



Rapport C 424
ISBN 978-91-7883-077-0
ID:U4-207-04

Objektshubb med funktionsklassade byggdelar

– EN SAKNAD PUSSELBIT I BIM



SMART BUILT
ENVIRONMENT

Objektshubb med funktionsklassade byggdelar

– en saknad pusselbit i BIM

Författare: Klas Eckerberg, Martin Erlandsson, Ivana Rodriguez Ewerlöf
Jan-Anders Jönsson, Jeanette Sveder Lundin

Med bidrag från: Fred Andersson, Olivia Engstrand, Erik Häggström,
Torbjörn Jansson, Rogier Jongeling, Larissa Srömberg, Susanna Toller, Mikael
Törnkvist, Ulf Wiklund

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till att Sverige blir ett globalt föregångsland som förverkligar de möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår bebyggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

Programmets mål är att till 2030 uppnå:

- 40 procent minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering.
- 33 procent minskning av tid från planering till färdigställande av byggprojekt.
- 33 procent minskning av de totala byggkostnaderna.
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer.

I programmet samverkar näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans tar vi vara på den kunskap som tas fram i programmet.

”Hinder att överbygga: Utveckling av den sakande länken till BIM/IFC” (Dnr 2017-02136) är ett av projekten som har genomförts i programmet. Projektet har letts av Martin Erlandsson och bygger vidare på resultat från arbete i fokusområdet SBE Livscykelperspektiv. Föreliggande projekt utgör en av två rapporter från projektet. Arbetet som presenteras i denna rapport är ett resultat av en serie av workshops med visionen att ta implementeringen av BIM/IFC ytterligare ett steg och en ritning som gynnar funktionstänkande. Att ställa funktionskrav och basera arbetsprocesser med detta som grund är materialneutral, konkurrensbefrämjande och stimulerar därmed till innovationer samt inkrementella förändringar.

Rapporten inkluderar även avrapportering från projektet Tyréns testpilot 2.2 inom projektet Testpiloter (Dnr: 2016-02043) och projektet ”Digitala miljöberäkningar - komplement och fördjupning” (Dnr: 2018-00346), för att genomföra ett proof-of-concept av åtkomst av LCA-data från Trafikverkets webbtjänst, samverkan med Trafikverket för implementering av CoClass och en objektshubb med typlösningar, samt att stötta piloter med förslag på arbetssätt,

Stockholm, 24 juni 2019

Sammanfattning

Projektering och produktion av ett byggnadsverk som utgår ifrån ett funktions-tänkande kommer leda till ökade innovationsmöjligheter genom att först ställa funktionskrav och sedan utvärdera olika lösningar som uppnår efterfrågade prestanda. Med resultatet från en livscykelanalys (LCA) går det ställa funktionsbaserade miljökrav.

Målet med projektet är att ge en beskrivning på en arbetsprocess som utgår från digitala objekt som innehåller de funktionskrav som ställs på detta vilket vi kallar kravobjekt. Kravobjekten beskrivs med hjälp av CoClass objektens funktionella klassificering. Det är sedan möjligt att ta fram objekt med egenskaper som uppfyller dessa funktionskrav från byggnadsverksnivån till enskilda byggdelar som kan byggas ut till en hel objektshubb som ett praktiskt stöd för att göra produktval och miljöberäkningar. I beskrivningen ingår också hur det digitala flödet skulle kunna använda IFC-modellerna som främst tas fram med hjälp av CAD-mjukvaror. Beskrivningen som ges här i form av en idéskiss syftar också till att identifiera fortsatt utvecklingsbehov.

Konceptet och arbetsprocess som utvecklats här utgör en idéskiss, med en resurshubb och objektshubb som kan ses som en vidareutveckling av hela den digitala arbetsmodellen med resurshubben som en central del och som utvecklats inom programområdet Smart Built Environment Livscykelperspektiv. Arbetet här har avgränsats till det som redan tagits fram inom detta programområde och att koppla CoClass till digitala objekt, på ett sätt som stödjer funktionsbaserade krav, såsom exempelvis miljöpåverkan utifrån LCA-beräkningar. Konceptet som utvecklas är dock generiskt och kan användas för alla slags egenskapskrav.

Ett viktigt steg i den digitala arbetsprocessen är byggnadsinformationsmodellering (BIM), som omfattar det totala arbetet med att samla data kring det som ska byggas. En del av detta utgörs av CAD-modeller, som innehåller främst ett geometriskt objekt som är relevant som informationsbärare för det som diskuteras här. All information som behövs i den beskrivna processen behöver inte nödvändigtvis inkluderas i CAD-filen, utan kan lagras på andra ställen. CAD-filen innehåller i detta fall bara en nyckel till var den aktuella informationen finns. Genom att införa en så kallade referensbeteckning, som identifierar objektet och som just kan utgöra en sådan nyckel, kan en total bild av dess egenskaper sammanställas från olika källor.

I den konceptutveckling som gjorts här utgår vi ifrån att informationen på objekten i CAD-modellen klassificeras enligt CoClass. Detta möjliggör automatisk mappning med hjälp av referensbeteckningar via resurshubben som sedan kopplar på miljödata. Dessa miljödata kan tillsammans med den specifika byggdelens aktiviteter användas för att beräkna hela byggnadsverkets miljöpåverkan.

En testpilot har utförts med det utvecklade konceptet med krav som är ställda på byggnadsnivå. Konceptet bör också testas och utvärderas i framtiden för krav som ställs på byggnadsverksnivå samt på materialnivå eller aktiviteter som utgör underlaget för ett produktionsresultat. Ett mer utvidgat proof-of-concept bör därför genomföras för ett större projekt och gärna med flera teknikområden samt flera CAD-modeller.

Summary

Design and production of a construction works on performance-based design will lead to increased opportunities by, first setting functional requirements, and then evaluating different solutions that achieve the performance asked for. One way to set environmental requirements is by means of a life cycle assessment (LCA).

The aim of this project is to give a description of how a performance-based design working process based of CoClass describe the functional classification of the construction objects could be implemented, and how the information flow could use the digital IFC models, which are developed primarily with using CAD software. The idea sketched up in the report provides a description for the purpose of identifying continued development needs, and how the information exchange with the IFC format can be integrated into the digital flow to make product selection and environmental LCA calculations. The project is limited to what has already been developed within the research program Smart Built Environment, Life Cycle perspective. The scope is linked CoClass and digital construction objects in a way that supports performance-based design and performance-based requirements, such as the environmental impact based on LCA. The concept that is being developed is generic and can be used for all kinds of property requirements.

An important approach in the digital working process is building information modelling (BIM), which encompasses the total work of gathering data about what is to be built. Part of this BIM approach is CAD models, which contain types of relevant information. In CAD, it is primarily about geometric objects as information carriers. The working models discussed here may look different in different ways depending on the purpose and stage of the construction process. Thus, all the information needed in the process does not necessarily have to be included in the CAD file, but can be stored in others places elsewhere. In this case contains the CAD file only one key to where the current information is placed. By introducing so-called reference designations that identify the construction objects, a total picture of their properties can be compiled from different sources.

In the concept development made here, we assume that the information on the objects in the CAD model is classified according to CoClass. This then enables automatic mapping using reference designations via an already established resource hub where different type of environmental LCA data can be found. These inputs, together with the specific building parts activities, can be used to calculate the entire construction's environmental impact.

A test pilot based on the developed concept has been carried out and is focused on requirements that are set at the building component level. In a future, requirements that are set at the construction works level should also be investigated and clarified, as

well as how requirements can be defined for materials or activities that form the basis for a given production result.

The concepts developed here with a resource and object hub are quite general and can also be seen as a further development of the entire digital work model. A more expanded proof-of-concept should therefore be implemented. This test and further development should preferably be carried out for a larger project and preferably with several technical areas and several CAD models.

Innehållsförteckning

1 BAKGRUND	10
1.1 INTRODUKTION	10
1.2 MÅL, SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	10
1.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GENOMFÖRANDET AV PROJEKTET	11
2 KONCEPTUTVECKLING	12
2.1 TILLKOMMANDE GRUNDSTENAR I EN NY DIGITAL ARBETSPROCESS	12
2.2 FÖRSLAG PÅ DEFINIERAT INNEHÅLL AV DEN DIGITALA MODELLEN FÖR EN MILJÖBERÄKNING	16
2.2.1 KRAVSPECIFIKATIONEN FÖR EN DIGITAL MODELL SOM UNDERLAG FÖR MILJÖBERÄKNING	16
2.2.2 MODELL I TIDIGA SKEDEN	16
2.2.3 PRODUKTIONSMODELLEN	17
2.2.4 RELATIONSMODELL	17
2.2.5 TILLGÅNGSMODELL	18
2.3 COCLASS SOM UNDERLAG FÖR KRAV- OCH LEVERANSSPECIFIKATIONEN	18
2.4 FUNKTIONSBASERAT ARBETSSÄTT MED EN INNOVATIV OBJEKTSHUBB	23
2.4.1 GENERELL PROCESSBESKRIVNING AV OBJEKTSHUBBENS KOMPONENTER	23
2.4.2 MILJÖBERÄKNING AV KOMPONENTER DEFINIERADE I OBJEKTSHUBBEN	24
2.4.3 KONCEPTTEST AV LCA-DATA FRÅN TRAFIKVERKETS WEBTJÄNST	25
3 PILOTTTEST MED IMPLEMENTERING I CAD	27
3.1 BESKRIVNING AV PILOTPROJEKT	27
3.2 TILLDELNING AV KOMPONENTERNAS EGENSKAPER	27

3.3	REFERENSBETECKNINGENS UPPBYGGNAD	28
3.4	KOMPONENTERNA I PILOTPROJEKTET	29
3.5	IMPLEMENTERING I CAD-MODELLEN	30
3.6	LIVSCYKELANALYS OCH MAPPINGAR	34
3.7	SLUTSATSER FRÅN PILOTEN	35
4	DISKUSSION OCH FORTSATT ARBETE	37
5	REFERENSER	38

1 Bakgrund

1.1 Introduktion

Projektering och produktion av ett byggnadsverk som utgår ifrån ett funktions-tänkande kommer leda till ökade innovationsmöjligheter genom att först ställs funktionskrav och sedan utvärderas olika lösningar som uppnår samma efterfrågade prestanda. Med hjälp av en digitaliserad arbetsmodell kan beställaren ta fram kravobjekt, som innehåller ställda funktionskrav med objektens funktionella klassificering enligt CoClass och är användbart både för byggprocessen samt för framtida förvaltning. Sådana kravobjekt kan användas hierarkiskt på ett helt byggnadsverk, på dess utrymmen och på dess byggdelar.

