

Olika byggsystem av betong och trä där mix av material inklusive stål ger klimatfördelar

Att komma till rätta med klimatproblematiken är mänsklighetens kanske största utmaning och en överlevnadsfråga som berör oss alla. Genom Parisavtalet har världens länder kommit överens om ett nytt klimatavtal som binder alla länder att göra åtgärder, med målet att den globala temperaturökningen ska hållas långt under 2 grader och vi ska jobba för att den ska stanna vid 1,5 grader. Länder ska främst minska sina utsläpp på hemmaplan. Sverige vill i detta sammanhang vara ett föregångsland och har satt ett miljömål att vi senast år 2045 inte ska ha några netto-utsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Hur kan byggsektorn bidra till denna utveckling och var befinner sig flerbostadsbyggandets klimatpåverkan idag? Hur kan jag som beställare bidra och driva på utvecklingen?

Historiskt sett har det största bidraget till klimatpåverkan från byggnaderna kommit från uppvärmningen. Men genom allt högre krav på låg energianvändning och bättre energimix har dessa utsläpp minskat drastiskt och de är på väg ner ytterligare. I dag står byggandet och tillverkningen av byggnadsmaterial för större utsläpp



Martin Erlandsson
IVL Svenska Miljöinstitutet



Tove Malmqvist
KTH



Foto: Niklas Johansson, Bygg och Miljöteknik Granab AB

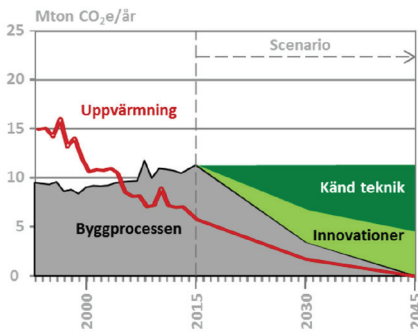
än uppvärmningen, se figur 1. Vi behöver därför nu tydligare fokusera på att göra klimatsmarta materialval. Enligt beräkningar så kan vi nå långt med känd teknik, men nya innovativa lösningar behöver också forskas fram [1].

Beräkna klimatpåverkan för att kunna förbättra

Som beställare (byggherre) är det viktigt att bidra till en mer hållbar framtid genom att ställa krav på byggnadens miljöprestanda. För att kunna påverka

byggprocessen på ett betydande sätt ska miljökrav ställas tidigt, innan produktionshandlingarna tagits fram. Med miljöprestanda menas här hur byggnaden påverkar den yttre miljön under sin livscykel. För att kunna analysera klimatpåverkan från ett byggnadsverk över dess livscykel och föreslå förbättringar så måste vi på något sätt kunna beräkna detta. Idag finns sådan robust metodik för att beräkna klimatpåverkan som är gemensam i hela Europa och baseras på livscykelanalysmetodik.

En livscykelanalys (LCA) gör det möjligt



Figur 1: Byggsektorns klimatpåverkan baserat på historiska data till och med 2015, med scenario till och med 2045 (Erlandsson med flera 2017).-

att med en beräkning bedöma konsekvenserna för flera olika typer av miljöpåverkan samtidigt såsom; klimatpåverkan, försurning, övergödning, marknära ozon, ozonnedbrytning och resursanvändning. I dag anser de flesta att klimathotet är det mest angelägna miljöproblemet då det riskerar att hota hela mänsklighetens existens. Därför finns ett fokus idag på att ställa krav på produkters klimatpåverkan. Erfarenheten har också visat att en låg klimatpåverkan vanligtvis innebär att annan miljöpåverkan också är låg, vilket också kan motivera denna förenkling.

