

Visualisering & simulering av klimatdata

I EN GRAFISK BIM-MODELL



Visualisering & simulering av klimatdata

I en grafisk BIM-modell

Fred Andersson

Fredrik Pantze

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energi**myndigheten

FORMAS 

Strategiska
innovations-
program

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya 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 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

Visualisering & simulering av klimatdata i en grafisk BIM-modell är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Elecosoft Consultec AB och har genomförts i samverkan med Tyréns.

Syftet med projektet är att ta fram en praktisk genomförbar lösning som beskriver hur informationsflöde mellan Kalkylverktyg, LCA-beräkningen och Visualiseringsverktyg och kan ske och hanteras digitalt via en BIM-modell.

Stockholm, 4 mars 2020

Sammanfattning

Syftet med projektet är att ta fram en praktisk genomförbar lösning som beskriver hur informationsflöde gällande miljöbelastning i form av CO₂ ekvivalenter, kan ske mellan Kalkylverktyg, LCA-beräkning och Visualiseringsverktyg och kan hanteras digitalt via en objektmodell i en BIM-process. Därutöver ska lösningarna visa på hur den beräknade CO₂-belastningen kan visualiseras för att ge ett enklare beslutsfattande med insikt om hållbart byggande i tidiga skeden, planering, anbud och produktion.

Grundflödet är att i ett tidigt skede av byggnadsverket, till exempel en A-ritning, utgå från nödvändigt mängdunderlag (st, m, m², etc.) som erhålls från aktuella modellobjekt i en objektmodell (IFC). Länkning till kalkyl sker antingen genom en mängdtagning från modellen som skapar mängdposter för vidare bearbetning till kalkylposter, eller direkt hämta mängduppgifter från modellobjekt mot förberedda kalkylposter för motsvarande byggdelar.

För att en lösning ska vara praktiskt genomförbar, behöver översättningen mellan objektmodell och motsvarande kalkylposter ske så automatiskt som möjligt. I dagsläget, krävs det ofta en hel del handpåläggning då vi saknar en pålitlig standard att använda.

Utöver detta, kan det också finnas behov av att kunna justera och byta ut de ingående resurserna, för att få en mer rättvisande beräkning av CO₂ ekvivalenter. Att ge möjligheten att styra över ingående resurser för ett exaktare beräkning av CO₂-belastningen, kräver att resursernas miljövarudeklarationer (EPD:er) finns tillgängliga i digitalform som möjliggör automatisk databehandling.

För att lösningen ska vara bredare gångbar i ett "öppet" informationsflöde, krävs det att strukturen för hur CO₂-belastningen lagras, sätts i form av nationella eller internationella riktlinjer.

När det gäller själva visualiseringen av klimatdata, behövs det dels nationella riktlinjer i en digital form som möjliggör automatisk databehandling, som kan användas i samband med en visualisering. Det är också önskvärt att kunna få med kravställningen gällande CO₂-belastningen för ett byggnadsverk, som en del av objektmodellen, alternativt i en annan digital form som medför automatisk databehandling.

Sammanfattningsvis kan vi säga att det tekniskt går att genomföra det som var målbilden med projektet. Däremot saknas det nationella / internationella standarder och riktlinjer, för att en lösning ska vara praktiskt genomförbar.

Summery

The aim of the project is to develop a practical feasible solution that describes how information flow regarding the environmental impact using CO₂ equivalents, can be done between Cost Estimate tool, LCA calculation and Visualization tool which can be managed digitally via an object model in a BIM process. In addition, the solution will show how the calculated CO₂ emission can be visualized to provide easier decision-making with insight on sustainable construction in the early stages, planning, tenders and production.

The basic flow is from an early stage of the construction work, for example an architectural drawing, the necessary quantities (pcs, m, m², etc.) is obtained from current model objects in an object model (IFC). Linking to the cost estimate is done either through a batch removal from the model that creates batch records for further processing into the cost estimate, or directly retrieve batch data from model objects to prepared cost estimate items for the corresponding building parts.

In order for a solution to be practically feasible, the translation between the object model and the corresponding cost estimate needs to be done as automatically as possible. At present, a lot of hands-on work is often required as we do not have a reliable standard to use.

In addition to this, there may also be a need to adjust and replace the input resources, to get a more accurate calculation of the CO₂ emission. Providing the ability to control the incoming resources for a more accurate calculation of the CO₂ emission requires that the resources' environmental product declarations (EPDs) are available in digital form that enable automatic data processing.

In order for the solution to be broader viable in an "open" information flow, it is required that the structure for how the CO₂ emission is stored is set in the form of national or international guidelines.

When it comes to visualizing the actual climate impact data, national guidelines are also needed in a digital form that enables automatic data processing, which can be used in connection with a visualization. It is also desirable to be able to obtain the requirement regarding the CO₂e emissions for a construction work, as part of the object model, or in another digital form that entails automatic data processing.

In summary, we can say that it was technically possible to implement what was the objectives of the project. However, national / international standards and guidelines are lacking for a solution to be practically feasible.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	7
1.1	BAKGRUND, MOTIV OCH OMVÄRLD	7
1.2	NULÄGE	8
1.3	KORT BESKRIVNING AV PRODUKTERNA SOM UTGÖR GRUND FÖR PROTOTYPERNA	8
1.3.1	BIDCON FRÅN ELECOSOFT	8
1.3.2	TYRENGINE FRÅN TYRÉNS	8
2	FÖRVÄNTADE RESULTAT OCH EFFEKTER	10
3	TEORI OCH METOD	12
3.1	ÖVERGRIPANDE BIM FLÖDET	12
3.2	PROBLEMOMRÅDE: TOLKNING AV MODELLOBJEKT FRÅN EN OBJEKTMODELL	12
3.3	PROBLEMOMRÅDE: ÖVERFÖRING AV CO ₂ -BELASTNING TILL EN OBJEKTMODELL	13
3.4	PROBLEMOMRÅDE: VISUALISERING AV KLIMATPÅVERKAN	14
3.5	ÖVRIGA PROBLEMOMRÅDEN	15
4	RESULTAT	16
4.1	IMPLEMENTATION I ELECOSOFT BIDCON	16
4.2	IMPLEMENTATION I TYRÉNS TYRENGINE	17
5	DISKUSSION	18

1 Inledning

1.1 Bakgrund, motiv och omvärld

BIM börjar sakta men säkert göra sitt intåg på den internationella och nationella byggscenen. Intresseorganisationer och större aktörer ser redan affärsnyttan och möjligheterna med objektmodeller som den huvudsakliga informationsbäraren av data för ett byggnadsobjekt och genom hela dess livscykel. På olika fronter och på olika nivåer introduceras och utvärderas BIM-processen i olika grad.

Ett annat behov som under det senaste decenniet har växt och blivit tydligare är att öka medvetenheten om hur ett tänkt byggnadsverk kommer att påverka vårt klimat via så kallade LCA-kalkyler.

Man har sedan länge konstaterat att framställningen av material som används i ett byggnadsverk är "klimattungt", och därför finns det starka incitament att öka medvetandet och bredda kunskapen om det tänkta byggnadsverkets CO₂-belastning, samt utifrån den datan möjliggöra rutiner för att justera materialval och konstruktionslösningar för en grönare byggnad och samhälle.

Programmål uppsatta av Smart Build Environment till 2030:

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering av byggnader och infrastruktur.
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna

Utifrån flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya constellationer av aktörer anser vi att det är av stor vikt att man i de lösningarna inte bara riktar sig mot de stora aktörerna och de stora byggnadsverken där resurser och ekonomisk kapacitet finns. Man måste se på den breda massan av byggobjekt som också tilldelas motsvarande krav för att nå programmålen, och som i de flesta fall utförs av mindre eller mellanstora aktörer.

Elecosoft och Tyréns ser en stor potential i begåvade visualiseringsstöd kopplade till de data som återfinns i en objektmodell vad avser CO₂-belastningsinformation. Det är genom denna visualisering som vi underlättar att tolka ibland komplex data och skapar en bättre förståelse för de bidragande delarna till CO₂-belastningen i ett byggnadsverk, en arbetsuppgift som vi idag upplever endast utförs av insatta LCA-expert. Denna förståelse måste göras enklare och tillgänglig för den breda massan av aktörer för att programmålen ska vara nåbara.

Av ovan anledning vill vi påbörja arbetet med att skapa användarvänliga och kostnadseffektiva verktyg för att visualisera CO₂-belastning på byggnadsverk. Prototyperna som vi vill utveckla i denna ansökan ska ge riktlinjer och ideer hur CO₂-belastning kan visualiseras grafiskt och verka som en bidragande faktor till förståelse för hur klimatrelaterade data kan tolkas, och därigenom underlätta beslutsfattande med insikt om hållbart byggande i tidiga skeden, planering, anbud och produktion.

1.2 Nuläge

Som testpilot i Smart Build Environment – Livscykelperspektiv del 2 Testpiloter (2:1 Trähus/flerbostadshus) analyserar vi bland annat hur CO₂-belastning bör ta plats i en BIM-process, utreda hur denna information ska sparas/läsas i filformatet IFC, och analysera hur detta kan och bör ta form genom de olika faserna för ett byggnadsverk, från planering-projektering/ansbud-produktion. I denna ansökan söker vi medel för att utifrån den kompetens vi förväntar oss erhålla under testpiloten, skapa prototyper för att visualisera klimatdata i en grafisk modell av ett byggnadsverk (Prototyp Bidcon Bim/Klimat) och hela stadsdelar (Prototyp TyrEngine/Klimat).

1.3 Kort beskrivning av produkterna som utgör grund för prototyperna

1.3.1 Bidcon från Elecosoft

I kalkylprogrammet **Bidcon** finns en klimatmodul som är tillgänglig för marknaden. Emissionsvärden i form av kg CO₂e tillhandahålls på ett stort antal klimatpåverkande resurser, med inledande fokus på disciplin Bygg och utifrån LCA-skedena A1-A3, dvs byggmaterialens potentiella miljöpåverkan från anskaffning av råmaterial och vidare till produktion (från vaggga till grind). På senare tid har också disciplin Anläggning introducerats och skede A4 (Transport) respektive A5 (Bygg- och installationsprocess) har påbörjats.

Klimatmodulen bär generiska data som tillhandahålls och kvalitetssäkras av Tyréns, men användare kan också själva skapa företagsanpassade resurser och för dessa successivt fylla på med produktspecifika data från olika EPD:er. I framtiden kanske ett fullständigt livscykelperspektiv (från vaggga till grav) kan tillgodose?

Med denna klimatmodul finns nu möjligheten att "klä" kalkylposter med både enhets- och totalvärden för CO₂, men det går ännu inte att visualisera eller exportera detta värde till objektmodellen/modellobjekten eller en IFC-fil, endast se vilka modellobjekt som länkats med kalkylposterna. Således bryts BIM-processen gällande CO₂-belastning.

I Bidcon finns också en BIM-modul tillgänglig. Med denna modul kan användaren importera IFC-filer, validera och presentera informationen samt visualisera hela objektmodeller eller utvalda modellobjekt.

Det är informationen som finns på modellobjektens olika egenskaper som utgör grunden för att skapa informationsrika mängdposter, eller via en enkel överföring av mängder från utvalda modellobjekt till förberedda kalkylposter i kalkylen. Det är dessa länkar mellan modellobjekt och mängd- och kalkylposter som ger en enkel förståelse hur kalkyl och objektmodell hör samman.

1.3.2 TyrEngine från Tyréns

TyrEngine är en unik plattform för visualisering av hållbart samhällsbyggande. Genom att kombinera avancerad grafisk teknik från spelvärlden framställs en 3D-miljö som visar resultat och effekter av projekt inom samhällsbyggnad, fastigheter och industri.

Tekniken kan jämföras med ett avancerat datorspel där användaren med hjälp av en spelkontroll kan gå runt i exempelvis ett kvarter. Genom att koppla analysresultat till 3D-miljön kan användaren med egna ögon se var det finns potentiella möjligheter och risker.

Att presentera och visualisera är värdefullt både som tolkningsverktyg inom ett projekt och i kommunikationen med parter utanför projektet. I TyrEngine kan landskapsbilder, byggnadsbilder kopplas ihop med geometrisk exakt information (flygscanning eller inmätning) och presenteras som en fotorealistisk 3D-värld. Användaren kan med hjälp av en *virtual reality*-hjälm fritt förflytta sig runt i 3D världen och titta hur det ser ut både ovan och under jord.

En tekniker kan visa och förklara för en ekonom på ett för båda begripligt sätt. Även de boende i ett område/byggnad som berörs kan titta in i 3D-världen och se hur det kommer att se ut från deras hus och specialist från byggherren eller Trafikverket kan gå runt och titta att allt ser bra ut. Detta öppnar upp för bättre kommunikation och samråd med andra för en effektivare och mer hållbar samhällsplanering.

2 Förväntade resultat och effekter

Prototyp Bidcon BIM/Klimat ska kunna visualisera CO₂-belastningen som finns på resurser i en kalkyl. Bidcons BIM-modul är utgångspunkten som prototypen vilar på och den tillgängliga data för CO₂-belastning som presenteras med Bidcons klimatmodul.

- Prototypen ska ha funktionalitet för att visa CO₂-belastning på olika detaljnivåer i den aktuella objektmodellen. På modellobjektnivå eller på vald detaljnivå. För en vald byggdel ska användaren kunna presentera ingående skikt/delar i aktuell byggdel och där visa CO₂-belastning.
- Prototypen ska ha funktionalitet för användaren att specificera hur det specifika byggnadsverket ska betraktas/visualiseras avseende CO₂-belastning genom filter och strukturer. till exempel, visa enbart stomme, visa enbart grundläggning, visa klimatskal och stomme etc.
- Prototypen ska ge användaren möjlighet att definiera färgskalor för gränsvärden som utgår ifrån kg CO₂e/enhet resurs.

Prototyp TyrEngine/Klimat ska kunna visualisera CO₂-belastning data som Bidcon genererat per resurs i en BIM modell. Denna prototyp utgår ifrån TyrEngine.

- Prototypen bär funktionalitet för att importera byggnadsverk klimatberäknade per resurs i Bidcon.
- Prototypen bär funktionalitet för att visualisera parametern CO₂-belastning CO₂/enhet resurs på aggregerade nivåer
- Prototypen bär funktionalitet för att genom VR och AR betrakta byggnadsverk utifrån parameter CO₂.

Nytan med dessa prototyper är att utifrån praktiska tillämpningar validera konceptet och erhålla en bra utgångspunkt för vidare utveckling mot en kommersialisering och säljbarhet av dessa produkter på marknaden.

Den potentiella målgruppen för Prototyp Bidcon BIM/klimat är aktörer i tidiga skeden, anbud och produktion, som använder mjukvara för kostnadsberäkning och/eller klimatberäkning. Den potentiella produkten ska vara en hyllprodukt, anpassad och prissatt för att vara marknadskraftig inom segmentet företag inom byggsektorn och infrastruktursektorn med mer än 5 anställda.

Den potentiella målgruppen för prototyp TyrEngine/Klimat är aktörer i tidiga skeden där CO₂-belastning ska betraktas och optimeras i större infrastrukturprojekt. Den potentiella produkten kommer att erbjudas som en tjänst där varje specifikt projekt är unikt. Målgruppen för den potentiella produkten/tjänsten är större aktörer inom bygg/infrastruktur sektorn och större myndigheter/verk inom den offentliga sektorn.

Som beskrivet tidigare är vår tro att den visuella presentationen av objektmodeller vad avser CO₂-belastningen som våra prototyper har ambitionen att möjliggöra, kommer främja arbetet med att optimera byggnadsverk i alla skeden av en byggnation.

Vår eventuella förädling och kommersialisering med utgångspunkt i prototyperna kommer vara tillgänglig för den breda massan som verkar inom planering, projektering eller produktion av byggnadsverk, då produkterna ska vara användarvänliga, rimligt prissatta, och inte kräva expertkompetens för att användas. Vår vision och målsättning i detta tidiga skede är att en möjlig produktifiering och marknadsinateg ska ske parallellt detta projekt är avslutat.

Slutsatser och lösningsförslag i prototyperna kommer att vara rådgivande för andra intressenter som önskar genomföra liknande implementation. Fokus är som det idag ser ut IFC-formatet som är en *"open source"*.

3 Teori och metod

3.1 Övergripande BIM flödet

Utgångsläget var att använda objektmodeller (BIM) som databärare av CO₂-belastningen via IFC-filer.

En övergripande utmaning i BIM-processen är behovet av att berika en existerande objektmodell med mer information och införandet av nya objektstrukturer med en högre detaljrikedom och samtidigt bevara den ursprungliga strukturen. Mer om det i avsnitt 3.2-*Tolkning av modellobjekt från en objektmodell*.

IFC-formatet i sig är väldokumenterat men det saknar en tydlig semantik kring hur objekt och information ska tolkas. Detta försvårar tolkningen av en objektmodell samt skapandet av nya strukturer.

IFC-filer blir också väldigt stora vilket medför att de blir tungarbetade vilket påverkar den övergripande användarupplevelsen.

Det diskuterades i projektet om eventuella alternativa metoder för lagring av CO₂-belastning samt de ingående strukturerna. Detta övergavs dock till fördel för IFC som är en internationell standard gällande strukturen av en objektmodell.

3.2 Problemområde: Tolkning av modellobjekt från en objektmodell

En utmaning med ett projekt och dess objektmodell, gäller behovet kring att tillföra ytterligare strukturer på en befintlig objektmodell. En objektmodell som skapas i samband med en A-ritning i ett tidigt skede av projektet, är förmodligen inte strukturerad på det sätt som krävs vid till exempel underhållet av en byggnad.

Samtidigt finns behovet av att kunna tillföra och berika en objektmodell i de olika delarna av ett projekts/byggnads livscykel.

Man kan effektivt beräkna CO₂-belastningen på en byggnad genom att använda sig av färdiga byggdelar som är uppbyggda av resurser och produktionsresultat som innefattar material och arbete. Dessa fördefinierade byggdelar innehåller den detaljnivå som krävs för att kunna beräkna CO₂-belastning per enhet för den aktuella byggdelen.

Utmaningen ligger då i att kunna tolka ett modellobjekt till en byggdel. Detta kan antingen göras med hjälp av information som finns knutna till egenskaper/attribut i modellobjektet alternativt genom ett manuellt tolknings- och länkingsarbete.

Ett exempel är platta på mark. I A-ritningen, finns det ett objekt som representerar grunden för ett hus. För att beräkna CO₂-belastningen av grunden, behöver man två olika storheter (arean/ytan och omkretsen) från modellobjektet som hämtas till plattan respektive kantbalken. Tillsammans utgör dom den totala CO₂-belastningen för grunden. Det medför också att modellobjektet för plattan behöver länkas till två olika byggdelar. Det i sig är inget hinder för själva beräkningen men medför nya problem i

samband med tillbaka skrivningen av strukturer och CO₂-belastningen till IFC-filen. (Se 3.3 Problemområde: Överföring av CO₂-belastning till en objektmodell)

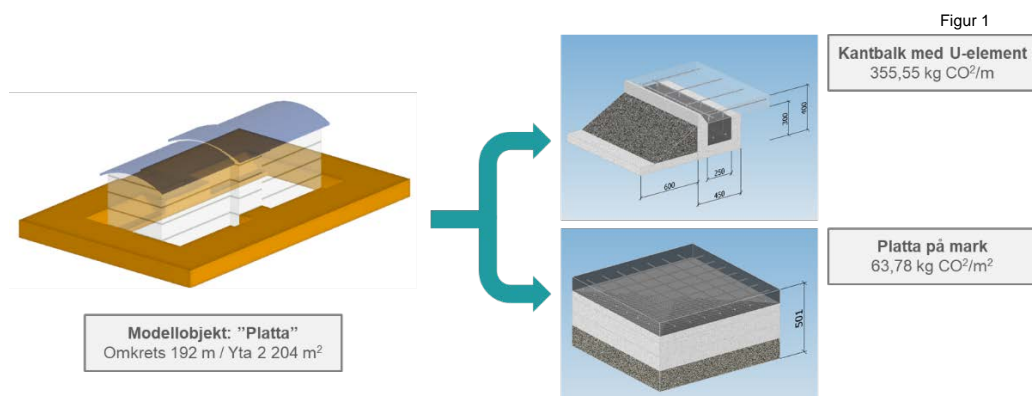


Illustration som visar på strukturella skillnader mellan IFC-objekt och byggdeltstyper

3.3 Problemområde: Överföring av CO₂-belastning till en objektmodell

Vi har analyserat IFC-strukturen och de möjligheter som finns att hitta egenskaper/attribut för klimatrelaterade värden och information. I vår analys har ambitionen varit att hitta stöd för både version IFC2x3 och version IFC4, och att hitta en så standardiserad väg som möjligt.

Det vi har gått vidare med är en lösning som har stöd för både IFC2x3 och IFC4, men som inte är standardiserad fullt ut. Vi tror att den bästa lösningen är att skapa ett *propertyset* och använda entiteterna *fcPropertySet* och *IfcProperty*. I version IFC4 finns det fördefinierade *propertyset* definierade i IFC filformatet som skulle kunna användas, och möjligen kommer vi att skriva även till dess för modeller i version IFC4, men alternativet med de egna *propertyset* som vi vill gå vidare med är mer tilltalande och ger oss en större frihet i detta tidiga skede.

I vårt arbete med filformatet IFC har vi identifierat att egendefinierade *propertysets* är vanligt förekommande och kan tolkas av alla ledande IFC läsare på marknaden såsom Tekla och Solibri, och användningen av dessa ger oss en möjlighet att påvisa källan till det specifika *Propertysetet*, vilket inte går om man använder de standardiserade.

Så i brist på en tydlig och lättanvänd standard blir vår slutsats att Bidcon tills vidare ska lagra CO₂-belastning för ett modellobjekt i ett Elecosoft-definierat *propertyset* med namnet Bidcon_EnvironmentalImpactValues och med egenskaperna:

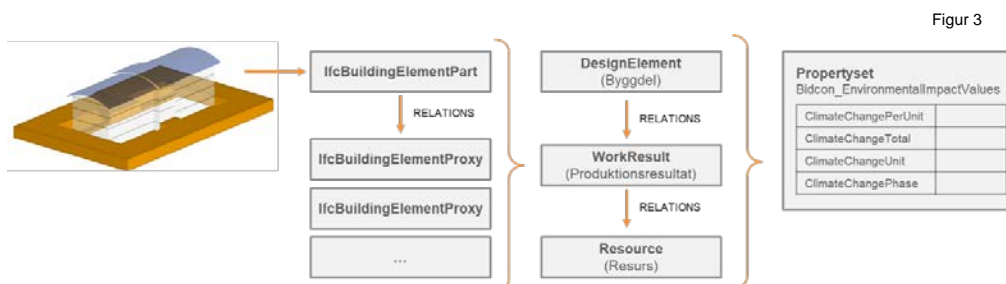
Propertyset Bidcon_EnvironmentalImpactValues	
ClimateChangePerUnit	
ClimateChangeTotal	
ClimateChangeUnit	
ClimateChangePhase	

Figur 2

Tabell över vilka egenskaper som ingår i *Bidcon_EnvironmentalImpactValues*

Givet att CO₂-belastningen kan representeras i nyckel-värde-par av *Bidcon_EnvironmentalImpactValues*, kan dessa nu knytas till resurser, produktionsresultat och byggdelstyper för ett modellobjekt. Modellobjektet kommer då länkas till den mera detaljerade strukturen av byggdelstyper, produktionsresultat och resurser genom att skapa relationer i objektmodellen.

I exemplet med platta på mark, behöver modellobjektet länkas både till ett primärobjekt (till exempel plattan) och ett sekundärobjekt (kantbalken), för att kunna bära på den totala CO₂-belastningen för modellobjektet.



Figur 3

Illustration av kopplingen mellan modellobjekt och uppbyggnaden av byggdelstyper, produktionsresultat och resurser.

3.4 Problemområde: visualisering av klimatpåverkan

En annan utmaning som måste tas i beaktande är vilken detaljnivå man ska lägga sig på. Det ter sig omöjligt att göra en visualisering av alla ingående skikt i en byggnads samtliga objekt, då dessa bär olika grad av CO₂-belastning och är överlappande. Se exempel av detaljeringsnivå på en byggdelstyp yttervägg i Bidcon, där varje ingående skikt bär sitt unika värde för CO₂-belastning. Utmaningen blir att välja vad/hur dessa olika individuella värden ska presenteras visuellt för en betraktare av hela byggnadsobjektet. Dessa är ju av högsta intresse på denna detaljnivå, men om man betraktar hela huset så är det möjligen en CO₂-belastning på en högre nivå man är intresserad av. Om den aktuella byggdelstypen är bättre eller sämre än referensvärdet för byggdelstyp yttervägg. I det scenariot är det således byggdelstypen sammansatta CO₂-belastningsvärde per enhet som ska visualiseras och ställas i jämförelse mot

referensvärdet. Möjligheten att dyka ner i en byggdelen och visuellt betrakta de ingående skikten är värdefullt, men vi anar en större utmaning att hitta referensvärden för detta i dagsläget.

Elecosofts tanke med visualisering i objektsmodeller är att även möjliggöra visualisering av andra parametrar bredvid CO₂-belastning såsom kostnad och tid.

Resurser som saknar kg CO₂e-värde leder till underskattad klimatpåverkan. Det är t ex svårt att uppskatta hur "komplett" en byggdelstyp är då stora delar utförs av underentreprenörer. Ofta kalkyleras dessa poster utifrån lämnade anbudspriser där kostnaden finns och i bästa fall tiden för arbetet. Vilken CO₂-belastning som arbetet innebär är ytterst ovanligt.

3.5 Övriga problemområden

Andra utmaningar som konstaterats under projektets genomförande är t ex kalkylposter med CO₂-belastningsinformation men som inte enkelt kan länkas till objektmodellen. Kalkylposter för rivning har ingen logisk länk till något modellobjekt, utan här kanske objektmodellen ska kompletteras med modellobjekt utan grafisk presentation?

Ett annat exempel är objektmodeller med komplexa *assemblies*, där relationer från huvudobjektet redan finns i olika många nivåer. Med Bidcons prototypmetod kan det bli lite väl komplicerad struktur för att få alla detaljnivåer att koordinera tillsammans. Förmodligen behöver huvudobjektet erhålla en högre status efter att Bidcon förädlad informationen från aktuella kalkylposter.

4 Resultat

Två prototyper har implementerats som ska ge möjlighet att validera konceptet utifrån praktiska tillämpningar.

4.1 Implementation i Elecosoft Bidcon

Implementationen i Bidcon kan visa CO₂-belastning på olika detaljnivåer i den aktuella objektmodellen. På modellobjektnivå eller på vald detaljnivå. För en vald byggdel kan användaren kunna presentera ingående skikt/delar i aktuell byggdel och där visa CO₂-belastning.

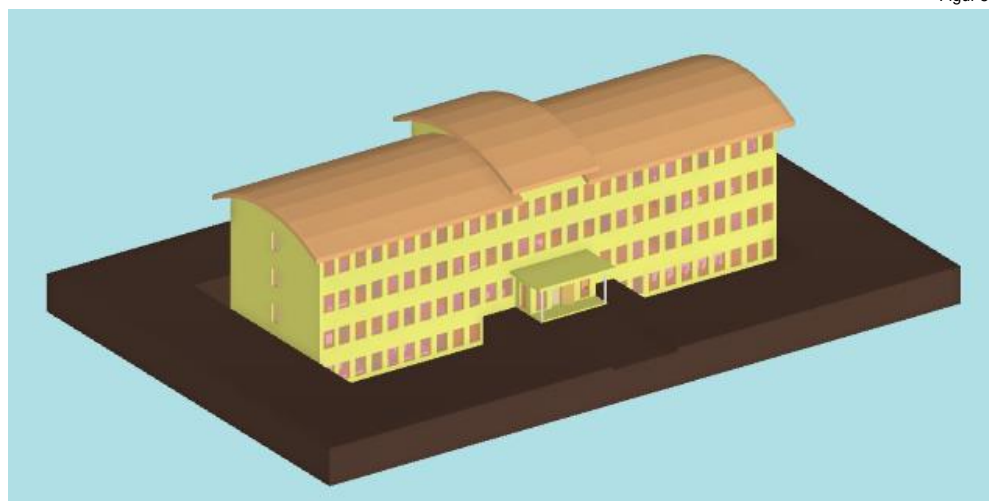
Användaren kan själv specificera hur det specifika byggnadsverket ska betraktas/visualiseras avseende CO₂-belastning genom filter och strukturer. Till exempel, visa enbart stomme, visa enbart grundläggning, och stomme etc.

Användaren har också möjlighet att definiera färgskalor för gränsvärden som utgår ifrån kg CO₂e/enhet resurs.

Figur 4

	Sök ID	Färg	Transparent	Synlig
Körmat				
NetVolum > 100M3				
Test1	CO2 : < 50	192; 255; 192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Test4	CO2 : 50-100	255; 255; 128	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Test7	CO2 : 100-300	255; 192; 128	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CO2 : > 300	255; 128; 128	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	IfcOpening	255; 255; 255	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exempel på hur färgskalor sätts upp för olika gränsvärden.



Exempel på visualisering av klimatdata

Givet att CO₂-belastning är beräknad, kan Bidcon skriva tillbaka CO₂-belastning till modellen i form av en uppdaterad IFC-fil.

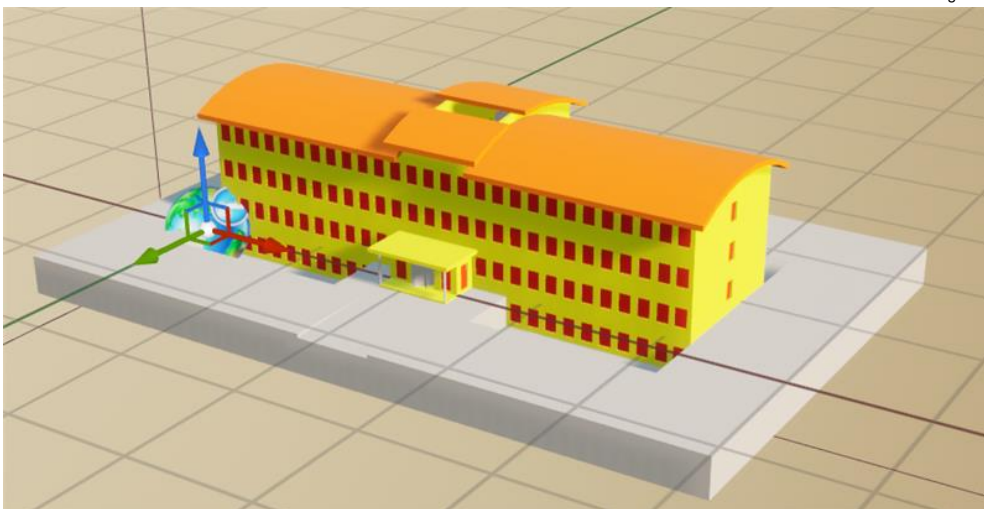
4.2 Implementation i Tyréns TyrEngine

Implementationen i TyrEngine har funktionalitet att importera byggnadsverk med den beräknade CO₂-belastningen från Bidcon.

Prototypen har funktionalitet för att visualisera parametern CO₂-belastning per enhet och resurs på aggregerade nivåer.

Prototypen kan genom VR och AR betrakta byggnadsverk utifrån parameter CO₂, givet att en färgskala har satts upp för olika gränsvärden.

Figur 6



Exempel på visualisering från TyrEngine

5 Diskussion

Syftet med projektet var att ta fram en praktisk genomförbar lösning som beskriver hur informationsflöde gällande CO₂-belastning, kan ske mellan Kalkylverktyg, LCA-beräkning och Visualiseringsverktyg och kan hanteras digitalt via en objektmodell i en BIM-process. Därutöver ska lösningarna visa på hur den beräknade CO₂-belastningen kan visualiseras för att ge ett enklare beslutsfattande med insikt om hållbart byggande i tidiga skeden, planering, anbud och produktion.

Projektet har visat att det tekniskt går att implementera en lösning där en befintlig objektmodell tolkas och kläs med en ny struktur som representerar CO₂-belastning för byggnadsverket. Samt att denna struktur också kan skrivas tillbaka och utöka och förädla objektmodellen via IFC-formatet, för vidare bearbetning i andra verktyg.

Grundflödet är att i ett tidigt skede av byggnadsverket, till exempel en A-ritning, utgå från nödvändigt mängdunderlag (st, m, m², etc.) som erhålls från aktuella modellobjekt i en objektmodell (IFC). Länkning till kalkyl sker antingen genom en mängdtagning från modellen som skapar mängdposter för vidare bearbetning till kalkylposter, eller direkt hämta mängduppgifter från modellobjekt mot förberedda kalkylposter för motsvarande byggdelar. De enskilda kalkylposterna är normalt uppbyggda som byggdeltypen med ingående skikt av produktionsresultat och resurser, som ger nödvändig detaljrikedom för att beräkna den totala CO₂-belastningen per enhet.

För att en lösning ska vara praktiskt genomförbar, behöver översättningen mellan objektmodell och motsvarande kalkylposter ske så automatiskt som möjligt. Detta ställer krav på hur objektmodellen är deklarerad för att möjliggöra automatisk översättning av de olika modellobjekten. I dagsläget, krävs det ofta en hel del handpåläggning då vi saknar en pålitlig standard att använda. Kanske arbetet för nationella riktlinjer kan underlätta detta och möjliggöra "automatisk översättning".

Utöver detta, kan det också finnas behov av att kunna justera och byta ut de ingående resurserna, för att få en mer rättvisande beräkning av CO₂-belastningen. Det är till exempel en skillnad om ramverket uppförs med limträ producerat med vattenkraft eller om det är producerat med kolkraft. Att ge möjligheten att styra över ingående resurser för ett exaktare beräkning av CO₂-belastningen, kräver att resursernas EPD:er finns tillgängliga i digitalform som möjliggör automatisk databehandling.

Lösningen har också visat på att hur en detaljerad struktur för CO₂-belastning, i form av byggdeltypen, produktionsresultat och resurser, kan kopplas till en befintlig objektmodell. I avsaknad på nationella/internationella standarder, har vi i projektet valt att skapa en egen datamängd för detta. För att lösningen ska vara bredare gångbar i ett "öppet" informationsflöde, krävs det att denna struktur och lagring sätts i form av nationella eller internationella riktlinjer.

När det gäller själva visualiseringen av klimatdata, har vi i lösningen kunnat sätta upp olika filter för att identifiera olika byggdelar av ett byggnadsverk. Utifrån dessa filter, har vi i lösningen kunna presentera olika färgskalor baserat på gränsvärden. Det är tekniskt möjligt att sätta upp nödvändiga gränsvärden och filter, för att ge en visualisering av hur CO₂-belastningen påverkar ett byggnadsverk. Men för att det ska vara praktiskt tillämpbart, behövs det dels nationella riktlinjer i en digital form som

möjliggör automatisk databehandling, som kan användas i samband med en visualisering.

Det är också önskvärt att kunna få med kravställningen gällande CO₂-belastningen för ett byggnadsverk, som en del av objektmodellen, alternativt i en annan digital form som medför automatisk databehandling. Detta skulle då ge en praktisk tillämpning där man snabbt kan se huruvida olika bygghandels CO₂-belastning, ställer sig mot den kravbild som satts upp för byggnadsverket och att man direkt får en återkoppling när olika material och resurser väljs in.

Sammanfattningsvis kan vi säga att det tekniskt går att genomföra det som var målbilden med projektet. Däremot saknas det nationella / internationella standarder och riktlinjer, för att en lösning ska vara praktiskt genomförbar.



←
SMART BUILT
ENVIRONMENT
→

Elecosoft[®]

 **TYRÉNS**

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

FORMAS 

**Strategiska
innovations-
program**