Med detta upplägg kan en entreprenör med hjälp av CoClass klassifikation och kompletterande funktionskrav bygga upp ett bibliotek med digitala objekt vars egenskaper uppfyller dessa ställda krav. Dessa så kallade **kravobjektens** funktionella klassificeringar är användbara under hela livscykeln, medan det faktiska tekniska val som gjorts för att uppfylla dom kan variera vid framtida utbyte. Även beställare kan tillhandahålla ett bibliotek med kravobjekt vid projekteringen som kan återanvändas från projekt till projekt, och desto mer standardiserat man bygger desto mer nytta har beställaren av att ta fram sådana kravobjekt. Ett exempel på en sådan beställare är Trafikverket.

1.2 Mål, syfte och avgränsningar

Målet med detta projekt är att ge en beskrivning för en arbetsprocess som utgår från kravobjekt med funktionella klassificering hjälp av CoClass beskriver de slutliga krav som ska uppfyllas för byggnadsverket eller en byggdel. Dessa funktionella krav implementeras genom att digitala objekt får en funktionell klassificering med CoClass. I beskrivningen av arbetsprocess ingår också hur det digitala flödet skulle kunna använda de digitala IFC-modeller, som tas fram främst med hjälp av CAD-mjukvaror, för att bland annat göra produktval och miljöberäkningar. Konceptet utgör en idéskiss och beskriver också fortsatt utvecklingsbehov. Projektet avgränsas till det som redan utvecklats inom programområdet Smart Built Environment Livscykelperspektiv och att koppla CoClass till digitala objekt på ett sätt som stödjer funktionsbaserade krav. Ett sätt att ställa funktionskrav för miljöpåverkan är att använda resultatet från en livscykelanalys (LCA). Konceptet som utvecklas är dock generiskt och kan användas för alla slags funktionskrav.

1.3 Förutsättningar för genomförandet av projektet

Projektet består dels av denna rapport som omfattar konceptutveckling och en idéskiss enligt ansökan (del 1 och 2) och dels en tredje del. Del 3 handlar om erfarenhetsåterföring från en entreprenörs perspektiv med att införa CoClass på en övergripande nivå i BIM samt att beskriva hur man idag jobbar med ett obrutet digitalt flöde som entreprenör, för att beskriva miljökrav och att beräkna miljöpåverkan med LCA. Denna del av projektet finns redovisat i en separat rapport "Standardiserad process för klimatberäkning i BIM i NCC:s projekt" från NCC (Strömberg 2019).

2 Konceptutveckling

2.1 Tillkommande grundstenar i en ny digital arbetsprocess

Projekteringsprocessen styrs av en kravspecifikation som upprättas av byggherren. I tidiga skeden är denna kravspecifikation ganska öppen och möjliggör att olika lösningar kan tas fram och ställas mot varandra. Ju längre in i projekteringen man kommer, desto mer låses den fast och specificeras. Konceptuellt tänker vi oss att beställarens kravspecifikation också innehåller miljöprestanda som beräknats med livscykelanalys (LCA). Omsatt i en digitaliserad arbetsmodell så kan beställaren ta fram digitala kravobjekt, som på en övergripande nivå beskriver dess funktionella klassificeringen digitalt, vilket är användbart både för byggprocessen och för framtida förvaltning. Sådana kravobjekt med funktionskrav kan användas hierarkiskt på ett helt byggnadsverk, på dess utrymmen och på dess byggdelar. Den beskrivna arbetsprocessen är generellt användbar. I de tillämpningar som görs här är fokus på hur en LCA ska kunna beräknas i olika projektutvecklingsskedena kopplat till de digitala kravobjekten med hjälp av CoClass, och hur dessa hanteras i ett livscykelperspektiv. Arbetsprocessen omfattar därmed från att ställa funktionskrav digitalt, till att kunna ge en beskrivning av det färdiga byggnadsverket (as built) som sedan lämnas över till driftsorganisationen.

BIM är en process – byggnadsinformationsmodellering – där man successivt tar fram digital information om ett byggnadsverk. En viktig del av denna information lagras i CAD-filer, där objektens omfattning modelleras och därmed kan ställas samman (mängdtagning). Denna information kan överföras mellan olika datormiljöer via filformatet IFC¹, som är ett digitalt sätt att flytta information mellan olika BIM-miljöer. Vi förväntar oss inte att informationen i CAD-modellen ska innehålla alla delar av byggnadsverkets kravspecifikation, men vissa delar där det är möjligt och lämpligt för att digitalt stödja beslutsprocessen vad gäller miljöpåverkan bör inkluderas och som effektiviserar arbetsprocessen.

Miljöprestandakrav kan ges för byggnadsverket som helhet, för dess delar för enskilda material som byggs in och för resurser som används i produktionen eller i förvaltningen. Med detta upplägg kan en entreprenör med hjälp av CoClass och kompletterande funktionskrav bygga upp ett receptbibliotek med digitala objekt med egenskaper som uppfyller ställda funktionskrav som finns i de kravställande objekten. Kravobjektens funktionella klassifikation är användbara under hela livscykeln, medan det faktiska tekniska val som gjorts kan variera vid framtida utbyte.

¹ <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/>

Miljöprestanda för byggvaror baseras antingen på generiska miljöprestanda beräknade enligt en livscykelanalys (LCA) baserat på metodspecifikationer enligt gemensamt uppställda regelverk (EN 15804) så att de ska bli modulerbara och entydiga, det vill säga leverantörsoberoende LCA-data. Alternativet är att miljöprestanda baseras på leverantörsspecifika uppgifter från miljövarudeklarationer (Environmental Product Declaration, EPD). I framtiden kommer troligtvis dessa LCA-baserade miljöprestanda som följer EN 15804 utgöra en del av CE-märkningens obligatoriska prestandadeklaration som materialtillverkaren tillhandahåller. Dessa EPD:er är redan idag digitalt tillgängliga (InData 2019). Utöver LCA-data för att tillverka varan så gör den digitala EPD:n det möjligt att beskriva varans kemiska innehåll, det vill säga samordnat med innehållsdeklarationen i eBVD (Erlandsson m.fl. 2019). Detta gör att den digitala informationen från en EPD går att använda både för att beskriva ett byggnadsverks miljöprestanda och för att kunna utgöra delar av en loggbok för vad som finns inbyggt samt en del av relationsmodellen eller tillgångsmodellen som det kallas i CoClass.

Med hjälp av klassifikationssystemet CoClass och dess metod för referensbeteckningar kan vi beskriva var i byggnadsverket specifika funktionella byggdelar finns. Med en geometrisk CAD-modell kan vi dessutom visualisera detta. Via överföring med IFC-filer kan man underlätta och förbättra mängdavgivning. Vilka varor och arbetsmetoder som använts redovisas dock vanligen inte i CAD-modeller. Detta kan istället till exempel göras genom koppling mellan byggdelar och produktionsresultat i AMA. IFC-filen kan också användas som indata för en kostnads kalkyl eller en LCA-beräkning om modellen tillförs dessa delar.

BIM med CAD-modeller och IFC-filer behöver således vidareutvecklas för att digitalt kunna hantera de miljöaspekter i byggprocessen som behövs för att det ska kunna göras på ett rationellt sätt. Ett alternativ är att göra en resurssammanställning (Bill of Resources, BoR) i ett eget verktyg för kostnads kalkylering som importerar den grunddata som CAD-modellen ger. Den digitala strukturen vi bygger upp måste också stödja detta arbetssätt.

Oavsett var LCA-beräkningen görs så kan det vara av intresse att spara resultatet för byggnadsverkets miljöprestanda i CAD-modellen. Ett beslut måste i detta fall tas om det ska vara ett resultat i modellen som gäller vid en given tidpunkt, eller om modellen ska innehålla alla de indata som användes för att beräkna miljöprestandan. I praktiken betyder det sistnämnda alternativet att information såsom resurssammanställning eller hur den kan generas från modellen, och som används för LCA-beräkningen, måste finnas lagrad någonstans. Vidare måste i sådana fall modellen innehålla en nyckel till var LCA-data kan hämtas. Detta kan ske lokalt eller globalt eller både och. Denna fråga är inte given i nuläget för en LCA-beräkning eller andra för aspekter heller, utan är en del av den utveckling och marknadsimplementering som sker nu. Vi rekommenderar

därför att hålla flera alternativ öppna och ta höjd för detta i det utvecklingsarbete som sker.

Den digitala modellen behöver inte innehålla geometrisk information för att hantera miljöaspekter som beräknats med en LCA. Det kommer sannolikt bli ett marknadskrav framöver att kunna göra en LCA-beräkning direkt i sin CAD. Vi kommer därför behöva utveckla metoder för hur integrationen mellan CAD och olika BIM-verktyg kan hanteras, med utgångspunkt från bygg- och förvaltningsprocessens krav på information vid olika tidpunkter.

Det behövs digitala kravspecifikationer för olika byggdelar för att hantera och effektivisera dialogen mellan beställare och projektör, entreprenör samt med framtida förvaltande organisation. Projektören eller entreprenören tar fram en eller flera tekniska lösningar som uppfyller de ställda kraven. Ställda krav bör också kunna valideras digitalt. Om beställaren arbetar på ett metodiskt och resurseffektivt sätt så kan den digitala kravspecifikationen återanvändas i förvaltningen. Kraven på byggnadsverkets byggdelar ska på samma sätt som administrativa och tekniska beskrivningar vara modulärt uppbyggda. De kan resultera i standardiserade och beprövade lösningar som alla kan referera till och därför återanvändas från projekt till projekt.

Miljökrav ställs ofta genom att utgå ifrån ett referensvärde. Detta gör att det som beställare går att ta fram modulära och standardiserade digitala objekt för byggdelar som innehåller miljöprestanda och eventuellt andra betydande prestanda som uppfyller denna digitala kravspecifikation och dessa miljöprestandakrav. Dessa kravobjekt kan variera i storlek från hela byggnadsverk till dess minsta byggdelar. I CoClass hanteras detta i form av funktionella system, som innehåller konstruktiva system, dessa består av komponenter, som i sin tur kan bestå av andra komponenter. Varje komponent är uppbyggt av ett eller flera material.

Trafikverket tillämpar ett LCA-baserat krav som utgår ifrån att en referensnivå i form av prestanda för klimatpåverkan. Den referens-LCA för ett byggprojekt som idag görs i verktyget *Klimatkalkyl*² skulle kunna göras med hjälp av generiska digitala kravobjekt, som tillsammans med ett exempelbibliotek över olika byggdelar med dess resurssammanställning och egenskaper beskriver ett av flera sätt hur detta kan genomföras i praktiken. Detta exempelbibliotek kallar vi objektshubb i detta projekt (se vidare i stycke 2.4). För att i praktiken förenkla åtkomsten av det LCA-bibliotek som idag bara finns i verktyget *Klimatkalkyl*, måste Trafikverkets resurser mappas mot en resurshubb med dess unika identiteter för olika resurser (Erlandsson 2017) och göras tillgängliga exempelvis via en webbtjänst (se vidare stycke 2.4.2). För att detta ska fungera smidigt krävs att de byggdelar och produktionsresultat som finns i

² <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/Prognos--och-analysverktyg/Klimatkalkyl/>

Klimatkalkyl även finns som motsvarande digitala kravobjekt. Notera att kravobjektet inte innehåller någon teknisk lösning utan bara funktionskraven, vilket ger innovationsutrymme och en neutral grund för att fungera i tidiga skeden, eller i upphandling av en totalentreprenad. I en utförandeentreprenad kommer de digitala objekten till stora delar att innehålla tekniska lösningar, till exempel med hänvisning till kod för produktionsresultat ("AMA-kod"). Om utvecklingen som beskrivs här genomförs fullt ut så kan miljöprestanda beräknas direkt i ett digitalt verktyg, se vidare i stycke 2.4.3 för ett exempel utifrån LCA-data från Trafikverkets webbtjänst. Detta exempel kan byggas ut med ytterligare en webbtjänst som gör det möjligt att hämta Trafikverkets generella typobjekt för de produktionsresultat som finns i Klimatkalkyl. Dessa typobjekt kommer att ha samma klassning som kravobjekten som Trafikverket levererar i samma plattform. På samma sätt kan denna objektshubb innehålla de recept på typkonstruktioner som Trafikverket anser krävs och som ingår i Klimatkalkyl. Typobjekten skulle kunna vara klassade både enligt BASAB enligt CoClass och innehålla denna information direkt i de generiska digitala typobjekten och på så sätt underlätta en övergång till CoClass. Denna sammankoppling av information kräver att alla resurser som används i de olika system är identifierbara i alla system. De måste därför vara märkta med det ID som används i resurshubben. Den hubb med typobjekt som beskrivs ovan skulle kunna byggas ut så att den inte bara är användbar för LCA-beräkningar, utan generellt användbar i Trafikverkets projektering och upphandling.

En entreprenör som vill jobba strukturerat, och som vet att beställaren tar fram sin kravspecifikation enligt en fast struktur med digitala kravobjekt, kan med den här metoden dramatiskt underlätta och effektivisera sitt arbete. Färdiga koncept kan tas fram för dellösningar, för byggdelar eller för hela plattformslösningar som kan möta beställarens digitala kravspecifikation. På så sätt kan varje entreprenadföretag utveckla sina arbetsmetoder och tekniska lösningar på det sätt som passar den egna organisationen och affärsidén. Beroende på hur beställaren ställer sina miljökrav kan entreprenören antingen direkt matcha ett beställarkrav med en plattformslösning, eller, i de fall beställaren väljer en utförandeentreprenad eller "styrd totalentreprenad" matcha beställarens generella digitala objekt för byggdelar med egna fördefinierade och förfinade lösningar, framtagna för olika typer av projekt.

Som redan nämnts kräver detta arbetssätt inte 3D-objekt, utan kan göras helt digitalt ändå. Däremot krävs en tillämpning av ett funktionellt baserat klassificeringssystem. CoClass är framtaget just för det ändamålet, vilket gjort det till ett enkelt val. Ambitionen är att ge valfrihet. Oavsett om informationen inkluderar geometrisk information i CAD-filer eller inte kan metoden genomföras med hjälp av standardiserade leveransspecifikationer för olika skedes och syften. Principer för detta redovisas i SBE-finansierade verifieringsprojektet *CoClass och LOD* (Eckerberg m.fl. 2018).

2.2 Förslag på definierat innehåll av den digitala modellen för en miljöberäkning

2.2.1 Kravspecifikationen för en digital modell som underlag för miljöberäkning

Om en digital modell ska kunna vara ett praktiskt användbart underlag för miljöberäkning måste den innehålla så mycket information att det går att identifiera de byggdelar och de material som ingår. Underlaget ska också innefatta de resurser som krävs för produktionsmetoden som valts, liksom det överskottsmaterial (spill) som genereras i byggprocessen. För att underlätta tolkning och redovisning av miljöprestanda måste modellen vara entydigt klassificerad avseende byggdelar och material. Detta görs med fördel enligt CoClass. Vi ser fem mognadsnivåer på modellens information:

1. **Icke-grafisk modell** i form av strukturerad text där objektens funktioner är definierade.
2. **Grafisk modell** som redovisar form och eventuellt lokalisering.
3. **Produktionsmodell** som beskriver produktionsmetoden – inklusive varor och hjälpmedel – för objekten.
4. **Relationsmodell** där de faktiskt inbyggda och levererade mängderna är dokumenterade.
5. **Tillgångsmodell** med en relationsmodellen där beräknade mängder definierats och där man tagit bort eventuell överinformation, och där data rörande drift och underhåll undan för undan aktualiseras.

Nivå 1 och 2 kan användas av beställaren för att beskriva de krav som är lämpliga att inkludera och som efterfrågas av digitala verktyg för att ta fram en produktionsmodell. Här skapas "kravobjekt" för vidare förfining i form av teknisk lösning. Om en branschöverenskommelse etableras kan digitala objekt på nivå 1 och 2 användas för att hjälpa entreprenören att matcha med detaljerade standardiserade byggplattformar eller arbetsmetoder. Beroende på detaljeringsnivå kommer leveransspecifikationens och informationsleveransens innehåll och detaljeringsgrad att variera.

2.2.2 Modell i tidiga skeden

I tidiga skeden klassificeras objekt i modellen för ett byggnadsverk med utrymmen och byggdelar på lämplig komplexitetsnivå enligt CoClass; som funktionellt system, som konstruktivt system eller som komponenter. CoClass ger en tydlig funktionell klassificering vilket möjliggör att objekt från nivå 1 eller 2 kan matchas mot ett eller flera fördefinierade tekniska lösningar. En entreprenör kan bygga upp "objektsbibliotek" som uppfyller kravobjektens funktionskrav via CoClass klass och övriga egenskaper. Exakt vilka egenskapskrav och eventuellt kompletterande information som krävs för att identifiera matchande objekt på nivå 3 för att ta fram en produktionsmodell är en utredningsfråga. Utveckling av denna frågeställning görs i parallella projekt i SBE, och planeras också med andra finansieringskällor.

Via objektbibliotekets information hanteras sedan material med referenser till resurshubben (Erlandsson 2017, Jönsson 2018, Eckerberg 2018). Dessutom ska objektbiblioteket hantera de resursmängder som produktionsmetoderna kräver, och som fastställs på nivå 3.

Filformatet för leverans av data till miljöberäkningen bör vara IFC med klassificering enligt CoClass. Leveransen skulle också kunna göras med sbXML eller med SBESbXML, eller annat öppet format att kommunicera resurssammanställningar och LCA-resultat (Erlandsson 2019). Ett alternativ är också att sbXML vidareutvecklas och implementeras i de verktyg som genererar resurssammanställningar. Att använda sbXML i detta syfte är något som hittills visat sig svårt (Erlandsson 2019).

2.2.3 Produktionsmodellen

En produktionsmodell är en informationsmodell som är resurssatt i form av material och utförande. Produktionsmodellens resurser bör vara kopplade till den tidigare beskrivna resurshubben (Erlandsson 2017, Jönsson 2018, Eckerberg 2018). Kravet på resursinformation i modellen blir med detta upplägg enligt nedan:

- Kvantifiering av resursen i vikt för material och i kWh eller MJ för energi.
- Identifiering av resursen mot ett öppet resursregister som beskriver dess tillhörighet till en generisk resurs med hjälp av resurshubben.
- Om även ett specificerat val av resurs gjorts från en specifik leverantör, så ska identitet motsvarande artikel-ID läggas till, helst i form av GTIN.
- Information om valda generiska data, alternativ leverantörsspecifika data genom att referera till en extern LCA-databas, EPD eller motsvarande med dess verifikatnummer.
- Nettomängder för ingående resurser, det vill säga inbyggd mängd.
- Spill definierat för ingående resurser, samt beskrivning av dess fortsatta hantering.
- Resursens tillhörighet i livscykeln enligt LCA-standarden (EN 15804 och EN 15978) i form av gruppering av den inbyggda resursen, dess spill och dess tillhörande aktiviteter till de generella informationsmodulerna för hela livscykeln (det vill säga från livscykelskede A till C (enligt ISO 21930/EN 15804/EN 15978)).

Formatet för leverans av data till miljöberäkningen kan vara SBESbXML-filer eller IFC, där resurser och LCA-moduler är redovisade eller något annat filformat som omfattar informationen i listan ovan (se Erlandsson 2019). Efter att miljöberäkning skett ska filformatet med det färdiga beräkningsresultatet kunna redovisat.

2.2.4 Relationsmodell

En relationsmodell är en informationsmodell som har anpassats för vad som faktiskt byggts in. Detta betyder att de generella LCA-data så långt det är möjligt ska bytas ut mot produktspecifika³ miljödeklarationer (EPD) och en resurssammanställning

³ Vi skiljer på EPD i allmänhet som kan vara representativa för en sektor, bransch, varugrupp och de som är representativa mot den faktiska produkt som byggts in.

baserat på verkligt inköpta mängder energi och material. I detta skede ska resurshubben användas, och alla tillgängliga produktspecifika EPD-data som används ska vara tillgängliga i form av bifogade ILCD+EPD-filer eller länkar. Kravet på denna typ av informationsmodell blir då enligt nedan:

- Resurser definierade mot resurshubben.
- Produktions- och metodresurser definierade med mängder och LCA-data
- Mängder:
 - Nettomängder för ingående (inbyggda) resurser.
 - Alla inköpta mängder redovisas på ett sådant sätt att de kan möta de inbyggda nettomängderna för objektet.
 - För inköpta mängder och för avfall ska transporter redovisas.
 - Interna transporter på arbetsplatsen ska vara definierade.
 - Använd energi på byggarbetsplatsen ska vara redovisad med energiföretag och energislag.
 - Om inköpt material har redovisad produktspecifika EPD så ska denna vara bifogad i digital form (ILCD+EPD) eller som länkar.

Filformatet för leverans av data för den LCA-baserade miljöberäkningen ska kunna sparas ner i den digitala modell som beställaren kravställt. I en framtid kan vi anta att IFC är ett sådant format, men även andra format kan efterfrågas såsom att beräkningsresultatet görs tillgängligt på samma sätt som en EPD, det vill säga enligt ILCD+EPD-formatet.

