbejdes en EPD for Banedanmarks svellefabrik for at vurdere og forbedre klimabelastningen ved fremstilling af banesveller.
Designoptimering	Færre mængder beton og stål i bygværker ved optimering af konstruktionen.	Designoptimering af broer og bygværker, har den effekt, at der kan spares på mængden, eller ændres i materialesammensætningen. Dette mindsker CO ₂ -udledningen fra materialeproduktionen.
Byggepladsen	Brug af eldrevet materiel og krav til byggepladsen.	Der arbejdes med muligheden for at anvende flere eldrevne maskiner op til 15 tons eller maskiner med lav emission ved overholdelse af en given Stage norm for ikke-vejgående materiel.

Endvidere er der igangsat et projekt med designoptimering af beton på broer og større konstruktioner. Der er også et arbejde i gang med at vurdere klimabelastningen ved fremstilling af banesveller på Banedanmarks svellefabrik – herunder muligheder for produktforbedringer.

Banedanmark har fokus på genanvendelse, brug af færre jomfruelige materialer i et cirkulært perspektiv samt at optimere yderligere på jordhåndteringen. Der er således gjort gode økonomiske, klimamæssige og praktiske erfaringer med etablering af lokale råstofgrave, samt lokal nedknusning af skærver til genanvendelse som stabil grus på Ringsted-Femern forbindelsen. De lokale råstofgrave sparer i omegnen af 2,2 millioner kilometers kørsel med lastbil.



Ringsted-Femern forbindelsen er et af Danmarkshistoriens største anlægsprojekter, og er en vigtig brik i elektrificeringen af den danske jernbane. Den elektriske jernbane er i sig selv vigtig for at reducere CO₂, men med genanvendelse af materialer kommer et yderligere bidrag.

Til den 30 km lange dobbeltsporede jernbane på Lolland genanvendes 120.000 m³ skærver, som er hentet på det gamle banelegeme.

Når Banedanmark fælder fredskovområder i forbindelse med anlægsprojekter, sørger Banedanmark for at rejse godt og vel dobbelt så meget fredskov, som det har været nødvendigt at fjerne. På Sjælland er der blevet fældet 4,2 hektar fredskov i forbindelse med Ringsted-Femern forbindelsen, og erstatningen bliver nu en del af en klimaskov på i alt 40 hektar.

Banedanmark overvåger kontinuerligt udviklingen og mulighederne for at udskifte til mere energieffektiv teknologi, under hensyn til tilbagebetalingstid og restlevetid i bestående anlægskomponenter.

Banedanmark har indført energiledelse, der sikrer, at energibesparelser planlægges og gennemføres i alle dele af Banedanmarks organisation.

Der er i 2022 primært gennemført energibesparelsesprojekter i forhold til installation af varmepumper, udskiftning af infoskærme samt ventilation. De gennemførte energibesparelser kombineret med at en produceret kWh strøm udleder mindre og mindre CO₂ i Danmark betyder, at Banedanmarks CO₂-udledninger fra egen fossil anvendelse og forbrug af varme og elektricitet i 2022 reduceret med ca. 68 % sammenlignet med basisåret 2008.

Yderligere informationer kan findes i Banedanmarks årlige grønne regnskaber. Grønt regnskab 2022 kan findes på Banedanmarks hjemmeside.

Bygningsstyrelsen

I Bygningsstyrelsen arbejdes der blandt andet med følgende to ting.

1. Reducere ressource- og energiforbruget ved at etablere areal- og energieffektive kontorarealer, eksempelvis kontorknudepunkter.



For at reducere energiforbruget fra statslige institutioner arbejder Bygningsstyrelsen på at optimere statens kontorarealer. Det gøres fx ved at etablere kontorknudepunkter, hvor flere institutioner samles i samme bygning. Bygningsstyrelsens EOS-rapport viser, at der er store besparelser at hente, når statslige institutioner flytter fra lejemål med højt energiforbrug til moderne areal- og energieffektive lokaler.

Arealforbruget har betydning for såvel statens samlede omkostninger til ejendomsdrift og husleje som for det statslige ressource- og energiforbrug. Jo flere lejbærende arealer, des dyrere er en ejendom at drifte, og des mere energi kræves der til opvarmning, ventilation og belysning.

2. Bidrage til udviklingen af bæredygtigt byggeri, bl.a. ved at udfordre markedet til at levere særligt bæredygtige løsninger i udvalgte fyrtårnsprojekter.

Bygningsstyrelsen er ved at få opført et nyt kontorknudepunkt på 30.000 m² i Odense. Knudepunktet bliver bygget med bærende konstruktioner i træ, hvilket stadig er utraditionelt i den danske byggebranche. Beslutningen om at anvende træ er truffet på baggrund af beregninger, der viser, at bygningens klimaaftryk over 50 år potentielt reduceres med ca. 30 pct. sammenlignet med en tilsvarende traditionel bygning opført i beton.

Projektet udfordrer byggebranchen på, hvor langt man kan gå i forhold til træbyggeri i storskala. Samtidig indgår byggeriet som testprojekt i afprøvningen af den frivillige bæredygtighedsklasse, hvor der rapporteres på syv krav, der dokumenterer projektets bæredygtighed.

Renoveringen af en ældre bygning med forskningsfaciliteter på Aarhus Universitet, Risø, er også blevet tilmeldt den frivillige bæredygtighedsklasse. Projektet repræsenterer en gennemsnitlig renovering for Bygningsstyrelsen og bidrager til indsamlingen af data og erfaringer om metoder, dokumentationsarbejde, samarbejdsformer mv.

Projektet understøtter, at udarbejdelsen af fremtidige nationale bæredygtighedskrav, for renoveringer såvel som for nybyg, sker på et velafprøvet og dokumenteret grundlag.



Kapitel 3 - Målemetodisk om CO₂-opgørelser af bygge- og anlægsprojekter

Målemetodikken bag CO₂-opgørelser på bygge- og anlægsområdet er en kompleks størrelse. Dette følger af, at bygge- og anlægsprojekters mange særegne karakteristika gør det vanskeligt at generalisere observationer og principper. Opgørelserne kompliceres endvidere af interessen for at kunne belyse projekternes indflydelse på de danske klimamål. Der er dermed behov for at kunne opgøre projekternes CO₂-udledning i nationale og globale udledninger samt kvote og ikke-kvote opdeling.

De følgende afsnit uddyber de ovennævnte problemstillinger og gør status på, hvad der kan måles i forbindelse med CO₂-opgørelser i bygge- og anlægsprojekter.

Udfordringer ved at opgøre CO₂-udledninger for byggeri og anlæg på makro- og mikroniveau

Generelt ses en række udfordringer, når der skal kvantificeres CO₂-aftryk i anlægsprojekter, enten på mikro- eller makroniveau, hvis man ønsker at opgøre CO₂ som en udledning pr. relevant måleenhed (km. vej/bane, anlægskrone eller anden enhed). Med mikro- og makroniveau forstås hhv. projektspecifikt (mikro) kontra på tværs af styrelser og projektyper (makro).

I forlængelse heraf er der udfordringer med at opgøre en meningsfuld beregning af CO₂ udledning pr. år fra den samlede portefølje af bygge og anlægsprojekter.

Endelig kan der være et helt relevant ønske om, i det enkelte projekt, at dokumentere, hvor meget CO₂ der er reduceret i projektet sammenlignet med et andet projekt, hvor man har gjort, som man "plejer". Her opstår imidlertid udfordringer med fastlæggelsen af baseline.

For hvad angår en generel overførsel af beregnede CO₂-udledninger pr. relevant måleenhed fra et givent projekt til et andet, vil dette altid være behæftet med betydelige usikkerheder, da projekter som oftest er meget forskellige. Dette gælder fx for hvilken type vejprojekt, der beregnes på (tosporet landevej, sekssporet motorvej osv.) eller hvilke forhold, der gør sig gældende, der hvor projektet geografisk er placeret. Der kan eksempelvis være store forskelle på tværs af projekter ift., hvor mange støjskærme der skal opsættes, eller hvor mange bygværker der er, hvilket er afgørende for det



samlede CO₂-aftryk. Tilsvarende kan der være store forskelle på tilgængeligheden af materialer, alt efter hvor projektet ligger, og dermed i eksempelvis de afledte transportafstande.

Det kan derfor være vanskeligt at opsætte et regelsæt for, hvad den forventede CO₂-udledning vil være pr. påbegyndt kvadratmeter eller løbende kilometer vej eller bane, da dette vil afhænge af lokale forhold, transportbehov til det givne projekt og en række andre parametre. Det samme gælder andre opgørelser, hvor man ønsker at knytte CO₂-udledningen op på andre måleenheder som eksempelvis CO₂ pr. anlægskrone.

For så vidt angår en årlig opgørelse af den samlede CO₂ udledning vil planlagte projekter, fx på vej- og baneområdet i Infrastrukturplan 2035-sammenhæng (IP35), være af forskellig karakter og volumen fra det ene år til det andet. Dermed vil man ikke meningsfyldt kunne sammenligne udledninger fra et år til et andet, da udsving i høj grad vil være et udtryk for variation i anlægsintensiteten og karakteristika ved de konkrete projekter, og ikke et udtryk for om Transportministeriet generelt bliver bedre eller dårligere til at reducere CO₂ i projekterne.

Da projekter strækker sig over flere år, giver årlige opgørelser af udledninger også udfordringer ift. at fastslå, hvilket år udledningen sker, og hvordan eksterne faktorer, såsom vejforhold, kan påvirke arbejdet og tidsplanen.

For så vidt angår ønske om i det enkelte projekt, at dokumentere, hvor meget CO₂ der er reduceret i projektet sammenlignet med et projekt, hvor man har gjort, som man "plejer" – eksempelvis når der skal sættes klimakrav til et bygge- eller anlægsarbejde, vil der skulle etableres en baseline, der fastlægger udgangspunktet for en CO₂-udledning i et projekt. Dette kan fx anvendes til at sætte en tilfaldt maksimal CO₂-udledning for et projekt.

Endelig er der behov for at skabe en baseline i projekter, når CO₂-udledninger skal vurderes gennem et projekts levetid eller sammenlignes mellem projekter.

Her kan overordnet opstilles tre mulige tilgange til at etablere baselines med hver deres fordele og ulemper:

1) Sammenligning af projekter med andre projekter – simpelt, men her gør det sig gældende, at bygge- og anlægsprojekter, jf. tidligere beskrivelser, har en række unikke designtræk og omstændigheder



(miljø, krav til brug, geografi mv.), der besværliggør en "fair" sammenligning. Dette skyldes den alsidige og unikke karakter i projekter, hvilket resulterer i forskelle i nødvendige produkttyper og -mængder, samt i transportbehov og forudsætninger.

2) Intern sammenligning af et projekt (sammenligning af projektet med tidligere versioner af samme projekt), hvor udfordringen kan være, at det giver incitament til at beskrive et "dårligere" projekt i de indledende faser for at kunne dokumentere en CO₂-reduktion senere.

3) En eksternt fastsat grænseværdi for CO₂-udledninger i bygge- og anlægsprojekter. Dette kan forårsage udfordringer ift. om den samme grænseværdi kan anvendes i forskellige typer projekter.

Uanset hvordan man i sidste ende kommer til at opgøre baseline, vil der løbende være behov for at revidere baselines på baggrund af nyeste viden og data, så der kan stilles de mest relevante og kvalitative krav. Det skyldes bl.a., at teknologier og markedet hele tiden udvikler sig, så den standard vi skal måle efter, løbende flytter sig.

Sammenligning af monetære og produktspecifikke tilgange

Vejdirektoratet, Bygningsstyrelsen og Banedanmark har igennem længere tid arbejdet med at metodeudvikle og opgøre CO₂-udledningerne fra bygge- og anlægsprojekter. Der er udbredt enighed blandt styrelserne og fagfolk om, at den mest retvisende metode er et LCA-perspektiv baseret på opgørelse af materialeforbrug og EPD'er for hvert materialebidrag.⁸ Således er InfraLCA og LCAbyg baseret på denne tilgang, der ofte kaldes *den produktspecifikke tilgang*.

I en række tilfælde, og særligt i indledende opgørelser af CO₂-udledninger, er der endnu ikke altid tilstrækkelige data tilgængelige til at opgøre/give overslag på materialeforbruget på det nødvendige detaljeringsniveau til LCA-baserede opgørelser.

Selvom arbejdet med opgørelse af CO₂-udledninger nu er veletableret i styrelserne vil ovenstående ofte være tilfældet for ældre

⁸ EPD er et internationalt anerkendt fælles mål for et materiales LCA-effekt og angives i CO₂ pr. kg materiale. Der arbejdes løbende på at opstille EPD'er for flere og flere materialer.



bygge- og anlægsprojekter, der er planlagt og igangsat før udviklingen af LCA-data og –værktøjer.

I stedet kan en tilnærmet metode anvendes baseret på udledningsfaktorer, der er relaterede til økonomi, så opgørelserne baseres på eksempelvis forventet CO₂-udledning pr. mio. kr. Dette kaldes typisk *den monetære tilgang*.

Den monetære metode er komplet, da den medtager alle led i livscyklusen på baggrund af gennemsnitlige værdier. Den produkt-specifikke tilgang er derimod mere detaljeret, hvorved man kan se forskelle mellem projekter, men inkluderer ikke nødvendigvis alle led.

Den monetære tilgang kan i princippet anvendes til at opgøre Transportministeriet samlede CO₂-udledninger for byggeri- og anlægsprojekter. Klimaaftrykket kan beregnes ved hjælp af beregningsmodellen EXIOBASE, som er en internationalt anerkendt beregningsmetode for CO₂-udledning, som favner hele værdikæden fra udvinding af råstoffer til bortskaffelse af varen. Modellen er baseret på statistiske tabeller over branchers produktion, energiforbrug, værditilvækst, arealanvendelse, mv. som er koblet til en lang række forskellige miljødata, bl.a. om tungmetaller, partikelemissioner og udledninger af CO₂ og CO₂-ækvivalenter.

Helt konkret kan klimaaftrykket beregnes ved, at fakturabeløb for leverancer fra en given branche, ganges op med de emissioner per indkøbskrone, som beregningerne i EXIOBASE viser, at den pågældende branche forårsager.⁹

En udfordring ved den monetære tilgang til opgørelsen af CO₂-udledning er, at der arbejdes med et gennemsnit for hele byggeri- og anlægsbranchen, der bruges som nøgletal og omregnes med antal indkøbskroner, der ikke nødvendigvis afspejler Transportministeriets anlægsopgaver.

Det vil sige, at der er stor usikkerhed omkring tallet for CO₂-udledningen, som metoden anvender på nuværende tidspunkt. Det må imidlertid foreløbigt anses for at være den bedst mulige metode, hvis man ønsker at opgøre Transportministeriets samlede udled-

⁹ Niras, "Klimaaftrykket af offentlige indkøb 2019".



ninger fra byggeri og anlæg. Dette skyldes, at det endnu er vanskeligt at anskaffe data til LCA-opgørelser for samtlige bygge- og anlægsprojekter.

En anden udfordring ved den monetære tilgang er, at der ikke tages højde for bl.a. valg af materialer. Det betyder bl.a., at brug af mere klimavenlige, men dyrere, materialer som fx træ i stedet for beton vil føre til højere beregnede udledninger.

Der skal tages højde for, at jo flere penge, der bruges på et givent område jo større vil CO₂-udledningen være, når denne model bruges – også selvom der fx investeres i CO₂-effektive teknologier, processer og materialer, der de facto vil resultere i en lavere CO₂-udledning i projekternes levetid.

Der er altså ikke en direkte sammenhæng mellem økonomi og CO₂-udledning, når der kigges på tværs af projekter i samme størrelsesorden. Den monetære tilgang kan derfor ikke give et billede af, hvorvidt styrelserne har reduceret CO₂ fra deres projekter et givent år, og om de bliver bedre eller dårligere til at nedbringe CO₂-udledningen fra deres projekter, men udelukkende give en indikation af volumen af projekter hos styrelserne, og den dertil estimerede CO₂-udledning.

De monetære opgørelser er således ikke så retvisende som LCA-baserede værdier og resultater, hvilket er hovedårsagen til, styrelserne i dag så vidt muligt opgør klimaaftryk i LCAByg og InfraLCA.

Ved opgørelser af livscyklusvurderinger (LCA) for miljø- og klimaaftryk eksisterer der en række usikkerheder, estimater og gennemsnitbetragtninger, hvilket netop er årsagen til, at denne tilgang betegnes som en *vurdering*. Det handler hovedsageligt om de data, der anvendes, samt hvilket værktøj data behandles i og under hvilke forudsætninger.

Selvom udarbejdelse af data til LCA oftest sker gennem en standardiseret tilgang, der sikrer en sammenlignelighed på tværs, er der generelle usikkerheder ved at anvende LCA-tilgangen. Disse opsummeres ved følgende punkter:

1. Tilgængelighed og kvalitet af data: At anskaffe pålidelige og omfattende data med en ensartet kvalitet og samme forudsætninger for alle faser af et produkts livscyklus, kan endnu være udfordrende på tværs af forskellige produkttyper.



Data kan komme fra forskellige kilder med varierende nøjagtighed og repræsentativitet. Ufuldstændige eller forældede data kan føre til unøjagtige resultater.

2. Systemgrænser: At definere omfanget og grænserne for LCA-studiet kan introducere usikkerheder, og kan være forskellige på tværs af forskellige brancher. Beslutningen om, hvilke livscyklusfaser og processer, der skal inkluderes eller udelukkes, har betydelig indflydelse på vurderingens resultater, samt hvordan resultater kan sammenlignes på tværs.
3. Endnu ikke alle produkttyper kan opgøres med den fulde livscyklus inkluderet i EPD'er, hvilket kan introducere usikkerheder, når et projekt indeholder forskellige produkttyper med forskellige EPD'er.
4. Forskellige teknologier og processer kan anvendes til at producere det samme produkt, og de kan have varierende miljø- og klimapåvirkninger. Valg af repræsentative teknologier kan være udfordrende, fx til at udarbejde baselines, især ved introduktionen af nye teknologier.
5. Når der foretages en LCA vil specifikke forudsætninger være tilknyttet. Disse kan være bestemt på baggrund af nationale, branchemæssige eller andre grundlag. Derfor kan en LCA ikke nødvendigvis være direkte sammenlignelig med en anden, der er udarbejdet på baggrund af andre forudsætninger.
6. Regional og tidsmæssig variation: Miljø- og klimapåvirkninger kan variere baseret på produktionens, forbrugerens og bortskaffelsens geografiske placering. Derudover kan miljø- og klimapåvirkningen for teknologier og processer ændre sig over tid på grund af teknologiske fremskridt.
7. Usikre fremtidsscenerier: I forbindelse med fremskrivning, herunder den teknologiske udviklings betydning, er det behæftet med usikkerhed, når der skal forudsiges på fremtidige tendenser, såsom energimix, affaldshåndteringspraksis og forbrugeradfærd.

For InfraLCA kan der overordnet siges, at resultaterne er mest robuste, når der opgøres med kendte projektdata, da der her opgøres på baggrund af meget specifikke mængder med dertilhørende projektspecifikke emissionsfaktorer.



Der er i sagens natur flere frihedsgrader og deraf usikkerheder ved en LCA på et aggregeret niveau, hvor den enkelte bruger selv kan anføre komponenter, mængder mm., og derudover specificere emissionsfaktorer.

Den aggregerede tilgang til LCA i InfraLCA anvendes til at opgøre klimaaftryk i de tidligere planlægningsfaser, hvor de præcise produkttyper og mængder endnu ikke kendes eksakt, hvorfor en lavere robusthed er normal og accepteret.

I InfraLCA tilstræbes det, at de basisværdier og forudsætninger, der anvendes som standard, repræsenterer det danske marked. Dette etableres på baggrund af løbende indhentning af nyeste viden og data, så disse kontinuerligt kan opdateres på baggrund af det bedste og mest opdaterede grundlag.

Det vurderes dog stadig, at resultater med rimelighed kan sammenlignes med LCA foretaget i andre nordiske lande, da forudsætninger her ofte vil være meget ens. Dette kan dog variere efter et projekts karakter og geografi.

Som for InfraLCA, gør det sig også gældende for LCAbyg, at resultaternes nøjagtighed styres af datas kvalitet. Som beskrevet ovenfor er en stor andel af LCA baseret på fremtidsscenarioer, herunder klimapåvirkningen fra et byggeris driftsfase.

Energiforbruget til drift udgør en stor andel af et byggeris samlede påvirkning over betragtningsperioden. Klimapåvirkningen herfra er oftest baseret på energirammeberegninger og/eller energisimuleringer, som ligeledes er baseret på en række antagelser, herunder om vejrforhold, brugeradfærd mv.

Et byggeprojekt indebærer et forbrug af en lang række materialer og komponenter, der indgår i byggeriet i et begrænset antal eller størrelse. Af hensyn til omfanget og kompleksiteten af analyser og dataindsamling, indføres der oftest en bagatelgrænse for, hvilke materialer eller aktiviteter, der medtages i beregningerne.

Fastsættelsen af denne grænse er igen oftest sammenhængende med andre projektspecifikke parametre eller antagelser, herunder detaljegraden af den digitale bygningsmodel. Akkumuleret set kan denne mængde af mindre komponenter og materialer, der udelades, dog udgøre en væsentlig usikkerhedsfaktor i forhold til byggeriets samlede klimapåvirkning.



Betydningen af opdeling i nationale og globale udledninger samt kvote og ikke-kvote opdeling

Som tidligere nævnt er styrelsernes projekter både inden for byggeri og anlæg. Derfor er LCA-værktøjernes anvendelse også tilpasset dette. Anlægsprojekters klimapåvirkning skal ofte indgå i en samfundsøkonomisk analyse, hvorfor InfraLCA skal kunne håndtere den nødvendige afgrænsning heri.

InfraLCA er udviklet som et LCA-værktøj, der både kan lave et tidligt overslag af forventet klimapåvirkning i de tidlige projektfaser (1 til 2), samt en mere detaljeret opgørelse ifm. design og udbud. CO₂-overslag anvendes, så beslutningstagere kan tage stilling til et projekts samlede CO₂-udledning og forventede samfundsøkonomi.

Imidlertid opgøres CO₂ i et livscyklusperspektiv med alle opstrømmissioner uden hensyn til landegrænser; det vil sige, at kilder til CO₂-udledninger fra materialeanskaffelse, produktion mm. inkluderes i livscyklusvurderinger fra den enkelte kilde på globalt plan. Dette er forskelligt fra en samfundsøkonomisk analyse, som typisk er afgrænset nationalt.

For at kunne anvende en LCA-opgørelse af et anlægsprojekt i en samfundsøkonomisk analyse har Vejdirektoratet og Banedanmark derfor udviklet en metode med tilhørende datasæt, som kan anvendes til at estimere CO₂-udledning til brug i de samfundsøkonomiske analyser.

Dvs. en udspecificering af CO₂-udledning fra anlægsprojekter efter:

- Hvilken andel af CO₂-udledningerne, som udledes inden for og uden for Danmarks grænser
- Hvilken andel af CO₂-udledningerne, som udledes inden for og uden for CO₂-kvotesektoren
- Hvor der tages hensyn til anlægsprojektets start-år og de positive effekter af teknologisk fremskrivning hen mod, og efter begyndelsesåret

Vejdirektoratet og Banedanmark opgør altid den globale udledning fra anlægsprojektet inklusiv opstrømmissioner for at give et retvisende billede af de samlede globale CO₂-udledning fra anlægsprojektet.

For at kunne tage højde for inddelingen ovenfor, opdeles de grundliggende samlede CO₂-udledninger fra et anlægsprojekt i tre hovedkilder:



- Fremstilling af materialer
- Transport af materialer
- Andet energiforbrug til anlæg

Herefter er det muligt at definere forudsætninger for andelen af CO₂-udledningen for ”Fremstillingen af materialer”, der tilskrives processer inden for eller uden for Danmarks grænser. Det samme gør sig gældende for andele af CO₂-udledningen, der udledes inden for eller uden for kvotesektoren.

Samme tilgang anvendes for ”Transport af materialer” - Dog med den forsimpning, at transportarbejde udført uden for Danmark grænser rent afskæres.

”Andet energiforbrug til anlæg” allokeres rent inden for Danmarks grænser, hvor der kun tages hensyn til energikildetypen ifm. opdelingen i kvote-CO₂-udledninger.

Tabel 3.1. Oversigt over grundlæggende tilgang ifm. inddeling af CO₂-udledningen til brug i samfundsøkonomisk analyse.

Kilde til CO ₂ -udledning	Tildeles efter
Fremstilling af materialer	Faktor for territorielt tilhørsforhold
	Faktor for kvote tilhørsforhold
Transport af materialer	Territorialt afskåret transportafstand
	Transportmiddel
Andet energiforbrug til anlæg	Energikildetype

Langt størstedelen af de materialer, der anvendes i anlægsprojekterne, stammer enten fra Danmark eller lande, der er omfattet af kvoteordningen. Derimod regnes alt brændstofforbrug til anlægsarbejdet ikke som en del af kvotesektoren.

Med udgangspunkt i en LCA-opgørelse i InfraLCA vil det derfor være muligt at opgøre CO₂-udledninger for anlægsprojekter til samfundsøkonomisk analyse efter følgende inddeling. Se desuden afsnit om fremskrivning.



Tabel 3.2. Oversigt over hvordan udledninger fordeles mellem kvoteinddeling og fordeling mellem emissioner begrænset på nationalt eller globalt plan 1: Udledninger forbundet med anlægget kommer primært fra maskiner på byggepladsen.

CO ₂ -udledning [ton]	Fremskrevet (Ikke fremskrevet) (delvis fremskrevet)		
	National udledning	Udland udledning	Samlede globale udledninger
Inden for kvotesektor			
Uden for kvotesektor			
I alt			

Livscyklusvurderinger og afgrænsning på nationalt territorie

Det er relevant at foretage opdelingen i national og udenlandsk udledning, fordi Danmark med Klimaloven har forpligtiget sig til at opfylde en national målsætning for reduktion af CO₂-udledningen.

Den metodiske fremgangsmåde tager udgangspunkt i en opgørelse af nationale emissionsfaktorer fordelt på materialer og produkter på data fra Danmarks Statistik.

Som hovedregel tages der udgangspunkt i en opdeling i emissionsfaktorgrupper, som vurderes efter import, eksport og fremstilling fra Danmarks Statistik.

For nogle emissionsfaktorer af sammensatte produkter er det specificeret yderligere. På den måde opnås en fordelingsnøgle, som viser den procentmæssige fordeling mellem nationale og udenlandske emissioner. Disse kan så kobles op på de enkelte emissionsfaktorer i InfraLCA og deres tilhørsforhold i standardens moduler.

Tilgangen er simplificeret og generel. De endelige faktorer er derfor udtryk for bedste skøn og behæftet med stor usikkerhed.

Til dette er følgende forudsætninger for omregningsfaktorer og tildeling af emissionsfaktorgruppe gældende:

- Bidraget er vurderet på baggrund af import/eksport, og ikke den territoriale placering af processer i værdikæden



- Det er ikke teknisk muligt at adskille A2 transportbidraget i A1-A3, hvor denne er indeholdt i de samlede moduler og dermed omregningsfaktorerne
- CO₂-udledning i C3 og C4 antages som branchespecifik. Derfor anvendes samme omregningsfaktor som for A1-A3.

For nærmere forudsætninger for emissionsfaktorernes fordelingsnøgle og gruppering af materialer i InfraLCA, se metodenotat: ”COWI udvikling af nationale emissionsfaktorer til værktøjet InfraLCA, juni 2022”.

Livscyklusvurderinger og afgrænsning i kvotesektoren - uddybning

Det er relevant at opdele CO₂-udledningen på, om den sker inden for eller uden for kvotesektoren. EU's kvotehandelssystem lægger loft over, hvor meget CO₂ der må udledes på kvotesektorniveau. I det omfang CO₂-udledningen fra et infrastrukturprojekt sker inden for kvotesektoren, vil det hermed modsvares af en tilsvarende reduktion et andet sted i kvotesektoren.

Da trafikal infrastruktur primært bygges med materialer og produkter produceret i EU, og de fleste materialer og produkter er omfattet af kvotesektoren, vil det umiddelbart være vanskeligt at flytte CO₂-udledningen mellem ikke-kvotesektoren og kvotesektoren. Det er imidlertid muligt at flytte energiforbruget til transport, fx lastbiltransport og entreprenørmaskiner, fra diesel mm., som er i ikke-kvotesektoren, til el, som er i kvotesektoren.

For at opdele klimapåvirkninger inden for eller uden for kvotesektoren, har der været behov for at metodeudvikle en tilgang, da dette ikke er normal praksis inden for livscyklusvurderinger.

Den metodiske fremgangsmåde tager udgangspunkt i Energistyrelsens Bilagsrapport A ”Kortlægningsnotater” 2022 udført af Viegang Maagøe med at basere kvote-andel emissionsfaktorer fordelt på materialer og produkter på data efter brancher.

Som hovedregel tages der udgangspunkt i den tidligere opdeling i emissionsfaktorgrupper, som vurderes efter materiale-/produkttypen med tildeling af branche. På den måde opnås en fordelingsnøgle, som viser den procentmæssige fordeling mellem kvote- og ikke-kvotemissioner. Disse kan så kobles på de enkelte emissionsfaktorer i InfraLCA og deres tilhørsforhold i standardens moduler.



Også her vil opgørelsen i sagens natur være behæftet med usikkerhed. Det kan her særligt fremhæves, at:

- Opdelingen er baseret på ”*Energistyrelsens kortlægningsnotater*”, (bilag A, Viegand Maagøe, 2022)
- Opdelingen af emissionsfaktor i brancher og kvoteandel tager ikke højde for forskelligheden af materialernes fremstillingsproces i branchen, men antager, at tildelingen er repræsentativ for gruppen
- Branchernes energiforbrug fordelt mellem kvote og ikke-kvote forudsættes at være repræsentativt for fordelingen af CO₂-udledningen mellem kvote og ikke-kvote.

Hvis CO₂-udledningen sker uden for kvotesektoren, indregnes den i de samfundsøkonomiske analyser med den fulde pris for CO₂, mens CO₂-udledning i kvotesektoren fratrækkes kvoteprisen, da denne allerede er indregnet i anlægsomkostninger.

Hvad kan vi opgøre?

Det, der kan opgøres af klimaaftryk for produkter og projekter, styres af tilgængelige data og værktøjers funktionalitet. For infrastrukturprojekter bestemmes dette hovedsageligt af data fra EPD’er med emissionsværdier for beton, asfalt, stål og jern. Herfra formuleres forudsætninger gennem samarbejde og dialog mellem infrastrukturejer og andre aktører til de endelige opgørelser.

Til disse opgørelser anvendes, jf. kapitel 2, den nyeste version af InfraLCA. Ved at der nu i denne version kan opgøres på alle essentielle faser i livscyklusvurderinger muliggøres det, at klimaaftryk kan opgøres i projekter, så emissioner ikke kan lækkes fra en fase til en anden, også betegnet som såkaldte byrdeskift.

I dag stilles der et stigende krav til, at der skal dokumenteres klimaaftryk ved produktspecifikke EPD’er, der er udarbejdet efter den nyeste standard, hvilket muliggør, at der kan tilgås flere data på hele livscyklus.

Dette medfører ikke blot, at der kan foretages flere opgørelser på hele livscyklus for et projekt, men tilmed, at der kan tilgås flere data til etableringen af bedre baselines.



For hvad angår opgørelser på bygningsområdet, har det ikke tidligere været normal praksis at foretage en LCA, hvis ikke et byggeprojekt skulle opnå en bæredygtighedscertificering.

Med tilføjelsen af klimakravene i bygningsreglementet, betyder det dog, at der fremadrettet vil blive udarbejdet en LCA for alle styrelsens nybyggerier. Hvad angår metode, omfang og detaljegrad for analyserne vil dette følge af de politiske beslutninger angående udviklingen af klimakravene, hvilket uddybes nærmere i afsnit 4.

Der ses ikke en lignende lovgivning på anlægsområdet, men ved en opdatering af InfraLCA i Q4 2023, hvor baneprojekter kan opgøres på lige vis med vejprojekter, kan der herfra samlet opgøres på projektniveau for anlægsprojekter.

Det, der arbejdes videre på at kunne opgøres, er resultater fordelt efter kvotesektoren, opdeling af udledninger på national og global plan samt indarbejdelse af en teknologisk fremskrivning. Dette er beskrevet i kapitel 2.

Kapitel 4 - Beskrivelse af indsatser og fokusområder i den kommende tid

Med indeværende rapport er det tydeligt, at der stadig er et godt stykke, før man er i mål med ambitionerne for den grønne omstilling på bygge- og anlægsområdet. Der arbejdes aktivt på at opfylde ambitionerne, og i den kommende tid vil det videre arbejde være fokuseret omkring flere projektberegninger med InfraLCA og LCAByg, opdatering af metoder, herunder LCA-værktøjerne samt metode for teknologisk fremskrivning og endeligt en udbygning af virkemiddelskataloget.

Flere projekter med beregninger fra InfraLCA og LCAByg

Med den nye EPD-standard EN 15804 +A2 indarbejdet i InfraLCA i 2023, er der foretaget en opdatering af emissionsfaktorerne i overensstemmelse med den nye standard for både bane og vejområdet.

InfraLCA er derfor i den nuværende udgave bragt metodemæssigt på plads. InfraLCA har i 2023 endvidere medtaget alle de banetekniske fag, så baneområdet er fuldt repræsenteret i InfraLCA, og tages i brug fremadrettet, når større projekter udbydes, og der vil på



baggrund af detaljerede oplysninger fra projekternes tilbudslister beregnes klimaeffekter på samme måde, som det kendes fra vejområdet.

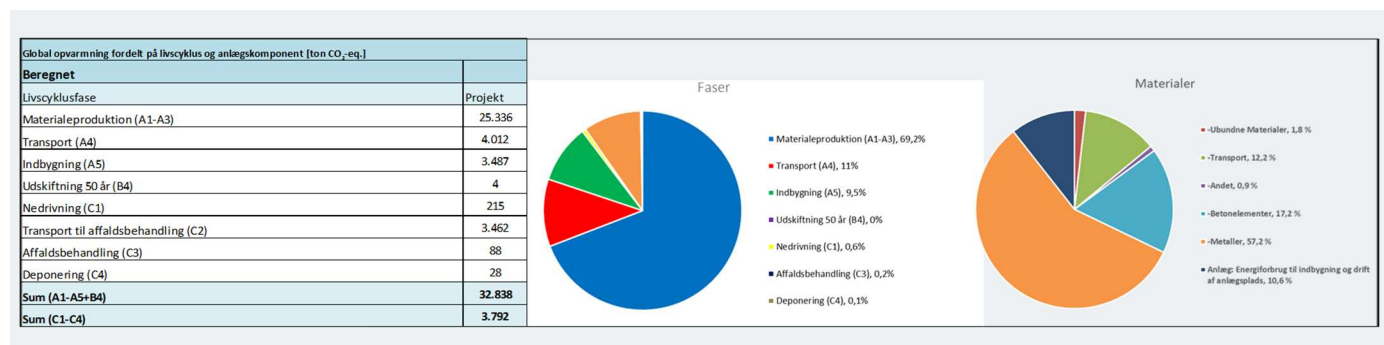
Med det nye opdaterede værktøj bliver det således muligt at gennemføre mere sikre beregninger i takt med, at de detaljerede input-data udtrækkes fra såvel vej- som baneprojekter på omtrent samme detaljeringsniveau.

Case baneprojekt:

Med version 3.0 af InfraLCA er der beregnet klimafodaftrykket på sporformlysesprojekt mellem Roskilde og Ringsted, hvor Banedanmark fornyer sporene, da infrastrukturen er meget nedslidt og kræver hyppig vedligeholdelse. Arbejdet begyndte i 2022 og fortsætter i 2023-2025. Beregningen viser et forventet samlet CO₂ aftryk på cirka 35.000 tons. Det er især CO₂ indlejret i materialerne, som har den største betydning, og fornyelse af især skinnerne i projektet, der har den største CO₂ påvirkning, efterfulgt af indlejret CO₂ i nye betonsveller på strækningen.

Ressourceanvendelsen og fordelingen af materialer varierer fra projekt til projekt, men ses der mere generelt på baneprojekter er de største klimapåvirkninger typisk stål og metaller fra skinnerne og køreledningsanlæg, beton fra svellerne, perroner og broer, samt jordarbejde og ballast.

Figur 4.1. Eksempel på klimaberegning af baneprojekt udført i InfraLCA



Case vejprojekt:

Vejdirektoratet udvider motorvej E45 omkring Aarhus fra 4 til 6 spor. I den sammenhæng er der foretaget en klimaberegning ved brug af værktøjet InfraLCA version 3.0.

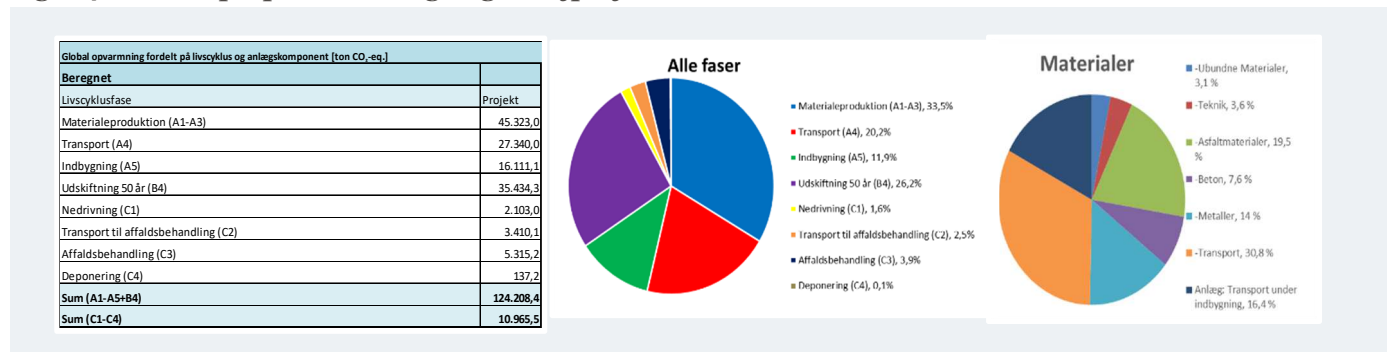


Projektet blev igangsat i 2022, og forventes at strække sig frem til 2027. Den planlagte udvidelse omfatter en strækning på 25 kilometer, der passerer gennem fire forskellige kommuner og påvirker fire tilslutningsanlæg og tre motorvejskryds. Formålet med dette projekt er at forbedre trafikafviklingen og -forholdene generelt.

Det forventes, at projektet vil medføre en samlet CO₂-udledning på 135.174 ton CO₂-ækvivalenter. Især produktionen af asfaltmaterialer, jordflytning og transport af sand og stabilgrus udgør de mest markante kilder til CO₂-udledning. Derudover har fremstillingen af beton og armeringsmaterialer til bygværker samt stål til autoværn også en betydelig indvirkning på projektets samlede CO₂-aftryk.

Generelt gælder det for anlæg af vejprojekter, at det er produktionen af asfaltmaterialer, metaller og beton, der vil have nogle af de største indvirkninger på den samlede CO₂-udledning. Derudover vil transporten af materialer, jord og råstoffer udgøre en lige så betydningsfuld del af den samlede CO₂-belastning for vejprojekter.

Figur 4.2. Eksempel på klimaberegning af Vejprojekt udført i InfraLCA



Banedanmark og Vejdirektoratet har sammen inviteret til klimasamarbejder for bygherre, rådgivere og entreprenører. Banedanmark og Vejdirektoratet deler gerne viden om InfraLCA, og ønsker værktøjet udviklet, så det kan dække anlægsbranchens vilkår og anvendes af branchens aktører. Branchens aktører har således mulighed for at præge udviklingen af InfraLCA.

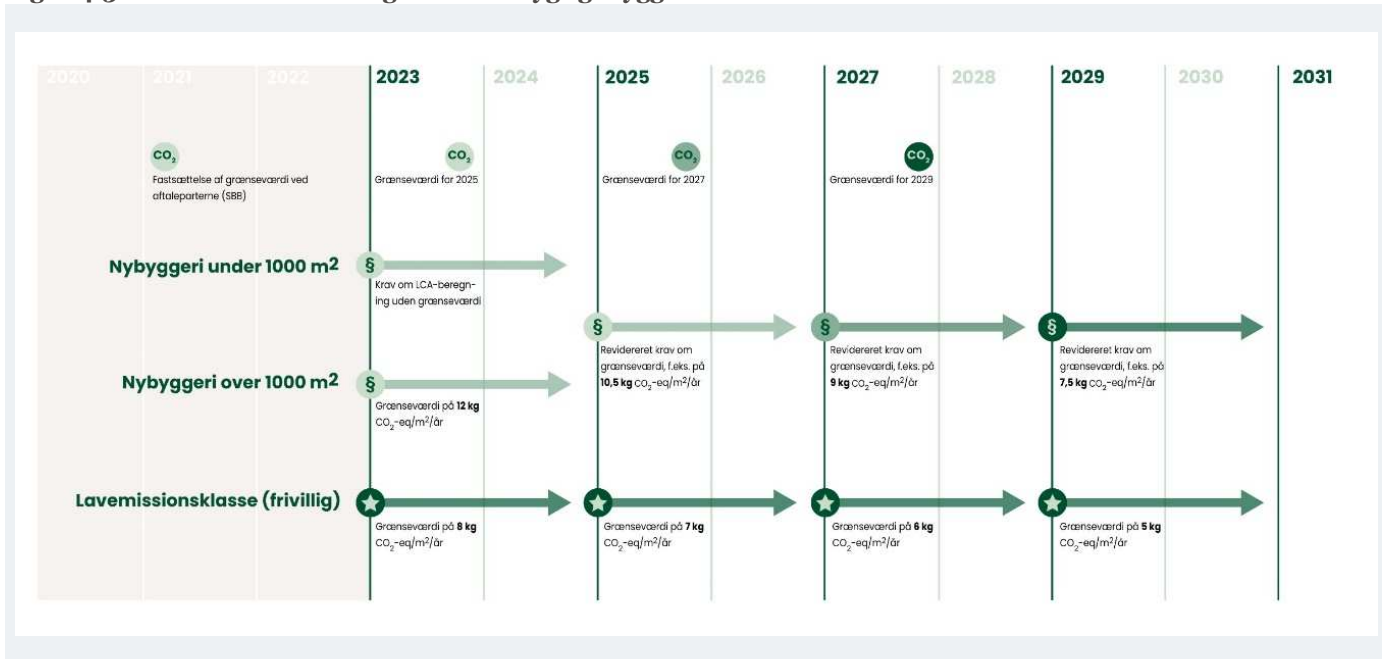
Transportministeriet har etableret et forum for udvikling af koncernfælles metoder, og i regi af dette arbejde er der indledt dialog med blandt andet Metro og Bælt med henblik på at sprede metoderne og sikre et ensartet beregningsgrundlag.

Fra starten af 2023 er der i bygningsreglementet indfaset krav til bygningers klimaaftryk. Det betyder bl.a., at alt nybyggeri fremover skal klimaberegnes med livscyklusvurderinger. Det nye CO₂-krav



indføres trinvist, som led i den politiske aftale om den nationale strategi for bæredygtigt byggeri. De kommende år vil der derfor komme mange byggeprojekter, hvor der skal foretages LCA beregninger.

Figur 4.3. Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri



Der er ikke krav til anvendelse af specifikt beregningsværktøj, men LCAByg er et udbredt beregningsværktøj, og er metodisk og data-mæssigt designet til at imødekomme nævnte krav. For statens byggeri anvendes LCAByg.

LCAByg er tilpasset kravet om bygningers klimapåvirkning i Bygningsreglementet. LCAByg er som InfraLCA under løbende udvikling, og der arbejdes hele tiden på at gøre de eksisterende funktioner bedre, samt tilføje nye funktioner, i tæt samarbejde med branchen. Der er etableret et samarbejdsfora mellem LCAByg og InfraLCA, så der deles viden om miljøvaredeklarationer og beregningsprincipper.

Case byggeprojekt:

Bygningsstyrelsen opfører et kontorknudepunkt-projekt i Odense. I den sammenhæng er der udarbejdet en afrapportering af foreløbige LCA-resultater for projektet. Projektet er under opførelse, hvorfor projektets klimaaftryk ikke er endeligt opgjort.



Figur 4.4. Eksempel på LCAByg resultater fra kontorknudepunkt-projekt i Odense



Afrapporteringen er et eksempel på Bygningstilsynets paradigme for LCA, der vil blive udarbejdet for alle kommende nybyggerier underlagt BR §297. Rapporteringen indeholder relevante visualiseringer af resultater samt brugbare nøgletal for benchmarking og intern brug.

For at kende og kunne opgøre klimapåvirkninger af bygge- og anlægsprojekter, er der ikke alene indhentet en række data, herunder fra EPD'er, til at kvantificere betydningen af anvendte produkter og processer, men tilmed udviklet værktøjer, der kan varetage disse opgørelser med en ensartethed inden for den enkelte branche.

For brancherne til bygge- og anlægsprojekter er værktøjerne LCAByg og InfraLCA udviklet og beskrevet dybere i kapitel 2.

Begge værktøjer er nu implementeret, og anvendes nu særligt til at opgøre klimaaftryk for de tidlige planlægningsfaser og senere til mere konkrete opgørelser, når de mere projektspecifikke detaljer foreligger.

Til disse opgørelser anvendes LCAByg hovedsagelig, da der generelt arbejdes med betydeligt flere byggeprojekter end anlægspro-



jekter. LCA-værktøjerne medfører, at aktører skal kende og anvende værktøjerne, samt at der indarbejdes en ensartethed i grundlaget for livscyklusvurderinger på brancheniveau.

Opdatering af metoder

Opgørelsen af klimaaftryk sker som beskrevet ovenfor enten med LCAByg indenfor byggebranchen eller med InfraLCA til anlægsprojekter. For begge værktøjer gælder det, at disse løbende opdateres med nyeste data, viden og forudsætninger.

InfraLCA blev lanceret i en ny version i foråret 2023. Den nye version betegnes som Version 3.0 og gør værktøjet i stand til at inkludere alle essentielle livscyklusfaser i projektet. Dermed kan der med InfraLCA nu udføres mere detaljerede beregninger, som i højere grad afspejler de reelle klimaaftryk.

Derudover blev der med version 3.10 i september 2023 implementeret et opdateret banemodul. Dette har bragt banedelen op på niveau med vejmodulet i værktøjet både på dataindhold og beregningsgrundlag.

LCAByg udvikles løbende i takt med den generelle udvikling af LCA-metoder og datagrundlag samt i forhold til at understøtte den forventede udrulning af klimakravene i Bygningsreglementet.

Programmet kan som udgangspunkt håndtere alle livscyklusfaserne, herunder også transport, brug, vedligehold, reparation mv. Det er dog gældende for mange af disse faser, at der mangler valide data til at udføre analyserne på nuværende tidspunkt.

Testen af bygningsreglementets frivillige bæredygtighedsklasse er blandt andet med til at indsamle data for disse faser, så der i fremtiden kan udføres mere detaljerede LCA for bygninger.

LCAByg bliver primært anvendt på nybyggeri, men programmet skal bredes ud til bedre at omfatte vurderinger af det eksisterende byggeri. Renoveringsprojekter har et stort potentiale til at reducere miljøpåvirkninger i byggeriet. Det skyldes, at en renoveringsindsats kan reducere bygningens energiforbrug, mens materialeforbruget samtidig er langt mindre end ved nybyggeri.



Alligevel kan det være vigtigt at udføre en LCA for at reducere miljøpåvirkninger. Designvalg kan nemlig betyde, at renoveringsprojekter i nogle tilfælde har større miljøpåvirkning end nybyggeri.¹⁰

LCAByg er derfor udvidet med muligheden for at generere en hel bygningsmodel med generiske eksisterende konstruktioner for etageboligbyggeri opført i perioden 1850-1920. Herefter kan brugeren tilføje renoveringstiltag og sammenligne løsninger.

LCA-værktøjerne er udviklet til at kunne udføre livscyklusvurderinger og dermed kunne beregne klimaaftryk. Dette sker med en række forskellige data, herunder særligt fra EPD'er, men ikke med inddragelse af økonomiske værdier.

Dog skal det nævnes, at der altid arbejdes på at opdatere LCA-værktøjerne til at kunne varetage nyeste data med nutidige forudsætninger. For InfraLCA kan det fx nævnes, at dette værktøj står foran et opdateringsarbejde med at kunne opdele resultater, der normalt afgrænses og opdeles i samfundsøkonomiske analyser. Dette gælder for opdeling af klimaopgørelser indenfor kvotesektoren og for nationalt afgrænsede udledninger. Dette er beskrevet nærmere i kapitel 3.

Da der ikke er præcedens indenfor området, består dette opdateringsarbejde i at metodeudvikle tilgangen til disse opgørelser. Dette sker med inddragelse af relevante aktører og i samarbejde med rådgivere.

Indledende bud på teknologisk fremskrivning

Der findes endnu ikke en standard til at opgøre effekten fra teknologiske udvikling på fremtidige anlægsprojekters klimapåvirkning.

Derfor har Banedanmark og Vejdirektoratet udviklet en overordnet metode til at tage højde for dette. En metode som bl.a. er anvendt på CO₂-overslaget af anlægsarbejdet i forundersøgelsen af Kattegatforbindelsen. I metoden tages udgangspunkt i klimafremskrivningen fra Energistyrelsen, som tilkøbes en eksisterende metode, fx InfraLCA.

InfraLCA har normalt et livscyklusperspektiv med alle opstrøms-emissioner i et anlægsprojekt.

¹⁰ [LCAByg, forskning - BUILD AAU](#)



I metoden afgrænses klimapåvirkningen i InfraLCA via modulerne for opgørelse af bl.a. materialefremstilling, transport og anlægsaktivitet. Tilgangen er overordnet at tilkoble en teknologisk fremskrivning på disse særskilt for at opnå bedst mulige bud på at kunne opgøre effekten af den teknologiske fremskrivning både hen over anlægsperioden og for projektets livscyklus.

Den teknologiske fremskrivning af den nationale udledning sker med udgangspunkt i Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets (KEFM) Klimafremskrivning (KF).

Hvad angår udledningen fra den nationale transport af materialer, fremskrives den efter emissionsfaktorer for vejtransporten (tallene stammer fra KF22, da det ikke er opgjort i KF23).

I metoden sætter følgende forudsætninger rammerne for, hvordan dette fremskrives i opgørelserne. Disse forudsætninger er baseret på en grovere sektoropdeling efter KEFM's klimafremskrivning 2023 (KF23) og modulerne, som anvendes i InfraLCA. For så vidt angår CO₂-intensiteten i fremstillings- og bygge-/anlægserhvervene stammer tallene fra KF23 (Figur 6A.17 & 18).

- A1-A3 materialefremstilling og C3 – C4 end-of-life processer forudsættes at være under samme branche og fremskrives efter KF23 figur 6A.17: Energi- og CO₂-intensitet i fremstillingserhvervene
- A5 og C1 fremskrives efter KF23 figur 6A.18: Energi- og CO₂-intensitet i bygge-anlægserhvervene
- A4 og C2 fremskrives efter Emissionsfaktorer for vejtransporten (pr. km.) Klimafremskrivning 2022 opdatering



Tabel 4.1. Oversigt over model for teknologisk fremskrivning samt hvor fremskrivningsmodellen kan findes yderligere beskrevet

LCA-modul	Fremskrivningsmodel
A1-A3	KF23 figur 6A.17
A4	KF22 opdatering vejtransport
A5	KF23 figur 6A.18
B4	Gennemsnit af de tre modeller
C1	KF23 figur 6A.18
C2	KF22 opdatering vejtransport
C3-C4	KF23 figur 6A.17

I ovenstående forbindelse er det vigtigt at anføre, at der er betydelig forskel på muligheden for at indhente forventede fremskrivning på produkter og processer, der enten foregår inden for eller uden for Danmarks grænser.

Det er uvist, hvordan udledning af drivhusgasser fra produktion og transport af materialer uden for Danmarks grænser vil udvikle sig. Det er på nuværende tidspunkt derfor udelukkende den nationale andel af udledning, der fremskrives.

KEFM opdaterer klimafremskrivningen årligt, hvorfor indarbejdelsen af en teknologisk fremskrivning til livscyklusvurderinger må forventes at skulle opdateres løbende, så en opgørelse af anlægsprojekter baserer sig på det bedste grundlag for en klimafremskrivning. Om dette skal forekomme på årlig basis eller med udgangspunkt i den kadence, der anvendes omkring opdatering af samfundsøkonomiske parametre, er en del af den igangværende metodeudvikling.

Teknologisk fremskrivningsusikkerhed

Et projekt har en given opstartstid efter beslutning, anlægs- eller byggetid og efterfølgende levetid. For at kunne berette og analysere



på, hvad fremtidens klimaaftryk vil være for produkters fremstilling, transport arbejde mm., skal der tilkobles en forventet teknologisk fremskrivning til nutidige klimadata.

I denne sammenhæng skal det understreges, at enhver fremskrivning vil være behæftet med en relativt høj usikkerhed og vil påvirkes af summen af nøjagtigheden fra de forskellige nødvendige inputs. Dette gælder også for den teknologiske fremskrivning til brug i livscyklusvurderinger.

Udviklingen vil bl.a. accelereres af eventuelle statslige reguleringer og tilskudsordninger, der fremmer innovation, og kan tilsvarende bremses af fx krig og energikriser.

Den teknologiske fremskrivning af drivhusgasser beregnes ud fra det årlige afløb af anlægsomkostningerne i anlægsperioden eksklusive omkostninger til projektering og planlægning.

Drivhusgasudledningen fra den efterfølgende udskiftning af komponenter opgøres som et gennemsnit over 50 år. Fremskrivningen af drivhusgasudledningen fra vedligehold opgøres på baggrund af drivhusgasintensiteten i åbningsåret. Der er således ikke taget højde for de reduktioner, der må forventes i årene efter åbningen.

Arbejdet med teknologisk fremskrivning på anlægsprojekter pågår stadig og sker i samarbejde mellem styrelser og aktører i Transportministeriet.

Til denne proces har Vejdirektoratet tilknyttet en rådgiver, der skal udarbejde et værktøj, der på baggrund af InfraLCA beregningerne fremskriver udledningen af CO₂ fra produktion af materialer, transport mm.

Opdatering af virkemiddelskatalog

Et fælles virkemiddelkatalog for Vejdirektoratet, Banedanmark og Bygningsstyrelsen vil skulle opdateres løbende og senest inden de halvårslige opsamlingsmøder i arbejdsgruppen og efterfølgende i styregruppen. Forud for styregruppemøderne samler arbejdsgruppen et idekatalog for kommende virkemidler, der kan tilføjes til det fælles virkemiddelkatalog.

Styrelsernes interne virkemiddelkataloger opdateres efter interne processer og arbejdsgange. Ligeledes udvælger de tre styrelser selv virkemidler, der er relevante at analysere i den enkelte styrelse. Udvælgelsen sker på baggrund af input fra styrelserne selv, fra



markedet eller ved inspiration og erfaringer fra andre netværk og lande.

Da processerne, forholdene og forudsætningerne for brugen af virkemidlerne er forskellige i de tre styrelser, vil det i flere tilfælde være nødvendigt at analysere det samme virkemiddel i flere styrelser. Det væsentlige er, at styrelserne deler viden om beregningerne af de tre nøgletal, så de bliver så ensartede som muligt, og at eventuelle forskelle i nøgletallene (fx på grund af forskellige forhold i styrelserne) kan identificeres og dokumenteres i analyserne af et virkemiddel.

Der følges løbende op på implementering af godkendte virkemidler.