För att en livscykelanalys ska ge samma resultat oavsett vem som gör beräkningen krävs att alla använder samma metod och att alla metodval läses fast. Sådana "låsta" metodanvisningar – produktspecifika regler – finns i bygg- och fastighetssektorn. Dessa metodanvisningar för byggnader (EN15978) är kompatibla med de metodanvisningar som finns för alla byggresurser (EN 15804). Dessa två metodanvisningar är kopplade till EU:s byggproduktförordning (CPR). I de här metoderna delas en byggnads livscykel in i tre skeden: A1-5 byggskedet, B1-7 användningsskedet samt C1-4 slutskedet. Varje skede är i sin tur indelat i ett antal informationsmoduler, se figur 2 som beskriver hur resultatet från livscykelanalysen ska redovisas.

Eftersom metodanvisningarna för hur man ska göra en LCA för ett byggnadsverk är gemensamma i hela Europa är det mycket kostnadseffektivt för byggmaterialeverantörer att ta fram miljövarudeklarationer för de byggprodukter som används och ofta säljs i flera länder. I dag finns över 4 000 sådana leverantörsspecifika miljövarudeklarationer utvecklade enligt samma metodik och standard (EN 15804). Det finns även miljövarudeklarationer som beskriver miljöprestanda hos flera företags produkter, det vill en medelvärdes-EPD. I praktiken betyder

A 1-3 Produktskede			A 4-5 Byggproduktions-skede		B 1-7 Användningsskede						C 1-4 Slutskede		D Tillägg-info			
Råvaruförvinning (A1)	Transport (A2)	Tillverkning (A3)	Transport till byggsplatsen (A4)	Bygg- och installationsprocessen (A5)	Användning (B1)	Underhåll (B2)	Reparation (B3)	Utbyte (B4)	Ombyggnad (B5)	Driftsenergi (B6)	Driftens vattenanvändning (B7)	Demontering och rivning (C1)	Transport (C2)	Restproduktbehandling (C3)	Bortskaffning (C4)	Fördelar och belastningar utanför systemgränsen
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Figur 2: En byggnads livscykel uppdelat i skeden och informationsmoduler (EN15804, EN 15978). "X" anger vilka delar av livscykelns som ingår i beräkningarna för de studerade byggsystemen som redovisas här. I den svenska översättningen av SIS införs benämningen Byggskedet för modul A1-5 (SIS 2016).

detta att det idag finns både ett verktyg och underlagsdata för att ställa krav på en byggnads klimatpåverkan. Det pågår dessutom en digitalisering av byggsektorn som i framtiden gör att miljöpåverkan enligt en LCA kommer kunna hanteras av de IT-verktyg som redan finns i bygg- och förvaltningsprocessen.

Exempel på vilken klimatprestanda som byggs idag

Många undrar vilken klimatpåverkan ett vanligt flerbostadshus ger upphov till och vad som är skillnaden mellan olika byggsystem. För att kunna göra en sådan jämförelse så måste alla alternativen;

- baseras på tidsmässigt likvärdiga teknikval såsom "dagens tillgängliga teknik", eller "dagens praxis"
- beräknas med samma LCA-metodik
- inkludera majoriten av byggmaterialen (>95%)
- omfatta samma antal byggdelar
- hela livscykeln måste jämföras (där delar av livscykeln som är lika eller likvärdiga förenklat kan tas bort)
- alla byggnadsalternativ måste uppfylla samma grundläggande funktionella krav och
- resultatet måste ges i relation till en fysisk jämförbar enhet vilket för bostäder oftast är per m² och för en given analysperiod såsom 50 år.

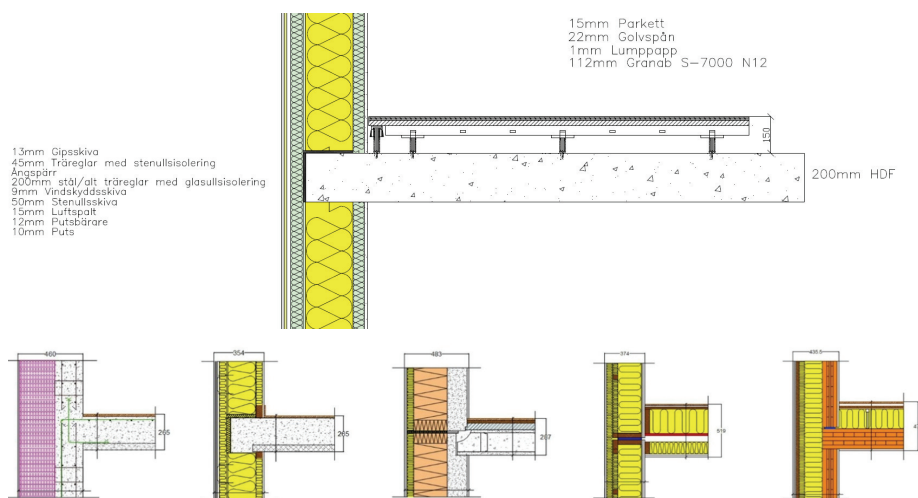
De två sistnämnda punkterna ovan benämns funktionell enhet i en LCA och är det sätt på vilket resultatet kommuniceras.

En sådan studie av nyproducerade flerbostadshus håller just på att avslutas inom ramen för ett SBUF-projekt [9]. De funktionella kraven som gäller för de beräkningar som gjorts i detta projekt och som redovisas här innebär att samtliga byggplattformar uppfyller byggreglernas (BBR) krav, samt överträffar dessa med ljudklass B och ett energibehov definierat som; 41 kWh fjärrvärme och 12 kWh fastighetsel per m² A_{temp} och år. Alla byggsystem har projekterats utifrån samma A-ritningar från ett av husen i kvarteret Blå Jungfrun i Stockholm [12]. Huset är på sex våningar och anlagt på en platta på

mark. Vidare har alla alternativen samma, invändiga yttskikt, inredning och installationer och en putsad fasad och ett papptäckt tak. Alla alternativen har således samma A_{temp} på 2 198 m², men plattformsalternativen har vissa detaljer som skiljer sig mellan systemen såsom balkonglösningar. Alla byggdelar ovanför plattans dränerande lager ingår och alla resurser som används för byggskedet ingår. Byggsystemen är sådana som byggs idag och materialen är sådana som regelmässigt används och inte sådant som bara säljs i små kvantiteter eller i enstaka projekt (se figur 3).

Vi redovisar här LCA-resultatet från fem olika byggsystem som analyserats i projektet "Klimatpåverkan av nyproducerade flerbostadshus med jämförande LCA-analyser för ett flerbostadshus som typhus", SBUF projektnummer 13355. FoU-projektet är en fortsättning på två tidigare studier för kvarteret Blå Jungfrun [7] och brf. Strandparken [6]. Beräkningarna visar på klimatpåverkan för byggplattformarna över en livscykel på 50 år och syftet med studien är att belysa potentialer till förbättringar på byggnadsnivå. För en utförligare beskrivning av bakomliggande antaganden och de fem byggsystemen A) till E) hänvisas till en rapport av Malmqvist med flera [9].

Utöver dessa 5 byggplattformar har i denna artikel lagts till en ytterligare konstruktionslösning, som kan ses som ett exempel på en byggplattform för en marknadsutveckling av en betongbyggnad med fokus på cirkulär ekonomi och rationell byggprocess. Det vill säga något som marknaden på egen hand utan incitament skulle kunna utvecklas mot. Detta alternativ har utvecklats inom ramen för ett pågående uppdrag till Naturvårdsverket och Boverket. Denna tillkommande konstruktionslösning innehåller en mix av betong, stål och trä. Konstruktionen är ett pelardäcksystem bestående av hålbjälklag, bärande väggar av prefabricerad betong kompletterat med stålpelare och balkar, samt lätta utfackningsväggar av lätta stålreglar och trä. Betongövergjutningen är ersatt



Figur 3: Detalj från ytterväg/bjälklagsanslutningarna i ett E) pelar-däck-system (överst), samt A) platsgjuten betong med bärande yttervägg, B) platsgjuten betong och C) lätta utfackningsväggar, D) prefabbetong med bärande yttervägg, E) volymelement av trä, F) KL-trä i stomme och yttervägg.

Tabell 1: Jämförbara LCA-resultat för sex olika byggplattformar under 50 år [9] [2]

Byggsystem	A1-3 Produktskede	A4 Transport	A5 Bygg- och installationsprocessen	B1) Karbonatisering	B2,4 Underhåll och utbyte 50 år	B6) Driftsenergi	C1-4 Slutskede	Summa livscykel A-C	A1-5 Byggskedet
A) Platsgjuten betong med kvarsittande form, bärande yttervägg	279	11	42	-4	17	188	18	550	331
B) Platsgjuten betong, lätta utfackningsvägg	234	11	45	-3	17	188	14	506	290
C) Prefab betong, bärande yttervägg i betong	214	24	34	-3	18	188	6	482	272
D) Volymelement med trä	176	18	29	-1	24	188	10	445	223
E) KL-trä i stomme och yttervägg	167	19	37	-1	22	188	8	441	223
F) Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, lätta utfackningsvägg	182	24	39	-2	18	188	6	455	245

av ett uppreglat golv (typ Granab). Konstruktionslösningen kan ses som ett industriellt byggnande och exempelvis våtrummen kommer i färdiga paket och alla rördragningar kan enkelt göras under det uppreglade golvet. I en framtid är det i denna typ av byggsystem enkelt att göra stomrent och bygga om helt, om så önskas.

Tolkning av LCA-resultatet

Tabell 1 visar den resulterande klimatpåverkan för de sex byggsystemen som analyserats som är jämförbara med hänsyn till de gemensamma grundkrav som ställts upp i den funktionella enheten. Normalt sett används oftast en analysperiod som utgår ifrån ett ombyggnadsintervall på 50 år. Vid detta tillfälle görs en bedömning om

att bygga om, eller riva och bygga nytt, och denna analysperiod är på så sätt relevant för fastighetsägaren och dennes investeringsbeslut. Ett uppenbart problem med att räkna med en längre analysperiod på exempelvis 100 år är att såväl energisystemens klimatpåverkan kommer att minska i framtiden som hur vi tillverkar de resurser och byggmaterial som används – osäkerheterna ökar. Mot denna bakgrund är det förstaeligt att Boverket i sitt förslag till en klimatedeklaration begränsat redovisningen till byggskedet, det vill säga den del av livscykeln som går att verifiera och som beställaren har rådighet över.

Skillnaden mellan de olika byggplattformarnas klimatpåverkan som beskrivs i tabell 1 omfattar tekniker så

som man bygger idag och de materialval som normalt då väljs. I SBUF-projektets underlagsrapporter framgår ett antal olika förbättringsmöjligheter, men även känslighetsberäkningar om transportavstånden ökar eller om analysperioden ökar till 100 år samt olika scenarier för det framtida energisystemet. Förenklat kan man säga att de träbaserade systemen har en lägre klimatpåverkan oavsett om man ser till byggskedet (A1-5) eller över hela livscykeln (A-C). Bidraget från drift och underhåll av byggnaden samt rivning är betydligt mindre än bidraget från byggskedet. En intressant förbättring av ett betongbaserat system erhålls genom att kombinera betong med andra material så som gjorts i det pelardäckalternativ som analyserats här. Det ger då en signifikant förbättring i förhållande till de andra betongbaserade systemen. Betongen är ett material som i en framtid har stor potential att minska klimatpåverkan genom att utveckla alternativa bindemedel och införa koldioxidinfångning och lagring vid tillverkningen av portlandsklinker. En miljöaspekt som gynnar trä som konstruktionsmaterial är den koldioxidsänka som det innebär att trä lagras i byggnader. Denna positiva effekt har inte räknats med i tabell 1 då den möjligheten inte finns enligt de metodstandarder som används just nu.

De LCA-beräkningar som redovisas här i tabell 1 skall inte jämföras rakt av med andra LCA:er, som ofta beräknas manuellt och därför bara har med de mest betydande materialen i konstruktionen. Beräkningarna som gjort här har gjorts digitalt utifrån en resurssammanställning från en kostnadskalkyl. I en framtid tänker vi oss att alla ska få tillgång till LCA-beräkningar ifrån de digitala verktyg som de redan använder och utan att vara LCA-specialist [2]. Beräkningsresultaten i tabell 1 är inte heller jämförbara med beräkningarna för Riksbyggens projekt brf Viva [5], som använder en betong som specialtillverkats för det aktuella objektet. Vidare analyseras en alternativ lösning av KL-trä, men som försetts med en målad träfasad och ett underhållsscenario som inte motsvarar dagens praxis, vilket påverkar slutresultatet signifikant.

Om vi är mer framåtblickande även i våra beräkningar i teknikvalet av betong så som gjorts i beräkningarna av brf Viva och ansätter att en betong typ CEM III/A används i alternativ F) pelardäck, det vill säga en bindemedelsmix av slagg och portlandscement. Betong med detta bindemedel typ CEM III/A med cirka

50 procent slagg påverkar under normala förhållanden inte härdningstiden och är vanligt förekommande i anläggningssektorn i andra länder [10]. Med denna förbättringskulle klimatpåverkan för pelardäck-alternativen med en mix av material minska till 222 kg CO₂/m² under byggskedet A1-5. Detta teoretiskt möjliga resultat är likvärdigt med dagens klimatprestanda med dagens teknik för KL-trä och volyemelement av trä. I och med att reduktionsplikten införts i Sverige sedan halvårsskiftet 2018 på all fordons diesel, så innebär detta en inledande klimatförbättring minskning på 20 procent i förhållande till en 100 procent fossildiesel. Detta har inte beaktas i beräkningarna i *tabell 1* och ger procentuellt sett en större minskning per kg material för trä jämfört med betong eller stål, varför resultaten som visas i *tabell 1* är ett konservativt antagande för träalternativen.

Ställ krav på klimatpåverkan som beställare

Trafikverket kräver i dag att entreprenören ska beräkna klimatpåverkan för alla större infrastrukturprojekt. För byggnader ställer idag ingen statligt myndighet eller före-

tag något motsvarande rutinmässigt krav. Däremot har Boverket i ett regeringsuppdrag föreslagit att det ska tas fram en obligatorisk klimatdeklaration för alla nybyggnadsprojekt. Det kravet ställs enligt förslaget på fastighetsägaren, som i sin egenskap av byggherre måste avtala med entreprenören att ta fram deklarationen. Det finns en bred politisk förankring för detta förslag och det är därför troligt att det kommer att finnas ett krav på en obligatorisk klimatdeklaration inom några år.

Vi kan redan i dag lära från erfarenheterna av Trafikverkets krav på klimatredovisning som beställare. För att ta fram en klimatdeklaration enligt deras krav finns gratisverktyget Klimatkalkyl. Motsvarande gratisverktyg finns för byggnader; Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM), och innehåller en databas med LCA-data för att göra en klimatdeklaration för byggnader. Idag är det främst marknadens frivilliga miljöarbete med olika miljöcertifieringssystem som driver på utvecklingen med miljöanpassningar av byggnader, i avsaknad av lagkrav eller andra politiska styrmedel.

I dessa miljöcertifieringssystem ställs krav på en LCA-beräkning som kan ge extrapolering om en livscykelanalys görs och ofta i kombination med att ytterligare poäng, eller ett högre betyg erhålls, om förbättringar görs. Exempel på sådana miljöcertifieringssystem som används i Sverige för byggnader är BREEAM, LEED, Miljöbyggnad, Noll CO₂ och FEBY18. Man skulle kunna säga att miljöcertifieringssystemen till stor del har drivit utvecklingen för hur krav på miljö- och klimatberäkningar med en LCA ska göras. Ett vanligt angreppssätt är att först ta fram ett förslag på en byggnad – såsom man brukar designa och bygga – och därefter förbättra denna konstruktion. Fördelen med detta angreppssätt är att den som gör beräkningen jämför med sig själv, vilket gör att LCA-metodiken, beräkningens omfattning, mm. inte behöver preciseras i minsta detalj och att datakvaliteten för de resurser som används i byggprocessen inte behöver vara av så hög kvalitet.

För beställare av byggnader är det viktigt att känna till att det nu finns accepterade och kostnadseffektiva metoder som kan användas i hela processen, från tidig

Tabell 2: Sammanfattning av olika varianter att ställa klimatkrav med hjälp av en LCA [2].

Sätt att ställa klimatkrav	Varianter	Positivt	Negativt
Teknisk specifikation	1) Anbudsgivaren ska till anbudet ta fram en klimatdeklaration, vilket visar att denne har kompetens och kännedom om miljökonsekvenserna av det som levereras.	Bidrar till kunskapsuppbyggande och kan vara ett bra sätt att börja ställa klimatkrav på en omogen marknad. Inga absoluta nivåer på klimatpåverkan krävs, varför kraven på LCA-data och metoder är lågt.	Stimulerar inte till några direkta förbättringar.
	2) Enligt ovan samt med krav på att en viss andel av klimatpåverkan skall vara baserad på leverantörsspecifika uppgifter.	Enligt ovan samt att detta säkerställer att kunskapen hos anbudsgivaren även omfattar aktiva val av specifika leverantörer och klimatförbättringar som detta kan ge.	Stimulerar till förbättringar för byggmaterial och andra varor och tjänster under byggskedet, men påverkar inte övriga delar av livscykeln eller så att alternativa konstruktionslösningar används.
Tilldelning av kontrakt	1) Anbudsgivaren ska ta fram en klimatdeklaration för byggskedet. Olika klimatprestanda (kg CO ₂ e/m ²) ger upphov till olika utvärderingspoäng	Byggskedet är oftast är den mest betydande delen av livscykeln och detta möjliggör då indirekt en jämförelse mellan olika anbudsgivare. Detta förutsatt att det är en konstruktivt rätt utformad byggnad med beständiga byggmaterial.	Eftersom bara byggskedet beaktas måste beställningen utformas så att klimatpåverkan under användnings- och slutskedet inte blir betydande sett ur ett livscykelperspektiv. För att säkerställa en sund konkurrens måste en kvalitetssäkrad Klimatredovisning tas fram som definierar den nivå som måste uppfyllas. I dag saknas en sådan allmänt tillämpas kvalitetsredovisning.
	2) Enligt ovan, men anbudsgivaren ska ta fram en klimatdeklaration för hela livscykeln.	Eftersom en hel livscykel ingår, så möjliggör detta att anbudet kan jämföras utan risk för suboptimeringar. Om energianvändning är lika för alternativen kan man bortse från denna del, vilket är möjligt att ange i en upphandling.	Enligt ovan samt det är svårt att göra en saklig och robust LCA som omfattar framtiden. Användnings- och slutskedet måste hanteras med scenarion som kan innebära att osäkerheter införs, som kan påverka det övergripande resultatet och därmed snedvrider konkurrensen.
Särskilda kontraktsvillkor	1) Anbudsgivaren behöver bara göra klimatdeklarationen om denne får anbudet. Klimatdeklaration tas då fram under byggtiden (eller senast vid överlämnandet).	De anbudslämnare som saknar kompetens kan under byggtiden skaffa sig den kunskap som krävs för att göra en klimatdeklaration.	Över tid bör det vara en hygienfaktor att alla anbudsgivare har denna kompetens och det är inte troligt att deklarationen ger upphov någon förändring.
	2) Utifrån en given referensnivå som kan sättas av beställaren eller av anbudsgivaren införs ett ekonomiskt incitament under genomförandet som faller ut om förbättringar görs.	Alternativet stimulerar entreprenören att göra förbättringar. Trafikverket har använt denna variant med positivt resultat. Dock påverkar val av entreprenadform möjligheten att göra förbättringar.	Definitionen av referensnivå är kritiskt och kräver att de ändringar och tillägg som görs under byggprocessen måste hanteras precis som ÅTA (Ändringar, Tillägg, Avgående).

projektering tills byggnaden står färdig och klimatprestandan kan verifieras. Det går således att ställa klimatrelaterade materialkrav nu! Det viktiga blir då att bestämma sig för vilken strategisk roll klimatfrågan skall ha i verksamheten som fastighetsutvecklare. Varför är det viktigt för den egna organisationen att ta ställning till hur man ska bidra till en omställning till ett mer klimatneutralt samhälle och hur kan det ske. I *tabell 2* ges en övergripande beskrivning med olika alternativ för den som vill börja ställa krav på klimatpåverkan med hjälp av LCA. Med tanke på att sådana klimatkrav är något nytt för de allra flesta, så kan det vara lämpligt att se det som en början på en lärande process och inledningsvis ställa ett krav på att en LCA ska genomföras och att glädja sig över att detta ger nya kunskaper och insikter för både beställaren och entreprenören. ■

Referenser

[1] 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.

[2] Erlandsson M (2018): *Underlagsberäkningar till uppdraget: Uppskalad livscykelanalys och klimatscenario för Sveriges bygg och fastighetssektor*. På uppdrag av Naturvårdverket och Boverket, arbetsmaterial september 2009.

[3] Erlandsson M, Byfors K, Sveder Lundin J (2017): *Byggsektorns historiska klimatpåverkan och en projektion för nära noll – Underlagsrapport till en debattartikel*. IVL Svenska Miljöinstitutet rapport IVL rapport C 277, ISBN 978-91-88787-12-5, december 2017 (revideras mars 2018).

[4] Erlandsson M, Malmqvist T, Larsson M (2018). *Livscykelanalysbaserade miljökrav för byggnadsverk – En verktyglåda för att ställa miljökrav*. IVL Svenska Miljö Institutet, rapport B2253, 2018.

[5] Kurkinen E-L, Norén J, Peñaloza D, Al-Ayish N, Daring O (2015): *Energi och klimateffektiva byggsystem Miljövärdering av olika stomalternativ*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och CBI Betonginstitutet AB, SP Rapport 2015:70.

[6] Larsson M, Erlandsson M, Malmqvist T, Kellner J: *Byggandets klimatpåverkan (2016): Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportnummer B 2260, Juni 2016.

[7] Liljenström C, Malmqvist T, Erlandsson M, Fredén J, Adolfsson I, Larsson G, Brogren

M (2015): *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportnummer B2217, 2015.

[8] Malmqvist T, Erlandsson M (2017): *LCA-baserade miljökrav i byggandet. Rapport till forskningsprogrammet E2B2*, Energimyndigheten och IQ Samhällsbyggnad, rapport 2017:27 (IVL rapport C285, ISBN 978-91-88787-21-7)), december 2017.

[9] Malmqvist T, Erlandsson M, Francart N, Kellner J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem*. Stockholm: Sveriges Byggindustrier, september 2018.

[10] Statens Vegvesen (2014): *Slag cement concrete – the Dutch experience. Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012–2015*. Statens Vegvesen, rapport Nr. 270, Norge, februar 2014.

[11] SIS (2016): *Livscykelkedan och moduler i EN 15804 och EN 15978*. Hållbarhet hos byggnadsverk SIS/TK 209. www.sis.se/en/standardutveckling/tksidor/tk200299/sistk209/

[12] Svenska Bostäder, SB (2009): *Bo i passivhus – byggt med omtanke om dig och miljön. Kvarteret Blå Jungfrun i Hökarängen*. Svenska Bostäder november 2009. www2.svenskabostader.se/Global/Pdfer/Bygger/BlaJungfrun/Informationsblad_BlaJungfrun.pdf