2.2.5 Tillgångsmodell

Det finns ett nationellt system för att hantera och kommunicera information för en digital förvaltningsmodell som ägs och förvaltas av föreningen fi2 Förvaltningsinformation (fi2 2012), som numera ingår i BIM Alliance. I fi2XML finns ingen explicit information som hanterar miljöprestanda, utan det hanteras genom att man definierar egenskaper via elementet "Value". Där behöver man definiera värdelistor som hanterar krav på miljöprestanda i de objekt som kan behöver hanteras: byggnadsverk, utrymme, byggdel, och material. På samma sätt måste värdelistor definieras för de egenskaper som möter ovanstående krav, så att byggt utförande kan verifieras. Det finns ett förslag utarbetat hur fi2 skulle kunna hantera byggvarudeklarationer BVD3 och miljövarudeklarationer (EPD) (Erlandsson m.fl. 2011, Erlandsson m.fl. 2012), men som aldrig implementerats.

2.3 CoClass som underlag för krav- och leveransspecifikationen

Som beskrivits ovan är det två kedjor av information som möts i förvaltningsmodellen. Den första kommer från modeller på nivå ett och två, där byggherren med hjälp av sina konsulter beskriver *kraven på det som ska byggas*. Detaljeringsgraden beror på vilken

upphandlingsform som tillämpas. I en totalentreprenad ska byggherren så långt som möjligt undvika att specificera tekniska lösningar och annan utformning; i en utförandentreprenad görs tvärtom detaljerade handlingar och modeller. Där emellan finns ”styrd totalentreprenad”, som ger entreprenören vissa delar som är låsta men andra med ett funktionskrav (denna hybrid praktiseras ofta av Trafikverket).

Den andra kedjan av information kommer från nivå tre och fyra, och beskriver *vad och hur det blir byggt*: vilka resurser och metoder används för att möta kraven från byggherren, och eventuellt *hur drift och underhåll ska utföras*. Beskrivningen av resurser och deras skötsel kan göras med hänvisning till faktablad och liknande icke strukturerad information, men idealt i form av strukturerade digitala data. Ser vi specifikt till miljö så finns det tre kommunikationsprodukter enligt ISO:

- Typ I Miljömärkning: tredjepartgranskad miljöinformation som resulterar i ett godkännande eller en klassning (betygssättning)
- Typ II Miljöutlåtande: leverantören lämnar information och garanterar att den är riktig, och ska på begäran kunna visa verifikat. Byggvarudeklarationen (BVD) är ett sådant exempel. Märkning eller deklarerationer som inte uppfyller krav enligt typ I eller III hamnar också i denna grupp.
- Typ III Miljödeklaration: tredjepartsgranskad deklareration med en obligatorisk del med LCA-prestanda att tillverka produkten (benämnt vaggagrind-LCA eller modul A1-3).

Förvaltningsmodellen ska alltså innehålla två lager av information om de ingående objekten: krav respektive utförande. Under användningen tillkommer ett tredje lager som beskriver hur objekten underhålls, repareras, ersätts och kanske avvecklas. För komplett spårbarhet måste det dokumenteras vem som tillhandahåller information om egenskaper och egenskapsvärden, och när detta görs. Är det en tillverkare som offererar en vara, eller är det en förvaltare som under drift mäter något?

Egenskaperna behöver därför även ett metadata i form av en tidsstämpel. Föreslagna värden på sådana metadata finns i *SEK Handbok 439: Dokumentation av elutrustning för maskiner och industriella anläggningar (Utgåva 2)*⁴. Här kallas de *kvalificerare*, och anger egenskapers eller egenskapsvärdens tidsstämpel, tillämplighet, ursprung eller beräkningsmetod. Kvalificerarna används som metadata för egenskaper för objekt som ingår i en informationsmängd, men inte som beteckning på hela informationsmängden.

- SPE Specificerat (specified): krav från verksamheten i programhandling eller liknande.
- INQ Efterfrågat (inquired): tolkning av projektör i förfrågningsunderlag.

⁴ Ursprunget till listan är *IEC/PAS 62569* (nu ersatt av *IEC 62569-1:2017 Generic specification of information on products by properties – Part 1: Principles and methods*).

- OFF Offererat (offered): erbjudande från anbudsgivare.
- CON Avtalat (contracted): avtalat efter förhandling mellan beställare och entreprenör.
- SUP Levererat (supplied): specifikation av tillverkare (varuägare) eller leverantör.
- BUILT Byggt (built): redovisat vid överlämnande från entreprenör till beställare.
- OP Driftsatt (operated): uppmätt eller konstaterat under driften.
- DECOM Avvecklat (decommissioned): redovisning av omhändertagande.

Så hur kan detta konkret se ut? Oberoende av vilken teknik i form av datorstöd, med tillhörande metoder för datalagring, så krävs överenskomna begrepp i form av objektclasser och egenskaper, och hur dessa struktureras. Med användning av CoClass skulle informationsflödet om ett visst objekt kunna te sig enligt Tabell 1 nedan. Formatet för överföring kan variera. Den ultimata lösningen är en gemensam plattform för lagring av digitala data, enligt principen om en "common data environment" som den benämns i *ISO 19650-2:2018*. I brist på en sådan överenskommelse skulle idag handlingar på nivå 1 bestå av ostrukturerad text och miljöinformation kan klassificeras enligt ISO I-III (se lista ovan). I projekt *AMA Funktion* som drivs av Svensk Byggtjänst arbetas för närvarande på att tidiga funktionella krav ska göras fullständigt strukturerat enligt CoClass (Edgar 2018), och därmed utan behov av mänsklig tolkning kunna överföras till CAD-program för vidare utformning.

Projektörer använder sedan CAD-modeller för att lokalisera, utforma, dimensionera och redovisa ingående byggdelar. Med hjälp av CoClass metod för *referensbeteckningar* kan alla objekt få en unik identitet. Denna metod för referensbeteckningen bygger på internationell standard⁵. Referensbeteckningen är en identifierare för förekomsten av ett funktionellt objekt, och det kan tilldelas objektet så snart det är projekterat. Det lever sedan vidare genom hela livscykeln. Observera att förekomsten inte är beroende av den tekniska lösning som uppfyller den, oavsett om det är en platsbyggd konstruktion eller in inköpt vara av något slag. Under användningsskedet kan förekomsten bytas ut ett antal gånger: en vägg kan rivas och byggas om, en fläkt kan gå sönder och bytas ut, en vägbeläggning kan slitas och ersättas med en ny. Förekomsten är densamma, men individen kan vara en annan.

Referensbeteckningar kan användas för att visa fyra aspekter av objektet:

- *Funktionsaspekten*: vad ett objekt är avsett att göra eller vad det i verkligheten gör. Den visar de funktionsmässiga relationerna mellan objektets komponenter.
- *Produktraspekten*: med vilka medel objektet gör vad det är avsett att göra. Den visar de konstruktionsmässiga relationerna mellan objektets komponenter, alltså dess sammansättning.

⁵ SS-EN 81346-1:2010 *Struktureringsprinciper och referensbeteckningar – Del 1: Grundläggande regler*.

- *Lokalisering- eller placeringsaspekten*: avsedd eller verklig lokalisering och/eller placering för objektet. Den visar de rumsliga relationerna mellan objektets komponenter.
- *Typaspekten*: till vilken grupp med identiska egenskaper ett objekt tillhör.

CoClass tabeller för byggdelar; funktionella system, konstruktiva system och komponenter används för att visa funktions- och produktaspekten. Det blir då en flernivåkod, till exempel S.RB.CMB (Anordningar> Inredning och möblering > Skåp). För varje förekomst sätts sedan ett löpnummer för att skilja byggdelen från andra likadana. För att ange lokalisering och placering kan valfri metod användas: CoClass tabeller för byggnadsverk och utrymmen, standarden för rumsnumrering, eller en specifik metod för den aktuella organisationen. För typaspekten kan man använda CoClass numrerade typer, svensk standard, BIP-koder eller annan metod, så länge den är dokumenterad. (En variant redovisas i avsnitt 3.3.)

Med referensbeteckningen som nyckel kan ytterligare information kopplas till andra lagringsformer, till exempel databaser eller Excel-filer. Anbudsgivare och senare utsedd entreprenör kan använda filerna i original, eller få CAD-modellen överförd till IFC-format. Nu kan mängdangivelsen av ingående resurser göras som vi benämner en resurssammanställning (BoR⁶, Bill of Resources). Den används som underlag för en byggkostnads kalkyl eller LCA som görs direkt i CAD eller exporteras och användas som indata till ett externt kalkylprogram eller LCA-verktyg. Föreslagna tekniska lösningar kan vägas mot alternativ, kanske i form av färdiga recept där samtliga resurser och arbeten finns tids- och prissatta.

Nästa steg blir att kontakta leverantörer för att komma överens om priser och leveranser. Konkurrensen ökar med hjälp av kopplingen från byggdelen via varuklassifikation enligt exempelvis ETIM och vidare till GTIN för varje artikel. Tack vare det gemensamma "språket" CoClass kan data om levererade resurser flöda vidare genom produktion till överlämnande, drift och till sist avveckling.

I exemplet för ett fönster (se nedan Tabell 1) har man i ett program ställt övergripande krav på miljöanpassning som ärvs ner till alla byggdelar. I ett rumsfunktionsprogram har man specificerat krav på att ett visst utrymme ska ha dagsljusinsläpp, vilket i nästa steg leder till att ett fönster projekteras. Här förutsätts en utförandeentreprenad, med komplett förfrågningsunderlag med tekniska beskrivningar och digitala modeller.

⁶ Notera att termen Bill of Materials (BoM) används också, men i och med IFC4 så är det möjligt att även kvantifiera processer och de resurser som åtgår i byggprocessen, varför vi vidgat begreppet till BoR.

OBJEKTSHUBB MED FUNKTIONSKLASSADE BYGGDELAR

Tabell 1 Livsflöde för egenskaper för ett fönster.

Egenskap/Tidsstämpel	Specificerat	Efterfrågat	Offererat	Avtalat	Levererat	Byggt	Driftsatt	Avvecklat
Komponent		QQA Fönster	QQA	QQA	QQA	QQA	QQA	QQA
Konstruktivt system		AD10 Väggkonstruktion med solid stomme	AD30 Väggkonstruktion med fackverksstomme	AD30	AD30	AD30	AD30	
Funktionellt system		B10 Yttervägg	B10	B10	B10	B10	B10	
Miljöklass	Svanen	Svanen	Svanen	Svanen	Svanen	Svanen	Svanen	
Material (trä)	Certifierat	PEFC	FSC	PEFC	PEFC	PEFC	PEFC	PEFC
Miljödeklaration typ II el. III	BVD	BVD	BVD	BVD	BVD	BVD	BVD	BVD
Mått		10x14 M	10x12 M	10x12 M	10x12 M	10x12 M	10x12 M	10x12 M§
U-värde		0,9	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	
ETIM			EC003536	EC003536	EC003536	EC003536	EC003536	
Vikt					27 kg (18 kg glas, 6 kg trä, 3 kg stål)	27 kg (18 kg glas, 6 kg trä, 3 kg stål)	27 kg (18 kg glas, 6 kg trä, 3 kg stål)	27 kg (18 kg glas, 6 kg trä, 3 kg stål)
Tillverkarens artikelnr				SP1021X	SP1021X	SP1021X	SP1021X	
GTIN (artikelnr)					7212131415171	7212131415171	7212131415171	
GLN (leverantörsnr)					7223242526272	7223242526272		
SSCC (kollinr)					173500538500000016			
Underhållsinstruktion					Målning	Målning	Målat datum	
Avfallskod (trä/glas/stål)					03 01 05, 11 12 13, 17 04 05	03 01 05, 11 12 13, 17 04 05	03 01 05, 11 12 13, 17 04 05	03 01 05, 11 12 13, 17 04 05

2.4 Funktionsbaserat arbetssätt med en innovativ objektshubb

2.4.1 Generell processbeskrivning av objektshubbens komponenter

För att effektivisera och standardisera det digitala arbetsflödet med ett funktionsbaserat sätt att formulera "kravobjekt" och att projektera ett byggnadsverk ser vi en möjlighet att introducera en webbaserad databas för de digitala objekt som krävs för att realisera ett projekt. Vi kallar detta en *objektshubb*. Objektshubben är en samling av byggdelar, som enligt CoClass är klassificerade efter form, funktion eller läge, eller en kombination av dessa. De minsta funktionella enheterna i den byggda miljön kallas komponenter. En komponent är en byggdel som realiserar utformningen av konstruktiva system, som i sin tur bildar funktionella system.

Samma typ av komponenter kan ingå i flera olika typer av konstruktiva system. Komponenter är därför den nivå av byggdelar som objekt-databasen utgår ifrån. En byggherre eller entreprenör kan tillhandahålla sina projektörer ett bibliotek av fördefinierade komponenter som används frekvent. Detta leder till att beskrivningen av byggnadsverkets funktionella krav kan rationaliseras och återanvändas på komponentnivå från olika projekt.

Objektshubben kan också innehålla byggdelar i form av kompletta konstruktiva system, till exempel vägg- och bjälklagskonstruktioner. Dessa utgörs alltså av en samling av komponenter; till exempel väggbeklädnader och väggkärna i form av regler i en väggkonstruktion.

Det betyder också att när den detaljerade projekteringen tar vid så utgår man inte från fördefinierade byggvaror från specifika leverantörer, som idag ofta används i förfrågningsunderlag på ett marknadsbegränsande sätt. Med användningen av de generiska komponenter som beskrivs här erhålls i stället en projektering med funktionella byggdelar som senare kan specificeras med en eller flera leverantörers alternativ, utan de inlåsningseffekter som idag uppstår när företagsunika CAD-objekt används för att beskriva kraven. Sådana företagsunika CAD-objekt har sin användning, men då för att i ett andra led visa hur en specifik produkt matchar de kravställande objektens egenskaper.

Strukturellt sett kan en sådan kravställande funktionsbeskriven byggdel bestå av komponenter, som i sin tur består av komponenter i en hierarki med mer och mer finfördelade beståndsdelar och egenskaper, till dess att man når ett enskilt material. Vi har då fått ett "recept" för byggdelen, som beskriver vad ovanliggande objekt består av. Detta kan göras genom att koppla ihop CoClass byggdelar med produktionsresultat i AMA ("AMA-koder"). Genom AMA:s anvisningar om material och utförande får därmed objektet en generisk processbeskrivning. Arbetet med att skapa riktlinjer för ett sådant

strukturerat kravställande med hjälp av CoClass har inletts hos Svensk Byggtjänst med projektet AMA Funktion (Edgar 2018).

Genom att kravobjekten är klassade som byggdelar och har egenskaper som tillsammans definierar objektet kan matchning göras mot objektshubben för varje kravställt objekt. För att fullständigt beskriva objekten krävs att materialegenskapen (CoClass egenskap *MLML*) kombineras med en egenskap som beskriver vilka aktiviteter som krävs för att åstadkomma byggdelen (CoClass egenskap *PRAY*). Denna process beskrivs i en vad som i CoClass benämns aktivitet och som genererar ett recept av resurser som krävs för aktivitetens utförande.

Om byggdelarna på detta sätt kompletteras med en beskrivning av vilka resurser som krävs i form av recept på material och aktiviteter, kan den digitala modellen och dess objekt bli en informationsbärare för det som behövs för att upprätta en byggkostnadskalkyl på samma sätt som dagen kalkylmjukvaror är uppbyggda, men med betydligt högre grad av automatik.

2.4.2 Miljöberäkning av komponenter definierade i objektshubben

En miljöberäkning som görs med hjälp av en LCA och objektshubben som den beskrivits här genom att utgå ifrån en identifiering av alla de olika materialen som ingår i komponenten. Med hjälp av komponenternas klassifikation och processbeskrivning för att uppnå produktionsresultatet, kan objektshubbens byggdelar med materialrecept även förses med en processbeskrivning i form av aktiviteter (som beskrivits ovan, CoClass *PRAY*). På så sätt kan objektshubben innehålla alla dessa delar eller peka på var elementens recept och processbeskrivningar kan hämtas så att ett underlag för en mängdning kan göras. Om denna mängdning kopplas till både kostnader och miljöpåverkan så kan den digitala modellen göra en byggkostnadskalkyl och en LCA-beräkning baserat på samma underlag.

Det är viktigt att förstå att LCA-resultatet är summan av de material och de insatser/aktiviteter som krävs för att producera byggdelen. Med CoClass är det fullt möjligt att identifiera varje skikt i ett objekt, på ett sådant sätt att det blir möjligt att utan handpåläggning skapa underlag för en miljöberäkning med generiska data. En sådan automation kräver att objektet är klassat med CoClass och att egenskaper som behövs för att identifiera och kvantifiera är definierade och parametersatta. Klassningar som bör vara relevanta är funktionellt system (FS), konstruktivt system (KS) och komponent (KO). På komponentens lägsta nivå bör egenskapen material (egenskapskod *MLML*) vara definierad och objektets processbeskrivning ska vara beskriven så att de resurser som aktiviteten behöver blir definierade.

Objektshubben består av en samling av byggdelar. Objekten på varje nivå har de nödvändiga egenskaperna definierade som behövs för att genomföra LCA-

beräkningen. Som exempel kan vi ta en enkel innervägg. Innerväggen består av 13 mm gipsskiva + 45x95mm träregelstomme + 13 mm gipsskiva. Vi förutsätter att väggen mängdas baserat på yta (m² vägg). Väggbjektet är klassificerat och typbestämt som en vägg med just denna konstruktiva uppbyggnad. Objektshubben visar att denna typ har tre skikt av material och att dessa skikt är definierade med egenskapen material (MLML=Gips samt MLML=Träreglar). För materialen krävs att egenskapen för tjocklek och höjd är definierade. För stommen krävs att egenskapen för centrumavstånd (C/C) finns, alternativt att det finns ett relationstal mellan väggytan och längdmeter regel.

För en given komponent finns dessutom en generisk processbeskrivning med aktiviteter och en förteckning av de byggmaterial som byggs in (enligt ett typrecept). Det är till exempel vanligt att aktiviteten använder energi för montaget som också ska tas med i miljöberäkningen. För att använda en sådan digital komponent för en LCA- eller kostnadsberäkning, så krävs det att objektshubben kan peka på eller innehåller en generisk processbeskrivning av vad som krävs för att bygga in eller montera byggkomponenten. Alla resurser som används i en komponent i objektshubben har (eller kan ha) en relation till resurshubbens resursregister. På så sätt får komponenten en länk till generiska miljödata, så att dessa data kan göras tillgängliga för den LCA-beräkning som ska göras. Dessa generiska miljödata kan i senare skeden av byggprocessen bytas ut mot produktspecifika miljödata, där urvalet av lämpliga produkter underlättas om även miljödeklarationerna har klassificerats enligt CoClass.

2.4.3 Koncepttest av LCA-data från Trafikverkets webbtjänst

Att producera en byggdel beskrivs med dess resurssammanställning och omfattar både inbyggda mängder, spill och de aktiviteter som krävs för att uppnå produktionsresultatet. Det betyder att den objektshubb som beskrivs i stycket ovan kan idealt sett innehålla byggdelar som har en resurssammanställning och vars resurser har unika identiteter (GUID) som är hämtade från resurshubben (Erlandsson 2017, Eckerberg 2018, Jönsson 2018). Resurshubben är en branschgemensam webbtjänst och när en digital tjänst eller verktyg har en sådan ett-till-ett koppling mellan detta publika resursregister mot de interna resursbenämningarna (som används hos olika organisationer), så gör denna koppling det möjligt med informationsutbyte mellan olika resursregister på ett mycket förenklat sätt inom sektorn.

När det gäller miljöinformation så kan till exempel Trafikverket tillhandahålla LCA-data för olika resurser med denna branschgemensamma resursidentitet från resurshubben. På så sätt kan teoretiskt sett en LCA-beräkning göras i valfritt verktyg med tillgång till de generella LCA-data som Trafikverket förespråkar, förutsatt att verktygets resursregister har en koppling mot resurshubbens identiteter och möjlighet att kommunicera med Trafikverkets webbtjänst som tillhandahåller LCA-data. I projektet "Digitala miljöberäkningar- komplement och fördjupning" har ett sådant koncepttest (proof-of-concept, PoC) genomförts för att utvärdera den digitala

åtkomsten av LCA-data från Trafikverkets webbtjänst via resurshubben gjorts. Koncepttestet handlar om att ta fram, samt testa en webbtjänst som Trafikverket tillhandahåller, som innehåller LCA-data för olika resurser med branschgemensamma identitet som erhållits från resurshubben. På så sätt har vi i projektet visat att det går att hämta Trafikverkets LCA-data från en webbtjänst som Trafikverket tillhandahåller och där nyckeln för att göra detta är att alla system använder resurshubbens unika identiteter (GUID).

Testerna har i korthet gått ut på att Trafikverket först matchar sina miljöresurser mot Resurshubbens resurser, genom att bedöma material och annan klassifikation. Detta innebär att Trafikverkets egna interna resurser har en likvärdig motsvarighet i resurshubbens resurser och dess publika branschgemensamma identiteter (GUID). Det har på så sätt i Trafikverkets webbtjänst skapats en ett-till-ett koppling mellan Trafikverkets miljöresurser och resurshubbens publika identiteter. Detta möjliggör för en extern part, att på samma sätt matchat sina miljöresurser mot resurshubben, och kan via denna mappning använda Trafikverkets webbtjänst för att komma åt LCA-data enligt resurshubbens identiteter.

När resurshubben returnerat träffen på resursidentitet så har användaren i koncepttestet även erhållit en länk (URL) till Trafikverkets LCA-data via deras webbtjänst, som på så sätt förenklar direktaccess till LCA-data från Trafikverket webbtjänst direkt genom resurshubben. Detta upplägg via resurshubben upprättades och testades för att kunna erbjuda användare en statisk adress till Trafikverkets LCA-data. Om det vid en fråga till webbtjänsten inte finns en direkt koppling av användarens egna resurs och det publika resursregistret, så fortsätter användaren att fråga om det finns någon moder till den egna resursen som finns matchad med Trafikverkets resurser. När det finns en sådan träff så erhålls en resursidentitet och URL från resurshubben. Användaren kan i praktiken även fråga och erhåller LCA-data direkt från Trafikverkets webbtjänst, utan att gå via den resurshubb som användes i proof-of-concept.

3 Pilottest med implementering i CAD

3.1 Beskrivning av pilotprojekt

Ett viktigt steg i den digitala arbetsprocessen är byggnadsinformationsmodellering (BIM), som omfattar det totala arbetet med att samla data kring det som ska byggas. En del av detta utgörs av CAD-modeller, som innehåller vissa typer av relevant information. I CAD handlar det främst om geometriska objekt som informationsbärare. De arbetsmodeller som diskuteras här kan se ut på olika sätt beroende på syfte och skede i byggprocessen. All information som behövs i processen behöver alltså inte nödvändigtvis inkluderas i CAD-filen, utan kan lagras på andra ställen och CAD-filen innehåller då bara en nyckel till var den aktuella informationen finns. Genom att införa så kallade referensbeteckningar som identifierar objekten kan en total bild av deras egenskaper sammanställas från olika källor.

Det pilotprojekt som har använts här syftar till att ta fram exempel på vilken information som kan inkluderas i en CAD-modell för att underlätta utförandet av livscykelanalyser på ett byggnadsverk. CAD-modellen och informationen kan också användas under projekteringen för att underlätta val av resurser och produktionsmetoder för att nå upp till ställda krav på miljöprestanda. Dessa krav kan gälla för ett helt byggnadsverk, men också för enskilda materialresurser och produktionsmetoder. Pilotprojektets fokus ligger på tidiga skeden i byggprocessen. Även om denna avgränsning införs så måste man beakta att informationen måste kunna föras vidare till produktion och förvaltning. Mycket av informationen som används här är även relevant för de senare skedena. Val av upphandlingsform påverkar den samlade kravbilden, samt vem som äger och ansvarar för informationen genom processens olika skeden vilket således också påverkar informationsstrukturen och informationsflöden.

Vi utgår ifrån att informationen på objekten i CAD-modellen klassificeras enligt CoClass. Detta möjliggör automatisk mappning med hjälp av referensbeteckningar via resurshubben till miljödata (på så sätt som beskrivits i förra kapitlet). Dessa indata kan användas tillsammans med den specifika byggdelen aktiviteter användas för att beräkna hela byggnadsverket miljöpåverkan.

3.2 Tilldelning av komponenternas egenskaper

I SBE-projektet *Branschpraxis för tillämpning av CoClass i mjukvaror*⁷ utreds bland annat hur egenskaper ska tilldelas komponenterna vid projekteringen. Potentialen

⁷ <https://www.smartbuilt.se/projekt/standardisering/praxis-coclass/>

med koder för egenskapsattribut i CoClass är att det underlättar automatisering och att korsreferera mellan CoClass egenskapsbibliotek och enskilda komponenters egenskaper när alla använder sig av samma klassningssystem. Metoder måste tas fram för hur objekten ska få dessa CoClass egenskaper under projekteringen utan att det innebär för mycket handpåläggning. Korsreferensen ser olika ut för olika teknikområden, typer av objekt i CAD-modellen och vilken programvara som används. Resultatet bör bli detsamma även om vägen dit kan se olika ut, dock kan egenskapsuppsättningar anpassas per projekt och skeden.

Att exportera CAD-modellen till det neutrala filformatet IFC möjliggör för andra programvaruleverantörer att läsa modellen och dess information. Det gör att det inte spelar någon roll att olika programvaror används i projekteringen, eftersom data kan utväxlas på ett enhetligt och standardiserat sätt. Det förutsätter dock detaljerade instruktioner för respektive CAD-system, då varje system gör sin tolkning av formatet vid import/export. I vårt fall innebär det att CoClass måste användas i den miljö som tar fram den digitala modellen och det system som ska ta emot denna information till en ny digital modell.

3.3 Referensbeteckningens uppbyggnad

Varje komponent i resurshubben klassificeras och kodas enligt CoClass. Detta är en central egenskap för varje komponent. För kopplingen mellan olika system och databaser blir referensbeteckningen som tilldelas varje förekomst av en byggdel viktig, eftersom den utgör ett unikt ID för varje objekt i byggnadsverket. Nedan ses en variant på hur referensbeteckningen kan byggas upp i form av olika positioner.

Positioner i referensbeteckningen och vad de står för																							
-	A	N	N	_	X	X	.	B	B	N	N	_	Y	Y	.	C	C	C	N	N	_	Z	Z
CLCF_löpnr						CLCC_löpnr						CLCT_löpnr											
Exempel på referensbeteckning på en komponent från testpiloten																							
-	A	3	2	_	0	1	.	C	B	1	1	_	0	1	.	N	C	A	1	1	_	0	1

- Position ANN är klasskod och typnummer för funktionellt system, XX dess löpnummer.
- Position BBNN är klasskod och typnummer för konstruktivt system, YY dess löpnummer.
- Position CCCNN är klasskod och typnummer för komponent, ZZ dess löpnummer.

Egenskaper som tilldelas en komponent kan sedan anges som tillägg till referensbeteckningen, se nedan ett exempel i fet stil. Denna sträng kan vara olika längd, men är uppbyggd så att kod för attribut anges först, sedan efter kolon anges egenskapsvärdet. Efter semikolon anges ett nytt attribut och ett nytt värde. Om flera värden kan tilldelas

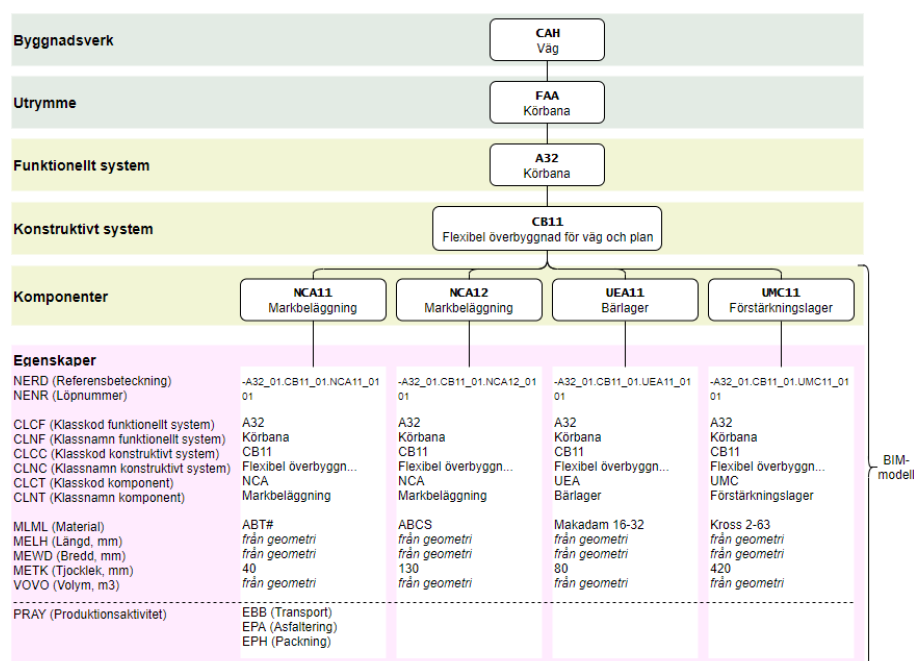
ett attribut kan de anges med kommatecken emellan (som koderna för aktiviteterna nedan):

A32_01.CB11_01.NCA11_01.01 (MLML:ABT#; METK:40; VOVO:20; PRAY:EBB, EPA, EPH)

I detta exempel på referensbeteckningens tillhörande egenskaper är MLML koden för egenskapsattributet material (ABT# är en förkortning för materialet asfaltbetong), METK är koden för egenskapsattributet tjocklek, VOVO för volym och PRAY för produktionsaktivitet (EBB, EPA och EPH står för aktiviteterna transport, asfaltering och packning enligt CoClass). CoClass anger också i vilka enheter geometriska egenskaper ska anges. Exempelvis anges VOVO i m³, METK i mm och så vidare. Detta för att måttgenskaper ska vara tal och ej textsträngar.

3.4 Komponenterna i pilotprojektet

Pilotprojektet omfattar ett byggnadsverk i form av en väg bestående av en överbyggnad med fyra komponenter i form av olika väglager. I den konceptuella modellen nedan (se Figur 1.) ses objekt på olika hierarkiska nivåer klassade enligt CoClass. Den övergripande nivån Byggnadsverk är klassat som CAH – Väg, för att sedan bestå av utrymmet FAA – Körbana och så vidare ned till fyra komponenter med olika egenskaper. Egenskaperna utgör endast exempel i detta projekt; många fler egenskaper finns i CoClass.



Figur 1 Konceptuell modell över en del av byggnadsverket i testpiloten.

Den konceptuella modellen, som beskrivs här motsvarar en tillämpning av den digitala arbetsmodellen som beskrivits tidigare. Exemplet (se Figur 1) illustrerar hur ett byggnadsverk i piloten i form av en väg klassas som funktionellt och konstruktivt system, samt vilka komponenter de består av. Piloten har avgränsats till att beskriva hur CoClass kan användas för kravställningar på komponentnivån.

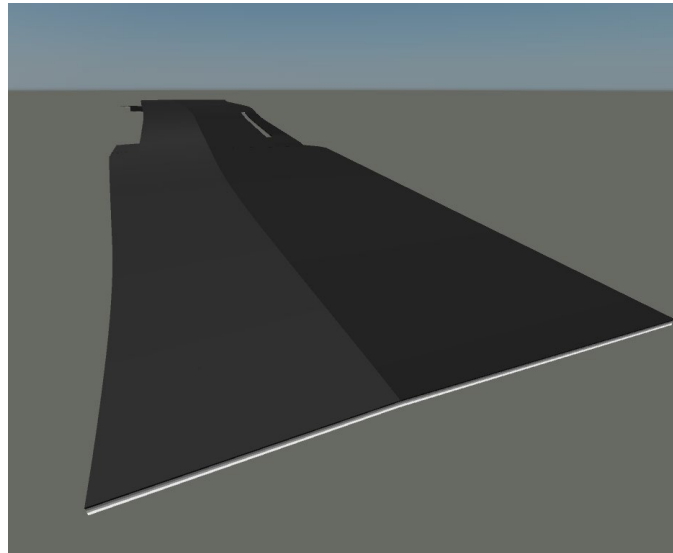
Komponenterna i den konceptuella modellen motsvarar ett antal objekt i CAD-modellen och deras egenskaper anges som attribut på CAD-objekten. Dessa komponenter och motsvarande objekt i CAD-modellen kan ses som förslag på tekniska lösningar för att uppnå en potentiell funktionell kravställning. De egenskaper som tilldelats de olika komponenterna är valda för att med funktionskrav kunna styra val av tekniska lösningar och kan därför även användas för att göra en LCA-beräkning av byggnadsverket.

3.5 Implementering i CAD-modellen

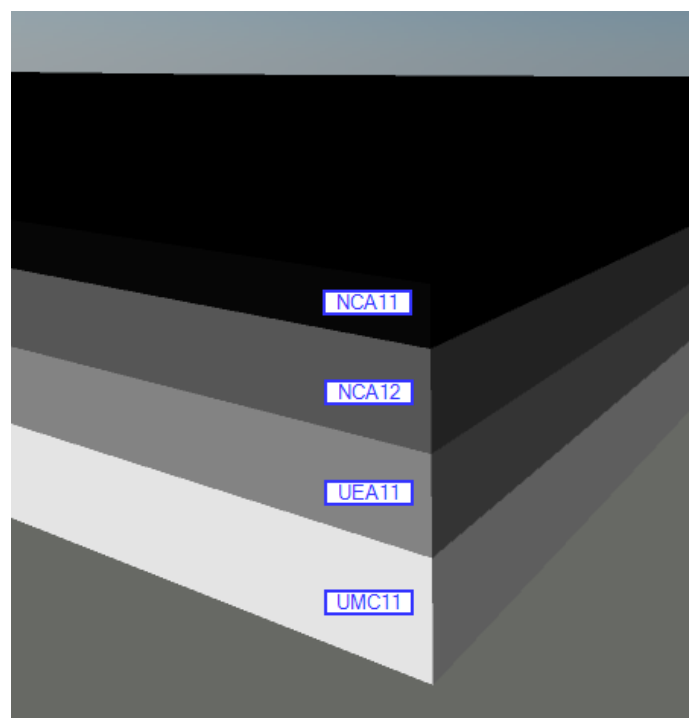
Nedan visas CAD-modellen över vägen (Figur 2) med motsvarande komponenter i byggnadsverket (Figur 3s.- till Figur 7). Modellen är gjord i Autocad Civil 3D och består av geometriska objekt som tilldelats de egenskapsuppsättningar som tillhör respektive komponent i testpiloten och som ses i Figur 1. CAD-modellen visas i programmet Navisworks Simulate.

Egenskaperna bör endast anges med attributkoden (exempelvis koden NERD, vilken står för "Referensbeteckning") för att möjliggöra automatiska kopplingar. Vilka egenskaper på objekten i CAD-modellen som ska vara obligatoriska bestäms av behovet hos mottagarna i alla led av informationen, och bör fastställas i ett tidigt skede i varje projekt.

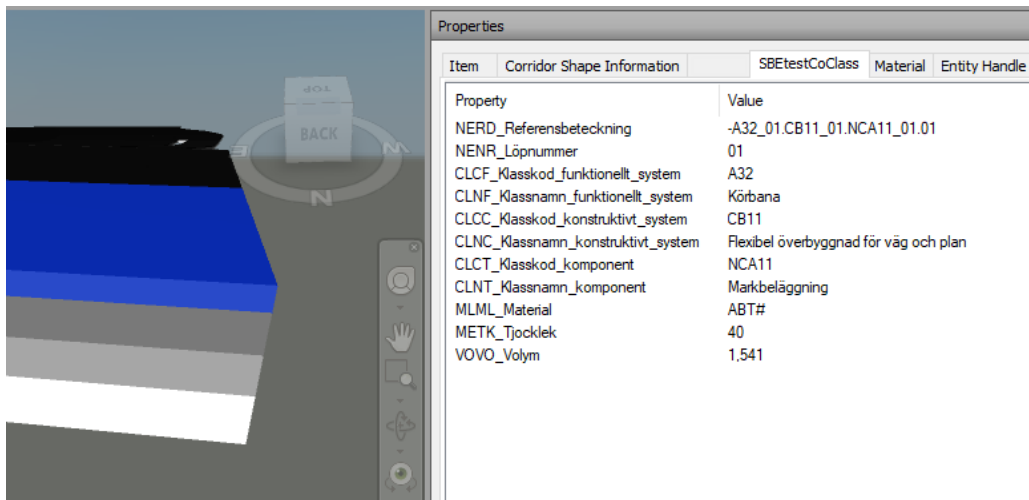
Ett alternativ är att endast geometriberoende egenskaper anges medan andra egenskaper kan kopplas till objekten via andra programvaror eller gränssnitt, förslagsvis med referensbeteckningen som nyckel.



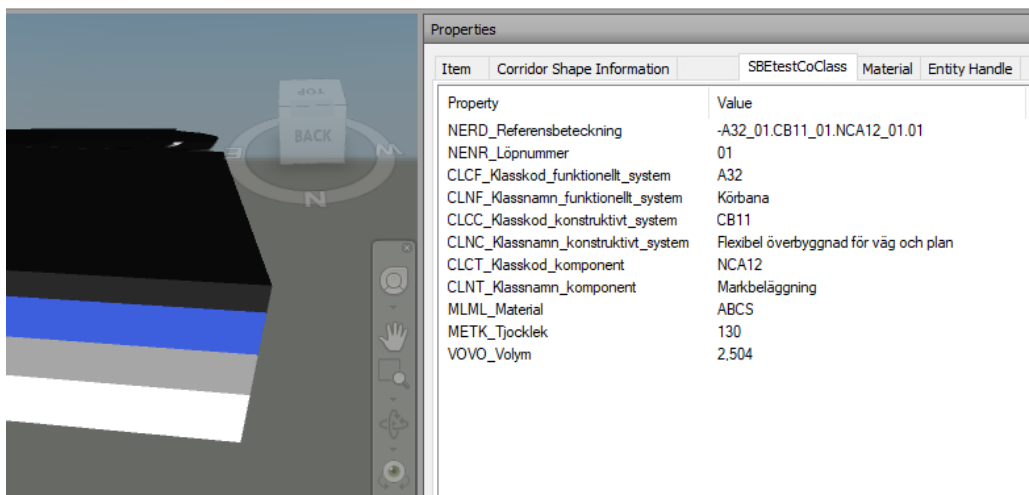
Figur 2 Vägöverbyggnaden bestående av fyra komponenter (överbyggnadslager)



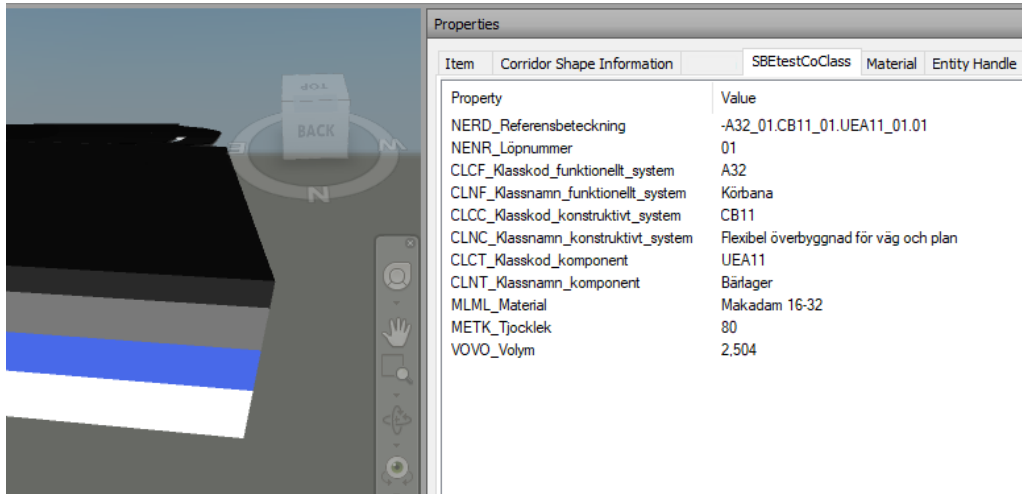
Figur 3 De fyra lagren i överbyggnaden, klassade som komponenter i CoClass.



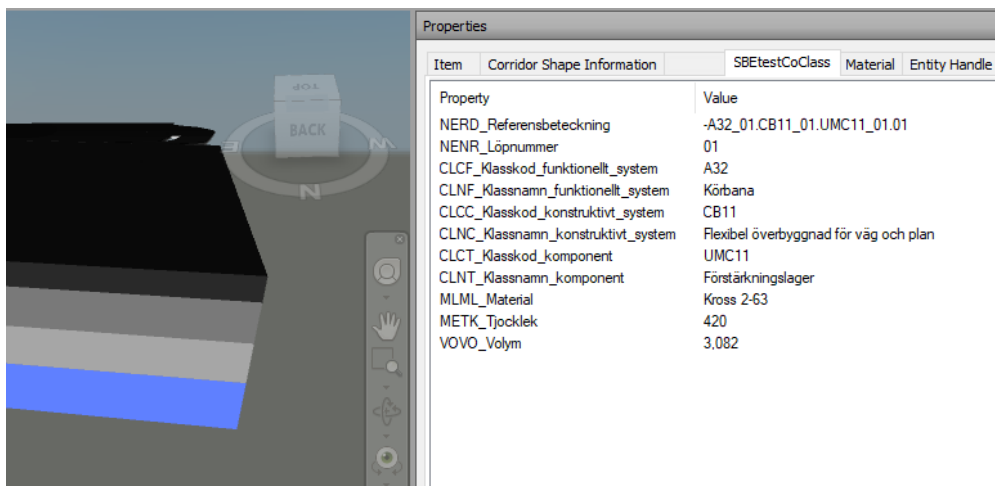
Figur 4 Egenskaper på ett geometriskt objekt som tillhör komponent NCA11. Under kolumn "Property" anges egenskapsattributet och under "Value" anges egenskapsvärdet.



Figur 5 Egenskaper på ett geometriskt objekt som tillhör komponent NCA12. Under kolumn "Property" anges egenskapsattributet och under "Value" anges egenskapsvärdet.



Figur 6 Egenskaper på ett geometriskt objekt som tillhör komponent UEA11. Under kolumn "Property" anges egenskapsattributet och under "Value" anges egenskapsvärdet.



Figur 7 Egenskaper på ett geometriskt objekt som tillhör komponent UMC11. Under kolumn "Property" anges egenskapsattributet och under "Value" anges egenskapsvärdet.

Det finns många metoder och strategier för att praktiskt tilldela CoClass-egenskaper till geometriska objekt i CAD-modeller. Vissa egenskaper bör genereras automatiskt, till exempel geometriska egenskaper och referensbeteckningens löpnummer.

I detta fall hämtas volymen direkt från det geometriska objekt som markerats i modellen. Dock är en enskild komponent (till exempel UMC11 – Förstärkningslager) i detta fall uppbyggd av flera geometriska objekt, som alltså kommer ha exakt samma

egenskaper, referensbeteckning samt löpnummer. Därför kan volymegenskapen i modellen ovan ses som missvisande eftersom den hänvisar till markerat geometriskt objekt och inte hela komponenten.

3.6 Livscykelanalys och mappningar

När relevant information finns i modellen kan man som nämnts göra mängdavgtagningar av komponenterna i byggnadsverket och få ut en resurssammanställning (BoR). Ett första steg för att göra en heltäckande LCA av byggnadsverket är just att sammanställa ingående resurser i byggnadsverket, i detta fall material (*MLML*) så som asfalt, kross och så vidare. Produktionen av resurserna utgör modul A1–A3 i byggnadsverkets LCA.

Resurserna som finns i den digitala modellen ska mappas mot resurser de motsvarar i resurshubben. Genom att resurshubben förses med ett API samt om det finns LCA-data, i en LCA-databas, eller EPD:er, som också har mappats mot dessa gemensamma resurser, kan detta användas för att förenkla LCA-beräkningen betydligt, samt tillse att den görs på ett likformigt sätt.

För att göra en LCA av ett byggnadsverk krävs mer än information om byggmaterialen och de processer som används för att erhålla ett produktionsresultat (modul A1-3). Transporter till byggarbetsplats och produktionsmetoder (modul A4–A5) ger också upphov till miljöpåverkan och måste också beräknas. I den konceptuella modellen (Figur 1 visades ett exempel på att även egenskapsattributet *PRAY - Produktionsmetod* kan kopplas till en komponents processbeskrivning, det vill säga vilka resurser som går ut för att skapa det färdiga produktionsresultatet. Denna del av CoClass som klassificerar olika aktivitet är fortfarande utveckling och därför inte möjlig att tillämpa här.

I tabellen nedan visas ett exempel på en resurssammanställning för en LCA och hur mappningen kan se ut från en komponent och dess egenskaper till resurshubben och en miljödata vars data följer resurshubbens resursregister. Även aktiviteter skulle alltså kunna knytas till en komponent för att sedan via resurshubbens resursregister kopplas ihop med miljödata. Mer information om aktiviteter som kopplas till en resurs behöver nödvändigtvis inte anges i CAD-modellen, utan kan hämtas när LCA-beräkningen ska göras.

Tabell 2 Exempel på komponentlista (som anges med referensbeteckning) och tillhörande materialegenskaper. De kan i sin tur kopplas till resurshubbens resursregister och sedan miljödata. Exemplet visar också potentiell koppling från aktiviteter som tillhör en komponent, resurshubben och miljödata.

BoR		SBE-hub		Miljödatabas		
-A32_01.CB11_01.NCA11_01.01						
MLML: ABT#	VOVO: 20	ABT#	2300 kg/m ²	ResursID	ResursID	Generisk LCA-data el. Prod.-specifik EPD
PRAY: EBB	XX Tonkm	Transport		Aktivitets-ID	AktivitetsID	Generisk LCA-data el. Prod.-specifik EPD
-A32_01.CB11_01.NCA12_01.01						
MLML: ABCS	VOVO: 50	ABCS	2000 kg/m ²	ResursID	ResursID	Generisk LCA-data el. Prod.-specifik EPD
-A32_01.CB11_01.UEA11_01.01						
MLML: Makadam	VOVO: 30	Makadam		ResursID	ResursID	Generisk LCA-data el. Prod.-specifik EPD

Olika geometriska/fysiska egenskaper är intressanta för olika typer av resurser eller aktiviteter. Vilka som faktiskt används och kravställs avgörs i varje projekt baserat på aktörernas behov. När mappningarna görs kan man beräkna det totalt LCA-resultatet för byggnadsverket baserat på komponenternas material och de aktiviteter som kopplas till det.

Som nämnts tidigare kan tidsstämplar för olika versioner av LCA:n vara viktigt att dokumentera. Till exempel kan en komponentlista – med referensbeteckningar och tillhörande egenskaper och mängder – redovisas med tillhörande LCA och en fastställd tidpunkt eller skede. Det bör då även framgå om listan motsvarar efterfrågade komponenter, levererade komponenter eller inbyggda komponenter och så vidare.

3.7 Slutsatser från piloten

Med hjälp av CoClass och en mer digital arbetsprocess kan det bli effektivare och lättare att uppfylla satta krav på bland annat miljöprestanda. I tidiga skeden kan den icke-grafiska digitala modellen med kravobjekt – krav på funktionella system – användas för att ta fram referensvärden för byggnadsverkets miljöprestanda, med hjälp av CoClass-objekt och kopplingar till resurshubben som i sin tur kopplar till LCA-data. Dessa kan baseras på standardiserade tekniska lösning hos en leverantör, till exempel en entreprenör. Detta skulle då kunna bli en referens-LCA, med hjälp av klimat kalkyl, som ligger till grund för vilka miljökrav som ställs.

När sedan tekniska lösningar ska väljas för byggnadsverket kan olika alternativ vägas mot varandra, både olika tekniska lösningar men även leverantörer och aktiviteter. Även detta görs med stöd från resurshubben. De möjliga tekniska lösningarna kan då anges i CAD-modellen (den grafiska modellen) som sen kan användas för att beräkna miljöprestanda för hela byggnadsverket med hjälp av automatiska kopplingar. På det sättet kan tekniska lösningar (som uppfyller krav på komponentnivå) iterativt testas och vägas mot varandra för att jämföra utslaget på byggnadsverkets totala miljöprestanda.

När tekniska lösningar valts ut anges dessa i CAD-modellen som då utgör en del av *produktionsmodellen*. I senare skeden när byggnadsverket är uppfört bör informationen i CAD-modellen granskas så modellen kan klassas som en del i den digitala *relationsmodellen* som bland annat innehåller information om faktiska komponenter i byggnadsverket. Det utgör en bra grund för förvaltningen och även dessa aktiviteter bör dokumenteras i den levande digitala *tillgångsmodellen*.

4 Diskussion och fortsatt arbete

Projektets konceptutveckling har implementerats i ett pilotprojekt för att utvärdera det föreslagna konceptet och för att försöka illustrera hur det digitala arbetsflödet rent praktiskt kan se ut för funktionsklassade krav kopplat till byggdelar. Dessa byggdelar utgör komponenter i CoClass och en beskrivning ges för hur dessa kan användas för en miljöberäkning baserat på LCA. Det har också väckt nya frågor som bör tas vidare i fortsatt arbete. Piloten begränsas till krav som ställs på komponentnivå, men krav som ställs på byggnadsverksnivå borde också utredas och klargöras, samt om krav även ställs på materia eller processer som utgör underlaget för ett produktionsresultat.

Koncepten som utvecklats här med en resurshubb är helt generell och kan även ses som en vidareutveckling av hela den digitala arbetsmodellen som utvecklas inom SBE. En mer utvidgad proof-of-concept bör därför genomföras och då för ett större projekt, med flera teknikområden samt flera olika CAD-mjukvaror. Detta bör göras i samarbete med andra projekt, exempelvis det om tillämpning av CoClass i programvaror, samt i samarbete med programvaruutvecklare som tillhandahåller LCA-beräkningsprogram. Genom att testa fler steg och dimensioner i det digitala informationsflödet är det lättare att hitta fler utvecklingsmöjligheter och lösningar på utmaningar som uppstår. Det bör också undersökas närmare hur modellerna och informationen kan se ut i olika skeden och beroende på upphandlingsform samt hur informationen ska förvaltas.

5 Referenser

- Eckerberg K: Branschgemensam begreppsdatabas och resursregister. Smart Built Environment och Svensk Byggtjänst, december 2018.
- Eckerberg K, Edgar J-O, Engström A, Lundgren T, Onsbring L, Törnkvist M, Tönne M, Öst T, Bruhner N, Lundgren A (2018): CoClass och LOD: Livscykeltest av CoClass – nya generationen BSAB. Rapport 2016-01707, Smart Built Environment, februari 2018. Edgar J-O (2018): Projekt AMA funktion. AMA-nytt – För alla 2/2018.
- Erlandsson M (2017). Framtidens smarta digitala miljöberäkning. Introduktion till resurshubben och arbetsprocessen. Smart Built Environment, IVL Svenska Miljöinstitutet rapport C 259, ISBN 978-91-88319-86-9, oktober 2017.
- Erlandsson (2019): Digitalisering och implementering av Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) och att ställa krav på en LCA i upphandling. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportmanus, juni 2019.
- Erlandsson M, Björk A, Enström D, Jönsson J-A (2011): Gemensamt datakommunikationsformat för livscykelinformation – Fi2 och BVD4. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport nr B 2017, 2011-12-07.
- Erlandsson M, Jönsson J-A, Kusche O, Emil Schönberg E, Welling S 2018: Efficient use of digital EPD via ILCD+EPD+. Including format additions suggested by Smart Built Environment (SBE). Smart Built Environment and IVL Swedish Environmental Research Institute, ISBN 978-91-88319-86-9, report No C367, December 2018.
- Erlandsson M; Enström D (2012): Gemensamt datakommunikationsformat för livscykelinformation - Specificering till Fi2xml. IVL Svenska Miljöinstitutet, B-rapport nr B2018, 2012
- fi2 (2012): Handbok fi2xml version 1.3: Del 1 Översikt. fi2 Förvaltningsinformation, ISBN: 978-91-976763-6-6, 2012.
- InData (2018): FAQ: Table of Definitions ILCD+EPD Data Format for InData Compliance OPEN2018 – Construction Products EN 15804. International Open Data Network for Sustainable Building (InData). February 2019.

Jönsson J-A (2018): Branschgemensam webbtjänst för identifiering och hantering av byggresurser. Rapport till Smart Built Environment december 2018.

Strömberg (2019): Standardiserad process för klimatberäkning i BIM i NCCs projekt. NCC, juni 2019.



SMART BUILT
ENVIRONMENT



Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM