

Testpilot 11

Standardiserad process för livscykelanalys i BIM i ett NCC:s projekt

SMART BUILT
ENVIRONMENT

Standardiserad process för livscykelanalys i BIM i ett NCC:s projekt

Författare: Larissa Strömberg, NCC

2019-05-30

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Sammanfattning

Livscykelanalys (LCA) utförs för att kunna ge en kvantitativ uppskattning om byggnadsmaterials-, byggnadsdelars- eller ett helt byggnadsverks klimatpåverkan. Det är dock väldigt tids- och resurskrävande att utföra en LCA eller en standardiserad form av LCA, miljövarudeklaration (EPD). Beräkning och planering av åtgärder för att minska klimatpåverkan baserat på resultatet från en LCA har ännu inte kopplats till den tekniska projekteringen som utförs i anläggningsprojekt. Detta utgör ett hinder för att byggsektorn ska uppnå Sveriges miljömål om klimatneutralitet till år 2045. Kommande utbyggnad av ny infrastruktur, Sveriges strategiska mål om minskad klimatpåverkan och en ökad medvetenhet hos konsumenter driver fram efterfrågan på att utveckla ett tids- och kostnadseffektivt sätt för att ta fram en LCA för anläggningsprojekt.

Även beställarkrav på LCA:er och tredjepartsgranskade EPD:er har börjat att etablera sig. En av dessa beställare är Trafikverket. Trafikverket eftersträvar att uppnå Riksdagens beslut om att Sverige, senast år 2045, inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Trafikverket har integrerat detta i sina upphandlings- och uppföljningsprocesser för att säkerställa en minskning av klimatutsläppen med 30 % till år 2025 och 15 % till år 2020, jämfört med utsläppen år 2015. Trafikverkets krav på entreprenörernas klimat- och miljörapportering för utförda anläggningsprojekt görs med stöd av EPD:er och beräkningsverktyget Klimatkalkyl.

Både i Sverige och utomlands börjar allt fler offentliga liksom privata aktörer och beställare att använda byggnadsinformationsmodeller (BIM) vid upphandlingar, projektering och slutliga leveranser av färdiga byggnadsverk. Ett sätt för att effektivisera och göra mindre kostsamma LCA:er är att sammankoppla befintliga digitaliserade programvaror, t.ex. kalkylsystem, digitala designprogram (CAD, BIM), LCA-mjukvaror etc. Idag saknas dock ett smidigt sätt att överföra projektinformation, t.ex. ingående byggnadsmaterial och dess mängder för konstruktionsdelar, från BIM-verktyg till LCA-programvara.

Det nya byggklassifikationssystemet, CoClass, erbjuder ett nytt sätt att strukturera digital projektinformation i CAD- och BIM-verktygen. Det pågår en rad branschgemensamma initiativ för att utreda om användandet av CoClass kan förenkla överföring av projektinformationen från digitala modeller till LCA-programvaror.

Tack vare *Smart Built Environments* finansiering i testpiloten har NCC fått möjlighet att skapa en helhetsbild av vilka pusselbitar för en digital LCA som finns på plats, och vilka som måste skapas i NCC:s nuvarande programvaror för LCA och BIM. NCC:s deltagande i *Smart Built Environment*:s fokusområde *Livscykelperspektiv* omfattade deltagande i tre delprojekt:

1. Testpilot *Standardiserad process för livscykelanalys i BIM i NCC:s projekt* (Delprojekt 1).
2. Tilläggprojekt *Hinder att överbrygga: Utveckling av den saknade länken till BIM/IFC* (Delprojekt 2).

3. Tilläggprojekt *Digitala miljöberäkningar- komplement och fördjupning* (Delprojekt 3).

NCC:s testpilot spelade en central roll i det utförda arbetet. Under arbetet med testpiloten har ytterligare behov identifierats i kompletterande studier, vilket har behandlats i de två tilläggprojekten. Alla tre projekten utfördes med exempel från samma anläggningsprojekt, en betongbro som anläggs av NCC i projektet Häggviks Trafikplats.

Denna rapport beskriver resultaten av alla tre delprojekt. Övergripande mål för samtliga projekt var att skapa teoretiska grunder och illustrera i testmiljö hur en teknisk genomförbar lösning för ett obrutet digitalflöde mellan BIM- och LCA-verktyg kan utföras med dagens praxis att hantera projektinformation och utifrån nuvarande beställarkrav.

NCC:s arbete hade som huvudmål att undersöka hur digital information, som behövs för framtagande av en EPD, kan skapas, kodas, lagras och överföras mellan BIM- och LCA-mjukvaror i anläggningsprojekt. Fokuset i alla tre projekten låg på hantering av digital information under system- och bygghandlingskede, eftersom NCC jobbar främst i de projektskedena. Här ingick utvärdering av uppbyggnad av digitala modeller idag med BSAB 96 samt analys av vad övergången till CoClass innebär för branschen.

Resultat i NCC:s projekt är tänkt att användas som underlag för rekommendationer till branschen, input till beställare samt vidare teknikutveckling. Projektet visade att det finns både tekniska och icke-tekniska hinder för att arbeta med digitala LCA:er, men dessa hinder går att överbrygga inom några års tid. Resultatet bidrar till utformning av en framtida branschgemensam standard för överföring av projektinformationen mellan BIM- och LCA-verktyg i anläggningsprojekt.

Innehållsförteckning

1 SYFTE	6
1.1 MÅL	6
1.2 GENOMFÖRANDE	7
2 RESULTAT	8
2.1 BYGGNADSVÄRK	8
2.2 ANVÄNDA RESULTAT FRÅN ANDRA PROJEKT	9
2.3 ANVÄNDA BRANSCHSYSTEM OCH MJUKVAROR	9
2.3.1 BIM	9
2.3.2 BSAB 96 VS COCLASS	10
2.3.3 TEKLA STRUCTURES	12
2.3.4 GABI	13
2.4 ARBETSPROCESS FÖR UTFÖRANDE	13
2.4.1 TEST AV EXPORT AV MÄNGDFÖRTECKNING FRÅN TEKLA	14
2.4.2 IMPORT AV MÄNGDFÖRTECKNING TILL GABI	20
2.4.3 DIGITALT LCA-RESULTAT	21
3 DISKUSSION	24
4 SLUTSATSER	26
5 REFERENSER	27
6 BILAGOR	28
6.1 XML-FIL MED EPD-RESULTAT	28

1 Syfte

Föreliggande rapport beskriver resultatet från tre delprojekt, som NCC har deltagit i inom *Smart Built Environments* fokusområde *Livscykelperspektiv*:

1. Testpilot, *Standardiserad process för livscykelanalys i BIM i ett NCC:s projekt* (Delprojekt 1)
2. Tilläggprojekt, *Hinder att överbrygga: Utveckling av den saknade länken till BIM/IFC* (Delprojekt 2).
3. Tilläggprojekt, *Digitala miljöberäkningar- komplement och fördjupning* (Delprojekt 3).

Övergripande mål för samtliga projekt var att skapa teoretiska grunder och illustrera i testmiljö hur en teknisk genomförbar lösning för ett obrutet digitalflöde mellan BIM- och LCA-verktyg kan utföras med dagens praxis att hantera projektinformation och utifrån nuvarande beställarkrav.

Syftet med NCC:s testpilot *Standardiserad process för livscykelanalys i BIM i ett NCC:s projekt (Delprojekt 1)* var att visa hur en övergripande standardiserad process för att göra LCA-beräkning (avseende klimatpåverkan) i BIM kan se ut. Den digitala livscykelanalysen utfördes enligt en europeisk standard för EPD:er för vägar och broar.

Syftet med NCC:s deltagande i tilläggprojektet *Hinder att överbrygga: Utveckling av den saknade länken till BIM/IFC (Delprojekt 2)* var att studera i detalj hur en digital modell i programvaran Tekla kan kodas om med CoClass-koder för att möjliggöra automatiserad datainsamling för LCA-programvaran, Gabi.

Syftet med NCC:s deltagande i tilläggprojektet *Digitala miljöberäkningar- komplement och fördjupning (Delprojekt 3)* var att undersöka hur digital information för olika skeden av livscykel kan sparas i en digital modell med hjälp av CoClass-koder.

1.1 Mål

Övergripande mål med alla delprojekt var att skapa en helhetsbild om vilka pusselbitar för en digital LCA som finns på plats, och vilka som måste skapas hos NCC som entreprenörsföretag och andra aktörer i anläggningssektorn. Projektet hade ett tydligt fokus på utveckling av en praktiskt genomförbar lösning för integrering av BIM- och LCA-programvaror, samt ett fungerande arbetssätt för leveranser av digital information mellan olika aktörer.

NCC:s leveranser i projektet utgick från de krav som ställs av Trafikverket och andra beställare (t.ex. Stockholms Läns Landsting) på informationshanteringen i nuvarande informationsmodeller och miljöberäkningar (miljövarudeklarationer, klimatkalkyler och livscykelanalyser).

1.2 Genomförande

Från NCC:s sida deltog flera experter i LCA, EPD, BIM och byggmaterial i de tre projekten. NCC hade flera avstämningsmöten och workshoppar både internt och externt inom ramarna för de tre delprojekten. En extern branschreferensgrupp bidrog med sina erfarenheter och synpunkter vid flera mötestillfällen under genomförandet av projektet. En tvärdisciplinär projektgrupp formades för genomförande av de tre delprojekten, vilket beskrivs i tabell 1.

Tabell 1: Deltagare i arbetsgruppen för projektets genomförande och deras roller i projektet, kompetens och företagstillhörighet.

Namn	Företag	Roll i projektet	Kompetens
NCC:s interna projektgrupp			
Larissa Strömberg	NCC	Projektledare	LCA senior expert, Gabi programvara, BIM, anläggningsprojekt
Lena Dahlgren	NCC	Deltagare	LCA, Gabi programvara
Matilda Linse	NCC	Deltagare	LCA beräkningar för byggnader
Iad Saleh	NCC	Deltagare	Material senior expert
Stefan Dehlin	NCC	Deltagare	BIM senior expert
Viktoria Wiking	NCC	Intern granskare	Word
Johanna Fredhsdotter Lager	NCC	Intern granskare	BIM, VDC
Malin Norin	NCC	Intern granskare	Senior forskare
Branschgemensam referensgrupp			
Sebastian Welling	Environdec	Verifiering av digitala EPD:er	EPD-registrering
Klas Eckerberg	Projektengagemang/Svensk Byggtjänst	Anpassning av CoClass-systematiken till NCC:s testpilot	CoClass
Jan-Olof Edgar	Projektengagemang/Svensk Byggtjänst	BIM-verktyg	BIM
Mikael Tornkvist	Trafikverket	Trafikverkets arbete med CoClass	Beställare, BIM
Christer Green	Vilma	Deltagare	Byggartikelinformation
Högskolor			
Voraprat Muangpetch	Örebro Universitet	Exjobbare	BIM, Tekla
Kristofer Lennström	Örebro Universitet	Exjobbare	BIM, Tekla

2 Resultat

2.1 Byggnadsverk

Valet av ett anläggningprojekt som testmiljö grundades i ett skarpare beställarkrav på LCA och BIM från anläggningssidan. Till exempel har beställare som Trafikverket (Trafikverket, 2015 och 2018), Stockholms Läns Landsting (2016) och kommuner (Gemensamma miljökrav, 2018) krav på informationshanteringen av digitala modeller och miljöberäkningar (klimatkalkyler och livscykelanalyser).

NCC valde att utföra testpiloten på en betongbro som anläggs i projektet Häggviks Trafikplats (en del av Förbifart Stockholm). En digital modell för betongbron i BIM-programvara Tekla användes i testpiloten. Bron är av Trafikverkets typiska plattrambrotyp, bestående av två huvuddelar: överbyggnad och underbyggnad. Över- och underbyggnad består i sin tur av brodelar som utgör bronns geometri och funktion, se bild 1.

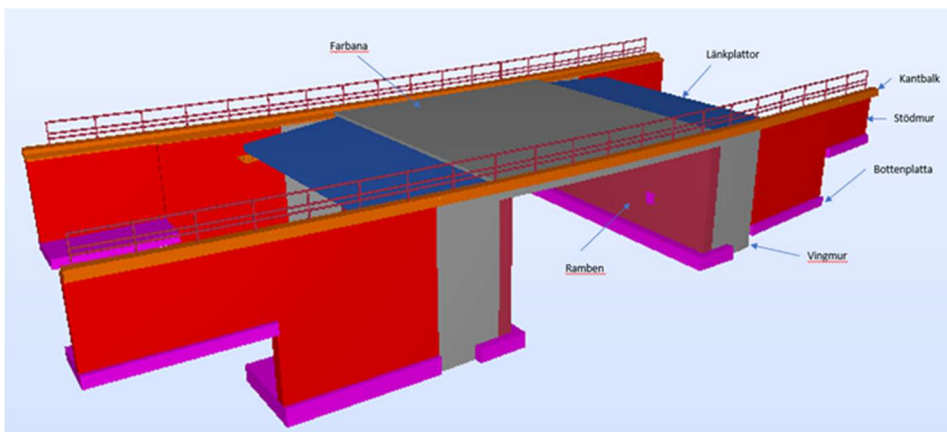


Bild 1: En digital produktionsmodell för betongbro i Tekla programvara.

Projektet är en totalentreprenad och NCC använde Trafikverkets systemhandlingar (d.v.s. en digital modell för ett tidigt projekteringskedje) för skapande av detaljerade projekteringsunderlag och produktionmodeller i Tekla programvara. Detta val var relevant då det representerar den fas där NCC har störst aktivitet, d.v.s. under detaljerad projektering och produktionshandlingar. NCC utför nu byggande av bron, se bild 2.



Bild 2: Pågående byggarbete med betongbron i projektet Häggviks Trafikplats.

2.2 Använda resultat från andra projekt

Resultat från andra *Smart Built Environments* projekt inom fokusområdet *Livscykelperspektiv* testades och användes i NCC:s testpilot.

NCC använde resultat från det tidigare projektet *CoClass och LOD. Livscykeltest av CoClass - nya generationen BSAB*. Byggkoder i CoClass-systemet utvärderades i NCC:s testpilot utifrån deras användbarhet för att kunna ange materialegenskaper (som krävs för LCA) i en digital modell.

Resultat från ett annat projekt *Gemensam digital generisk kalkyl och resursregister* som tog fram en resurshubb med generiska emissionsfaktorer för mest använda byggmaterial i Sverige utvärderades i NCC:s testpilot. NCC utredde om det gemensamma resursregistret kan användas som default i NCC:s anläggningsprojekt där Trafikverket är beställare. I dagsläget använder NCC generiska resursregister från Gabi (anläggningsprojekt) och OneClick (husprojekt) databaser samt Trafikverkets Klimatkalkylverktyg.

2.3 Använda branschsystem och mjukvaror

2.3.1 BIM

Building Information Modeling, BIM ger inblandade parter en gemensam översyn av det aktuella projektet och minskar risken för missförstånd och kollisioner. Detta resulterar i en mindre andel merkostnader för det aktuella projektet. NCC har implementerat BIM som en arbetsprocess, som gör det möjligt att förvara och leverera projektets information digitalt. På så vis kan samtliga aktörer i ett projekt ta del av informationen och tillsammans skapa och hantera information. Målet är alltså att

kunna effektivisera samarbetet och kommunikationen mellan olika aktörer i ett projekt.

Till BIM kan många moment i projekt kopplas, men en risk är att uppdateringar och uppföljningar inte alltid löper parallellt med de digitala processerna hela vägen och på så sätt brister BIM som informationshållare. Idag saknas en arbetsprocessbeskrivning för att automatisera dataflödet mellan LCA- och BIM programvaror, vilket leder till att manuell handpåläggning måste göras. Det leder till att processen för framtagning av en LCA blir både kostsam och tidskrävande.

En digital modell innehåller både grafisk och icke-grafisk projektinformation. Icke-grafisk information kan exempelvis vara tidplaner och kostnadskalkyler. Användande av icke-grafisk information inom BIM är begränsat i dagsläget. I BIM programvara finns inte heller miljödata utan där finns enbart information om konstruktionslösningar, använda byggnadsmaterial, 3D-ritning av projektet etc. Miljödata behandlas istället i en LCA-programvara och där knyts miljöpåverkan eller så kallade emissionsfaktorer till ingående byggnadsmaterial. Samma sak med ekonomiska kalkyler, som uppdateras i en separat programvara.

Den fulländande arbetsprocessen för överföring av digital information om tekniska lösningar i en digital modell i BIM-programvara (t.ex. materialmängdförteckningar) och dess miljöpåverkan, som kommer från LCA-programvaror, saknas i nuläget. Detta leder till att uppdateringar av miljö- och klimatprestanda inte följer med i projektutvecklingskedan på ett effektivt sätt. Således skapas samma information flera gånger i olika programvaror.

2.3.2 BSAB 96 vs CoClass

För att byggsektorn ska kunna tala samma språk behövs ett standardierat kodsysteem. Idag finns det ett gemensamt språk, BSAB 96 (BSAB, 2005). BSAB 96 är ett klassifikationssystem för att möjliggöra en gemensam struktur för information i byggsektorn. Systemet består av koder bestående av en serie bokstäver och siffror, med tillhörande rubrik som betecknar olika typer av byggdelar och produktionsresultat.

BSAB-systemet används i en branschgemensam föreskrift för utförande av anläggningsprojekt, AMA Anläggning 17 (AMA Anläggning 17, 2017) som kan användas som underlag till att ställa krav vid upphandling, upprätta tekniska beskrivningar, koda digitala modeller och strukturera kostnadskalkyler. Nedan ges ett exempel på BSAB-kodstrukturen, se bild 3.

Tabell	Kod	Rubrik
Byggnadsverk	EBB	Broar för vägtrafik
Utrymmen	225.BCC	Personalrum
Byggdelar och byggdeltstyper	27.B	Stominnerväggar
Produktionsresultat	KEL.2	Skikt av OSB-skivor inomhus

BV:EB	Broar	Fastställd	2:02
BV:EBA	Broar för flera ändamål	Fastställd	2:02
BV:EBB	Broar för vägtrafik	Fastställd	2:02
BV:EBB/B	Broar för vägtrafik - plattbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/C	Broar för vägtrafik - balkbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/D	Broar för vägtrafik - lådbalkbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/E	Broar för vägtrafik - platttrambroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/F	Broar för vägtrafik - balkrambroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/G	Broar för vägtrafik - rörbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/H	Broar för vägtrafik - valvbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/J	Broar för vägtrafik - bågbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/K	Broar för vägtrafik - fackverksbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/L	Broar för vägtrafik - snedkabelbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/M	Broar för vägtrafik - hängbroar	Fastställd	2:02
BV:EBB/N	Broar för vägtrafik - rörliga broar	Fastställd	2:02
BV:EBC	Broar för spårbusstrafik	Fastställd	2:02
BV:EBD	Broar för flygtrafik	Fastställd	2:02
BV:EBZ	Övriga broar	Fastställd	2:02
BV:F	Stödkonstruktioner, murar, dammar, vallar och skärmar	Fastställd	2:02
BV:FA	Sammansatta stödkonstruktioner, murar, dammar, vallar och skärmar	Fastställd	2:02
BV:FB	Stödkonstruktioner	Fastställd	2:02
BV:FBB	Stödmurar	Preliminär	2:02
BV:FC	Påldäck	Fastställd	2:02
BV:FD	Tråg	Fastställd	2:02
BV:FG	Skärmar	Fastställd	2:02
BV:FGB	Bullerskydd	Preliminär	2:02
BV:FGC	Bländskydd	Preliminär	2:02
BV:FZ	Övriga stödkonstruktioner, murar, dammar, vallar och skärmar	Fastställd	2:02

Bild 3: Klassifikationstabeller enligt BSAB 96.

Byggklassifikationssystemet BSAB 96 som idag används i byggbranschen är inte heltäckande vad gäller strukturering av informationen i digitala modeller eller utförande av livscykelanalyser. BSAB 96 strukturerar bygginformationen utifrån produktionsresultat, medan i digitala modeller struktureras informationen utifrån objektklasser.

CoClass byggklassificeringssystem är nästa generation av BSAB 96 och stödjer arbetet med digitala modeller (Svensk Byggtjänst, 2019). CoClass-systemet är dock väldigt nytt för branschen och ännu inte helt implementerat. CoClass har tagits fram av flera olika företag och aktörer, både offentliga och privata, för att användas som standard för hela bygg- och förvaltningsbranschen. Detta system kommer troligen succesivt att ersätta BSAB-systemet. Trafikverket gick över till CoClass-systemet år 2018 och testar att ställa krav i sina upphandlingar med CoClass i några pilotprojekt. En bredare branschgemensam övergång till CoClass kommer nog att ske i sambandet med utgivning av AMA Anläggning 2020.

CoClass fyller olika funktioner i olika skeden under projektets livscykel. Generellt kan man säga att systemet gör att intressenter kan skapa strukturer för dokumentation och identifiering av objekt via digitala modeller i CAD och BIM, eller på ritningar och då som etiketter på själva byggdelen, se bild 4. CoClass kan användas till att sätta kravställningar, göra kostnads kalkyleringar, skapa olika typer av produktionsplaneringar och tekniska beskrivningar via AMA Anläggning.

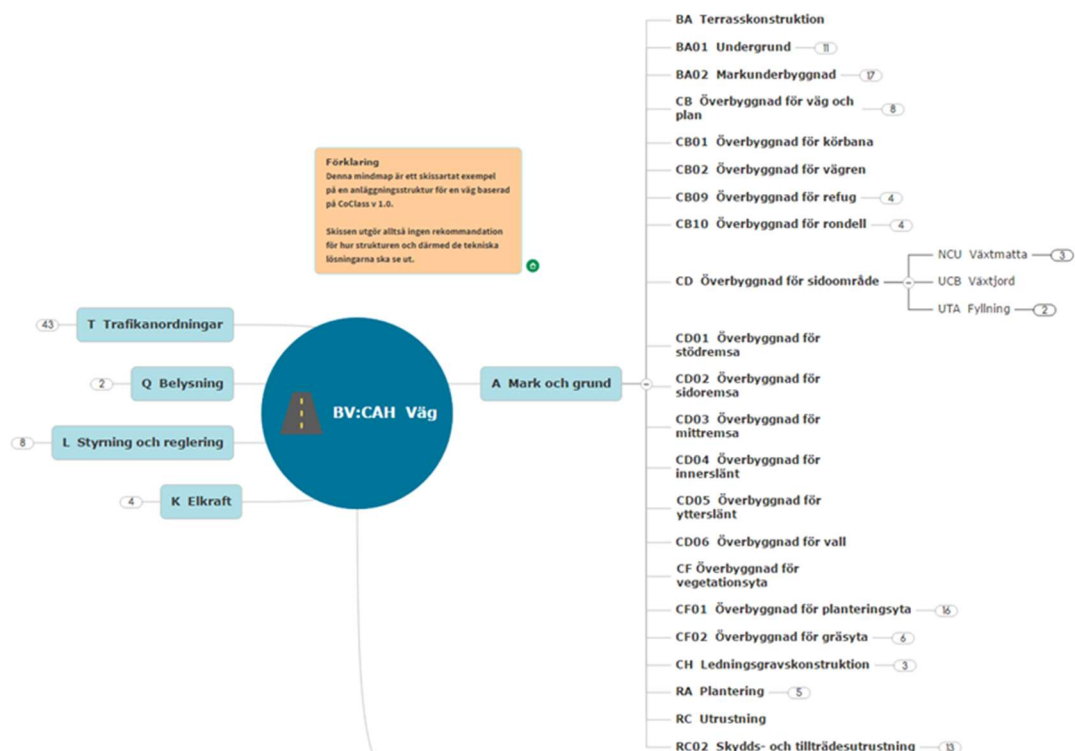


Bild 4: Klassifikationstabeller enligt CoClass.

2.3.3 Tekla Structures

Tekla Structures är en BIM-programvara för bland annat projektörer, konstruktörer, stål- och betongtillverkare. Programmet möjliggör skapande av konstruktionsmodeller i 3D samt möjliggör hanterande av mycket detaljerad information som behövs vid projektering av konstruktioner (Tekla, 2019). Den digitala modellen kan tillhandahålla information som kan utnyttjas vid projektets utformning, tillverkning och slutligen byggledning. I Tekla används en inbyggd funktion för parameterstyrning för att ange information om hur olika byggmaterial i olika byggdelar är sammankopplade.

Parametrisering är ett arbetsmetod för att strukturera projektinformation i en digital modell med hjälp av skapande av olika parametrar, som styr hur informationen grupperas, sorteras och hur olika delar av modellen hänger ihop. Målet är inte att

nödvändigtvis dokumentera slutresultatet, utan snarare att skapa resultatet (Kensek K. och Noble D, 2014).

Miljön i de flesta parametrerade modelleringsprocesser bygger på visuell programmering där ett system ställs upp grafiskt, till skillnad från skrivna programkoder. Utöver detta är det möjligt att utnyttja att systemet genererar ett flertal lösningar, som under senare skeden kan användas för optimering av konstruktionen.

2.3.4 Gabi

Gabi är ett omfattande och flexibelt modelleringsprogram för beräkning av miljöpåverkan, klimatneutral produktutveckling och miljöoptimering av produkter (Gabi, 2019). NCC använder programvaran för utförande av LCA, EPD och klimatdeklarationer för byggnadsmaterial, byggnadsdelar och byggnadsverk.

2.4 Arbetsprocess för utförande

NCC har sedan år 2014 arbetat internt med LCA-verktyget Gabi för framtagande av EPD:er. NCC var det första nordiska byggföretag som utvecklade EPD för sina egna produkter.

Inom AO Industry finns 3 EPD:er framtagna; NCC Green Asphalt, samt två EPD för den egna tillverkningen av krossmaterial (stationär resp. mobil kross). Inom AO Infrastructure finns två EPD:er framtagna, dels för konceptbron NCC Samverkansbro och dels för en färdig GC-bro som byggdes i projektet Väg 27 utanför Borås.

Beskrivning av NCC:s arbetsprocess i testpiloten finns nedan på bild 5.



Bild 5: Arbetsprocess för utförande av LCA/EPD i NCC:s testpilot.

NCC:s testpilot hade som huvudmål att undersöka hur digital information, som behövs för framtagande av en EPD, kan skapas, kodas, lagras och överförs mellan BIM- och LCA-mjukvaror i anläggningsprojekt. Fokuset i piloten låg på hantering av digital information under system- och bygghandlingskedje, eftersom NCC jobbar just i de projektskedena. I NCC:s testpilot ingick fyra huvudarbetsmoment, se bild 6.

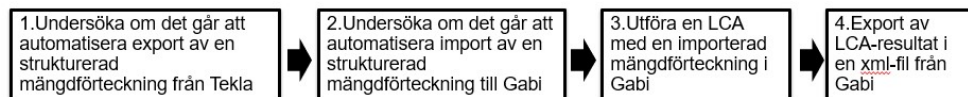


Bild 6: Huvudarbetsmoment i NCC:s testpilot.

De arbetsmomenten delades upp i ett antal aktiviteter:

Arbetsmoment 1: Test av export av materialförteckning från Tekla.

1. Analys av struktur i en digital modell i Tekla, som är kodad enligt BSAB 96-systematiken. Test av export av en IFC-fil med mängdförteckning från den digitala modellen.
2. Test om nuvarande funktionalitet i Tekla stödjer kodning med CoClass.
3. Framtagande av en fullständig mängdförteckning över använda byggmaterial för betongbron i ett Excel-blad enligt EPD-kraven.
4. Analys av hur digital information för olika skeden av livscykel kan sparas i en digital modell i Tekla med hjälp av CoClass-koder.

Arbetsmoment 2: Test av import av mängdförteckning till Gabi.

1. Test av ett plugin-verktyg för import av digital information i en IFC-fil från BIM (Tekla) till LCA-programvara (Gabi).

Arbetsmoment 3: Utförande av en LCA/EPD.

1. Utförande av en LCA-beräkning i EPD-format för betongbro i LCA-programvara, Gabi.
2. Analys av hur Smart Built Environments digitala generiska resurshubb kan användas för LCA i NCC:s anläggningsprojekt.

Arbetsmoment 4: Export av LCA-resultat som en xml-fil från Gabi.

1. Export av en xml-fil med beräkningsresultat från Gabi.
2. Granskning av exporterade xml-filen med NCC:s beräkning av Environdec.

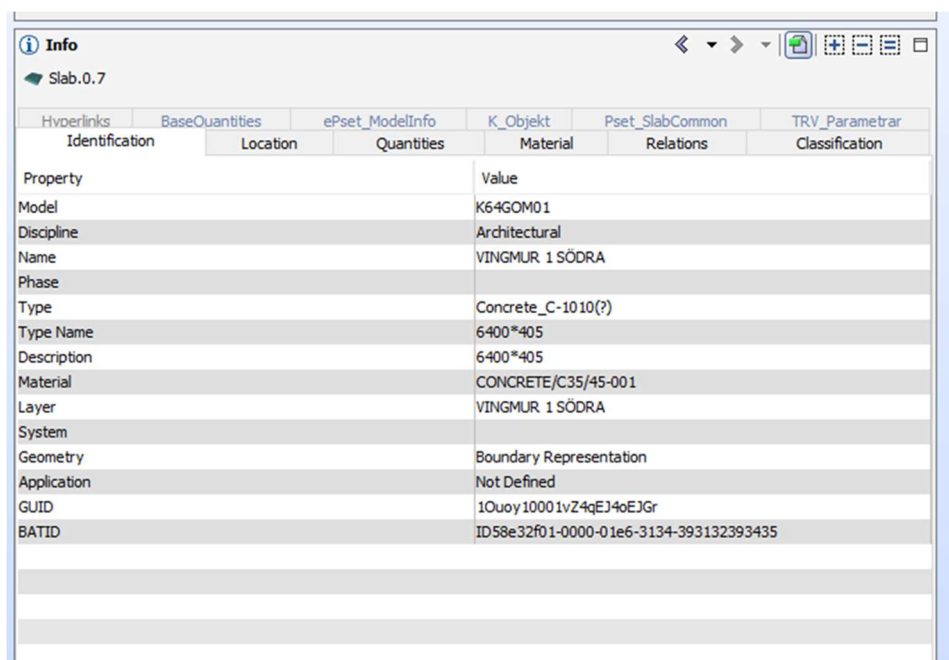
2.4.1 Test av export av mängdförteckning från Tekla

2.4.1.1 Analys av struktur i en digital modell i Tekla med BSAB 96

Digitala modeller kan exporteras till en IFC-fil som är ett internationellt standardiserat format för överföring av digitala modeller. Detta görs genom att välja vilka specifika egenskaper som ska följa med (eller inte följa med) vid en export. Det finns ett bibliotek med prekonfigurerade mallar som kan användas vid IFC-export. Det är också möjligt att skapa egna mallar som kan användas vid export. Dessa fungerar som profiler som är specifikt anpassade för olika typer av projekt, och som beskriver vilken

data som ska följa med vid överföringen, till exempel till en mängdförteckning för en LCA/klimatberäkning. Skapande av egna mallar är väldigt tids- och kompetenskrävande och kommer därför att förbli företags- eller projektspecifika.

I piloten användes en digital modell för en betongbro som var kodad med BSAB 96. Vid exporten av mängdförteckningen från den digitala modellen användes en befintlig mall i Tekla för IFC-export av modellinformation, se bild 7 och bild 8. Jämförelse av befintlig information i den exporterade IFC-filen från Tekla och önskad information för utförande av en EPD i den manuellt skapade Excell-filen utfördes.



Info	
Slab.0.7	
Hyperlinks	BaseQuantities
Identification	Location
ePset_ModelInfo	Quantities
K_Objekt	Material
Pset_SlabCommon	Relations
TRV_Parametrar	Classification
Property	Value
Model	K64GOM01
Discipline	Architectural
Name	VINGMUR 1 SÖDRA
Phase	
Type	Concrete_C-1010(?)
Type Name	6400*405
Description	6400*405
Material	CONCRETE/C35/45-001
Layer	VINGMUR 1 SÖDRA
System	
Geometry	Boundary Representation
Application	Not Defined
GUID	10uoy10001vZ4qEJ4oEJGr
BATID	ID58e32f01-0000-01e6-3134-393132393435

Bild 7: Befintliga egenskaper i digitala modellen enligt BSAB 96.

	A	B	C	D	E
1	BENÄMNING	MATERIALTYP	MATERIAL	VOLYM (m3)	TOTALVIKT(kg)
2	BPL 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	24.0	575
3	BPL 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	24.0	57541
4	BPL SM 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	24.6	59009
5	BPL SM 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	54.8	131538
6	FARBANA	CONCRETE	C35/45-001	129.3	310209
7	KANTBALK 1	CONCRETE	C35/45-001	4.6	11121
8	KANTBALK 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	5.7	13721
9	KANTBALK 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	7.5	17889
10	LÄNKPLATTA	CONCRETE	C35/45-001	47.0	112737
11	MUR 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	31.3	75051
12	MUR 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	64.4	154497
13	RAMBEN 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	46.7	112136
14	RAMBEN 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	53.8	129228
15	UPPLAGSKLACK 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	1.4	3430
16	UPPLAGSKLACK 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	1.4	3428
17	VINGMUR 1 NORRA	CONCRETE	C35/45-001	14.4	34456
18	VINGMUR 1 SÖDRA	CONCRETE	C35/45-001	16.7	39970
19	BPL 1 NORRA	STEEL	K500C-T		1837
20	BPL 1 SÖDRA	STEEL	K500C-T		1838
21	BPL SM 1 NORRA	STEEL	K500C-T		2663
22	BPL SM 1 SÖDRA	STEEL	K500C-T		5613
23	FARBANA	STEEL	K500C-T		18036
24	LÄNKPLATTA	STEEL	K500C-T		5353
25	MUR 1 NORRA	STEEL	K500C-T		2659
26	MUR 1 SÖDRA	STEEL	K500C-T		4366

Bild 8: Struktur på mängdförteckning för betongbron som kan exporteras från Tekla med en befintlig IFC-mall.

2.4.1.2 Test om nuvarande funktionalitet i Tekla stödjer kodning med CoClass

I piloten utfördes projekteringen i programvaran Tekla Structures av ett anlitat konsultföretag, ELU, och inte av NCC själva. Val av BIM-programvara styrdes av formatet på digitala handlingar från beställare, Trafikverket i det här projektet.

I Tekla byggs nya modeller på redan definierade parametrar och funktioner för att på kort tid kunna bygga upp en modell. Sådana program är tidsfördelaktiga och användarvänliga dock med begränsningar för hantering av nya kundkrav, t.ex. implementering av CoClass-systematiken. Funktionaliten i Tekla är anpassad för att arbeta med BSAB 96 i nuläget.

I NCC:s testpilot utfördes ett test att använda CoClass-systematiken för parametrisering av nya egenskaper i den digitala bromodellen. Detta innebar en tidkrävande process för projektörerna: att både behöva lära sig CoClass-konceptet och samtidigt hantera Tekla-programfunktionerna. Vanligtvis brukar Tekla-projektörer sällan skapa nya anpassningar i Tekla, utan programutvecklare brukar lansera nya funktioner i samband med varje programuppdatering.

Som en del av NCC:s testpilot utfördes ett examensarbete med titeln *Effektiva livscykelanalyser med CoClass baserat på parametrisk modellering - Koppling mellan*

programvarorna Tekla Structure och GaBi (Lennström K. och Muangpetch V., 2018). I examensarbetet undersöktes hur användandet av det nya byggklassificeringssystemet CoClass kan vara till hjälp för att identifiera och parametrera nya egenskaper, t.ex. material i digitala modeller och hur det kan underlätta den tids- och resurskrävande datainsamlingen för LCA:er och EPD:er. Inom examensarbetet genomfördes intervjuer med flera projekterande konsultföretag och en förenklad test av kodning med CoClass i den befintliga digitala modellen.

CoClass-koder användes för att skapa en lämplig struktur och parametrera egenskaper i BIM-modellen i NCC:s testpilot. Detta gjordes via funktionen *User Defined Attributes*, där platshållare skapades och CoClass-koder sedan matades in, se bild 9 och bild 10. Sättet att skapa egenskaper med hjälp av *User Defined Attributes* är personberoende, eftersom inmatning av koder måste ske manuellt i nuläget. Detta innebär också naturligtvis en risk för felinmatning.

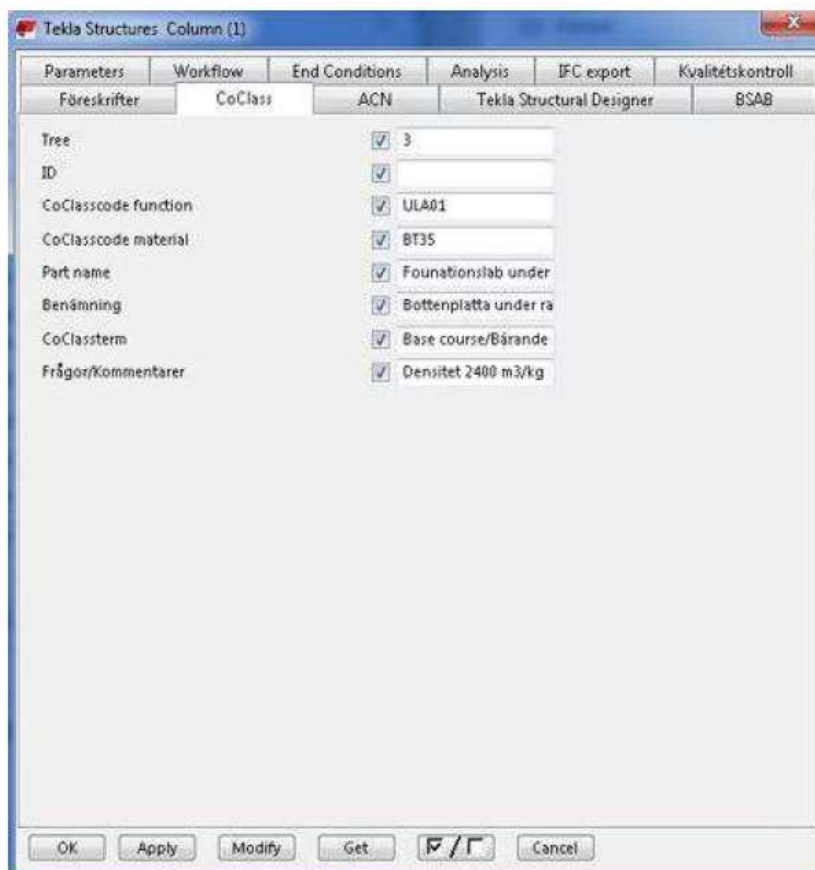


Bild 9: Skapande av en ny flik för CoClass i modellen.

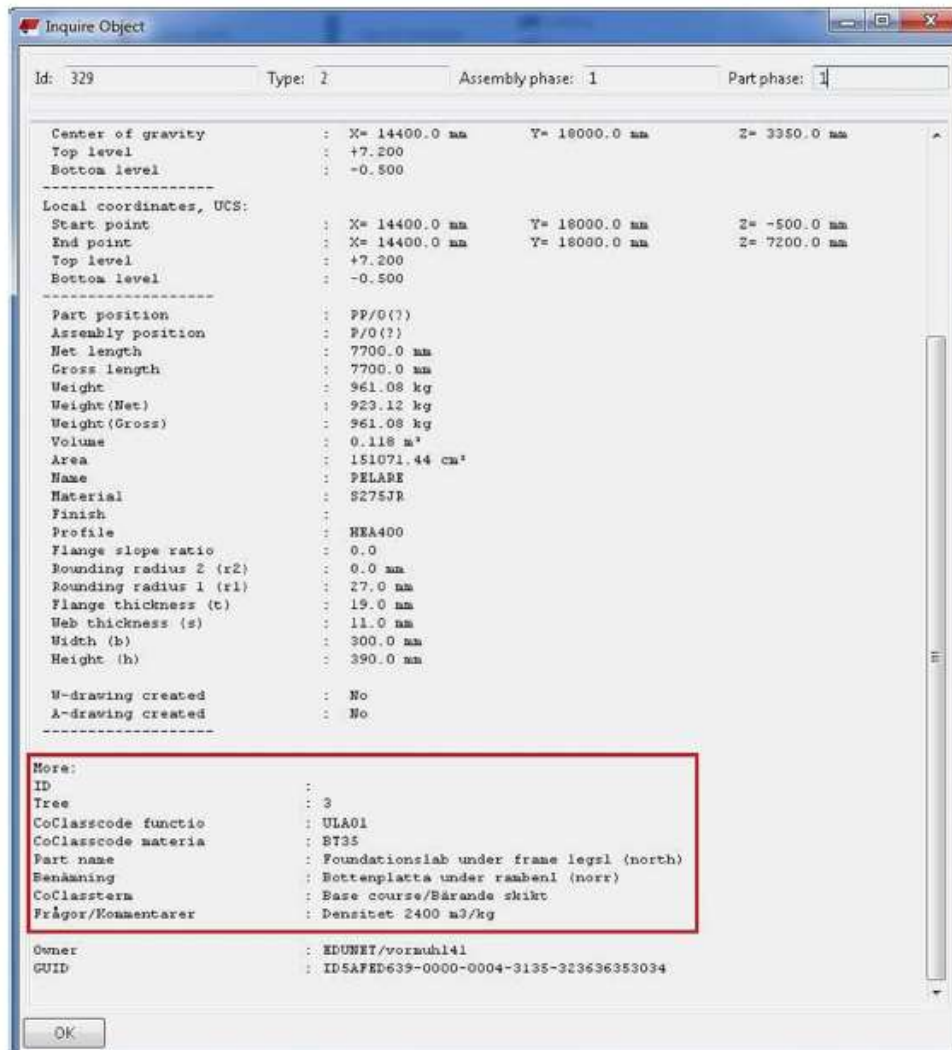


Bild 10: CoClass-koder blev tillagda i modellen som nya egenskaper.

I nuläget kräver parametrisering av digitala modeller med CoClass-koder extremt mycket extraarbete för projektörer. Nuvarande funktionalitet i det testade BIM-verktyget, Tekla, behöver utvecklas för att kunna göra det möjligt för alla projekterande ingenjörer att arbeta med CoClass i Tekla. I examensarbetet har studenterna utfört en del manuell programmering för att kunna använda CoClass-koder i modellen. En framtida förbättrande åtgärd vore att Teklas programutvecklare lägger till en ny standardflik med namnet CoClass. Under denna flik kan funktioner utvecklas som kan anpassa sig efter CoClass-byggklassifikationssystemets struktur, exempelvis en funktion som bär en trädstruktur.

Svensk Byggtjänst har informerat om att de har startat ett utvecklingsprojekt, tillsammans med flera BIM- och CAD-programvaruleverantörer, som ska anpassa CAD/BIM- verktyg till CoClass-systematiken. I takt med att CoClass etableras på

marknaden kommer kommersiella BIM-programvaror skapa automatiserade funktioner som stödjer CoClass. Då kommer korrekt klassning av byggdelar göras automatiskt, och användaren behöver enbart fylla i objektspecifika data.

2.4.1.3 Framtagande av en fullständig materialförteckning i Excel

För att kunna följa kraven i en europeisk standard för EPD:er för byggprodukter (EN 15804, 2012) är det viktigt att gruppera mängdförteckning för en byggdel eller ett byggnadsverk "rätt" enligt de olika livscykelmodulerna, se bild 11. Detta hjälper sedan presentationen av beräkningsresultatet så att det tydligt syns vilka material/processer och var i en livscykel den största klimatpåverkan finns. På så sätt kan klimatreducerande åtgärder identifieras.

I testpiloten utfördes en LCA efter verifieringskraven i europeiska standarden för EPD:er (EN 15804, 2012) och produktspecifika beräkningsregler för EPD för broar (PCR Bridges and elevated highways, 2013). Omfattningen på utförda LCA ges i bild 11 nedan.

Upstream Module		Core Module	Downstream Module							Other environmental information						
Construction			Operation	Maintenance	End-of-Life											
Raw material supply (extraction, processing, recycled material)	Transport to manufacturer	Manufacturing	Transport to construction site	Construction of the bridge	Use / application	Operational energy use	Operational water use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Deconstruction / demolition	Transport to end-of-life	Waste processing for reuse, recovery or recycling	Disposal	Benefits and loads beyond the system boundaries (BLBSB)
A1-A3	A4	A5	B1, B6, B7	B2-B5	C1	C2	C3	C4	D							
X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND							

Bild 11: Systemgränser för den LCA som utfördes i testpiloten, i EPD-format. Där X = deklarerad modul; MND = modul har inte deklarerats.

Initialt togs en fullständig mängdförteckning fram i testpiloten, i enlighet med kraven för utförande av en EPD för en bro. Förteckningen skapades i en Excel-fil med syfte att ha en "checklist" för information som behövs för en EPD för bro. Med hjälp av Svensk Byggtjänst togs CoClass-koder för varje post i mängdförteckningen fram.

NCC:s testpilot visade att befintliga koder i CoClass är tillräckliga för att namnge byggnadsverk och byggdelar, t.ex. betongplatta eller vingmur, som omfattades av testpiloten. I testpiloten skapades nya projektunika koder för material som ingår i byggdelar, t.ex. betong, armering mm, se Tabell 2.

Tabell 2: Ett urval av befintliga och projektunika CoClass-koder som användes i testpiloten.

CoClass kod	Befintlig (B) eller projektunik (P) kod	CoClass namn	Namn på byggdel/material i digitala modellen (se bild 1)
ULA	B	Bärande skikt	Bottenplatta
ULK	B	Bärande platta	Farbana
ULL+ULE	B	Stödvägg	Stödmur + Kantbalk
ULI	B	Bärande stödmur	Ramben + Upplaggsklack
ULL	B	Stödväg	Vingmur
ULA(ST--)	P	-	Armering K500C-T i bottenplatta
ULA(BT35)	P	-	Betong C35/45 i bottenplatta
ULA(BTIN)	P	-	Injekteringsbetong i betongplatta

2.4.1.4 Analys av digital information för olika skeden av livscykel

BIM-modellen innehåller främst geometriska egenskaper för byggnadsverket och dess delar samt egenskaper som material och mängder. Kostnadskalkylen innehåller data om använda materialmängder, maskintimmar, maskintyper, energianvändning, transporter med mera. Den tekniska beskrivningen innehåller information om produktion och underhåll av byggnadsverket och dess delar, samt typ och leverantör av olika byggdelar med mera.

Detta innebär att digital information för olika skeden av livscykel i nuläget är spridda mellan olika projektrelaterade mjukvaror och format. CoClass-koder kommer att vara grundläggande egenskaper för alla tre källor i framtiden. Det finns ett behov av att skapa en branschkonsensus om hur all projektinformation ska lagras digitalt, i vilket format och med vilka egenskaper. Här har vidareutveckling och anpassning av CoClass med kommande AMA Anläggning 2020 en avgörande roll. En gemensam lösning kommer underlätta skapande av en branschgemensam standardiserad IT-arkitektur för att hantera informationsflöde med projektspecifik information i anläggningsprojekt. Den gemensamma lösningen måste utvecklas i ett tätt samarbete med beställare på anläggningssidan, som Trafikverket, kommuner och SLL.

Automatisering av endast informationsöverföring mellan BIM (Tekla) och LCA (Gabi) programvaror kommer inte täcka alla behov för insamling av projektdata. BIM och kostnadskalkyler är dock redan idag IT-baserade digitala verktyg och använder sig av BSAB 96-kodsystemet för att strukturera informationen. Vid övergången till att använda det nya CoClass-systemet i både BIM och kostnadskalkylverktyget kan informationsöverföring från dem till ett LCA-verktyg automatiseras. En teknisk dokumentation är Word-filer, som kan bli sparade i pdf-format och bifogade vid leveranser av bygghandlingar i bygg- och anläggningsprojekt.

2.4.2 Import av mängdförteckning till Gabi

Insamlingsmallen för en LCA/EPD innehåller en mängdförteckning över använda material, energi och dess mängder. I NCC:s testpilot byggdes upp en EPD-anpassad insamlingsmall, som var uppbyggd enligt en speciell hierarkisk struktur i enlighet med EPD-standarden (EN 15804, 2012). De nuvarande digitala modeller som finns

tillgängliga i BIM har inte den rätta strukturen för EPD:er. Därför finns det för närvarande inte möjlighet att koppla ihop BIM med LCA på ett helt automatiserat sätt.

Plugin-verktyget Gabi DfX skapar automatiskt en LCA-modell i Gabi, vilket annars kräver många timmar av manuellt arbete från en LCA-expert. Test av ett plugin-verktyg för import av mängdförteckningen i en IFC-fil från Tekla till Gabi-programvara utfördes i testpiloten. I dagsläget kan en IFC-fil från Tekla enligt BSAB 96 inte importeras till Gabi. Det saknas tydliga egenskaper för material, byggdelar mm. I testpiloten har CoClass-koder testats för att skapa "rätt" struktur på poster i insamlingsmallen för LCA/EPD i Excel-filen. En manuellt ifyllt insamlingsmall med rätt CoClass-struktur importerades i Gabi med hjälp av ett plugin-verktyg, Gabi DfX (Gabi DfX, 2019). Programvaruleverantören, ts, assisterade när testen utfördes, eftersom NCC inte äger licens för Gabi DfX. Vid importen av insamlingsmallen till Gabi utfördes en matchning mellan tillhörande CoClass-koder och Gabi:s emissionsfaktorer för material.

Jämförelsen visade att det saknades CoClass-koder för material, både på generisk och leverantörsspecifik nivå. I piloten skapades projektunika CoClass-koder för att kunna genomföra matchningen mellan mängdförteckning och emissionsfaktorer i Gabi. Nackdelen med att använda projektspecifika CoClass-koder är att koderna inte är standardiserade, och att varje projektör kan skapa egna unika koder. En automatiserad lösning för matchning av materialposter i en materialförteckning i BIM med Gabi:s emissionsfaktorer kräver standardisering av de materialspecifika CoClass-koderna.

2.4.3 Digitalt LCA-resultat

En LCA enligt EPD-format utfördes i Gabi-programvara med indata, som var tillgängliga i digitala modellen, kostnadskalkylen och tekniska beskrivningen vid tidpunkt mellan system- och produktionshandlingskede.

Bild 12 visar resultat av LCA-beräkningen (i Gabi) för betongbron i testpiloten.

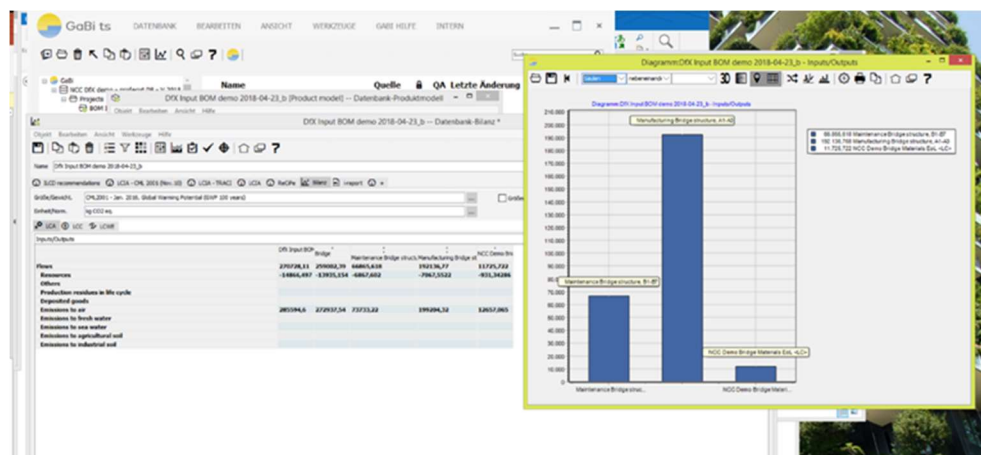


Bild 12: LCA-beräkningsresultat i Gabi.

LCA-beräkning i NCC:s testpilot har inte tredjepartsgranskats, eftersom beräkningen utfördes i ett demonstrationssyfte för att illustrera ett potentiellt obrutet digitalt flöde mellan BIM- och LCA-programvara i ett NCC:s projekt.

NCC:s test att exportera LCA-resultat i form av *en digital EPD*, d.v.s. i *en xml-fil* från Gabi till Environdec's (Environdec, 2019) EPD-databas gav lovande resultat. Environdec's utvärdering av dataformatet i levererade NCC:s digitala EPD visade att den uppfyller alla krav på informationslagring hos Environdec's nyutvecklade xmlEPD-databas (Welling S., 2018).

Xml-export funktionen finns redan i Gabi-programvara och används av tyska EPD-programoperatören IBU (IBU, 2019) för överföring av digitala EPD från Gabi till IBU:s digitala EPD-databas. NCC använde en liknande lösning för xml-export av beräkningsresultat från Gabi. Det skapades flera filer med beräkningsresultat, se bild 13. Strukturen och innehållet i de filerna regleras av ILCD-formatet (ILCD, 2010), EPD-systemet och EPD-programoperatörens miljukvara för lagring av digitala EPD:er.

Namn	Typ	Komprimerad storlek	Lösenordss...	Storlek	Komprimer...	Senast ändrad
ILCD	Filmapp					2018-05-28 07:48
META-INF	Filmapp					2018-05-28 07:48
schemas	Filmapp					2018-05-28 07:48
stylesheets	Filmapp					2018-05-28 07:48

Bild 13: Beräkningsresultat med NCC:s digitala EPD lagrades och exporterades i flera filer.

I mappen ILCD ingår flera filer, se bild 14 nedan. I *Bilaga 6.1* finns kopia på xml-fil med EPD-resultat, som har granskats av Environdec.

Namn	Typ	Komprimerad storlek	Lösenordss...	Storlek	Komprimer...	Senast ändrad
contacts	Filmapp					2018-05-28 07:48
flowproperties	Filmapp					2018-05-28 07:48
flows	Filmapp					2018-05-28 07:48
Iciamethods	Filmapp					2018-05-28 07:48
processes	Filmapp					2018-05-28 07:48
sources	Filmapp					2018-05-28 07:48
unitgroups	Filmapp					2018-05-28 07:48
GaBiCategories.xml	XML-dokument	1 kB	Nej	3 kB	69 %	2018-05-28 07:48
ILCDClassification.xml	XML-dokument	3 kB	Nej	15 kB	84 %	2012-12-31 22:00
ILCDFlowCategorization.xml	XML-dokument	1 kB	Nej	5 kB	84 %	2012-12-31 22:00
ILCDLocations.xml	XML-dokument	3 kB	Nej	14 kB	79 %	2012-12-31 22:00

Bild 14: Innehållet i ILCD mappen vid exporten av NCC:s digitala EPD.

2.4.3.1 Test av digitala generiska resurshubb

I piloten analyserades den framtida användningen av Smart Built Environments resurshubb för LCA i NCC:s anläggningsprojekt. För att kunna använda resurshubb måste den integreras med digitala system hos entreprenörer. I examensarbetet

konstaterades att ett potentiellt sätt att integrera generiska resurser i hubben kan vara att ange dem som en s.k. attribute eller egenskap, t.ex. som *CoClasscode materia*, se bild 15 nedan.

I NCC:s testpilot användes en del specifika resurser som betong C35/45 och NCC:s injekteringsbetong. I Smart Built Environments resursregister fanns en generisk anläggningsbetong, vilket var alldeles för generiskt just för den valda betongbron i piloten. NCC utvärderade i testpiloten möjlighet att byta ut en betongtyp mot en annan med bättre klimatprestanda, då krävs det mer specifika emissionsfaktorer för olika betongtyper.

Smart Built Environments resurshubb i nuvarande form är anpassad till tidigare projekteringsstegen, t.ex. vid planläggningsprocesser hos Trafikverket eller tidigt arkitektonisk gestaltning av anläggningskonstruktioner hos projekterande konsulter.

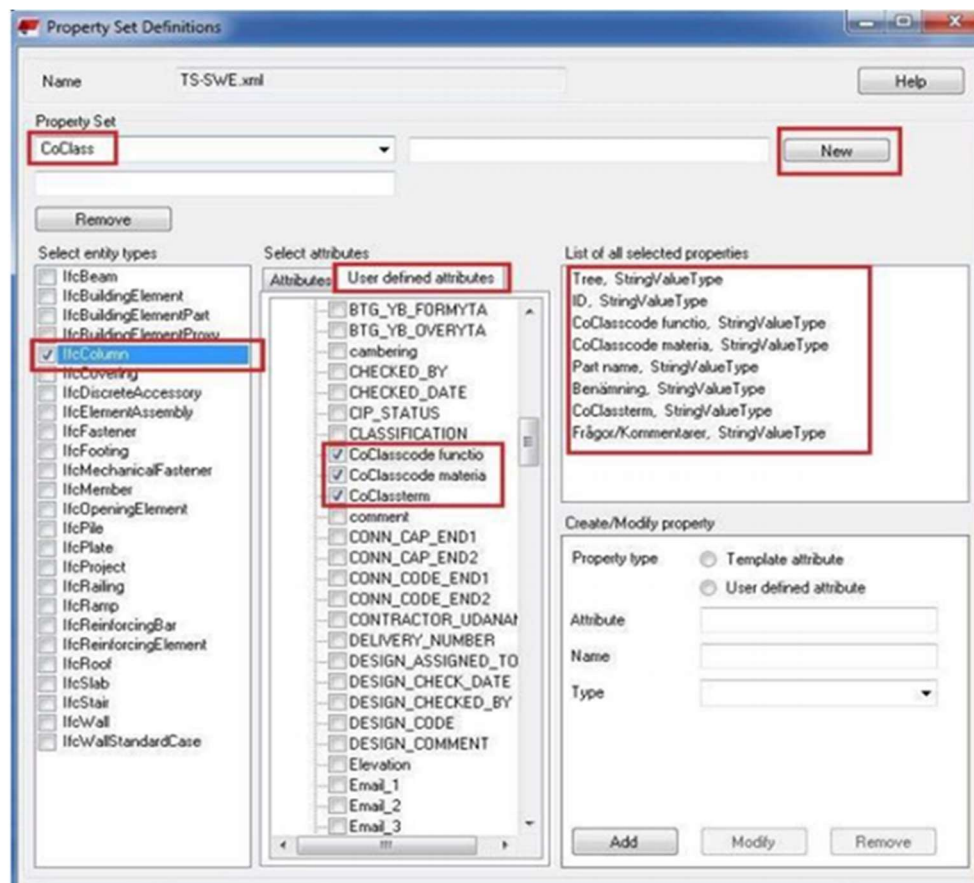


Bild 15: Ett potentiellt sätt att använda generiska resursregister för förberedande av en IFC-fil för export med förbestämda attributer/egenskaper.

3 Diskussion

Byggbranschen kommer inom kort att börja använda CoClass-byggklassifikationssystem för att dokumentera information i BIM, kostnads kalkyler och teknisk dokumentation. NCC:s testpilot och det utförda examensarbetet visade att övergången till CoClass-systemet kommer förmodligen att gynna och underlätta datainsamling från digitala modeller till LCA.

Användande av CoClass kräver dock en anpassning av befintliga arbetssätt och mjukvaror. Det är en relativt lång väg kvar innan en fullständig automatisering mellan BIM och LCA förverkligas med hjälp av CoClass.

Följande utvecklingspotential har identifierats för hela byggbranschen:

Icke tekniska:

- Vidareutveckling och bredare implementering av CoClass underlättar digitala LCA:er.
- Miljö- och klimatarbete är viktiga för alla led i byggprocessen – automatisering av LCA/EPD leder till kostnadsbesparingar och konkurrensfördelar.
- Implementering av CoClass driver fram samarbete mellan olika aktörer och roller i byggprocessen.

Tekniska:

- Nya funktioner i BIM/CAD verktyg (för CoClass, export av information för LCA mm).
- Beställare måste kunna ta emot all digital dokumentation i en modell/en digital fil vid överlämning av projektets dokumentation, vilket kommer att underlätta kontroll av uppfyllande av multidisciplinära komplexa projektkrav.
- Alla informationskällor i anläggningsprojekt måste struktureras (t.ex. enligt CoClass) och digitaliseras, så att all projektinformation från dessa källor går att samla i en överföringsfil (t.ex. en IFC-fil).
- Vidareutveckling av ett branschgemensamt sätt att ange miljöegenskaper för material i digitala modeller.
- Environdec behöver utveckla rutiner för tredjeparts granskning för digitala EPD:er.

Implementering av CoClass-koder kommer att lösa endast en liten del av informationsbehovet avseende byggdelar och leverantörsprodukter. Standardiserade egenskaper i ett internationellt perspektiv tas fram och förvaltas idag inom standardiseringskommitte *CEN/TC 442*. Där pågår arbete med att skapa ett enhetligt system för egenskaper i digitala modeller. Detta görs på en europeisk nivå med tanke på att det går att inarbeta det till nationella standarder. En viktig aspekt då leverantörer inte vill behöva landsanpassa all information. Även konsulter, entreprenörer och förvaltare ser stora fördelar i att inte endast kunna kommunicera med den svenska marknaden.

NCC deltar i ett annat projekt *Digital Supply chains* inom *Smart Built Environment*. Projektet utvecklar kravställningar på byggdels- och byggnadsverks nivåer utifrån

standardiserade krav på egenskaper. Detta ska ge möjlighet att använda standardiserade egenskaper så att både kravställande beställare och svarande konsulter och entreprenörer kan lägga tid och kunskap på själva kravställande istället för att lägga tiden på att skapa egna projektunika egenskaper. Detta ses som grund för effektivisering och kvalitetssäkring inom svenska byggbranschen.

4 Slutsatser

Utförande av en LCA för ett anläggningsprojekt är kompetens- och tidskrävande. Med ett effektivare sätt att utföra LCA gynnas både entreprenörens och beställarens intresse att erhålla ett byggnadsverk med bättre miljö- och klimatprestanda till en lägre kostnad. En lyckad automatisering av informationsöverföringen mellan BIM och LCA skulle kunna leda till att det blir enklare att ta fram LCA:er.

NCC kartlagde hur arbetsprocessen för arbete med digitala LCA/EPD i projektets olika skeden skulle ske med hjälp av BIM och CoClass-systematiken. Detta exemplifierades på en digital modell för betongbron i projektet Häggviks trafikplats. Testpiloten visade att det går att förenkla processen för framtagning av en LCA genom användande av CoClass för att strukturera information i digitala modeller. Effektivisering kan ske genom att byggmaterial, byggdelar, dess placering mm i de digitala modellerna knyts an till CoClass-koder i modelleringskedet. Det skulle då resultera i att den manuella datainsamling för en LCA inte behövs.

Resultatet från intervjuerna och testerna i testpiloten visade att det är tekniskt möjligt att använda CoClass för att parametrisera informationen i digitala modeller med avseende på LCA/EPD redan idag. I nuläget kräver användande av CoClass i digitala modeller extremt mycket manuellt arbete för projektörerna. Nuvarande funktionalitet i det testade BIM-verktyget, Tekla, behöver utvecklas för att göra det möjligt för alla projekterande ingenjörer att arbeta med CoClass i Tekla. För att kunna ställa krav på programleverantörerna är det viktigt att få en branschgemensam lösning på hur en BIM-programvara ska märka projektspecifik information, så att det också blir lätt att använda den för LCA-beräkningar.

Det konstaterades att det i nuläget saknas incitament för beställare, entreprenörer och konsulter att börja strukturera sina digitala modeller enligt CoClass-systematiken. Därför skulle implementering av CoClass behöva ingå redan i beställarkraven från exempelvis Trafikverket. Intervjuer med projektörer visade att det inte fanns riktlinjer från beställare om vilka attribut, informationsstruktur och innehåll som skulle levereras i en digital modell. Alltså finns det inga incitament för projektörer/entreprenörer att utveckla riktlinjer på eget bevåg.

En ytterligare slutsats är att de ökade beställarkraven på minskandet av klimatpåverkan i bygg- och anläggningsprojekt skulle kunna bli en drivkraft för olika marknadsaktörer att gå över till CoClass-systemet. Implementering av CoClass-systemet i byggbranschen kommer att skapa nya affärsmöjligheter med klimateffektiva konstruktioner och tekniska utföranden, vilket kommer stödja uppfyllandet av Sveriges mål om klimateffektivitet.

LCA-experten borde påverka vidareutveckling av CoClass så att systemet också passar för digitala LCA:er. Speciellt viktigt att anpassa CoClass-systematiken för användande på materialspecifik nivå. I nuläget behövs skapande av projektunika CoClass-koder för material.

5 Referenser

AMA Anläggning 17, Svensk Byggtjänst, 2017.

BSAB 96 System och tillämpningar, Svensk Byggtjänst, 2005.

EN 15804:2012 Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklaration – Produktspecifika regler, 2012.

Environdec, www.environdec.com, hämtat 2019.

Gabi, tillgängligt på: <http://www.gabi-software.com/international/software/gabi-software/>, 2019.

Gabi DfX, tillgängligt på: <http://www.gabi-software.com/international/software/gabi-dfx/>, 2019.

Gemensamma miljökrav för entreprenader, utgivet av Stockholms stad, Malmö stad, Göteborgs stad och Trafikverket, 2018.

IBU, <https://ibu-epd.com/>, hämtat 2019.

ILCD handbook – International guide for life-cycle data system. General guide for life cycle assessment – Detailed guidance, 2010.

Kensek K. och Noble D.: Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice. ISBN-13: 978-1118766309 (eBook), tillgänglig på https://www.researchgate.net/publication/272621189_Building_Information_Modeling_BIM_in_Current_and_Future_Practice, 2014.

Lennström K. och Muangpetch V.: Effektivare livscykelanalyser med CoClass baserat på parametrisk modellering - Koppling mellan programvarorna Tekla Structure och GaBi, examensarbete, Örebro Universitet, 2018.

PCR Bridges and elevated highways. Version 1.0: 2013:23. UN CPC 53221, 2013.

Stockholm läns landsting, Miljöprogram 2017–2021, 2016.

Svensk Byggtjänst, CoClass – Nya generationen BSAB Klassifikation och tillämpning, hämtat från www.byggtjanst.se, 2019.

Tekla, Tekla Structures BIM software, hämtat från <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>, 2019.

Trafikverket, Trafikverkets riktlinje 2015:0480: Klimatkrav i planläggning, byggskede, underhåll och på tekniskt godkänt järnvägsmateriel, 2015.

Trafikverket, hämtat från <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/nyheter-informationsmodellering-bim/>, 2018.

Welling S., mailkonversation, 2018.

6 Bilagor

6.1 xml-fil med EPD-resultat

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- @version-tag-tools@ -->
- <CategorySystem xsi:schemaLocation="http://lca.jrc.it/ILCD/Categories ../schemas/ILCD_Categories.xsd" name="ILCD" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns="http://lca.jrc.it/ILCD/Categories">
- <categories dataType="Process">
- <category name="Energy carriers and technologies" id="1">
- <category name="Energetic raw materials" id="1.1"/>
- <category name="Electricity" id="1.2"/>
- <category name="Heat and steam" id="1.3"/>
- <category name="Mechanical energy" id="1.4"/>
- <category name="Hard coal based fuels" id="1.5"/>
- <category name="Lignite based fuels" id="1.6"/>
- <category name="Crude oil based fuels" id="1.7"/>
- <category name="Natural gas based fuels" id="1.8"/>
- <category name="Nuclear fuels" id="1.9"/>
- <category name="Other non-renewable fuels" id="1.10"/>
- <category name="Renewable fuels" id="1.11"/>
- </category>
- <category name="Materials production" id="2">
- <category name="Non-energetic raw materials" id="2.1"/>
- <category name="Metals and semimetals" id="2.2"/>
- <category name="Organic chemicals" id="2.3"/>
- <category name="Inorganic chemicals" id="2.4"/>
- <category name="Glass and ceramics" id="2.5"/>
- <category name="Other mineralic materials" id="2.6"/>
- <category name="Plastics" id="2.7"/>
- <category name="Paper and cardboards" id="2.8"/>
- <category name="Water" id="2.9"/>
- <category name="Agricultural production means" id="2.10"/>
- <category name="Food and renewable raw materials" id="2.11"/>
- <category name="Wood" id="2.12"/>
- <category name="Other materials" id="2.13"/>
- </category>
- <category name="Systems" id="3">
- <category name="Packaging" id="3.1"/>
- <category name="Electrics and electronics" id="3.2"/>
- <category name="Vehicles" id="3.3"/>
- <category name="Other machines" id="3.4"/>
- <category name="Construction" id="3.5"/>
- <category name="White goods" id="3.6"/>
- <category name="Textiles, furnitures and other interiors" id="3.7"/>
- <category name="Unspecific parts" id="3.8"/>
- <category name="Paints and chemical preparations" id="3.9"/>
- <category name="Other systems" id="3.10"/>
- </category>
- <category name="End-of-life treatment" id="4">
- <category name="Reuse or further use" id="4.1"/>
- <category name="Material recycling" id="4.2"/>
- <category name="Raw material recycling" id="4.3"/>
- <category name="Energy recycling" id="4.4"/>
- <category name="Landfilling" id="4.5"/>
- <category name="Waste collection" id="4.6"/>
- <category name="Waste water treatment" id="4.7"/>
- <category name="Raw gas treatment" id="4.8"/>
- <category name="Other end-of-life services" id="4.9"/>
- </category>
- <category name="Transport services" id="5">
- <category name="Road" id="5.1"/>
- <category name="Rail" id="5.2"/>
- <category name="Water" id="5.3"/>
- <category name="Air" id="5.4"/>
- <category name="Other transport" id="5.5"/>
- </category>
- <category name="Other Services" id="6">
- <category name="Cleaning" id="6.1"/>
- <category name="Storage" id="6.2"/>
- <category name="Health, social services, beauty and wellness" id="6.3"/>
- <category name="Repair and maintenance" id="6.4"/>
- <category name="Sale and whole sale" id="6.5"/>
- <category name="Communication and information services" id="6.6"/>
- <category name="Financial, legal, and insurance" id="6.7"/>
- <category name="Administration and government" id="6.8"/>
- <category name="Defence" id="6.9"/>
- <category name="Lodging and gastronomy" id="6.10"/>
- <category name="Education" id="6.11"/>
- <category name="Research and development" id="6.12"/>
- <category name="Entertainment" id="6.13"/>
- <category name="Renting" id="6.14"/>
- <category name="Engineering and consulting" id="6.15"/>
- <category name="Other services" id="6.16"/>
- </category>
- <category name="Use and consumption" id="7">
- <category name="Consumption of goods" id="7.1"/>
- <category name="Use of energy-using products" id="7.2"/>
- <category name="Other use and consumption" id="7.3"/>
- </category>
</categories>
<categories dataType="LCIAMethod">
```

```

- <category name="Damage level LCIA methods" id="1">
  <category name="Total impact across areas of protection" id="1.1"/>
  - <category name="Human health" id="1.2">
    <category name="Total human health, combined" id="1.2.1"/>
    <category name="Human health, toxicity" id="1.2.2"/>
    <category name="Human health, climate change" id="1.2.3"/>
    <category name="Human health, ionising radiation" id="1.2.4"/>
    <category name="Human health, ozone depletion" id="1.2.5"/>
    <category name="Human health, photooxidant creation" id="1.2.6"/>
    <category name="Human health, other" id="1.2.7"/>
  </category>
  - <category name="Natural environment" id="1.3">
    <category name="Total natural environment, combined" id="1.3.1"/>
    <category name="Natural environment, climate change" id="1.3.2"/>
    <category name="Natural environment, ozone depletion" id="1.3.3"/>
    <category name="Natural environment, land use" id="1.3.4"/>
    <category name="Natural environment, freshwater ecotoxicity" id="1.3.5"/>
    <category name="Natural environment, seawater ecotoxicity" id="1.3.6"/>
    <category name="Natural environment, terrestrial ecotoxicity" id="1.3.7"/>
    <category name="Natural environment, acidification" id="1.3.8"/>
    <category name="Natural environment, eutrophication" id="1.3.9"/>
    <category name="Natural environment, photooxidant creation" id="1.3.10"/>
    <category name="Natural environment, ionising radiation" id="1.3.11"/>
    <category name="Natural environment, other" id="1.3.12"/>
  </category>
  - <category name="Man-made environment" id="1.4">
    <category name="Total man-made environment, combined" id="1.4.1"/>
    <category name="Man-made environment, acidification" id="1.4.2"/>
    <category name="Man-made environment, climate change" id="1.4.3"/>
    <category name="Man-made environment, eutrophication" id="1.4.4"/>
    <category name="Man-made environment, other" id="1.4.5"/>
  </category>
  - <category name="Resource availability" id="1.5">
    <category name="Total resource depletion, combined" id="1.5.1"/>
    <category name="Resource depletion, minerals and metals" id="1.5.2"/>
    <category name="Resource depletion, non-renewable energy resources" id="1.5.3"/>
    <category name="Resource depletion, land use" id="1.5.4"/>
    <category name="Resource depletion, renewable energy resources" id="1.5.5"/>
    <category name="Resource depletion, renewable non-energy resources" id="1.5.6"/>
    <category name="Resource depletion, other" id="1.5.6"/>
  </category>
</category>
- <category name="Midpoint level LCIA methods" id="2">
  <category name="Combined methods" id="2.1"/>
  <category name="Climate change" id="2.2"/>
  <category name="Ozone depletion" id="2.3"/>
  <category name="Land use" id="2.4"/>
  <category name="Ecotoxicity" id="2.5"/>
  <category name="Acidification" id="2.6"/>
  <category name="Eutrophication" id="2.7"/>
  <category name="Photooxidant creation" id="2.8"/>
  <category name="Nuclear radiation" id="2.9"/>
  <category name="Human toxicity" id="2.10"/>
  <category name="Respiratory effects" id="2.11"/>
  <category name="Noise" id="2.12"/>
  <category name="Resource depletion" id="2.13"/>
  <category name="Other midpoint categories" id="2.14"/>
</category>
</categories>
- <categories dataType="Flow">
  - <category name="Emissions" id="1">
    <category name="Radioactives" id="1.1"/>
    <category name="Pesticides" id="1.2"/>
    <category name="Particles" id="1.3"/>
    <category name="Metal and semimetal elements and ions" id="1.4"/>
    <category name="Non-metallic or -semimetallic ions" id="1.5"/>
    <category name="Inorganic covalent compounds" id="1.6"/>
    <category name="Cyclic organics" id="1.7"/>
    <category name="Acyclic organics" id="1.8"/>
    <category name="Other substance type" id="1.9"/>
  </category>
  - <category name="Energy carriers and technologies" id="5">
    <category name="Energetic raw materials" id="5.1"/>
    <category name="Electricity" id="5.2"/>
    <category name="Heat and steam" id="5.3"/>
    <category name="Mechanical energy" id="5.4"/>
    <category name="Hard coal based fuels" id="5.5"/>
    <category name="Lignite based fuels" id="5.6"/>
    <category name="Crude oil based fuels" id="5.7"/>
    <category name="Natural gas based fuels" id="5.8"/>
    <category name="Nuclear fuels" id="5.9"/>
    <category name="Other non-renewable fuels" id="5.10"/>
    <category name="Renewable fuels" id="5.11"/>
  </category>
</categories>

```

```

- <category name="Materials production" id="6">
  <category name="Raw materials" id="6.1"/>
  <category name="Metals and semimetals" id="6.2"/>
  <category name="Organic chemicals" id="6.3"/>
  <category name="Inorganic chemicals" id="6.4"/>
  <category name="Glass and ceramics" id="6.5"/>
  <category name="Other mineralic materials" id="6.6"/>
  <category name="Plastics" id="6.7"/>
  <category name="Paper and cardboards" id="6.8"/>
  <category name="Water" id="6.9"/>
  <category name="Agricultural production means" id="6.10"/>
  <category name="Food and renewable raw materials" id="6.11"/>
  <category name="Wood" id="6.12"/>
  <category name="Other materials" id="6.13"/>
</category>
- <category name="Systems" id="7">
  <category name="Packaging" id="7.1"/>
  <category name="Electrics and electronics" id="7.2"/>
  <category name="Vehicles" id="7.3"/>
  <category name="Other machines" id="7.4"/>
  <category name="Construction" id="7.5"/>
  <category name="White goods" id="7.6"/>
  <category name="Textiles, furnitures and other interiors" id="7.7"/>
  <category name="Unspecific parts" id="7.8"/>
  <category name="Paints and chemical preparations" id="7.9"/>
  <category name="Other systems" id="7.10"/>
</category>
- <category name="End-of-life treatment" id="8">
  <category name="Reuse or further use" id="8.1"/>
  <category name="Material recycling" id="8.2"/>
  <category name="Raw material recycling" id="8.3"/>
  <category name="Energy recycling" id="8.4"/>
  <category name="Landfilling" id="8.5"/>
  <category name="Waste collection" id="8.6"/>
  <category name="Waste water treatment" id="8.7"/>
  <category name="Raw gas treatment" id="8.8"/>
  <category name="Other end-of-life services" id="8.9"/>
</category>
- <category name="Transport services" id="9">
  <category name="Road" id="9.1"/>
  <category name="Rail" id="9.2"/>
  <category name="Water" id="9.3"/>
  <category name="Air" id="9.4"/>
  <category name="Other transport" id="9.5"/>
</category>
- <category name="Other Services" id="10">
  <category name="Cleaning" id="10.1"/>
  <category name="Storage" id="10.2"/>
  <category name="Health, social services, beauty and wellness" id="10.3"/>
  <category name="Repair and maintenance" id="10.4"/>
  <category name="Sale and whole sale" id="10.5"/>
  <category name="Communication and information services" id="10.6"/>
  <category name="Financial, legal, and insurance" id="10.7"/>
  <category name="Administration and government" id="10.8"/>
  <category name="Defence" id="10.9"/>
  <category name="Lodging and gastronomy" id="10.10"/>
  <category name="Education" id="10.11"/>
  <category name="Research and development" id="10.12"/>
  <category name="Entertainment" id="10.13"/>
  <category name="Renting" id="10.14"/>
  <category name="Engineering and consulting" id="10.15"/>
  <category name="Other services" id="10.16"/>
</category>
- <category name="Use and consumption" id="11">
  <category name="Consumption of goods" id="11.1"/>
  <category name="Use of energy-using products" id="11.2"/>
  <category name="Other use and consumption" id="11.3"/>
</category>
- <category name="Wastes" id="12">
  <category name="Mining waste" id="12.1"/>
  <category name="Construction waste" id="12.2"/>
  <category name="Production residues" id="12.3"/>
  <category name="Post consumer waste" id="12.4"/>
  <category name="Radioactive waste" id="12.5"/>
  <category name="Raw gas" id="12.6"/>
  <category name="Waste water" id="12.7"/>
  <category name="Other waste" id="12.8"/>
</category>
</categories>
- <categories dataType="FlowProperty">
  <category name="Technical flow properties" id="1"/>
  <category name="Chemical composition of flows" id="2"/>
  <category name="Economic flow properties" id="3"/>
  <category name="Other flow properties" id="4"/>
</categories>

```



```

- <categories dataType="FlowProperty">
  <category name="Technical flow properties" id="1"/>
  <category name="Chemical composition of flows" id="2"/>
  <category name="Economic flow properties" id="3"/>
  <category name="Other flow properties" id="4"/>
</categories>
- <categories dataType="UnitGroup">
  <category name="Technical unit groups" id="1"/>
  <category name="Chemical composition unit groups" id="2"/>
  <category name="Economic unit groups" id="3"/>
  <category name="Other unit groups" id="4"/>
</categories>
- <categories dataType="Contact">
  <category name="Group of organisations, project" id="1"/>
  - <category name="Organisations" id="2">
    <category name="Private companies" id="2.1"/>
    <category name="Governmental organisations" id="2.2"/>
    <category name="Non-governmental organisations" id="2.3"/>
    <category name="Other organisations" id="2.4"/>
  </category>
  <category name="Working groups within organisation" id="3"/>
  <category name="Persons" id="4"/>
  <category name="Other" id="5"/>
</categories>
+ <categories dataType="Source">
</CategorySystem>

```



SMART BUILT
ENVIRONMENT

Eventuell logotext

Med stöd från:



FORMAS



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

"Dubbelklicka för att infoga logga"

SMART BUILT
ENVIRONMENT

Med stöd från:



FORMAS



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM