

LCA för byggnader

INTERNATIONELLA ERFARENHETER

SMART BUILT
ENVIRONMENT

LCA för byggnader

Internationella erfarenheter

Tove Malmqvist, KTH
2019

Med stöd från



Strategiska
innovations-
program

Sammanfattning

Syftet med detta delarbete har varit att komplettera kunskapssammanställningen från testpiloterna med kunskap och erfarenheter från omvärlden. Detta har skett genom deltagande i två internationella forsknings- och utvecklingsprojekt.

I rapporten sammanfattas ett antal likheter och skillnader mellan hur utvecklingen av LCA för byggnader ser ut just nu i Sverige jämfört med omvärlden. Rapporten ger också slutsatser från det internationella projektet IEA EBC Annex 57 - Evaluation of embodied energy and carbon dioxide emissions for building constructions samt en kort inblick i vad som förväntas komma ut av det uppföljande internationella projektet IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Projekten är högst relevanta för den fortsatta utvecklingen av tillämpad LCA i byggprocessen.

Utvecklingen i Sverige följer väl utvecklingen i övriga Europa. Bokförings-LCA enligt EN 15978 och EN 15804 är praxis i Europa såväl som i Sverige. Det förslag till klimatdeklaration av byggnader som Boverket utarbetat följer också i mångt och mycket en rad likartade initiativ i Europa. I Sverige ligger fokus på klimatpåverkan medan flera andra länder i Europa vanligen gör beräkningar av fler miljöpåverkanskategorier. I Sverige inkluderas vanligen transporter till byggplats samt energikrävande aktiviteter på byggplatsen (modul A4-A5) i beräkningar idag, vilket är mindre vanligt i andra länder. Å andra sidan ingår ofta utbyte (modul B4) i beräkningar utomlands vilket inledningsvis inte ingår i Boverkets förslag till klimatdeklaration och inte heller ingår i Miljöbyggnad. Det finns emellertid inte något harmoniserat sätt att sätta scenarier för användningsskedet men denna fråga är ett exempel på vad som kommer att hanteras i det pågående internationella projektet Annex 72. En annan viktig fråga för det projektet är att ta fram vägledning för hur referensvärden kan utvecklas vilket för närvarande pågår i många länder. Detta kommer också behöva göras i Sverige för att utveckla vidare tillämpningen av LCA i byggandet så att ökad styrning mot byggnader med låg klimatpåverkan kan uppnås.

Innehållsförteckning

1 SYFTE	6
1.1 MÅL	6
1.2 GENOMFÖRANDE	6
2 RESULTAT	7
2.1 INTERNATIONELLA FALLSTUDIER OM INBYGGD KLIMATPÅVERKAN I BYGGNADER	7
2.1.1 EXEMPEL PÅ FALLSTUDIER	8
2.1.2 SLUTSATSER FRÅN ANALYSEN AV FALLSTUDIER	9
2.2 UTVECKLINGEN I SVERIGE JÄMFÖRT MED I OMVÄRLDEN	10
2.3 SAMMANFATTNING AV RESULTAT OCH PUBLIKATIONER INOM ANNEX 57	14
2.4 PÅGÅENDE ARBETE INOM ANNEX 72	18
3 SLUTSATS	19

1 Syfte

Syftet med detta delarbete har varit att komplettera kunskapssammanställningen från testpiloterna med kunskap och erfarenheter från omvärlden. Detta har skett genom deltagande i två internationella forsknings- och utvecklingsprojekt:

IEA EBC Annex 57 - Evaluation of embodied energy and carbon dioxide emissions for building constructions. <http://www.annex57.org/>.

IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. <http://annex72.iea-ebc.org>.

1.1 Mål

Målsättningen med delarbetet har varit att möjliggöra ett kunskapsutbyte mellan Sverige och omvärlden avseende den senaste utvecklingen kring tillämpning av livscykelanalys för byggnadsverk, samt kopplingen till den pågående digitaliseringen.

1.2 Genomförande

Genom detta projekt har KTH kunnat delta i arbetet inom de ovan nämnda internationella IEA EBC¹-Annexen under projekttiden, samt sprida erfarenheter från dessa arbeten till Sverige och kunnat sprida kunskap om det pågående arbetet inom Smart Built Environment Livscykelperspektiv till dessa nätverk. Nätverken består av de främsta experterna inom metodutveckling och tillämpning av livscykelanalys för byggnadsverk i de deltagande länderna.

Under projektets gång har representanter från KTH aktivt deltagit i fyra 2-dagars expertmöten inom ramen för IEA EBC Annex 72 i Köpenhamn, Graz, München och Ghent. Internationella erfarenheter har redovisats vid ett av Smart Built environments seminarier samt vid de svenska konferenserna Byggforum och Building Sustainability under 2018. Lärdomar från det internationella utbytet har också kommunicerats till Boverket, inom ramen för utarbetandet av Boverkets förslag till klimatdeklaration av byggnader² samt vidareutveckling av Boverkets vägledning om livscykelanalys för byggnader.

I denna rapport sammanfattas likheter och skillnader mellan hur utvecklingen av LCA för byggnader ser ut just nu i Sverige jämfört med omvärlden. Vidare ges exempel på vad den intresserade läsaren kan läsa vidare om i de färdigställda publikationerna från det nu avslutade Annex 57.

¹ International Energy Agency's Energy in Buildings and Communities Programme

² Boverket (2018). Klimatdeklaration av byggnader, rap 2018:23. Karlskrona: Boverket

2 Resultat

2.1 Internationella fallstudier om inbyggd klimatpåverkan i byggnader

I det internationella delarbetet Annex 57, har ett unikt material med drygt 80-tal nyare, LCA-fallstudier för byggnader analyserats. Fokus i det projektet var på inbyggd energi och klimatpåverkan. Detta kan ses som den delmängd av miljöpåverkan för en byggnad i ett livscykelperspektiv som inte har att göra med byggnadens energianvändning under drift. Fallstudierna, som är från 11 olika länder, samlades in under perioden 2013-2015 i ett gemensamt rapporteringsformat. Majoriteten av fallstudierna är livscykelanalyser av enskilda byggnader i vilka klimatpåverkan och/eller kumulativ energianvändning utvärderats. Genom dessa fallstudier analyserades:

- variationer i beräkningsmetodik och hur det påverkar beräkningsresultat
- hot-spots över livscykeln
- potentialer för olika reduktionsstrategier med syftet att minska inbyggd energi och klimatpåverkan
- intressanta exempel i relation till beslutsfattande för minskad inbyggd energi och klimatpåverkan

Figur 1



Exempel ur fallstudierapporten från Annex 57: korta sammanställningar för olika fallstudier samt längre beskrivningar i enhetligt format.

2.1.1 Exempel på fallstudier

Nedan följer några exempel på olika typer av fallstudier som finns sammanställda i rapporten:

Nettonollbyggnader i Norge

Inom forskningscentret Zero Emission Building Centre vid NTNU i Trondheim har ett stort antal olika demonstrationsprojekt utvecklats med syftet att utveckla teknik, koncept och design för nollemissionsbyggnader i ett kallt klimat. Inom forskningscentret har ett antal olika definitioner av nollemissionsbyggnad utvecklats vilket innebär att LCA-beräkningar av klimatpåverkan används för att kunna bedriva design av dessa byggnader iterativt samt för att kunna utvärdera hur väl de i slutändan lyckades i att bli nollemissionsbyggnader.

Mini CO2-husene i Danmark

I ett projekt i Danmark uppfördes ett antal olika demonstrationsprojekt med syftet att tillämpa en eller flera strategier för att minska inbyggd klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv jämfört med en "konventionell" referensbyggnad. Det resulterade i exempelvis ett "up-cycle"-hus, två varianter av hus med minimerat behov av yttre underhåll samt ett "flexibelt" hus som lätt skulle kunna förändra användning senare under livscykeln. LCA-beräkningar utnyttjades för att visa på besparingarna i klimatpåverkan för dessa byggnader jämfört med det konventionella referenshuset.

Utveckling av referensvärden i Zürich

I ett projekt för Zürich stad genomfördes LCA-beräkningar för 33 byggnader, både nya och ombyggda med syftet att få fram och utveckla referensvärden samt målvärden. Motivet var just att genom samma metodik få en bra grund till vilka nivåer som skulle kunna sättas för kvantitativa mål för nya byggnader och ombyggnader i Schweiz.

Hyresgäst Anpassning i Stockholm

En fallstudie från Sverige handlade om att beräkna inbyggd klimatpåverkan kopplat till hyresgäst Anpassning av kontorsmiljöer i centrala lägen. Ett av Vasakronans hyresgäst Anpassningsprojekt i Stockholm studerades i detalj vilket visade att bara ett sådant hyresgäst Anpassningsprojekt kan ge upphov till lika stor klimatpåverkan som underhåll och utbyte i ett flerbostadshus under 50 år. I hyresgäst Anpassningsprojektet ingick också möbler i beräkningen vilket har en förhållandevis stor påverkan.

Jordbävningssäkring i Japan

I Japan är åtgärder för att jordbävningssäkra byggnader viktiga. I en fallstudie från Japan visade man med hjälp av LCA-beräkningar hur extra investeringar i såväl kronor som klimatpåverkan i början av livscykeln, betalar sig genom att byggnaden genom sin mer stabila grundkonstruktion, etc. kan få en förlängd livslängd, vilket därmed innebär lägre klimatpåverkan sett över hela livscykeln.

Många fler intressanta fallstudier finns dokumenterade i fallstudierapporten från Annex 57 samt analyserade ur olika perspektiv i en delrapport i projektet samt i ett antal vetenskapliga artiklar. Se vidare avsnitt 2.3.

2.1.2 Slutsatser från analysen av fallstudier

Insamlingen av fallstudier, och deras noggranna analys genom fyra olika perspektiv utgör ett rikt material som bidrar till ökad förståelse både av omfattning av EEG hos byggnader, och de strategier som vi kan använda för att minska dem.

Trots den metodstandardisering som ägt rum under de senaste åren, finns fortfarande en stor diversitet i hur beräkningar är gjorda. Många gånger handlar skillnaderna om att fallstudierna haft olika syften eller genomförts inom ramen för en specifik kontext eller frågeställning, vilket därmed styrt metodvalen. Det är därför aldrig lämpligt att dra mer generella slutsatser utifrån enskilda fallstudier. Betydelsefulla metodval som har stor inverkan på beräkningsresultaten och som de analyserade fallstudierna uppvisade en variation av är: systemgränser - både kronologiska (de livscykelkedan som ingår, se figur 2) och fysiska (hur pass fullständig inventeringen är), antagna framtida scenarier (livslängd hos material, avfallshantering för olika material) samt längd på referensstudieperioden. I fallstudiematerialet förekommer också olika LCA-dataunderlag. I avsnitt 2.2 redovisas närmare likheter och skillnader mellan hur utvecklingen idag ser ut i Sverige jämfört med omvärlden, avseende dessa metodval.

Analysen visar på vikten av en transparent deklaration av metoder, systemgränser och data för LCA-studier av byggnader.

Figur 2

Livscykelinformation byggnad														Övrig information		
A 1-3 Material- produktion			A 4-5 Bygghas		B 1-7 Drift							C 1-4 Slutskede		D Övrig miljöinfo		
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 – Uppförande av byggnaden	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport	C3 - Avfallshantering	C4 - Sluthantering	Återanvändnings-, Återvinnings- & Materialåtervinningspotential

Byggnadens livscykelkedan och -moduler enligt standarden EN 15978³

Analysen ger stöd åt vissa allmänt accepterade trender, såsom att produktionskedet (modul A1-A3, se figur 2) dominerar inbyggd klimatpåverkan för nya byggnader. För ombyggda/renoverade byggnader konstaterades det emellertid att utbyte (modul B4) kan bidra i nästan samma omfattning som produktionsstadiet. Ett antal fallstudier visar också att tekniska installationer kan stå för en betydande del av inbyggd energi och klimatpåverkan. Det finns dock många fallstudier som inte inbegriper beräkning av installationer, troligen på grund av brist på data. De material som bidrar mest till

³ <https://www.sis.se/en/standardutveckling/tksidor/tk200299/sistk209/>

inbyggd klimatpåverkan är betong och metaller, i synnerhet betong som ofta används i stora mängder, t ex i fundament.

Tre övergripande design och byggnadsstrategier för att minska inbyggd klimatpåverkan i byggnader analyserades:

- materialsubstitution
- minskade materialmängder
- reduktion kopplat till själva byggandet och återvinning av resurser i slutskedet.

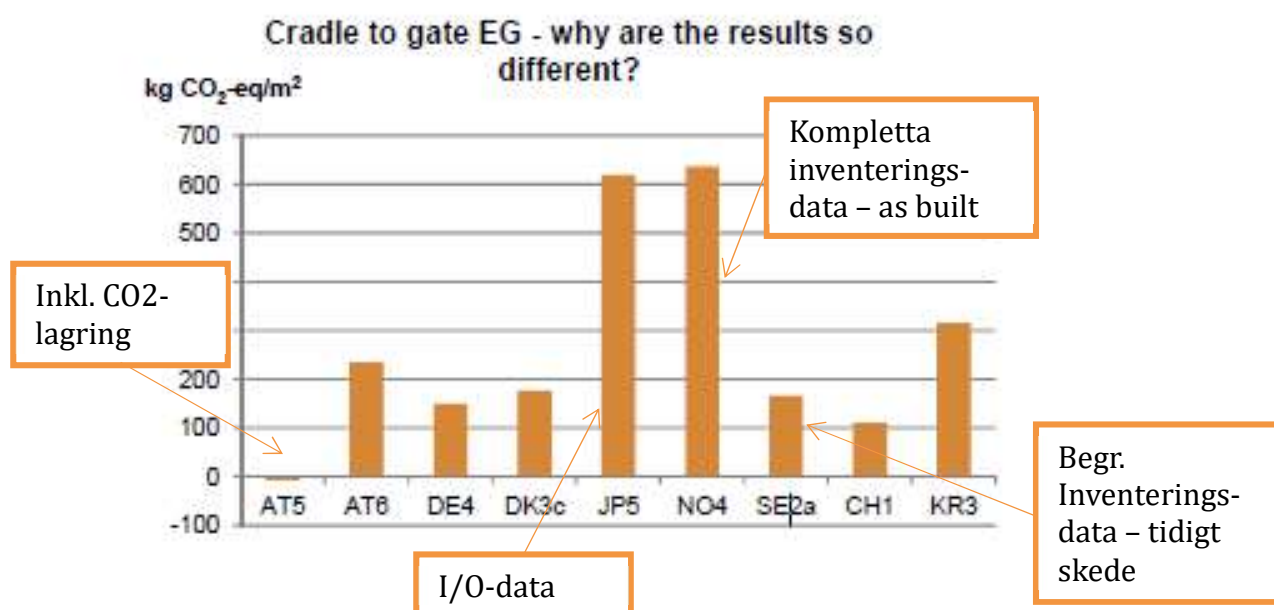
Flera av de insamlade fallstudierna visar att substitution till biobaserade material kan minska inbyggd klimatpåverkan betydligt. Även minskad användning av material, genom till exempel lättviktskonstruktioner och att förlänga livslängden hos byggnader snarare än att riva och bygga nytt, dvs. "återanvändning" av gamla byggnadskonstruktioner, är effektiva strategier för minskad inbyggd klimatpåverkan. Analysen av effekten av att använda återvunna eller innovativa material är ofullständig bland annat på grund av alltför få fallstudier som belyser detta.

Över lag finns det både ibland fallstudierna i Annex 57 samt i den vetenskapliga litteraturen begränsat med studier som analyserar tillämpning av strategier för att minska inbyggd klimatpåverkan (såsom design för flexibilitet och återvinning), utöver just studier där träkonstruktioner jämförs med andra konstruktioner. Även om byggskedet (modulerna A4-A5 enligt Figur 2) vanligtvis bidrar med en lägre andel av total inbyggd klimatpåverkan över livscykeln för en byggnad finns flera strategier för att minska denna del genom alternativ uppvärmning av byggbodar, energieffektiviteten på byggsplatsen, etc. Ett viktigt medskick från Annex 57 är att inbyggd klimatpåverkan hittills inte är något som tas stor hänsyn till i byggprocessen, varför det finns stora möjligheter för utveckling av reduktionsstrategier. Och inom den akademiska världen finns också än så länge ganska begränsat med studier som utvärderar effekten av olika sådana reduktionsstrategier.

2.2 Utvecklingen i Sverige jämfört med i omvärlden

Nedan följer en kortfattad genomgång av ett antal viktiga metodmässiga likheter och skillnader mellan hur livscykelanalys av byggnader just nu utvecklas i Sverige, jämfört med andra länder, baserat på bland annat ovan beskrivna fallstudier. Även om vi såväl i Sverige som i majoriteten av övriga europeiska länder har anammat metodstandarderna EN 15978 och EN 15804 som ramverk för hur livscykelanalys av byggnader genomförs, görs förenklingar och avgränsningar i tillämpningen av dessa standarder som kan skilja sig mellan olika länder. Figur 3 visar några exempel från ett antal fallstudier i Annex 57 som belyser hur viktiga metodval kan ha stort inflytande på beräkningsresultaten.

Figur 3



Exempel på orsaker till att beräkningsresultat i olika fallstudier kan skilja sig på grund av olika metodval. Exempel från fallstudiesamlingen i Annex 57 och beräkningarna avser klimatpåverkan för produktskedet (modul A1-A3).

Som utgångspunkt för nedanstående genomgång används det metodförslag som Boverket⁴ lagt till obligatorisk klimatdeklaration för byggnader då det kan ses som ett uttryck för hur vi i Sverige idag framför allt börjar tillämpa LCA i praktiken.

Vilka delar av livscykeln beräknas?

Boverkets förslag till klimatdeklaration täcker in modul A1-A5, det vill säga hela byggskedet, vilket då inkluderar transport av material till byggplatsen samt energikrävande aktiviteter för att uppföra själva byggnaden på byggplatsen. Modul A4 och A5 räknas sällan med ute i Europa, och om det ingår är det i regel mycket schablonartat med någon form av påslag per kg material. Däremot är det vanligt i flera länder i Europa att inkludera underhåll och utbyte (modul B2 och B4). Det är dock viktigt att vara medveten om att det görs på många olika sätt. Det är än så länge långt ifrån harmoniserat hur sådana scenarier för användnings- och slutskedena skall sättas, vilket syns bland annat i EU:s nya system Levels⁵.

⁴ Boverket (2018). Klimatdeklaration av byggnader, rap 2018:23. Karlskrona: Boverket

⁵ Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., Donatello, S., 2017: Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings. Part 3: How to make performance assessments using Level(s) (Draft Beta v1.0). European Commission, Joint Research Centre.
<http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>

Vilken miljöpåverkan beräknas?

I Sverige har vi för närvarande valt att fokusera i princip helt på beräkning av klimatpåverkan, vilket Boverkets klimatdeklaration just hanterar. Så är fallet också i exempelvis Storbritannien och Norge. I andra delar av Europa är det vanligt att beräkna fler miljöpåverkanskategorier vilket på det viset i högre grad följer standarden EN 15978. Det gäller exempelvis Nederländerna, Tyskland och Danmark. I Schweiz har historiskt ett starkt fokus legat på primärenergi, s.k. grå energi, och detta är vanligt att beräkna också i flera andra länder internationellt. Många miljöpåverkanskategorier som är vanliga i LCA följer ofta resultaten för klimatpåverkan och även om fler miljöpåverkanskategorier beräknas är det sällan så att denna information påverkar beslutsfattandet vad gäller design och byggande.

Vilka miljödata används?

Då databasen Ecoinvent är stor, välkänd och omfattande används ofta data från den i de fallstudier som samlades in inom ramen för Annex 57. I brist på annat görs detta val sannolikt fortfarande ganska oreflekterat trots vetskap om att data till exempel kan vara förhållandevis gamla. Tyskland har successivt utvecklat en öppen databas, Ökobau, som används för LCA inom det tyska certifieringssystemet DGNB. I Danmark har man sett över data i denna databas och tills vidare kommit fram till att den kan användas för danska beräkningar. Denna databas innehåller både så kallade generiska data (som därmed kan ha sitt ursprung i Ecoinvent) och specifika EPD-data. Detta är så kallade processdata, det vill säga i grunden uppmätta utsläppsdata från enskilda fabriker eller företag. I andra delar av världen finns sådana processdata mer begränsat och det är därför inte ovanligt att fallstudier från exempelvis Japan och USA använder så kallade input/output-data. Det vill säga, data som baseras på nationella ekonomiska input/outputtabeller. Det är viktigt att förstå att beräkningar gjorda med processdata inte är jämförbara med beräkningar gjorda med input/outputdata.

I de fallstudier som studerades inom ramen för Annex 57 finns både studier som använder exempelvis Ecoinventdata rakt av, och studier som försökt se till att använda mer detaljerade specifika data för exempelvis stora materialgrupper. Om LCA-beräkningar görs mer regelmässigt för projekt, är det viktigt att använda kontinuerligt uppdaterade EPD-data för viktiga material och resurser, så att förbättringar synliggörs.

Vad är omfattningen på inventeringsdata?

Omfattningen av hur mycket av byggnadernas resurser som ingår i beräkningarna varierar också mellan olika fallstudier och praxis mellan länder. Generellt hanterar alla studier de största bygghederna men ibland betyder det att enbart klimatskärmen inkluderas, till att bärande konstruktionsdelar och bjälklag också ingår. Men det finns också exempel på studier som inkluderar även innerväggar och installationer eller alla delar i byggnaden, exklusive inredning och möbler. Boverkets förslag till klimatdeklaration ställer tills vidare inte krav på att ta med installationer i beräkningarna. Detta förfarande är också vanligt utomlands, vanligen på grund av svårigheten att mängda detta samt finna data för det. Det är viktigt att inte jämföra beräkningsresultat rakt av mellan studier med olika omfattning av inventeringsdata. Det är därför också viktigt att se till att det finns en hög transparens i dokumentationen kring vad som ingår och vad som inte ingår. När fallstudierna i Annex 57 studerades var det tydligt att det ofta finns oklarheter kring vilka byggheders

och arbeten som exakt ingår i beräkningarna. Det gäller till exempel installationer, grundläggning och markarbeten, garage/källare, etc.

Hur mäts miljöpåverkan?

Miljöpåverkan i livscykelanalyser för byggnader slås vanligen ut per m² area, på samma sätt som energianvändning i byggnader vanligen anges. Däremot visar fallstudierna i Annex 57 att många olika areamått används, vilket gör att beräkningsresultaten inte bör jämföras rakt av. Boverket landade till slut i sitt förslag till klimatdeklaration i bruttoarea. Detta framför allt på grund av att garage (om det finns för byggnaden) är föreslaget att inkluderas i beräkningen. Bruttoarea är också vanligt internationellt, men även nettoarea förekommer ofta. I Sverige har flera tidigare LCA av byggnader ofta använt Atemp som jämförelsearea.

Hur ser andra länder på att börja inlemma LCA-analyser i byggregler och lagstiftning?

Boverkets förslag på klimatdeklaration av byggnader genom förenklad LCA-beräkning är på intet sätt unikt i ett europeiskt sammanhang. Då LCA-metodiken för byggnader har blivit allt mer standardiserad och harmoniserad, är det flera länder i Europa som redan infört eller övervägt att reglera också övriga delar av byggnaders livscykel (utöver krav på energieffektivitet i driftsfasen), för att stimulera minskad miljöpåverkan från byggandet.

Nederländerna införde redan 2013 krav på att genomföra en LCA för att få bygglov för nya bostads- och kontorshus. Ett liknande krav infördes i Frankrike 2017 och båda dessa länder har sedan dess också infört krav på maximal klimatpåverkan över livscykeln för nya byggnader. Detta tak för maximal klimatpåverkan är satt högt än så länge, men är tänkt att kunna skärpas successivt. För att kunna genomföra beräkningar i dessa länder har staten specificerat vilka LCA-verktyg som kan användas och åtminstone i Nederländerna finns en samlad, öppet tillgänglig, nationell databas som stöd för beräkningarna.

Andra länder har tagit fram färdplaner för att införa liknande krav i lagstiftningen. I Finland har spåret hittills varit att införa obligatoriska LCA-beräkningar 2020. Även i Danmark har liknande färdplaner utvecklats och ett näringslivslett initiativ föreslog 2018 att krav på LCA-beräkningar bör komma in i lagstiftningen omgående och också att gränsvärdena bör kopplas till ett sådant krav snart därpå. I Danmark tillhandahåller staten också ett gratisverktyg, kopplat till data, som kan användas för LCA-beräkningar för byggnader.

Andra pågående utvecklingar som stödjer tillämpning av LCA?

De frivilliga certifieringssystemen har blivit allt mer etablerade och de flesta innehåller idag LCA-beräkningar i någon form⁶. Detta innebär bland annat att kunskapen om LCA och förståelsen för hur det kan användas och tolkas successivt utvecklas.

Miljövarudeklarationer (EPD) blir också allt vanligare, även om data i dem varierar kraftigt från land till land och de för närvarande inte hanteras och valideras på ett enhetligt sätt. Bland experterna i Annex 57 och 72 ses reglering som en nyckelfaktor för att minska miljöpåverkan från byggnader i ett livscykelperspektiv, och också något som nationella myndigheter bör uppmuntras att genomföra. Samtidigt visar det

⁶ LEED, BREEAM, SE och Miljöbyggnad i Sverige. DGNB t ex i Danmark och Tyskland.

internationella arbetet på att bottom-up initiativ från enskilda organisationer eller grupper av byggföretag i vissa länder⁷ också bidragit till att driva frågan framåt i vissa länder. Verktyg, databaser och certifieringssystem stimulerar reduktion av miljöpåverkan i byggandet men kan också verka begränsande om de innehåller bristfälliga data avseende nya, innovativa eller småskaliga material. Utvecklingen och spridningen av sådana materialdata måste stödjas på nationell nivå för att främja bästa produktval i alla sorters byggprojekt.

Sammanfattningsvis har vi i Sverige haft ett större fokus på klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv jämfört med flera andra länder i Europa. Vidare är det också tydligt att den starka ställning stora fastighetsutvecklare och entreprenörsföretag har i Sverige jämfört med andra länder i Europa har påverkat hur tillämpningen av livscykelanalys för byggnader har utvecklats. Det fanns exempelvis ett starkt stöd för att inkludera modul A4 och A5 i Boverkets förslag till klimatdeklaration, vilket hanteras mer schablonartat, om det hanteras alls, i andra länder. Rådigheten över att minska miljöpåverkan från dessa livscykelmoduler ligger mer i händerna på byggnadsentreprenörerna, medan arkitektkåren genom sina val har större rådighet att påverka miljöpåverkan från produktskedet, modul A1-A3, samt exempelvis utbyte i användningsskedet. I länder där arkitekter har en starkare roll i byggprocessen har tillämpningen av LCA för byggnader i högre grad fokuserat på användning i tidiga skeden och med fokus att påverka utformningen av byggnaderna. I dessa länder har också fokus legat på att integrera LCA med verktyg i ritprocessen, samt med BIM, för att kunna digitalisera och förenkla LCA-beräkningar. I Sverige har istället spåret framför allt varit att koppla ihop eller integrera LCA i befintliga verktyg för kostnadsberäkningar av projekt.

2.3 Sammanfattning av resultat och publikationer inom Annex 57

Alla resultat inom IEA EBC Annex 57-arbetet finns sammanställda i fem delrapporter, två sammanfattningsrapporter samt fem aktörsspecifika riktlinjer. Nedan följer en sammanställning av vad de mest intressanta rapporterna och publikationerna från Annex-arbetet innehåller samt fullständiga referenser, för den som är intresserad av att läsa mer.

Sammanfattningar av Annex 57

På svenska finns resultaten från Annex 57 sammanfattade i något längre format i slutrapporten till Energimyndigheten från projektet. Sedan finns också en kortare sammanfattningsrapport på engelska samt en vetenskaplig artikel om projektet.

Referenser:

Malmqvist, T. (2017). Integrering av livscykelräkningar i bygg- och fastighetssektorn genom beräkning av "inbyggd" energi och klimatpåverkan. Slutrapport till

⁷ T ex. Embodied Carbon Industry Task Force i Storbritannien.

Energimyndigheten. <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=18644>

Seo, S, Hajek, P, Birgisdottir, H, Nygaard Rasmussen, F, Passer, A, Chae, C-U, Malmqvist, T, Houlihan Wiberg, A, Mistretta, M, Lützkendorf, T, Balouktsi, M, Moncaster, A, Yokoyama, K, Yokoo, N, Oka, T. (2017). *Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Summary report*. ISBN 978-4-909107-11-4. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

H. Birgisdottir, A. Moncaster, A. Houlihan Wiberg, C. Chae, K. Yokoyama, M. Balouktsi, S. Seo, T. Oka, T. Lützkendorf, T. Malmqvist. (2017). IEA EBC annex 57 'evaluation of embodied energy and CO₂eq for building construction. *Energy and Buildings* 154 (2017) 72–80.

Inbyggd energi och klimatpåverkan – vad, hur och varför? (Subtask 1)

Delrapport 1 innehåller en pedagogisk genomgång vad inbyggd energi och klimatpåverkan är och kan beräknas samt rekommendationer om viktiga aspekter för mer jämförbara beräkningar. Här finns en redovisning av utvecklingen av standardiseringen inom området och en genomgång av olika termer och definitioner. Vidare tydliggörs att inbyggd energi i litteraturen och fallstudier kan innebära enbart fossil innehåll eller total energi (fossilt + förnybart). Hur kärnkraft räknas framgår inte alltid och inte heller om så kallad "feedstock"-energi ingår. När det gäller klimatpåverkan beräknas ibland enbart utsläpp av koldioxid och ibland utsläpp av växthusgaser i form av CO₂-ekvivalenter. Inte heller är det alltid tydligt t ex vilket IPCC-scenarie som används för beräkningen av klimatpåverkan i form av global uppvärmningspotential (GWP). När det gäller klimatpåverkan från biobaserade material ingår i vissa databaser kolupptag i materialdata (t ex. den tyska databasen Ökobau) och i andra inte vilket påverkar resultaten mycket om inbyggd klimatpåverkan beräknas enbart för produktion av byggnadsmaterial. Även här finns nu tydliga rekommendationer från Annex 57 kring vilka indikatorer som bör användas vid beräkning av EEG i byggnader och hur de bör definieras.

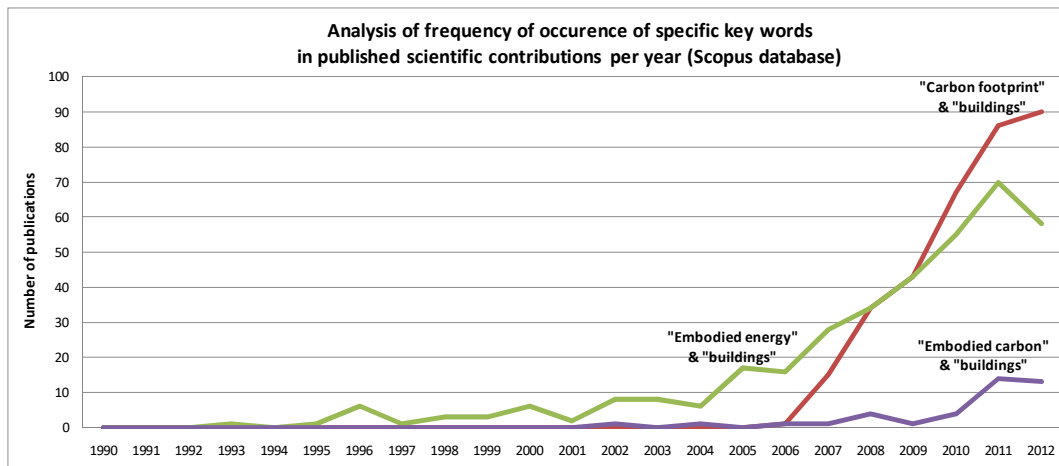
Referens:

Lützkendorf, T, Balouktsi, M, Frischknecht, R. (2016). *Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Subtask 1: Basics, actors and concepts*. ISBN 978-4-909107-05-3. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Litteraturoversikt (Subtask 2)

Arbetet i Annex 57 inleddes med en litteraturoversikt. Ett intressant resultat från det arbetet är den närmaste explosiva ökningen av vetenskapliga artiklar som under den senaste tioårsperioden publicerats i ämnet inbyggd energi- och/eller klimatpåverkan i byggnader, se Figur 4.

Figur 4



Antal publikationer med nyckelorden "carbon footprint", "embodied energy" eller "embodied carbon" kombinerat med nyckelordet "buildings".

Litteraturoversikten innehåller en sammanställning av ett stort antal vetenskapliga artiklar om LCA som fanns publicerat vid denna tidpunkt. Analysen visade bland annat på att definitioner på indikatorerna "inbyggd energi" och "inbyggd klimatpåverkan" samt systemgränserna för dessa varierar mycket eller ofta är otydligt beskrivna. Detta gör det därför mycket svårt att jämföra resultat från tidigare LCA-studier av byggnader. Denna analys utgjorde därför också ett viktigt motiv för att i projektet vägleda om tydligare definitioner och transparens i LCA-studier för byggnader.

Referens:

Chae, C-U (Ed), Kim, S-H. (2016). Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Subtask 2: A Literature Review. ISBN 978-4-909107-06-0. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Data och databaser (Subtask 3)

Från Subtask 3 tydliggjordes framför allt att de livscykeldata som används för att göra beräkningar av EEG varierar mycket internationellt. I Europa är det nu vedertaget att i livscykelanalyser för byggnader använda så kallade processdata. Även om det inte finns sådana data som är publika och lättillgängliga i alla europeiska länder (t ex. inte i Sverige), så finns databaser med generiska (ungefär medelvärdesdata) att tillgå. Utanför Europa är det vanligare att använda data som är genererade från nationella input/outputdata och baseras på ekonomiska transaktioner mellan olika sektorer. Beroende på om processdata eller input/output-data används kommer beräkningsresultaten att variera mycket.

Referens:

Seo, S (Ed), Yokoyama, K, Frischknecht, R, Dixit, M, Foliente, G. (2016). Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Subtask 3: Evaluation Methods of Embodied Energy and Embodied GHG in Building and Construction. ISBN 978-4-909107-07-7. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Analys av fallstudier (Subtask 4)

Beskrivning av fallstudierna och sammanfattning av analysen av dem finns i avsnitt 2.1.

Referenser:

Underlagsrapport med analys av fallstudierna:

Birgisdottir, H, Houlihan Wiberg, A, Malmqvist, T, Moncaster, A, Nygaard Rasmussen, F (Eds), Nehasilova, M, Potting, J, Soulti, E. (2016). *Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Subtask 4: Case studies and recommendations for the reduction of embodied energy and embodied greenhouse gas emissions from buildings*. ISBN 978-4-909107-08-4. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Alla fallstudier finns sammanställda i :

Birgisdottir, H (Ed.), H, Houlihan Wiberg, A, Malmqvist, T, Moncaster, A, Nygaard Rasmussen, F. (2016). *Evaluation of Embodied Energy and CO₂eq for Building Construction (Annex 57) Subtask 4 Case study collection report. Case studies demonstrating Embodied Energy and Embodied Greenhouse gas Emissions in buildings*. ISBN 978-4-909107-09-1. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Vetenskaplig artikel som fördjupar analysen av reduktionsstrategier för minskad inbyggd energy och klimatpåverkan, baserat på fallstudierna samt kompletterande litteratur:

Malmqvist, T., Nehasilova, M., Moncaster, A. M., Birgisdottir H., Nygaard Rasmussen F., Houlihan Wiberg A. & Potting J. Design and construction strategies for reducing embodied impacts from buildings – Case study analysis. *Energy and Buildings*, 166, 35-47.

Vetenskaplig artikel som fördjupar analysen av beräkningsmetodikens inverkan på beräkningsresultat i LCA-fallstudierna:

Nygaard Rasmussen, F., Malmqvist, T., Moncaster, A., Houlihan Wiberg, A., Birgisdottir, H. (2018). Analysing methodological choices in calculations of embodied energy and GHG emissions from buildings. *Energy and Buildings* 158, pp. 1487-1498.

Guidelines för praktiker

Baserat på de mer vetenskapligt inriktade analyserna i delrapporterna i Annex 57 sammanställdes också ett antal vägledningar för olika målgrupper. Två av dessa riktar sig till arkitekter och projektörer. Del 1 går igenom hur LCA-beräkningar kan göras med fokus på att få med inbyggd miljöpåverkan. Här finns också rekommendationer på hur transparent deklaration av metoder, systemgränser och data för LCA-studier av byggnader kan göras.

Del 2 sammanfattar lärdomar från fallstudierna avseende bygg- och designtekniska strategier för utformning av byggnader med låg inbyggd energi- och klimatpåverkan.

Referenser:

Lützkendorf, T, Balouktsi, M. (2016). Basics for the Assessment of Embodied Energy and Embodied GHG Emissions for Building Construction. Guideline for Designers and Consultants part 1. ISBN 978-4-909107-00-8. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

Birgisdottir, H, Houlihan Wiberg, A (Eds), Malmqvist, T, Moncaster, A, Nygaard Rasmussen, F. (2016). Guideline for Designers and Consultants part 2 : strategies for reducing EEG. ISBN 978-4-909107-01-5. <http://www.iea-ebc.org/projects/project?AnnexID=57>

2.4 Pågående arbete inom Annex 72

Successivt under arbetet med Annex 57 ökade intresset för fortsatt samverkan vilket ledde till att ytterligare ett Annex inom IEA EBC initierades. Detta heter IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings⁸ och pågår till mitten av 2021. 26 länder i Europa, Asien, Oceanien, Nord- och Sydamerika deltar med flera av de mest namnkunnigaste experterna från varje land. Projektet förväntas framför allt utmynna i harmoniserad metodvägledning för LCA av byggnader i praktiken samt vägledning kring hur digitaliserad LCA kan uppnås samt på ett bra sätt kopplas till befintliga arbetssätt och verktyg inom byggsektorn. Även detta projekt innehåller ett stort delarbete med fallstudier.

I skrivande stund pågår ett antal olika inventeringar och studier som avser att ge en bred bild över:

- vilka verktyg och databaser som används i olika länder
- vilka aktörer som använder LCA samt hur de gör det
- hur utvecklat digitaliserad LCA är och om det då sker med hjälp av BIM eller kostnadsberäkningsprogram
- hur utvecklingen av lagstiftning relaterat till LCA ser ut för olika länder
- om referensvärden för olika typer av byggnader finns och hur de i så fall har tagits fram
- skillnader i metodik i olika länder baserat på beräkningar för ett par fallstudiebyggnader som ansätts samma för alla länder
- skillnader i hur scenarier för användnings- och slutskedena ansätts i olika länder, etc.

Exempel på viktiga frågor som kommer att drivas framåt genom detta projekt är:

- Vägledning om hur scenarier för användnings- och slutskedena bör ansättas

⁸ <http://annex72.iea-ebc.org>.

- Vägledning om hur nationella databaser kan byggas upp
- Vägledning om hur referensvärden/målvärden för olika byggnadstyper kan utvecklas
- Vägledning om vilka miljöindikatorer som bör prioriteras samt hur de bör beräknas
- Vägledning om hur svåra metodfrågor som allokering, återvinning, elproduktion in-situ, etc. bör hanteras i beräkningar.
- Vägledning om hur digitaliserad LCA kan uppnås och kopplas till befintliga arbetssätt, arbetsflöden och verktyg i byggsektorn.

KTH har beviljats ytterligare medel av Energimyndigheten för att delta i Annex 72 fram till dess avslut. För mer information, kontakta tove.malmqvist@abe.kth.se.

3 Slutsats

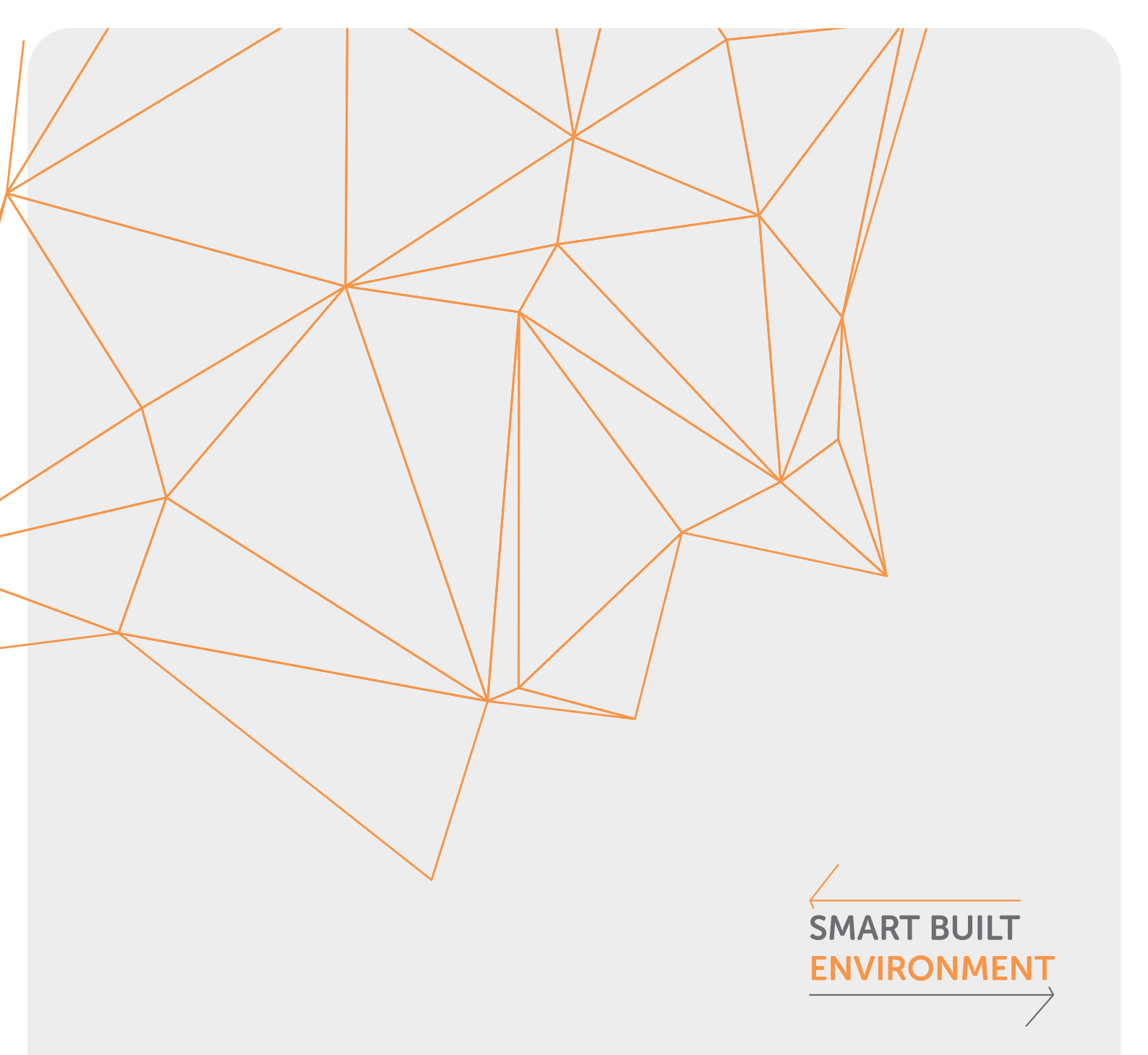
Analysen av fallstudierna i Annex 57 visar tydligt att trots den metodstandardisering som ägt rum under de senaste åren, finns fortfarande en stor diversitet i hur beräkningar är gjorda. Många gånger handlar skillnaderna om att fallstudierna haft olika syften eller genomförts inom ramen för en specifik kontext eller frågeställning, vilket därmed styrt metodvalen. Det är därför aldrig lämpligt att dra mer generella slutsatser utifrån enskilda fallstudier. Trots det, finns en rad lärdomar att dra baserat på analysen av denna typ av fallstudier.

De visar tydligt att klimatpåverkan kopplat till materialproduktion är stor. Samtidigt visar Annex 57 att inbyggd energi och klimatpåverkan hittills inte är något som tas stor hänsyn till i byggprocesser. Det finns därför stora möjligheter att utveckla produktions- och arbetsprocesser för att minska inbyggd klimatpåverkan och energi i byggnader. Annexets analys visar också att det finns begränsat med studier som utvärderar effekten av design- och byggnadsstrategier som kan tänkas minska inbyggd klimatpåverkan och energi.

När det gäller tillämpning av LCA för byggnader i praktiken, har vi i Sverige haft ett större fokus på klimatpåverkan jämfört med flera andra länder i Europa. Den starka ställning stora fastighetsutvecklare och entreprenörsföretag har i Sverige jämfört med andra länder i Europa har påverkat hur tillämpningen av livscykelanalys för byggnader har utvecklats. Exempelvis fanns ett starkt stöd för att inkludera aktiviteter på byggplatsen (modul A5) i Boverkets förslag till klimatdeklaration för byggnader. Detta hanteras mer schablonartat, om det hanteras alls, i andra länder. I länder där arkitekten har en starkare roll i byggprocessen har digitaliseringsfokus legat på att integrera LCA med verktyg i ritprocessen, samt med BIM, för att kunna digitalisera och förenkla LCA-beräkningar. I Sverige har istället spåret framför allt varit att koppla ihop eller integrera LCA i befintliga verktyg för kostnadsberäkningar av projekt.

Som en följd av projektet Annex 57, pågår nu det internationella projektet IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings i vilket 26 länder i Europa, Asien, Oceanien, Nord- och Sydamerika deltar. Projektet är

viktigt att följa då det kan ge berikande inspel till den fortsatta utvecklingen av tillämpad LCA i byggandet i Sverige.



SMART BUILT ENVIRONMENT

Med särskilt stöd från



Med stöd från:



FORMAS



STRATEGISKA
INN OVATIONS-
PROGRAM