Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader

Tove Malmqvist, Sara Borgström, Johanna Brismark, Martin Erlandsson

Stockholm, Sverige, 2021

Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader

Tove Malmqvist (KTH), Sara Borgström (WSP), Johanna Brismark (KTH), Martin Erlandsson (IVL Svenska Miljöinstitutet)

Slutrapport

KTH Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad

TRITA-ABE-RPT- 2120

ISBN: 978-91-7873-954-7

Omslagsfoton: Sara Borgström

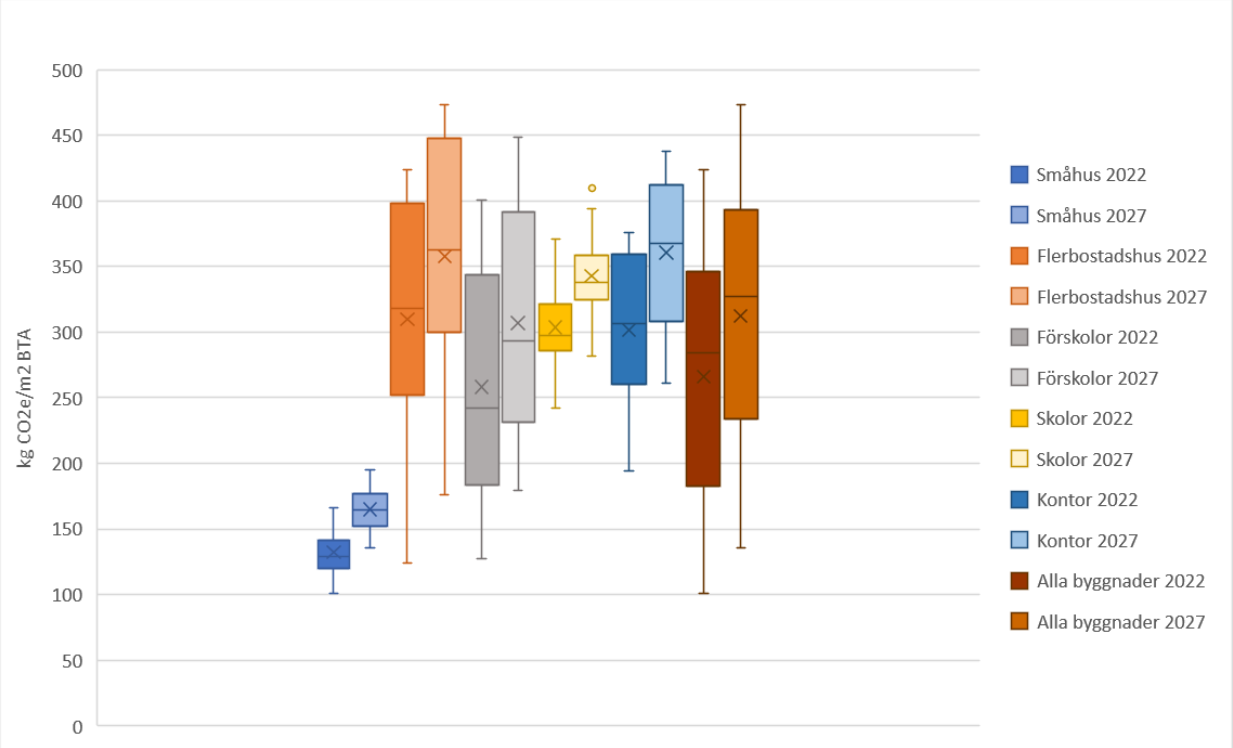
Innehållsförteckning

Sammanfattning 4
Termer och begrepp 11
1 Inledning 14
1.1 Beskrivning av uppdraget 14
1.2 Genomförande av uppdraget 15
1.3 Läsanvisning 16
2 Bakgrund om referensvärden 17
2.1 Definitioner av referensvärden 17
2.2 Översikt över andra metoder och studier för referensvärden för klimatpåverkan från nya byggnader 18
2.3 ”Statistisk” analys av ett större antal verkliga byggnader – externa referensvärden 21
2.4 Analys eller modellering av få representativa verkliga eller teoretiska byggnadsmodeller – externa referensvärden 22
2.5 Interna referensvärden 23
3 Beskrivning av nyproduktion i Sverige 25
3.1 Småhus 26
3.2 Flerbostadshus 29
3.3 Lokalbyggnader 32
4 Metodik för denna studie 35
4.1 Övergripande metodval för framtagande av referensvärden 37
4.2 Metod för beräkning av klimatpåverkan 39
4.2.1 Beräkning av modul A1-A3 (produktskedet) 39
4.2.2 Uppräkning av klimatpåverkan baserat på täckningsgrad 41
4.2.3 Beräkning av modul A4 (transport) 44
4.2.4 Beräkning av modul A5 (bygg- och installationsprocessen) 45
4.2.5 Beräkning av invändiga ytskikt och inredning (Byggdel 7) 48
4.2.6 Beräkning av tekniska installationer (byggdel 8) 48
4.3 Frågor som rör representativitet hos referensvärden 50
4.3.1 Urval av byggnadstyper 50
4.3.2 Byggnadsegenskaper och funktionskrav 51
4.3.3 Krav på byggnadsunderlaget 52
4.4 Insamling och bearbetning av underlagsdata 53
4.4.1 Vad är en resurssammanställning? 54
4.4.2 Projektinformation 55
4.4.3 Typ av underlag för resurssammanställningen 56
5 Beskrivning av byggnadsunderlaget 60
5.1 Förklaring till låddiagram 60
5.2 Översiktlig beskrivning av byggnadsunderlaget 61
5.3 Kategorisering i stomtyper 65
6 Resultat 67
6.1 Referensvärden för klimatpåverkan som speglar dagens nyproduktion 67

6.2 Resultat per byggnadstyp 70
6.2.1 Klimatpåverkan modul A1-A5 totalt 70
6.2.2 Klimatpåverkan per del av livscykeln 72
6.2.3 Klimatpåverkan per byggdel 74
6.2.4 Klimatpåverkan per produkttyp 76
6.3 Klimatpåverkan utifrån byggnadsegenskaper 78
6.3.1 Huvudsaklig stomtyp 78
6.3.2 Antal våningar ovan och under mark 81
6.3.3 Solceller 84
6.3.4 Övrig byggnadsgeometri 85
6.3.5 Övriga byggnadsegenskaper 85
6.4 Beräkningar med klimatförbättrade produktval 87
6.4.1 Övergripande resultat 88
6.4.2 Byggnadstyp 88
6.4.3 Stomtyp 91
6.4.4 Fördelning byggdelar och produkttyper 94
7 Diskussion och slutsatser 99
7.1 Slutsatser för framtagna referensvärden 99
7.2 Metodreflektioner 102
7.3 Fortsatt arbete för bransch och forskning 103
Referenser 105
Bilagor 108

Sammanfattning

Denna rapport beskriver resultatet av den uppdragsforskning som genomförts åt Boverket inom ramen för Boverkets och Upphandlingsmyndighetens regeringsuppdrag ”Uppdrag att främja minskad klimatpåverkan vid offentlig upphandling av bygg-, anläggnings- och fastighetsentreprenader”, för att ta fram referensvärden för klimatpåverkan för nya byggnader. Baserat på analyser av närmare 70 byggnaders klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5) har referensvärden för klimatpåverkan tagits fram för flerbostadshus, kontor, förskolor, skolor och småhus. Resultaten visar generellt på en stor spridning inom byggnadstyperna, men ger en god grund för att kunna gå vidare med utveckling av olika typer av gränsvärden i till exempel upphandling eller utveckling av regelverket för klimatdeklarationer.



Klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5) för olika byggnadstyper och för samtliga byggnader i studien. Figuren visar klimatpåverkan med två olika systemgränser för byggdelar. Den ena (2022) följer klimatdeklarationens systemgräns, det vill säga klimatskärm, bärande konstruktionsdelar och innerväggar. Den andra (2027) inkluderar dessutom invändiga ytskikt, fast inredning samt tekniska installationer, det vill säga en utökad systemgräns för byggskedet med avseende på byggdelar, enligt Boverkets förslag till utveckling av regelverket 2027.

Uppdrag

Denna rapport redovisar en studie som gjorts för Boverkets räkning inom ramen för Boverkets och Upphandlingsmyndighetens regeringsuppdrag ”Uppdrag att främja minskad klimatpåverkan vid offentlig upphandling av bygg-, anläggnings- och fastighetsentreprenader” (Fi2019/01139/BB (delvis) Fi2020/01192/BB)[1]. Närmare bestämt har studien omfattat att:

- Ta fram och föreslå en metodik för hur referensvärden för uppförande av nya byggnader kan beräknas och fastställas.

[1] https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/03/uppdrag-att-framja-minskad-klimatpaverkan-vid-offentlig-upphandling-av-bygg--anlaggnings--och-fastighetsentreprenader/

- Samla in och bearbeta underlagsdata om byggnader som referensvärden kan baseras på.
- Ta fram referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av nya byggnader som ska:
    - Kunna utgöra stöd för klimatkrav vid upphandling.
    - Kunna följa upp utvecklingen över tid gällande klimatpåverkan från nyproduktion av byggnader.
    - Kunna utgöra ett underlag för att på sikt eventuellt föreslå gränsvärden kopplat till regelverket om klimatdeklaration för byggnader.

Metod

Arbetet har bestått av två etapper. Den första etappen genomfördes under hösten 2020 och bestod av metodikutveckling för referensvärden samt datainsamling och bearbetning av ett större antal byggnader. I den andra etappen som genomfördes under vår och sommar 2021 gjordes beräkningar och analyser som grund för de referensvärden som föreslås i denna rapport. I metodikutvecklingsarbetet har också ingått att genomföra en granskning av andra metoder för att ta fram liknande referensvärden samt att ta fram en översiktlig bild över vilken slags teknik och materialval som används för nyproduktion av byggnader idag i Sverige.

Referensvärden har tagits fram för:

- Flerbostadshus
- Småhus
- Kontorsbyggnader
- Skolbyggnader
- Förskolebyggnader

Ett mycket brett upprop till branschaktörer om att bidra med byggnadsdata gick ut tidigt i studien. Projektet har strävat efter att beräkna klimatpåverkan från en färdig byggnad, inklusive kompensation för dataluckor, vilket har gjort att beräkningsunderlaget mestadels bestått av utdrag ur kostnadskalkyler eller affärssystem (framför allt hos industriell produktion). De mycket strikta kvalitetskrav som sattes upp för beräkningsunderlaget innebar att många intresserade uppgiftslämnare inte hade möjlighet att bidra. Det gäller framförallt många intresserade byggherrar, som enbart har begränsad tillgång till underlag i form av sammanställningar av mängder av olika byggprodukter i byggnaden i de senare skedena av ett byggprojekt.

Generellt följer beräkningen av de referensvärdena som presenteras i denna rapport den metodik som framgår av regelverket för klimatdeklarationer samt förtydliganden i Boverkets handbok[2] men med några få undantag för att passa denna studies syften. Klimatberäkningarna har därmed genomförts enligt följande:

- Referensvärden beräknas för en systemgräns för livscykeln som motsvarar modul A1-A5 (byggskedet) enligt regelverket för klimatdeklarationer och standarden EN 15978.
- Referensvärden tas fram för två olika systemgränser för medräknade byggdelar:

[2] https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/

- ”Systemgräns enligt 2022”, det vill säga avgränsning enligt Förordning (2021:789) om klimatdeklaration för byggnader då den införs 2022 som inkluderar byggnadens klimatskärm och byggnadens samtliga bärande konstruktionsdelar och innerväggar.

- ”Utökad systemgräns för byggskedet – 2027”, det vill säga enligt förslag från Boverket för utveckling av klimatdeklarationen 2027 vilket inkluderar ”2022 års systemgräns” samt tekniska installationer, invändiga ytskikt och fast inredning (Boverket, 2020).

- Referensvärden baseras på beräknad klimatpåverkan utifrån resurssammanställningar inklusive en uppräkning baserad på respektive resurssammanställnings täckningsgrad.

- Beräkning av modul A4 (transport av material till byggplats), A5 spill (klimatpåverkan av produktion av material som blir till spill på byggplatsen, också kallat A5.1), A5 energi (klimatpåverkan från energikrävande processer på byggplatsen, också kallat A5.2-4), samt de tillkommande byggdelarna 2027 baseras på schablonberäkningar. För A4 och A5 spill har Boverkets klimatdatabas använts och för A5 energi och för de tillkommande byggdelarna (tekniska installationer, invändiga ytskikt och fast inredning), har projektet arbetat fram egna schablonvärden.

- Referensvärden beräknas baserat på de uppgifter om specifika mängder och byggprodukter som uppgiftslämnarna tillhandahållit för respektive byggnad. För respektive angiven byggprodukt har dock klimatdata använts i form av medelvärdesdata för klimatpåverkan för byggprodukter från i huvudsak Boverkets nationella klimatdatabas. Det innebär att även om en byggherre gjort ett aktivt produktval för ett enskilt material för att sänka klimatpåverkan, syns inte det i beräkningarna i denna studie. Referensvärden har dock också tagits fram för att synliggöra en potential med några ”klimatförbättrade produktval”, det vill säga där klimatdata med lägre klimatpåverkan använts för produkttyperna betong, konstruktionsstål och aluminium.

- Referensvärden redovisas i första hand som klimatpåverkan i kg CO_2e/m^2 bruttoarea (BTA), men referensvärden finns också redovisade i form av kg CO_2e/m^2 A_{temp}.

- Underlag för resurssammanställningar är i första hand kostnadskalkyler i sena skeden, för att därmed vara så kompletta representationer som möjligt av byggnaderna.

Urvalet av byggnader som ligger till grund för redovisade referensvärden, kontrollerades med avseende på statistik för dagens nyproduktion av byggnader. Det slutgiltiga urvalet är snarlikt statistiken med avseende på andelar av olika stomtyper inom respektive byggnadstyp. Därmed valdes att använda resultaten från byggnadsurvalet utan någon ytterligare viktning, för att ta fram representativa referensvärden för de olika byggnadstyperna.

Resultat och slutsatser

Analyser och referensvärden redovisas för byggskedet (modul A1-A5) fördelat på exempelvis olika byggnadstyper, olika byggdelar och produkttyper. Andra moduler, såsom energianvändning i användningsskedet (modul B6) ingår inte i beräkningarna i denna rapport. Nedan sammanfattas de mest betydande slutsatserna som relateras till de framtagna referensvärdena och användningen av dessa:

- Medelvärden för flerbostadshus, kontor och skolor ligger nära varandra medan framför allt småhusens medelvärde ligger betydligt lägre, mer än 50 procent lägre än nämnda byggnadstyper.

- Generellt sett finns en stor spridning avseende klimatpåverkan mellan olika byggnader inom samma byggnadstyp. I synnerhet förskolor uppvisar en mycket stor spridning där också materialvalen för stomme varierar mycket till skillnad från småhus som har en mycket likartad materialfördelning. Byggnader med mycket trä, relativt sett, uppvisar betydligt lägre klimatpåverkan än byggnader med andra dominerande material i stommen. Det är därför en, men inte den enda förklaringen till spridningen.

- För småhus har det betydelse om det finns en eller två våningar att slå ut grundens (husunderbyggnadens) klimatpåverkan på. Det är därför en faktor att vara uppmärksam på vid kravställande utifrån referensvärden för just lägre byggnader.

- Modul A1-A3 (produktskedet) står generellt för runt fyra femtedelar av klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5). Modul A4 (transport till byggplats) och A5 (materialspill samt energianvändning på byggplatsen) står tillsammans för 15-20 procent av beräknad klimatpåverkan. Den lägsta siffran avser 2027 års systemgräns med medelvärdesdata och den högsta siffran avser 2022 års systemgräns med "klimatförbättrade produktval. Det vill säga, ju mer av klimatreduktionsåtgärder som görs för att minska materialens klimatpåverkan, desto högre blir andelen för modul A4-A5.

- Stommen är den byggdel som generellt står för störst klimatpåverkan, framför allt för byggnadstyperna flerbostadshus och kontor då klimatpåverkan för denna byggdel kan uppgå till 60 procent av byggskedets klimatpåverkan (modul A1-A5). En orsak är att dessa byggnadstyper vanligen har ett större antal våningar än andra byggnadstyper. För hus med få våningar står istället framför allt grunden (husunderbyggnaden) men också andra byggdelar för en högre andel av klimatpåverkan. Detta gäller även byggnader med kategoriseringen trästomme.

- Betong, stål, armering och metaller står för runt 60 procent av klimatpåverkan, sett som medelvärde för samtliga byggnader i studien. Medelvärdesdata för några av dessa materialtyper (betong, konstruktionsstål och aluminium) ersattes i en analys med klimatförbättrade värden för att analysera konsekvensen av att göra mer klimatförbättrade produktval. Detta minskade andelen klimatpåverkan för dessa produktgrupper något men fortfarande står de för en betydande andel.

- Analysen visade också att de reduktionspotentialer som uppvisades genom att byta de generiska klimatdata som beskriver medelvärdesdata för betong, stål och aluminium till klimatförbättrade alternativ innebar att klimatpåverkan för de enskilda byggnaderna kunde reduceras med mellan 2 procent (min) och 25 procent (max), eller en genomsnittlig minskning med 12 procent.

- Generellt finns större reduktionspotential för byggnader med betong respektive stål som dominerande stommaterial än byggnader med stomme av trä. Att reduktionspotentialen procentuellt sett varierar beroende på dominerande material i stomme är därför något att ta hänsyn till om procentuella förbättringskrav används i kravställande.

- Skillnaden i klimatpåverkan mellan byggnader med olika stomtyp är mindre då klimatförbättrade data används jämfört med då beräkningarna görs enbart med medelvärdesdata. Om klimatförbättrad betong och stål i högre utsträckning utvecklas och används i byggandet innebär det att andra material än dessa behöver fokuseras mer för att reducera klimatpåverkan ytterligare.

- För småhus respektive flerbostadshus beräknades också klimatpåverkan per boende. Räknat på detta sätt framkommer visserligen att klimatpåverkan per boende är lägre för flerbostadshus med trästomme jämfört med småhusen. Men jämfört med alla flerbostadshus i

studien är generellt klimatpåverkan för byggskedet lägre per boende i småhus än i flerbostadshus. Notera att detta enbart inkluderar uppförandet av byggnaden exklusive markarbeten, inte klimatpåverkan för exempelvis drift eller boendes transportbehov.

- Ambitionen i studien var också att undersöka om det framkom tydligt att vissa egenskaper hos byggnaderna kunde leda till högre klimatpåverkan, och därmed innebära att kravställande utifrån referensvärden skulle kunna leda till oönskade effekter avseende byggnadsutformning. Ett antal sådana egenskaper undersöktes, enligt nedan:

    - Inga tydliga skillnader i klimatpåverkan för byggnader med respektive utan våningar under mark har framkommit i studien. Beräknat per m^2 BTA syns inga skillnader och beräknat per m^2 A_{temp} är klimatpåverkan bara aningen högre för byggnader med våningar under mark. Urvalet av byggnader med våningar under mark var dock något begränsat.

    - Utöver stomtyp och antal våningar framkom inga tydliga skillnader i klimatpåverkan för byggnader med (eller utan) följande egenskaper:

        - Högre formfaktor

        - Bättre energiprestanda

        - Byggår, och därmed om medvetenheten om byggskedets klimatpåverkan slagit igenom. En ökad medvetenhet genom klimatsmarta produktval syns dock inte i studiens beräkningar eftersom de baserats på medelvärdesdata.

        - Miljöcertifiering som innehåller klimatkrav. Klimatkrav kan dock uppnås i certifieringarna genom klimatförbättrade produktval vilket inte syns i denna studies resultat då beräkningarna baseras på medelvärdesdata.

        - Byggnader med massiva betongbjälklag jämfört med håldäcksbjälklag.

        - Byggnader med olika ljudklass

    - Ibland löses vissa byggnadsfunktioner (till exempel bil och cykelgarage, tvättstuga, återvinningsrum) med komplementbyggnader. I så fall kan det tänkas öka klimatpåverkan. Detta kunde dock inte undersökas då komplementbyggnadernas area, då sådana förekom, inte ingick i de areauppgifter som tillhandahölls. Likaså kunde inte heller påverkan på grund av balkonger/loftgångar undersökas, då alla flerbostadshus i studien hade balkonger.

- Sammantaget är det mycket få skillnader mellan byggnader med olika egenskaper som framkommer baserat på detta byggnadsunderlag. Det talar för att klimatdeklarationens metod i stort fungerar bra i avseendet att byggnader med vissa egenskaper, så som de studerade byggnadstyperna byggs idag, inte generellt har högre klimatpåverkan. Men det bör påpekas att många egenskaper varierar samtidigt, varför en enskild egenskaps inverkan på klimatpåverkan kan döljas av en annan egenskap som verkar i motsatt riktning.

- För att bygga mer kunskap kring klimatdrivande egenskaper, vilket är viktigt om kravställande på klimatpåverkan ökar, kan parametriska studier med möjlighet att variera en enda egenskap åt gången, vara av stort värde som komplement till denna studie.

- 31 av byggnaderna i studien hade solceller. För 80 procent av dessa byggnader ökade klimatpåverkan med max 5 procent då solceller räknades in. För enskilda byggnader ökade

dock klimatpåverkan med upp till 40 procent. Framför allt för byggnader med få våningar och solceller som täcker större delen av taket kommer solceller att betydligt kunna öka klimatpåverkan per m² BTA för byggskedet. Detta är viktigt att ha i åtanke vid kravställande, i synnerhet om inte den minskade klimatpåverkan under användningsskedet genom solceller, tas hänsyn till.

- I rapporten redovisas referensvärden i form av medelvärden, medianvärden samt övre och undre kvartil, för respektive byggnadstyp och systemgräns. Beroende på syfte kan olika värden vara mer eller mindre relevanta att utgå ifrån. Generellt ligger median- och medelvärden nära varandra. Medianvärden ligger aningen lägre än medelvärden för alla byggnadstyper utom flerbostadshus, där det är tvärtom.

- De byggnadstyper som analyserats i denna studie har bland annat valts för att de vanligtvis omfattas av förhållandevis likartade krav och därmed möjliggör att klimatpåverkan kan jämföras. Specialbyggnader, såsom sjukhus, och projekt med unika gestaltningskrav, samt byggnader med blandad verksamhet har inte studerats i projektet. För denna typ av byggnader rekommenderas snarare att man i första hand använder sig av så kallade interna referensvärden. Även för de byggnadstyper som studerats i projektet kan specialkrav ställas. Exempelvis kan krav på kontor avseende gestaltning, såsom glasfasadsystem, öka klimatpåverkan. Det är något att vara medveten om vid användning studiens framtagna referensvärden så klimatkrav ska ställas på denna typ av byggnader.

Metodreflektioner

Metodiken för att ta fram referensvärden i denna studie har valts då den anses lämplig för detta syfte. Studien är unik i sitt slag då samma metodik använts för beräkning av klimatpåverkan för samtliga byggnader och då mycket höga krav ställts på beräkningsunderlagen.

Många lärdomar har dragits som är viktiga i relation till det fortsatta arbetet kopplat till regelverket för klimatdeklarationer i Sverige samt klimatkrav i upphandlingar av byggprojekt:

- Eftersom regelverket för klimatdeklarationer kräver deklarationer som i möjligaste mån speglar färdig byggnad, begärdes sena kostnadskalkyler in och projektgruppen lade ner mycket tid på att sammanställa, bearbeta och kvalitetskontrollera resurssammanställningar i detta projekt. Då projektet krävde mycket hög kvalitet på beräkningsunderlaget, skulle det kunna tänkas att studien kan ha uteslutit mindre mogna aktörer. Det skulle i sin tur kunna ha inneburit att urvalet blivit skevt, med fler byggnader som ligger klimatmässigt i framkant. Men då många av de klimatåtgärder som ännu så länge genomförts i praktiken handlar om att välja mindre klimatpåverkande byggprodukter, är det inget som i så fall har påverkat nivån på referensvärdena i den här studien eftersom medelvärdesdata har använts vid beräkningarna.

- Bristfälliga resurssammanställningar är för liknande beräkningar alltid en potentiell felkälla. Då projektet bearbetat resurssammanställningar och haft ett omfattande dialogarbete kring dessa bedöms de hålla en hög kvalitet.

- En viktig slutsats är att det fortfarande finns mycket att lära sig hos olika aktörer kring hur man genererar ett kvalitetssäkrat underlag för klimatberäkningar. Det gäller både inom de företag projektgruppen har haft kontakt med, såsom byggherrar och entreprenörer, samt deras underentreprenörer. Ett effektivare och mer samordnat digitalt informationsflöde skulle i hög utsträckning säkra upp kvalitet och effektivisera arbetet.

- En styrka med studiens metod är att beräkningarna baseras på mycket kompletta byggnadsinventeringar, som i möjligaste mån speglar färdig byggnad. Metoden innebär också att själva beräkningarna av klimatpåverkan har kunnat utföras med samma detaljerade

metodval för samtliga byggnader, vilket skiljer sig mot de flesta liknande utvecklingsarbeten av referensvärden. En ytterligare styrka är att metoden fångar upp den verkliga variationen i byggnadsbeståndet. Det ingår till exempel ett skyddsrum i en av byggnaderna.

- Det innebär att den faktiska variationen i byggandet får betydelse för nivån på referensvärdena från denna studie. Ett alternativt tillvägagångssätt hade varit att istället beräkna referensvärden baserat på variation av ett antal byggnadsegenskaper på en eller flera typbyggnader. Den typen av studie kan vara ett värdefullt komplement för att öka kunskapen om hur enskilda byggnadsegenskaper verkar klimatdrivande eller ej.

- Referensvärdena som redovisas i denna rapport baseras på att fördelningen av byggnader med olika så kallade stomtyper i urvalet stämmer någorlunda väl överens med nationell statistik i stort över byggandet i Sverige idag. Det bör nämnas att det dock kan förväntas att bli svårare att göra sådana kategoriseringar i stomtyper framöver då åtgärder för att minska klimatpåverkan kan resultera i ett ökat antal hybridlösningar med kombinationer med flera olika stommaterial, till exempel trä och stål.

Fortsatt arbete för bransch och forskning

Projektet har tagit fram ett robust material för referensvärden för hela byggnaders klimatpåverkan från byggskedet (modul A1-A5). Det insamlade materialet skulle dock kunna användas till en lång rad mer detaljerade analyser av stort intresse, till exempel olika egenskapers betydelse på klimatpåverkan från enskilda byggdelar eller produkttyper. En utvidgad analys av fler livscykelskeden, baserat på insamlat material, vore också intressant, inte minst då detta finns föreslaget som en fortsatt utveckling av regelverket om klimatdeklarationer. För beräkningar av fler delar av livscykeln finns en rad olika metodval som också kan vara viktiga att studera effekterna av på studiens stora byggnadsurval.

Det fanns inte heller möjlighet att inom ramen för projektet detaljstudera varför klimatpåverkan kan skilja sig så pass mycket för enskilda byggdelar för likartade byggnadstyper. Underlag från studien skulle kunna utnyttjas av branschaktörer för att lära sig mer om utformnings- och konstruktionsval som kan verka klimatdrivande eller tvärtom.

För att bygga mer kunskap kring klimatdrivande egenskaper, vilket är viktigt om kravställande på klimatpåverkan ökar, kan också parametriska studier med möjlighet att variera en enda egenskap, vara av stort värde som komplement till vad som framkommit i denna studie.

Det vore också värdefullt att utveckla kunskapen ytterligare för de områden som i denna studie hanterats genom schablonvärden. Det gäller modul A5 Energi, modul A4 samt byggdelarna tekniska installationer och invändiga ytskikt/fast inredning.

Termer och begrepp

Atemp = Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.

BBR = Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2011:6.

Boverkets klimatdatabas = den databas med generiska klimatdata, representativa för svenska förhållanden, som ska kunna användas för att ta fram en klimatdeklaration enligt regelverket.

Bruttoarea, BTA = summan av alla våningsplans yta och begränsas av de omslutande byggnadsdelarnas utsida. Beräknades enligt svensk standard SS 21054:2009 till och med den 17 mars 2020. Beräknas därefter enligt SS 21054:2020.

Byggdel = En viss del av en byggnad, till exempel stomme eller tak. I denna rapport används den så kallade SBEF:s byggdelstabell som är ett förtydligande av BSAB83 (Skanska, 2014). Med byggdel avses i rapporten generellt 1-siffrig byggdelsnivå, det vill säga till exempel Byggdel 4 Yttertak.

Byggnadstyp = ett samlingsnamn för byggnader med ett visst användningsområde, exempelvis flerbostadshus eller skolor.

Byggprodukter = Produkter eller byggsatser som tillverkas och släpps ut på marknaden för att varaktigt ingå i byggnadsverk eller delar därav, vars prestanda påverkar byggnadsverkets prestanda i fråga om de grundläggande kraven för byggnadsverk. (Definition enligt europeiska byggproduktförordningen.)

Byggskede = uttag av råvaror, tillverkning av byggprodukter, arbete på byggarbetsplatsen samt transporter, fram till att byggnaden står färdig. Byggskedet kan delas upp i produktskedet (modul A1–A3) respektive byggproduktionsskedet (modul A4–A5).

Datalucka = En datalucka är en resurs (till exempel en byggprodukt) som inte har kopplats till någon klimatpåverkan. Det kan antingen vara på grund av att den inte finns mängdad i resurssammanställningen eller att resursen inte har kunnat kopplas till någon klimatdata.

EN 15804 = Europeisk standard med beräkningsregler för miljödeklaration av byggprodukter ”Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler”. Det finns två olika versioner av standarden ”SS-EN 15804: 2012+A1:2013” och ”SS-EN 15804: 2012+A2:2019”.

EN 15978 = Europeisk standard för beräkning av miljöpåverkan från byggnader ”SS-EN 15978:2011 Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod”.

EPD = Environmental Product Declaration, det vill säga miljövarudeklaration för en viss produkt eller produktgrupp. I denna rapport avses sådana miljövarudeklarationer som följer beräkningsreglerna i EN 15804.

GWP = Global Warming Potential, det vill säga ett mått på klimatpåverkan som innefattar potentiella bidrag till växthuseffekten från växthusgaser. De olika gasernas bidrag till växthuseffekten kan jämföras och adderas till varandra om mängden av varje enskild gas multipliceras med dess GWP-faktor. Denna faktor anger hur effektiv gasen är som klimatpåverkare i förhållande till koldioxid, vanligen sett i ett hundraårsperspektiv (GWP100). Mäts i enheten koldioxidekvivalenter.

Generiska klimatdata = data för klimatpåverkan för en generisk resurs som är representativa för vad som används på en viss marknad, i detta fall representativa för svenska förhållanden. Observera att Boverkets klimatdatabas både innehåller generiska klimatdata i form av ”medelvärdesdata” och i form av ”konservativa värden”.

Generiska resurser = används i rapporten för en gemensam benämning av en viss typ av resurs, till exempel ”glasullsisolering”.

Generiskt resursregister = används i rapporten för ett register med gemensamma benämningar av resurser (generiska resurser). Detta till skillnad från ett specifikt resursregister för ett visst företag som har sina egna benämningar på olika resurser.

Generisk resurssammanställning = används i rapporten för en resurssammanställning med enbart generiska resurser.

Gränsvärde = Högsta eller lägsta acceptabla prestandanivå enligt en viss skala. Används i detta sammanhang för en högsta tillåten nivå av klimatpåverkan för en byggnad. När regelverket för klimatdeklarationer införs 2022 kommer det inte att finnas något angivet gränsvärde.

Klimatdata = Utsläpp av växthusgaser uttryckt i kilogram koldioxidekvivalenter per enhet resurs.

Klimatdatabasen = avser detsamma som Boverkets klimatdatabas.

Klimatdeklarationsregistret = den databas i vilken registrerade klimatdeklarationer samlas hos Boverket.

Koldioxidekvivalenter = enhet för att mäta den samlade klimatpåverkan från utsläpp av olika växthusgaser. Förkortas vanligen CO_2e.

LCA = Livscykelanalys. Miljöbedömning av en produkts eller tjänsts hela livscykel.

Livscykelskede = En byggnads livscykelskeden enligt standarden EN 15978 – produktskede (modul A1–A3), byggproduktionsskede (modul A4–A5), användningsskede (modul B1–B7) och slutskede (modul C1–C4).

Mappning = används i rapporten för aktiviteten att gå från en specifikt angiven resurs i en resurssammanställning, till en generisk resurs (som en generisk klimatdata kan kopplas mot).

Modul = De olika skedena i livscykeln delas in i så kallade informationsmoduler som beskriver processerna under ett givet skede i livscykeln. Modulerna gör att klimatpåverkan kan redovisas på ett likformigt sätt, vilket underlättar tolkningen av resultatet.

Produkttyp = Aggregering av olika specifika eller generiska materialresurser till en beskrivning som är lättkommunicerad, exempelvis ”platsgjuten betong” eller ”isolering”.

Referensvärde = Används i rapporten för ett värde för klimatpåverkan som är representativt för dagens byggande och som kan användas för att jämföra sig mot.

Resurssammanställning = Den sammanställning av mängden material och den energi och bränsleåtgång som krävs för byggnaden under dess livscykel. Denna sammanställning brukar kallas resurssammanställning och utgör underlaget för att kunna ta fram en klimatdeklaration för en byggnad.

Schablonvärden = används i rapporten för data som kan användas för att underlätta beräkning av klimatpåverkan för vissa delar av deklarationen. Schablonvärden motsvarar då representativa värden för dessa delar i kg CO_2e/m^2 BTA eller A_{temp}.

Specifika klimatdata = produkt- och leverantörsspecifika klimatdata.

Stomtyp = används i rapporten för att schematiskt beskriva dominerande material i bärande konstruktionsdelar exklusive grundläggning.

Täckningsgrad = anger hur stor del av byggnadens klimatpåverkan som har beräknats och hur väl beräkningen speglar den uppförda byggnaden. Täckningsgraden beräknas för ingående byggprodukter utifrån relevant systemgräns, till exempel ”systemgräns enligt 2022” eller ”utökad systemgräns för byggskedet - 2027” i denna rapport. Täckningsgraden räknas ut genom att man dividerar den sammantagna kostnaden för alla byggprodukter som kunnat mängdas och där klimatdata finns, med kostnaden för alla byggprodukter. Alternativt kan kostnad bytas mot vikt. Kvoten mellan dessa två tal motsvararar resurssammanställningens täckningsgrad.

Uppräkningsfaktor = Används i rapporten för den faktor som baserat på täckningsgrad används för att räkna upp klimatpåverkan med så att beräkningsresultatet motsvarar 100 procent av byggnadens klimatpåverkan inom angiven systemgräns. Uppräkningsfaktorn är direkt beroende av täckningsgraden, det vill säga 1/täckningsgraden.

Se i övrigt terminologi avseende exempelvis moduler och skeden i EN 15978 och EN 15804: https://www.sis.se/standardutveckling/tksidor/tk200299/sistk209/

1 Inledning

Frågan om att begränsa byggskedets klimatpåverkan från nya byggnader har på några år blivit högaktuell i Sverige såväl som i andra delar av Europa och världen. I Sverige är den pågående utvecklingen av ett nytt regelverk om obligatorisk klimatdeklaration för nya byggnader en viktig orsak. Parallellt med regeringens och Boverkets arbete och uppdrag inom området, har många initiativ tagits också i branschen, exempelvis genom bygg –och anläggningssektorns färdplan mot fossilfrihet (Fossilfritt Sverige, 2018) och liknande lokala och regionala initiativ. Ett antal byggherrar har också börjat testa sätt att ställa mer prestandaorienterade klimatkrav i nybyggnadsprojekt, exempelvis inom ramen för projektet ”Klimatkrav till rimlig kostnad” (Thrysin et al., 2020).

Även om det finns ett antal väldokumenterade svenska fallstudier och enskilda organisationer har börjat upparbeta en del erfarenhetsvärden vad gäller byggskedets klimatpåverkan för nya byggnader, så saknas allmänt vedertagna referensvärden kopplade till just de systemgränser som det nya regelverket är tänkt att använda. Det finns dessutom än så länge enbart få konkretiseringar av vad de alltmer åtstramade nationella och internationella klimatåtagandena kommer att innebära i form av förändringar av byggprocesser och byggnaders utformning.

I Boverkets färdplan för regelverket om klimatdeklaration (Boverket, 2020) föreslogs också att gränsvärden kopplade till deklarationen bör införas 2027. I samma rapport framhölls att för att kunna föreslå sådana gränsvärden, borde en mer systematisk forskningsstudie av ett större antal byggnader genomföras för att lägga en god grund för att i så fall kunna sätta robusta gränsvärden. Detta projekt har just haft syftet att ta fram kvalitetssäkrade referensvärden för klimatpåverkan för nya byggnader, representativa för dagens svenska förhållanden. Referensvärdena ska både spegla en medelnivå avseende klimatpåverkan och synliggöra spridningen inom dagens byggande.

1.1 Beskrivning av uppdraget

Denna rapport redovisar en studie som gjorts för Boverkets räkning inom ramen för Boverkets och Upphandlingsmyndighetens regeringsuppdrag ”Uppdrag att främja minskad klimatpåverkan vid offentlig upphandling av bygg-, anläggnings- och fastighetsentreprenader” (Fi2019/01139/BB (delvis) Fi2020/01192/BB)[3]. Närmare bestämt har studien omfattat att:

- Ta fram och föreslå en metodik för hur referensvärden för nya byggnader vid uppförande kan beräknas och fastställas.
- Samla in och bearbeta underlagsdata om byggnader som referensvärden kan baseras på.
- Ta fram referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av nya byggnader som ska:
    - Kunna utgöra stöd för klimatkrav vid upphandling.
    - Kunna följa upp utvecklingen över tid gällande klimatpåverkan från nyproduktion av byggnader.
    - Kunna utgöra ett underlag för att på sikt eventuellt föreslå gränsvärden kopplat till regelverket om klimatdeklaration för byggnader.

I uppdraget har ingått att föra resonemang om för- och nackdelar och konsekvenser med förespråkade samt alternativa tillvägagångssätt för att ta fram referensvärden.

[3] https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/03/uppdrag-att-framja-minskad-klimatpaverkan-vid-offentlig-upphandling-av-bygg--anlaggnings--och-fastighetsentreprenader/

Under projekttiden har Boverket samtidigt arbetat med att på regeringens initiativ sjösätta regelverket om klimatdeklarationer, genom regeringsuppdraget ”Uppdrag att förbereda införandet av krav på redovisning av en klimatdeklaration vid uppförande av byggnader” (Fi2019/02439/BB). Då studien här handlar om att beräkna referensvärden som ska kunna spegla värden som beräknas i de framtida deklarationerna, har projektet också haft en nära samverkan Boverkets klimatdeklarationsgrupp.

1.2 Genomförande av uppdraget

Arbetet har bestått av två etapper, där metodikutveckling för referensvärden samt datainsamling och bearbetning av ett större antal byggnader genomfördes under hösten 2020. Under vår och sommar 2021 har fokus istället legat på att genomföra beräkningar, analyser, etc. som grund för de referensvärden som föreslås i denna rapport. I metodikutvecklingsarbetet har också ingått att genomföra en granskning av andra metoder för att ta fram liknande referensvärden (kapitel 2 i denna rapport), samt att ta fram en översiktlig bild över vilken slags teknik och materialval som används för nyproduktion av byggnader idag i Sverige (kapitel 3 i denna rapport).

Arbetet har bedrivits av en arbetsgrupp bestående av Sara Borgström (WSP), Tove Malmqvist Stigell (KTH, uppdragsledare), Martin Erlandsson (IVL) samt under senare delar av projektet Johanna Brismark (KTH). Denna grupp har arbetat nära med Boverkets projektgrupp för uppdraget, vilken bestått av Joakim Thunborg (projektledare), Madeleine Hjortsberg och Erik Olsson. Arbetet med att samla in och bearbeta data har hanterats av en utökad arbetsgrupp som har letts av Sara Borgström och Hanna Öberg på WSP, och har utöver dessa två bestått av Johanna Brismark (KTH), Maja Nilsson (WSP), Astrid Berglund (WSP), Dennis af Forselles (WSP), Kajsa Andersson (WSP), David Hill (WSP), Johanna Hansson (WSP), Amanda Jacobsson (WSP) och Alexandra Bemm (WSP). I detta arbete deltog också Åsa Thrysin (IVL) med stöd. Vid behov har också ytterligare personer på WSP och IVL bidragit med sakkompetens i vissa frågor.

Under hösten 2020 anordnades fyra workshops inom ramen för projektet för att få inspel och feedback i metodikutvecklingsarbetet. Två workshops hölls i början av projektet med representanter från Boverket och Upphandlingsmyndigheten 24 augusti och 13 november. 16 september hölls en workshop med ett stort antal aktörer från bygg- och fastighetssektorn samt representanter från Boverket. 15 oktober hölls också en nordisk workshop i vilken myndighetsrepresentanter, forskare och konsulter i de olika länderna delade presentationer och erfarenheter av liknande utvecklingsarbeten i de olika länderna.

I projektet har också nära samverkan skett med ett SBUF-finansierat projekt lett av Skanska om *Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden*. Sara Borgström och Martin Erlandsson har deltagit i det projektets arbetsgruppsmöten och viss samordning har skett kring olika frågor som båda projekten haft intresse av att koordinera. Bland annat bidrog SBUF-projektets stora referensgrupp med en plattform för att kunna bjuda in relevanta aktörer att tillhandahålla byggnadsunderlag samt till workshops i projektet.

Slutligen har arbetsgruppen i olika konstellationer också deltagit i andra relevanta workshops samt expertdialoger inom ramen för den pågående utvecklingen av regelverket för klimatdeklarationen. Detta både för att kunna säkerställa att metodiken i den här rapporterade studien i möjligaste mån följer den framtida klimatdeklarationen och för att bidra med erfarenheter från vårt projekt in i utvecklingsarbetet hos Boverket.

Vi vill här passa på att tacka det stora antal aktörer i svensk byggsektor som lagt ned mycket arbete på att tillhandahålla byggnadsunderlag samt diskutera metodfrågor med oss i detta arbete! Det arbetet är mycket värdefullt och helt centralt för studiens resultat. Vi vill tacka Akademiska Hus, Brixly, Derome, Einar Mattsson, Fiskarhedenvillan, Humlegården, Jemmet, Lokalförvaltningen Göteborg, Lidl, Lindbäcks, Llentab, Moelven, NCC, OBOS, Otto Magnusson, Sehlhall, SISAB, Skanska, Stena Fastigheter, Stockholmshem, Vasakronan och Veidekke som har lämnat underlag för de byggnader som inkluderats i resultaten. Vi vill också tacka alla de aktörer som har varit intresserade av att bidra med underlag till studien, men där formen eller tidplanen inte har matchat studiens behov.

1.3 Läsanvisning

Detta kapitel (kap 1) introducerar projekt och uppdrag samt beskriver översiktligt genomförandet av projektet. Detaljer kring metodval och datainsamling och beräkningar framgår istället av kapitel 4. I kapitel 2 diskuteras definitioner av referensvärden och relaterade termer. I kapitel 2 finns också en genomgång av liknande studier och angreppssätt för att ta fram referensvärden för klimatpåverkan för nya byggnader. Kapitel 3 redovisar befintlig statistik om dagens nyproduktion av byggnader av relevans för projektet samt en sammanfattning av vad som framkommit i intervjuer med ett antal entreprenörer om vad som är typiskt byggande idag i Sverige för de byggnadstyper som har fokuserats i projektet. Kapitel 4 beskriver närmare den metodik som använts för att ta fram de här föreslagna gränsvärdena, samt olika delanalyser. Motiven för olika metodval redovisas också i detta avsnitt inklusive för- respektive nackdelar med valda angreppssätt. Hur insamling av data gått till och hur dessa har bearbetats inför beräkningarna av referensvärden, beskrivs närmare i avsnitt 4.4 och Bilaga 6. Metod för själva beräkningarna av referensvärden beskrivs närmare i avsnitt 4.2. Kapitel 5 innehåller en beskrivning av det slutgiltiga byggnadsunderlaget. Kapitel 6 redovisar resultaten från beräkningarna av referensvärden samt olika delanalyser. Resultaten diskuteras i rapportens avslutande kapitel.

Slutligen ska sägas att detta projekt har varit betydelsefullt för den parallella utvecklingen av regelverket om klimatdeklaration för byggnader och bidragit med inspel till exempelvis det kommande tillsynsarbetet, Boverkets handbok, klimatdeklarationsregistret och klimatdatabasen. Av detta skäl valdes att redovisa en hel del av reflektioner som exempelvis rör datainsamlings- och bearbetningsarbetet, utveckling av schablonvärden, och så vidare, då det kan vara användbart framöver för såväl representanter för branschen, myndigheter och akademin. Mycket av detta arbete finns beskrivet i separata bilagor i rapporten.

2 Bakgrund om referensvärden

2.1 Definitioner av referensvärden

Begreppet ”referensvärde” och relaterade begrepp tolkas lätt på olika sätt i olika sammanhang. I sammanhanget klimat- och miljöpåverkan från byggnader i ett livscykelperspektiv finns en nyutgiven internationell standard, ISO 21678 (ISO, 2020), som tillhandahåller ett antal definitioner. Den, samt begreppsöversikten i (Kjendseth Wiik et al., 2020) har varit utgångspunkter för nedanstående beskrivning av hur begreppen används i den här rapporten.

Till en början kan sägas att ISO-standarden använder benämningen ”benchmarking” som paraplyterm. I rapporten här översätts det till ”referensvärde”, vilket innebär att studiens definition av termen ”referensvärde” (troligen) är vidare än standardens användning av begreppet. Det vill säga termen ”referensvärde” används som en samlingsterm för värden som syftar till att redovisa referenspunkter som på något sätt speglar dagens byggande. Det är på det sättet en neutral term, till skillnad från termerna ”gränsvärde” (eng. limit value) respektive ”målvärde” (eng. target value).

Ett gränsvärde motsvarar istället en högsta eller lägsta acceptabel prestandanivå enligt en viss skala. Det kan exempelvis vara ett prestandakrav, i form av ett skallkrav som en byggherre ställer i en upphandling av en byggnad. Det skulle också kunna vara en högsta tillåten nivå av klimatpåverkan för en byggnad utifrån redovisat resultat i klimatdeklarationen, vilket är det Boverket (2020) föreslagit bör införas 2027. Nivån på ett sådant gränsvärde kan sättas tufft, för att premiera de som är ”bäst i klassen” eller mindre tufft för att istället driva på de som är ”sämst i klassen”. I standarden och på andra ställen talas också ofta om målvärden, vilket istället exempelvis kan vara den nivå en byggherre har som mål att de flesta nya byggnader uppförs enligt, eller en politisk målsättning på längre sikt.

Såväl gräns- som målvärden kan baseras på olika referenspunkter, det vill säga referensvärden. Exempelvis kan ett gränsvärde sättas utifrån ett percentilvärde eller en kostnadsoptimal nivå (ISO, 2020) och ett målvärde utifrån ett referensvärde som speglar dagens bästa praxis. Både gräns- och målvärden sätts också företrädesvis baserat på kännedom om möjligheterna att kunna klara nivån.

Termen ”referensvärde” definieras vanligen som ett värde som ska spegla dagens praxis eller vara representativt för dagens byggande (exempelvis av (Kjendseth Wiik et al., 2020; Rasmussen et al., 2019; Trigaux et al., 2019). Om referensvärden baseras på nivån för ett större antal byggnader (statistiskt) talar standarden om att en kan välja ett medelvärde, median- eller modalvärde (ISO, 2020). På liknande sätt används till exempel benämningen referensvärde i certifieringssystemet NollCO2 för en tänkt ”medelvärdesbyggnad”.

I detta projekt redovisas referensvärden för både medelvärden och medianvärden för resultaten för de byggnader som ingår i analysen. Referensvärden redovisas också för kvartilvärden. För att kunna vara användbara för olika typer av prestandakrav, gräns- och/eller målvärden redovisas alla dessa referensvärden också baserat på både beräkningar med medelvärdesklimatdata samt med så kallade ”klimatförbättrade värden”. Beräkningarna med medelvärdesdata är ett sätt att försöka spegla dagens byggande. Beräkningarna där vissa klimatdata bytts ut mot ”klimatförbättrade” värden är ett sätt att försöka spegla en form av bästa praxis för byggandet idag. I vissa arbeten skiljer man dock på termerna ”referensvärden”, som då enbart representerar medelnivån för byggandet, och ”bästa praxis-värden” (eng. best practice values), till exempel (Häkkinen, 2012; Kjendseth Wiik et al., 2020; Rasmussen et al., 2019; Trigaux et al., 2019). I terminologin i denna rapport är båda dessa referensvärden även om de speglar olika nivå på dagens praxis. Därmed utgör referensvärden från denna rapport värden på klimatpåverkan som är relevanta för dagens byggande i Sverige och som kan användas för att jämföra sig mot.

Det behöver naturligtvis alltid göras tydligt vad olika referensvärden representerar. Referensvärden kan exempelvis differentieras för olika byggnadstyper eller för byggnader med särskilda egenskaper (till exempel hög energiprestanda, höga ljudkrav eller byggnader som också inkluderar garage). Nivån

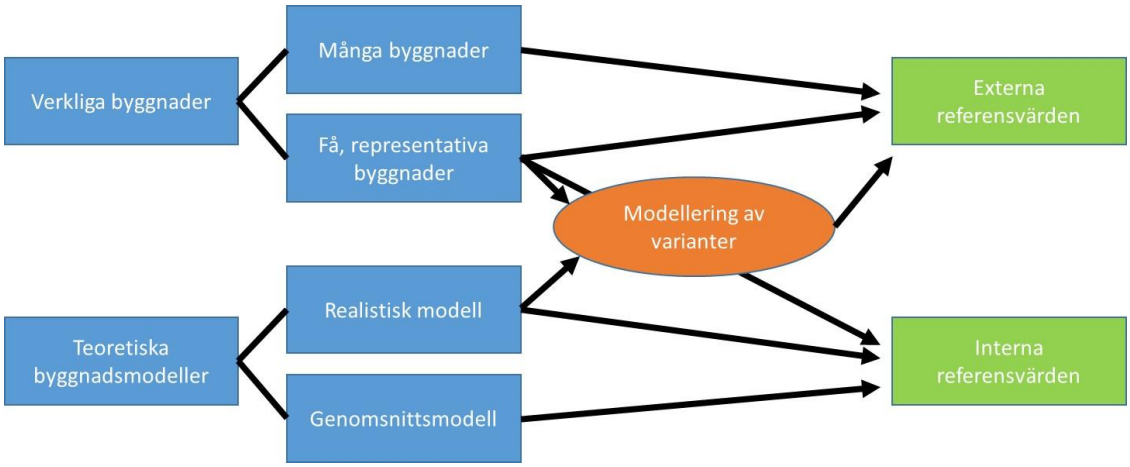
på refererensvärden avgörs av den systemgräns som de omfattar, både avseende vilka livscykelsskeden-, -moduler och delmoduler de omfattar, och vilka byggdelar som ingår i beräkningarna. Självfallet kan referensvärden också tas fram för olika delar av en sådan systemgräns, vilket kan tänkas vara användbart som vägledning i projektering av nya byggnader gentemot exempelvis ett gräns- eller målvärde. I denna rapport redovisas referensvärden för hela modul A1-A5, samt också fördelat på modul A1-A3, A4 respektive A5.

Referensvärden kan tas fram och har tagits fram på många olika sätt. En skiljelinje går mellan om de baseras på verkliga byggnader eller modellering av olika egenskaper i en teoretisk modell. Ganassali et al. (2016) introducerar dessutom begreppen ”externa” respektive ”interna referensvärden” vilket också används av Trigaux et al. (2019). Externa referensvärden är värden som är representativa för en viss byggnadstyp i en viss kontext medan interna ses som en mer projekt-specifik referens. I denna rapport redovisas enbart externa referensvärden men distinktionen är inte alltid så tydlig, vilket diskuteras närmare i nästa avsnitt.

2.2 Översikt över andra metoder och studier för referensvärden för klimatpåverkan från nya byggnader

Referensvärden för byggnaders miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv har successivt börjat tas fram för olika syften i takt med att framför allt inbyggd klimatpåverkan seglat upp till att bli en viktigare fråga att hantera inom näringsliv och beslutsfattande. Då LCA- beräkningar för byggnader fram till nyligen använts mycket begränsat i praktiska byggprocesser är referensvärden för sådana beräkningar fortfarande ett relativt outvecklat område. En metod för liknande referensvärden kan därför än så länge vara alltifrån exempel på miljöpåverkan från enskilda representativa fallstudiebyggnader till mer systematiska sammanställningar av många byggnader och parametrisk modellering av typbyggnader i en viss nationell kontext. Det är därför inte helt lätt att dra gränsen för vad en ”metod” för referensvärden kan vara. Nedan sammanställs vad som bedömts vara relevanta arbeten inom detta område som också visar på en viss diversitet i angreppssätt. Fokus har legat på liknande och relevanta arbeten i första hand i Sverige och Norden och därefter långt framskridna initiativ i länder utanför Norden framför allt då referensvärden tagits fram kopplat till någon form av byggnadsreglering av miljö- eller klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv.

Tabell 1 sammanfattar syften för ett antal sådana metoder/initiativ. Tabellen utgörs av arbeten som utmynnar i någon form av ”externa referensvärden”. För uppdraget här är dessa av störst intresse eftersom det möjliggör jämförelser med andra än den egna byggnaden, till exempel mot ett nationellt genomsnitt. Flera av dagens miljöcertifieringssystem för byggnader (till exempel LEED, Miljöbyggnad och NollCO2) och därmed i en del upphandlingar av byggnader, tillämpar att ”jämföra mot sig själv”, det vill säga visa på en förbättring jämfört med ett baselineutförande av den egna byggnaden. Det är det som Ganassali et al (2016) kallar för ”interna referensvärden”. Oavsett om man är ute efter att upprätta externa eller interna referensvärden kan såväl verkliga som teoretiska byggnadsunderlag användas, men det kan också finnas anledning att reflektera över metodval. Frågan om representativiteten är dock alltid viktig och kan behöva hanteras på lite olika sätt, beroende på just vilket underlag som nyttjas för att ta fram referensvärdena. För interna referensvärden har man ofta varit intresserad av att hitta en eller ett antal representativa byggnader att utgå ifrån, så kallade ”referensbyggnader”. Detta underlättar optimering och test av förbättringar, men för att det ska vara möjligt att göra behövs en någorlunda noggrann beskrivning av dessa referensbyggnader avseende konstruktionsval, geometrier och funktion (till exempel att BBR:s krav är uppfyllda). Det behövs även för externa referensvärden som ska baseras på ett sådant underlag, men om istället ett större underlag av verkliga byggnader används är ju sådan information inte nödvändig eftersom den inte behövs för att göra modellering eller optimering. Figur 1 visar en översikt av olika varianter att få fram externa respektive interna referensvärden baserat på olika underlag. Figurens utgångspunkt är den litteraturöversikt som gjorts här, varav merparten av studier som studerats framgår av Tabell 1.



Figur 1. Översikt över angreppssätt för generering av externa respektive interna referensvärden

Angreppssätten delas in i antingen statistisk analys av många, verkliga byggnader eller analys och/eller modellering av ett antal typbyggnader (verkliga eller byggnadsmodeller). Idealt sett så kan referensvärden erhållas om alla nybyggnad deklarerarats, varpå ett medelvärde (till exempel) per byggnadstyp kan bestämmas. Eftersom sådan information inte varit och inte är tillgänglig idag så har ”representativa” byggnader varit en vanlig genväg.

Tabell 1. Urval av i projektet studerade metoder/arbeten som utmynnar i någon form av referensvärden

Namn (land)	Referens	Syfte och kort beskrivning
EXTERNA REFERENSVÄRDEN		
Analys av ett större antal verkliga byggnader		
Klimagaskrav til materialbruk i bygninger (NO)	(Kjendseth Wiik et al., 2020) Se också Bilaga 8	Syftet med forskningsprojektet var att samla ihop data för norska byggnader (totalt 130 st) för att kunna etablera vetenskapligt förankrade referensvärden för utsläppsnivåer kopplat till byggnaders materialanvändning. Referensvärdena ska, enligt författarna, kunna nyttjas i branschvägledning och i pågående arbeten och certifieringssystem såsom FutureBuilt och BREEAM, men också i relation till eventuell reglering
Klimapåvirkning fra 60 bygninger (DK)	(Zimmermann et al., 2020) Se också Bilaga 8	Syftet med studien, som genomfördes på uppdrag av den nationella myndigheten Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (TBST) var att skapa kunskap om byggnaders miljöpåverkan och utveckla referensvärden för LCA för byggnader som kan användas för t.ex. lagstiftning, gemensam branschvägledning, DGNB-certifiering eller i upphandling
Benchmarking the Embodied Carbon of Buildings (oklart men sannolikt fokus USA)	(Simonen et al., 2017)	Genom att sammanställa, normalisera och analysera inbyggd klimatpåverkan i byggnader baserat på ett stort antal olika LCA-fallstudier (mer än 1000 st), var syftet med detta forskningsprojekt att ta fram referensvärden inklusive visa på spridningen i resultat för att stimulera reduktion av inbyggd klimatpåverkan i byggsektorn.
Widening understanding of low embodied impact buildings (Internationell men fokus Europa)	(Moncaster et al., 2019)	Baserat på det 80-tal fallstudier som samlades in i det internationella forskningsprojektet IEA EBC Annex 57 om inbyggd klimatpåverkan i byggnader, redovisas nivåer för klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv, också för olika delar av livscykeln samt renovering. Syftet var dock inte alls att tillhandahålla referensvärden.
LCA benchmarks for residential buildings in Northern Italy (IT)	(Rasmussen et al., 2019)	Forskningsstudie med syftet att ta fram referensvärden för norra Italien (och Danmark). För Italiens del var syftet att ta fram just externa referensvärden, då LCA än så länge i princip enbart använts i LEED-certifiering, i vilken enbart interna

Namn (land)	Referens	Syfte och kort beskrivning
		referensvärden beräknas. De beräknade värdena baseras på 28 verkliga byggnader i norditalien.
Towards guidance values for the environmental performance of buildings (FR)	(Lasvaux et al., 2017)	Forskningsstudie med syftet att ta fram referensvärden som skulle kunna stimulera olika typer av miljöprioriteringar, då fler miljöpåverkanskategorier än klimatpåverkan studeras. Studien baseras på statistisk analys av 40 st småhus med lågenergiprofil.
Referensvärden för franska byggnader (FR)	(Lebert et al., 2013)	Studie av forskningsinstitutet CSTB i Frankrike i vilken LCA-relaterade referensvärden presenteras baserat på 115 verkliga byggnader. Ambitionen var att få till ett representativt urval men författarna framhåller att det inte direkt blev så. Enbart på franska men för småhusen finns artikeln ovan (Lasvaux et al., 2017).
Referensvärden för tyska kontorshus (DE)	(König, 2008)	Syftet med studien var att ta fram referens-, gräns- och målvärden som skulle kunna användas för hållbarhetscertifiering av byggnader. I den mån det varit möjligt att utläsa ligger denna studie i mångt och mycket till grund för de referens- och gränsvärden som sedan dess använts inom den tyska certifieringen DGNB. Det framgår att värdena baseras på byggnader som LCA-utvärderats med det dåvarande LEGEP-verktyget, men det finns ingen närmare beskrivning på hur värdena tagits fram. Däremot innehåller studien ett nogsamt framtagande och beräkning av en representativ byggnad för kontorshus i Tyskland, mot vilken LEGEP-databasens resultat jämförs.
Embodied carbon benchmarks for European buildings	Oneclicklca .com Embodied carbon review	Mjukvaruutvecklaren Bionova har under 2021 lanserat möjligheten för användarna att jämföra sina byggnader mot referensvärden som baseras på ett stort antal tidigare beräkningar med hjälp av mjukvaran OneClickLCA.
Analys eller modellering av få representativa verkliga eller teoretiska byggnader		
Klimatpåverkan från 6 byggsystem (SE)	(Erlandsson et al., 2018; Erlandsson & Malmqvist, 2018)	Syftet med denna SBUF-studie var att beräkna klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv för 5 (senare 6) olika byggsystem som förekommer på den svenska marknaden för flerbostadshus idag. Då alla byggsystem implementerats på samma ritningar för ett nybyggt flerbostadshus, har resultaten från denna studie spritts mycket just i termer av referensvärden för klimatpåverkan för just olika stomtyper som från nybyggda flerbostadshus i Sverige.
Modell för bedömning av svenska byggnaders klimatpåverkan (SE)	(Erlandsson, 2019)	Syftet med denna studie, på uppdrag av Boverket och Naturvårdsverket, var att ta fram en modell för analys byggnadsbeståndets klimatpåverkan tillämpat på olika framtida scenarier. Som del i denna modell används referensvärden för olika byggnadstyper avseende byggskedets klimatpåverkan (modul A1-A5) för att kunna göra en uppskalning för hela byggnadsbeståndet. Värdena baseras på enstaka fallstudier med representativa konstruktionslösningar av olika byggnadstyper.
Målgränsvärden i LFM30	Lfm30.se	Under 2021 har referensvärden, så kallade ”målgränsvärden”, successivt utvecklats inom ramen för initiativet Lokal Färdplan Malmö 2030 (LFM30). Detta bygger vidare på de två arbetena ovan och baseras på referenshuset Blå Jungfrun. Det innebär att de baseras på samma byggnadsgeometri och funktion, men där materialval och konstruktionslösningar varieras för att kunna synliggöra referensvärden av olika ambitionsnivå.

Namn (land)	Referens	Syfte och kort beskrivning
Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings, IMPRO-Building (EU)	(Nemry et al., 2008)	Studie av EU:s forskningsinstitut JRC av miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för bostadsbyggnader i EU. Syftet var att baserat på detta identifiera reduktionspotentialer för byggnadsstocken men fokus ligger då på potentialer för att minska miljöpåverkan kopplat till driftenergi. 72 olika byggnadsarketyper studerades, men enbart 5 för nyproduktion och för nordiska förhållanden.
Kartlegging av klimagasberegninger for bygg og anlegg i Oslo (NO)	(Fuglseth et al., 2020)	Syftet med denna studie utförd av Asplan VIAK var att ta fram representativa referensvärden för Oslos kommun. I rapporten har en delmängd av byggnaderna i (Kjendseth Wiik et al., 2020) sammanställts men på grund av det skeva urvalet ansåg man inte att det var lämpligt att använda det underlaget. Istället föreslogs referensvärden baserat på företagets typbyggnadsmodell. Referensvärdena speglar därmed en referensbyggnad per byggnadstyp som uppges spegla ”genomsnittligt” byggande.
Determining quality levels of environmental performance of residential buildings	(W/E adviseurs, 2014)	Till skillnad från norska angreppssättet utgår man här inte enbart från ett antal byggnadstypologier utan också en modellering av variationer av olika parametrar. 5 olika bostadsbyggnadstypologier har använts och 1200 variationer har simulerats, vilket utgör grund för referensvärdena. Huvudsyftet med denna studie på uppdrag av den nederländska myndigheten var att ta fram underlag för att införa gränsvärden kopplat till den nederländska lagstiftningen. Denna lagstiftning kräver LCA-beräkning vilket innebär att referensvärdena här presenteras som ett index per m2 BTA (milieuprestatie).
Benchmarks for life cycle costs and life cycle assessment of residential buildings	(König & De Cristofaro, 2012)	Studien föreslår referensvärden för flerbostadshus till det tyska certifieringssystemet DGNB. Det är dock oklart om dessa tillämpas i systemet. Tre varianter av flerbostadshus valdes ut för vilka fyra olika stomtyper tillämpades, samt några varianter av energiprestanda. Totalt verkar 37 varianter ha beräknats, utifrån vilka referensvärden (medelvärde), målvärden (std-avvikelse nedåt) och gränsvärden (sämsta icke-extrema byggnad) föreslås. Ingen hänsyn tas dock till att exempelvis vissa stomtyper är mer vanligt förekommande än andra.

2.3 ”Statistisk” analys av ett större antal verkliga byggnader – externa referensvärden

Ett naturligt angreppssätt att ta fram olika typer av referensvärden är att samla ett större dataunderlag och därefter helt enkelt ta fram genomsnittliga värden samt spridningsmått. Sammanställningen ovan visar att sådana exempel har börjat komma framför allt under senare år (Kjendseth Wiik et al., 2020; Lasvaux et al., 2017; Moncaster et al., 2019; Simonen et al., 2017; Zimmermann et al., 2020). Sammanställningar av byggnadsdata som skulle kunna möjliggöra att ta fram liknande värden finns också till exempel i (Miljöministeriet, 2019) och Batiment a Energie Positive & Reduction Carbone (n.d). Några av dessa sammanställningar av ett större antal byggnader speglar LCA-beräkningar med olika systemgränser och olika metodik och miljödata: Simonen et al (2017), Moncaster et al (2019) och Kjendseth Wiik et al (2020). Dessa kan ge inspel kring variationer i LCA-resultat som inte bara beror på skillnader i utformning och funktion utan också beror på olika metodval. De utgör dock ett mindre

bra underlag för utveckling av referensvärden där man istället behöver vara mån om att använda samma metod och data för att sätta fokus på skillnader i byggnadsutformning. Här utgör därför framför allt Zimmermann et al (2020) och Lasvaux et al (2017) intressantare studier. I Frankrikes pågående lagstiftningsarbete föreslås gränsvärden och sannolikt pågår relevanta studier baserat på den stora databas med byggnadsberäkningar som byggts upp där (Bâtiment à Énergie Positive & Réduction Carbone, n.d.).

Representativiteten hos byggnadsunderlaget är också viktigt och idealt vill man kunna styra det så att det urval av byggnader referensvärden baseras på speglar nyproduktionen i stort vad gäller utformning, konstruktionslösningar och funktion. I majoriteten av studier i Tabell 1 ägnas det inte mycket uppmärksamhet kring hur urvalet gjorts utan istället motiveras relevansen ofta av att det just är ett stort byggnadsunderlag som har studerats. Några av studierna resonerar kring att det finns en bias mot miljöcertifierade byggnader i byggnadsunderlaget, vilket kan påverka resultaten. Ingen av de tidigare studier projektgruppen har kunnat hitta här gör någon form av justering av beräknade värden baserat på nybyggnadsstatistik, utan har snarare utgått från att antalet byggnader är så pass stort att det ger en bra bild över nya byggnaders miljöpåverkan i respektive land. Inte heller har det framgått väl om urvalet av byggnader styrts på ett visst sätt för att bli mer representativt.

Det är också värt att framhålla att alla studier har olika systemgränser vilket innebär att en del studier exempelvis redovisar referensvärden för hela byggnadens livscykel och/eller för fler indikatorer än klimatpåverkan. Slutligen kan sägas att ingen systematisk sammanställning av beräkningar av klimatpåverkan för ett större antal byggnader med samma metodik tidigare gjorts i Sverige vilket gör denna studie unik i sitt slag. I ett internationellt perspektiv finns väldigt få liknande studier där samma metodik i detalj använts både för insamling av resurssammanställningar och för beräkning av klimatpåverkan.

2.4 Analys eller modellering av få representativa verkliga eller teoretiska byggnadsmodeller – externa referensvärden

Eftersom större sammanställningar av LCA:er eller klimatberäkningar av byggnader, med likartad metodik, varit mycket svårt att åstadkomma, har fram tills nu andra angreppssätt tjänat till att föreslå referensvärden kopplat till sådana beräkningar. Detta kan utgå från verkliga byggnader som anses typiska eller till exempel representerande dagens bästa praxis. Exempel här är (Erlandsson, 2019; Erlandsson et al., 2018) som blivit välciterade i en nationell kontext och därför tills vidare fungerat som referensvärden för praktiken.

Det kan också handla om mer teoretiska modeller, ofta används då s.k. skolådemodeller med enkel geometri och med typiska lösningar applicerade. I flera länder finns också utvecklade typbyggnadsmodeller som nyttjats för att föreslå referensvärden (Fuglseth et al., 2020; König & De Cristofaro, 2012; Nemry et al., 2008; Moschetti et al., 2015; W/E adviseurs, 2014). När den typen av modeller har byggts upp kan man också variera olika parametrar för att exempelvis utforska hur olika variabler påverkar resultatet och för att få en känsla för hur långt man kan reducera klimatpåverkan utifrån dagens teknik. Vanligtvis har därför sådana beräkningar gjorts för ett antal varianter av de olika typologierna, exempelvis avseende olika geometrier, våningsantal och energiprestanda. Merparten har gjort ett begränsat antal beräkningar. Det verkar främst vara den nederländska studien som har genomfört ett mycket större antal beräkningar, baserat på variationer av typbyggnadsmodellerna (W/E adviseurs, 2014).

När det gäller representativitet, är huvudfrågan för den här typen av angreppssätt hur typbyggnader ska väljas ut. I länder där bibliotek med byggnadstypologier finns, har dessa ofta utnyttjats, men samtidigt blir ett problem att dessa speglar en historisk situation snarare än nuläget eller det som ska byggas framöver. Ofta har dessa modeller från början haft syftet att ta fram referensvärden för energiprestanda. I Norge har därför till exempel konsulten Asplan Viak omarbetat sådana byggnadsmodeller (Fuglseth et al., 2020). Och i det arbetet baseras referensvärdena som presenteras

enbart på en modell per byggnadstyp. I det fallet blir då referensvärdena baserade på denna enda typbyggnadsmodell per byggnadstyp. Därmed omfattas inte den naturliga spridning som finns både avseende olika utföranden och konstruktionsval, som statistiska beräkningar av fler byggnader kan göra. I de fall då olika (exempelvis geometriska) variationer beräknats för varje typbyggnadsmodell, till exempel König & De Cristofaro (2012) uppstår samma svårighet som för statistiska beräkningar av många byggnader. Det vill säga, ska varje variation ha samma vikt eller ej? I de studier som studerats här, har det inte varit tydligt om någon hänsyn har tagits till att vissa utföranden kan vara mer vanliga än andra, då referensvärden beräknats. Det verkar snarare vara så att medelvärden beräknats rakt av.

För den intresserade finns fördjupade sammanställningar av de två, mest närliggande studierna som gör statistisk analys av många verkliga byggnader i Bilaga 8. Även Finland håller för närvarande på att utveckla referensvärden som ska kunna kopplas mot deras kommande lagstiftning. Vid den nordiska workshop som projektet anordnade i oktober 2020 beskrevs det som att man skulle utgå från ett större antal LCA-studier av byggnader för att därefter välja typbyggnader som efter det skulle modelleras vidare i 10 olika varianter per byggnadstyp.

2.5 Interna referensvärden

Interna referensvärden används för att påvisa krav på förbättring jämfört med en projektspecifik baselinenivå i exempelvis certifieringssystemen NollCO2, LEED och Miljöbyggnad (nivå Guld). LCA-mjukvaran One Click LCA innehåller en möjlighet att ta fram ett sådant internt referensvärde baserat på en eller flera referensbyggnader, för ett stort antal länder. Utöver användning för exempelvis certifieringarna ovan kan det användas som underlag för att besluta om olika material- och konstruktionsval tidigt i ett projekt. Genom att mata in några få parametrar (minimum antal våningar, yta, stomme) om det egna projektet i mjukvaran, fås ett förslag på en referensbyggnad för just detta projekt. Förutom dessa tre parametrar kan man även justera formfaktor och våningshöjd om man har kännedom om dessa. Detta resulterar i ett förslag på byggnad och dess uppbyggnad med olika lösningar för bjälklag, fasad, stomme, grund, mm. vars bakomliggande data speglar en representativ byggteknik i ett visst land. Här kan man justera valen (till exempel byta fasadmaterial) för att sedan få ut resurssammanställningen för den föreslagna byggnaden. Utvecklarna menar att de referensbyggnader som fås ut ur mjukvaran är relativt korrekta för byggnader upp till ca 12 våningar, men att över det skulle justeringar behöva göras för att fullt ut avspegla till exempel brandkrav i höga byggnader.

I Sverige har företaget bakom One Click LCA tagit fram en referensbyggnadsmodell för svenska förhållanden i verktyget Carbon Designer som är tänkt att spegla den vanligaste typen av byggnader. De har arbetat med arkitekter och konstruktörer, som har definierat vad som är den vanligaste lösningen och lagt in detta i modellen. Den som använder verktyget väljer en av fyra stomtyper (trä, platsgjuten betong, prefab betong och stål). I Norge har en ”genomsnittsmodell” utvecklats byggd på medelvärden av olika byggtekniker, det vill säga inte en byggbar byggnad utan en byggnad som ska representera genomsnittlig klimatpåverkan från byggnadstypen i Norge. Det betyder att istället för att få förslag på *ett* fasadmaterial innehåller referensbyggnaden en blandning av olika fasader, efter hur vanliga de är i norsk nyproduktion. I den nya versionen av certifieringssystemet NollCO2 har en liknande referensbyggnadsmodell utvecklats för modellering av projektspecifika interna referensvärden. SGBC har byggt upp en modell av ett antal olika byggnadstyper (flerbostadshus, kontorsbyggnad, Industri/butikshall, äldreboende, småhus samt blandverksamhet) och deras typiska byggdelar. I deras verktyg matar användaren in ett litet antal projektspecifika parametrar för att erhålla en beräkning av ett projektspecifikt värde.

SBUF-projektet Byggnaders klimatpåverkan - referensbyggnader för svenska förhållanden är intressant i detta sammanhang då syftet varit att bidra med kunskap för ökad transparens kring hur liknande baselinenivåer tas fram. I det projektet har en detaljerad och transparent referensbyggnad tagits fram som enligt deltagande aktörer ska vara representativ för kontorsbyggnad i Sverige idag.

Denna ska kunna nyttjas för interna referensvärden men kan alltså också ses som ett externt referensvärde i form av en ”medelkontorsbyggnad” idag i Sverige (Dahlgren et al., 2021).

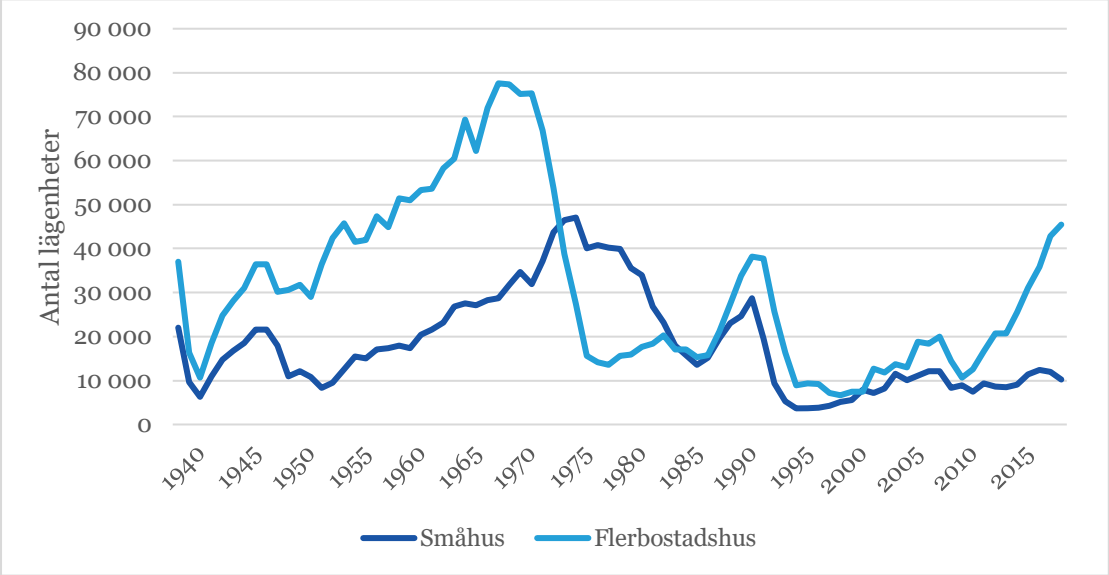
Utöver den här typen av utvecklingsarbeten, finns en lång rad forskningsarbeten som istället haft huvudsyftet att ta fram metoder för att optimera en byggnadsdesign i termer av klimat- eller miljöpåverkan (eller också flera kriterier) i ett livscykelperspektiv. Denna typ av arbeten utgår från samma grundmetod, det vill säga en eller flera typdesigner/byggnader som utgångspunkt – som sedan parametriskt (eller mer förenklat) omdefinieras avseende olika geometri och utformning, materialval, energitillförsel, etc. På samma sätt som One Click LCA:s Carbon Designer är syftet att vägleda en designprocess för att hitta lösningen med lägst miljöpåverkan. Några sådana exempel utgörs av (Kiss & Szalay, 2020; Polster et al., 1996; Wallhagen et al., 2011).

3 Beskrivning av nyproduktion i Sverige

I uppdraget ingick att ge en bild över hur nyproduktionen av byggnader ser ut i Sverige idag. Detta är relevant för projektet eftersom det ger en grund för prioriteringar när det gäller vilka byggnadstyper som referensvärdena bör tas fram för, samt för att få en bild över vad som verkar vara typiskt byggande idag då det är önskvärt att referensvärdena ska kunna spegla det på ett bra sätt. I avsnittet beskrivs termerna ”byggnadstyper” och ”stomtyper”, vilka fortsatt används i rapporten. De byggnadstyper som valts ut i denna rapports är ett urval av de som använts i Erlandsson (2019), förutom att kategorin ”skola, universitet” delats upp i skolor respektive förskolor. Med stomtyp avses dominerande material och konstruktion i stomme (bärande konstruktioner) såsom trästomme eller prefabricerad betongstomme.

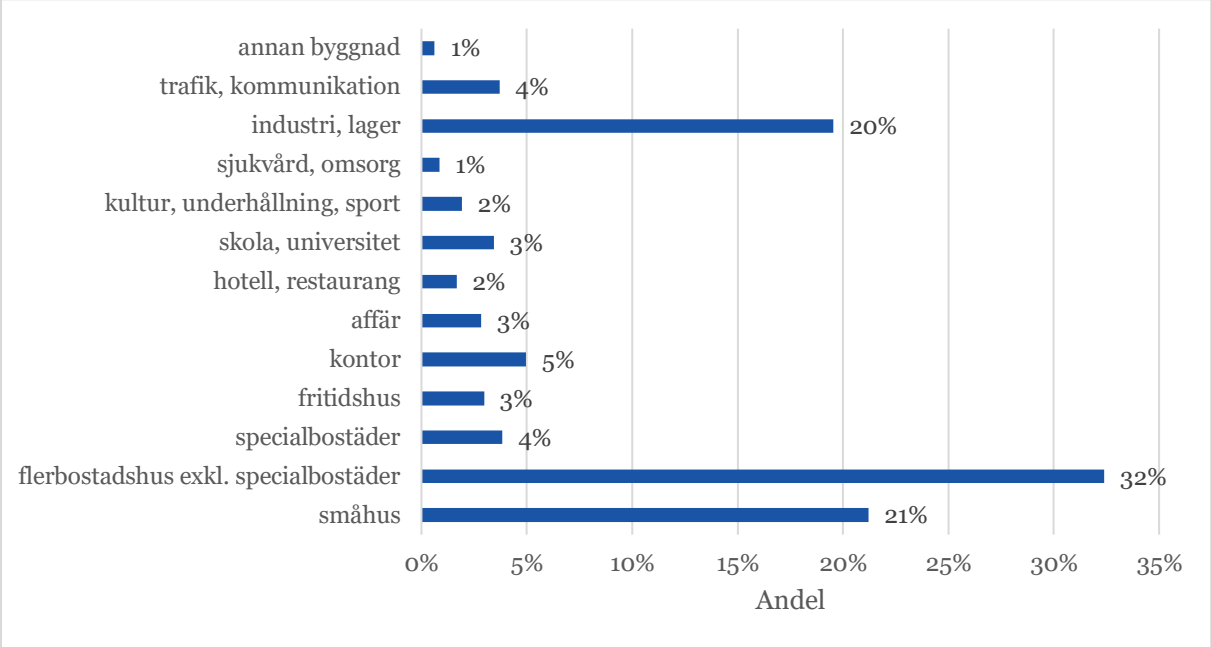
Byggnadsbeståndet i Sverige kan grovt sett delas in i småhus, flerbostadshus och lokaler. Den mest varierande gruppen av byggnadstyper är lokaler som innehåller allt från ouppvärmda logistikbyggnader, höga glaskontorsbyggnader och simhallar. Det finns också många byggnader som har en blandning av olika användningsområden, speciellt centrumbebyggelse med bostäder och olika typer av lokaler i samma byggnad. I detta uppdrag har projektgruppen kartlagt tillgänglig information om genomfört och planerat byggande i Sverige. Denna text skrivs under pågående Coronapandemi, med livliga diskussioner om hur framtidens byggande kommer att påverkas av de förändrade användningsmönster som pandemin kan medföra. Diskussionerna har bland annat rört om förändrade användningsmönster för kontor kommer att medföra minskad nyproduktion av kontor, och ökande krav på hemarbetsplatser i bostäder. Med detta sagt, presenteras tillgänglig statistik nedan.

Nyproduktionen av småhus och flerbostadshus har varierat kraftigt över tiden, se Figur 2. Motsvarande uppgifter har inte kunnat identifieras för lokalfastigheter.



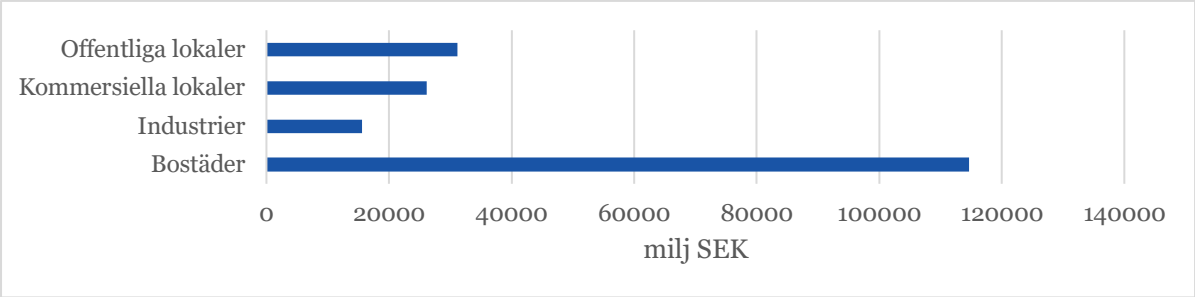
Figur 2. Antal färdigställda lägenheter per år. Baserat på (SCB, 2020).

Under 2019 beviljades bygglov för knappt 10 miljoner bruttoarea (BTA). Notera att ett småhus antas innehålla en lägenhet om inget annat anges. I Figur 3 kan utläsas att merparten av detta framförallt rör nybyggnad av flerbostadshus (32 procent) och småhus (21 procent). De lokalkategorier med störst andel är industri/lager (20 procent), kontor (5 procent), trafik, kommunikation (4 procent) och specialbostäder (4 procent).



Figur 3. Andel beviljade bygglov under 2019, BTA, efter hustyp. Baserat på (SCB, 2020).

Byggfakta (2020) har också tagit fram en prognos för byggande (12 mån, 2018-2019) vilken i princip bekräftar storleksordningen av byggandet, det vill säga att störst är byggandet av bostäder, följt av olika typer av offentliga och kommersiella lokaler , se Figur 4.



Figur 4. Prognos för byggande i Sverige, 12 mån 2018-2019 (Milj. SEK) . Baserat på (Byggfakta, 2020).

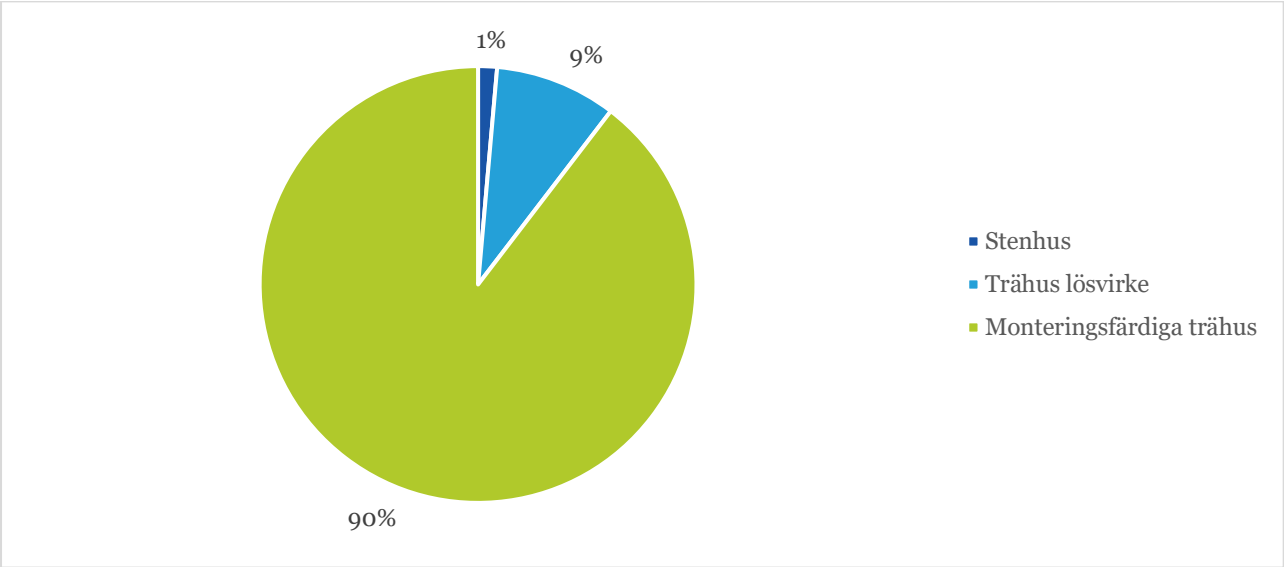
Byggfaktas byggstartsbarometer för nyproduktion första halvåret 2020 visar precis som namnet antyder byggstartade projekt (exklusive styckebyggda småhus) (Byggfakta, 2020). Den största byggnadstypen i deras statistik är flerbostadshus, följt av skolor/förskolor. Kategorierna kontorsbyggnader, gruppbyggda småhus, industri/lager/verkstad och affärslokaler står vardera för ca halva mängden, jämfört med kategorin skola/förskola.

3.1 Småhus

Småhus produceras antingen som styckebyggda eller gruppbyggda småhus. De styckebyggda har oftast privatpersoner som beställare (det vill säga omfattas inte av krav på klimatdeklaration), medan gruppbyggda småhus har oftast ett företag som beställare, det vill säga man bygger en hel grupp av småhus samtidigt. Dessa byggs oftare som mindre hus, parhus eller rad-/kedjehus, det vill säga med en mer kompakt geometri, vilket troligen påverkar klimatpåverkan. En professionell byggherre omfattas av kraven på klimatdeklaration och har ofta andra typer av krav på byggnaden som kan påverka klimatpåverkan, till exempel ljud, brand och hållbarhetskrav.

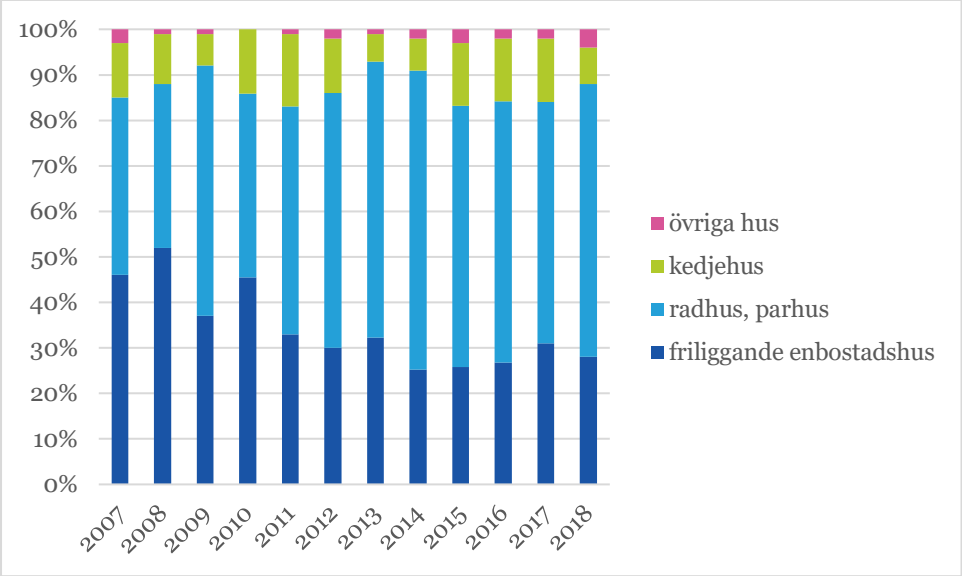
Styckebyggda småhus i Sverige domineras helt av monteringsfärdiga trähus eller lösvirkeshus med trästomme, se Figur 5. Det är inte säkert att de inbyggda materialmängderna varierar stort mellan

monteringsfärdiga eller lösvirkeshus, men det blir skillnader i modul A4 (transporter) och i modul A5 (till exempel i spill och byggtider) som behöver hanteras.



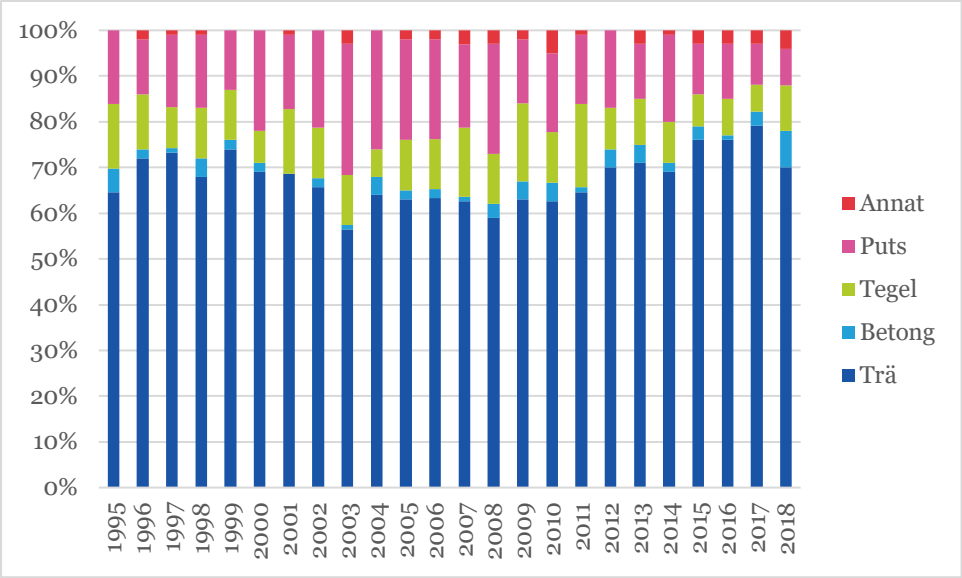
Figur 5. Andel sökta bygglov för styckebyggda småhus första halvåret 2020. Baserat på TMF (2020).

Den vanligaste typen av gruppbyggda småhus är radhus (60 procent) och friliggande enbostadshus (28 procent), se Figur 6.



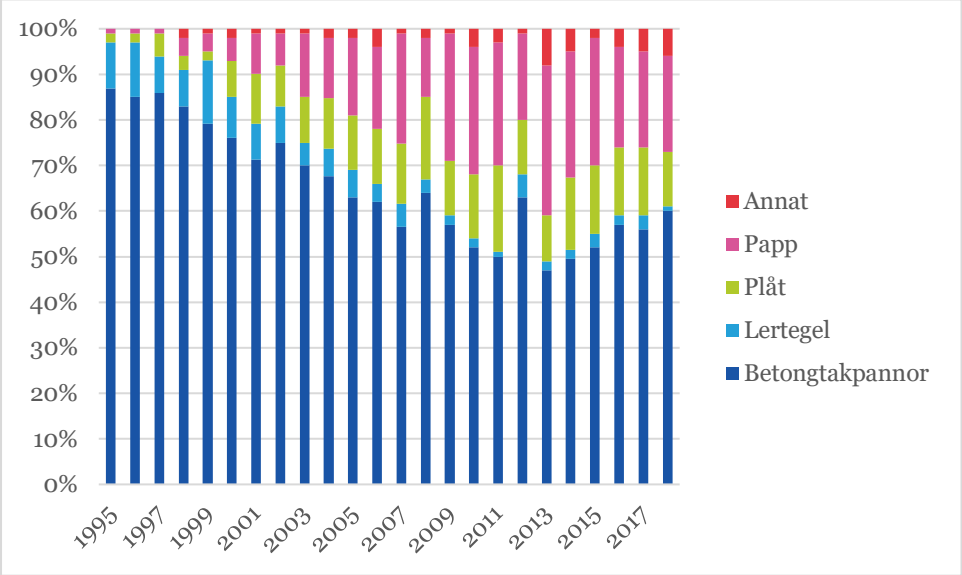
Figur 6. Andel av antal lägenheter i gruppbyggda småhus fördelade efter hustyp. Baserat på (TMF, 2020). Enbostadshus innehåller en lägenhet, medan till exempel radhus ofta har många lägenheter.

Trä är det dominerande fasadmaterialet för gruppbyggda småhus (70 procent). Betong, tegel och puts förekommer också men är mindre vanliga fasadmaterial (8-10 procent vardera), se Figur 7.



Figur 7. Andel av antal lägenheter i gruppbyggda småhus fördelat efter fasadmaterial. Baserat på (SCB, 2020).

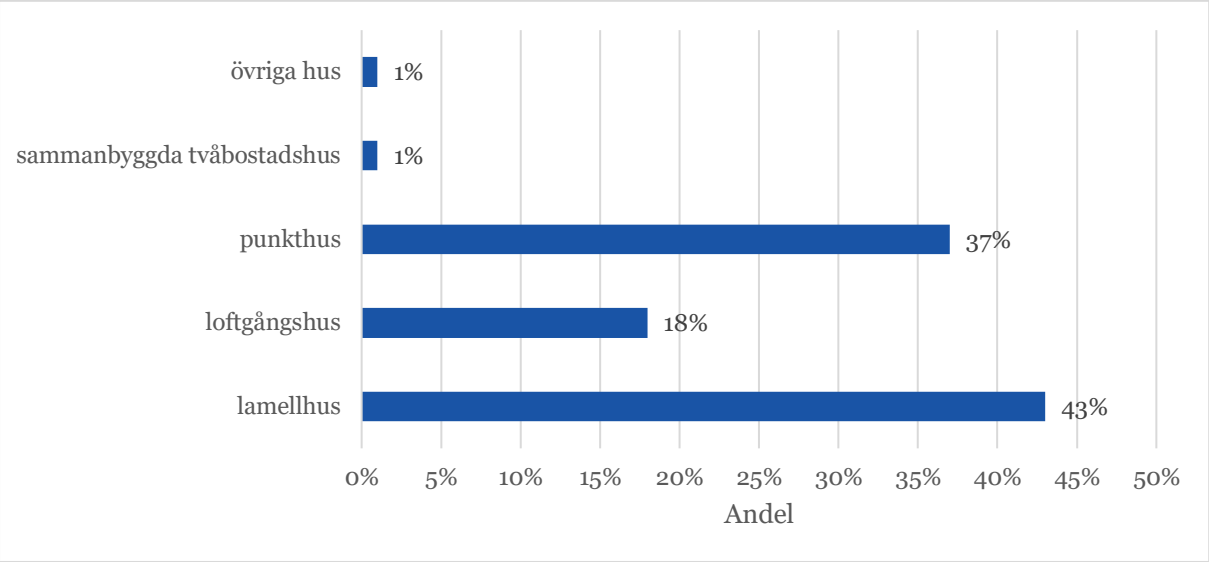
Betongpannor är numera det vanligaste takmaterialet i gruppbyggda småhus (60 procent), se Figur 8 (SCB, 2020).



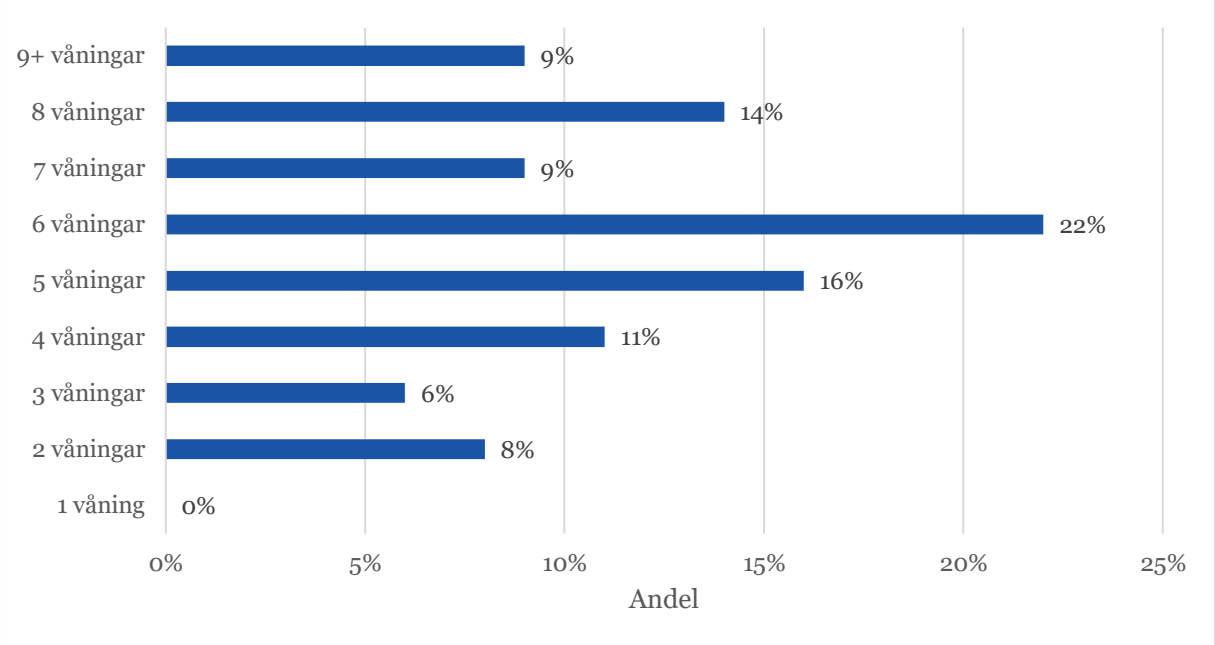
Figur 8. Andel av antal lägenheter i gruppbyggda småhus fördelat efter takmaterial. Baserat på (SCB, 2020).

3.2 Flerbostadshus

SCB (2020) presenterar antal lägenheter i ordinära flerbostadshus (det vill säga exklusive specialfastigheter, som till exempel LSS-boenden) för 2018, se Figur 9. Lägenheter i lamellhus (43 procent) och punkthus (37 procent) dominerar dagens nybyggnad av flerbostadshus (SCB, 2020). Loftgångshus står för knappt en femtedel av husen och det finns en trend att denna andel ökar medan lamellhusen istället visar en något minskande trend. Lägenheter i flerbostadshus med upp till fyra våningar stod för 25 procent av lägenheterna detta år. Byggnader med fem till sju våningar stod tillsammans för ca 50 procent av lägenheterna och knappt en fjärdedel av lägenheterna fanns i byggnader med åtta eller fler våningar, Figur 10.

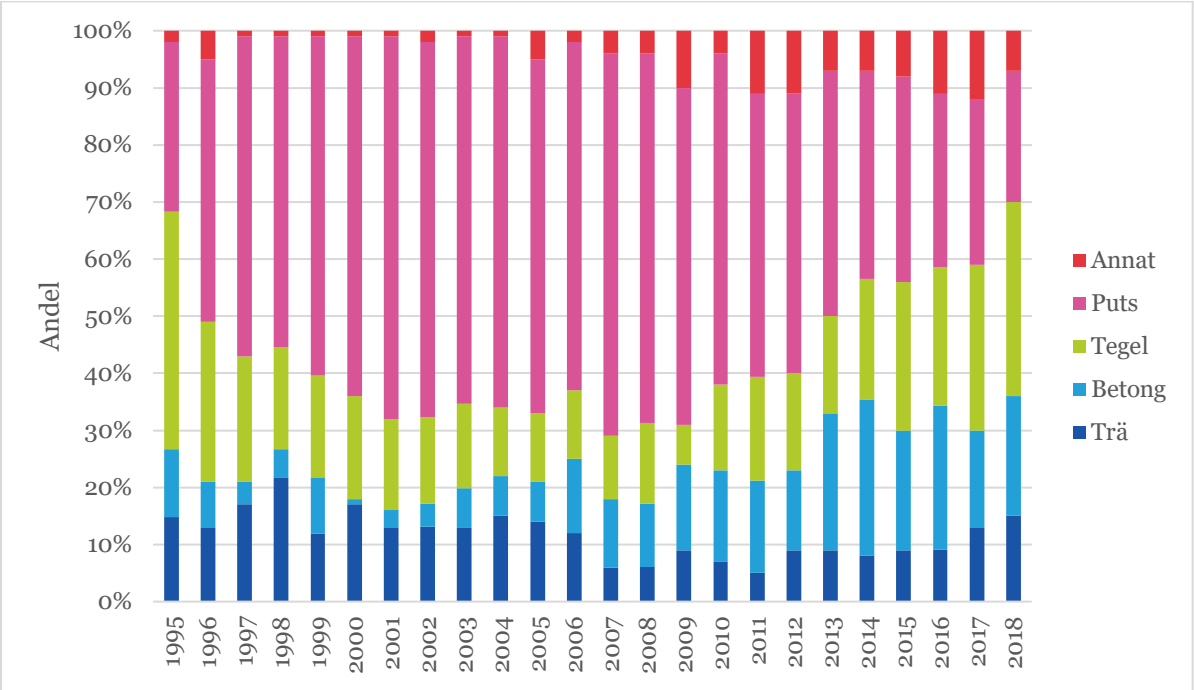


Figur 9. Antal lägenheter i flerbostadshus efter hustyp 2018, antal lägenheter. Baserat på (SCB, 2020).



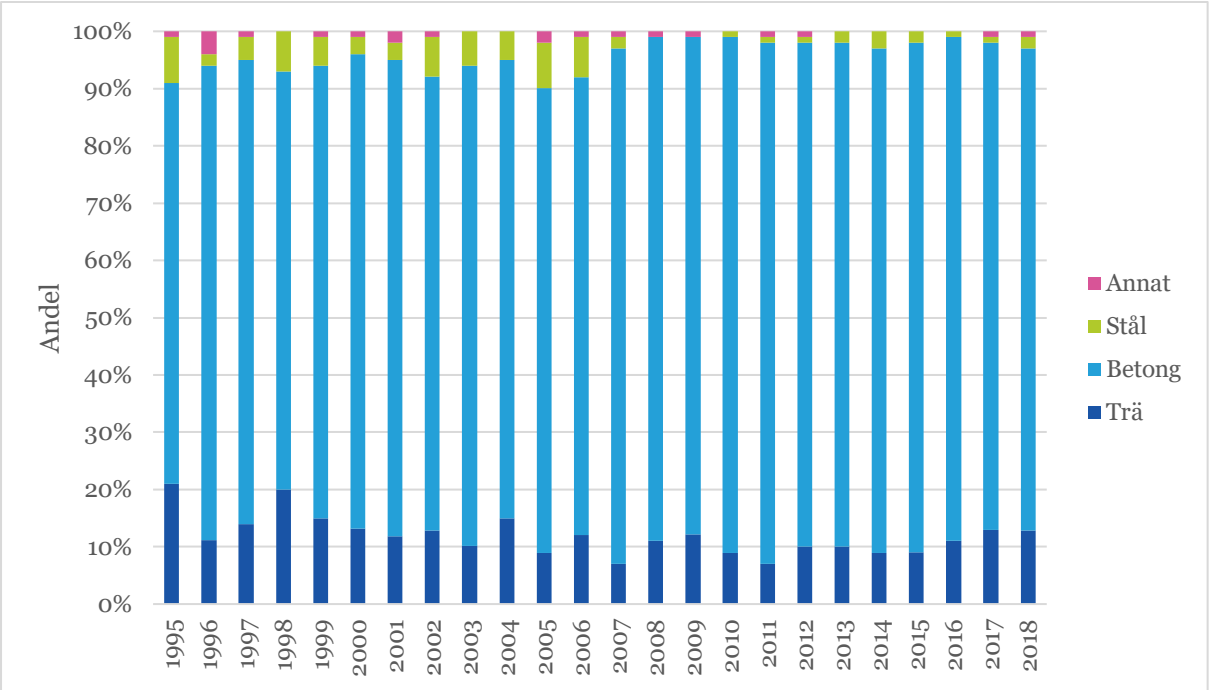
Figur 10. Andel av antal lägenheter i nybyggda flerbostadshus 2018, fördelat efter antal våningar. Baserat på (SCB, 2020).

De vanligaste fasadmaterialen i flerbostadshus år 2018 var tegel (34 procent), puts (23 procent) och betong (21 procent), se Figur 11.



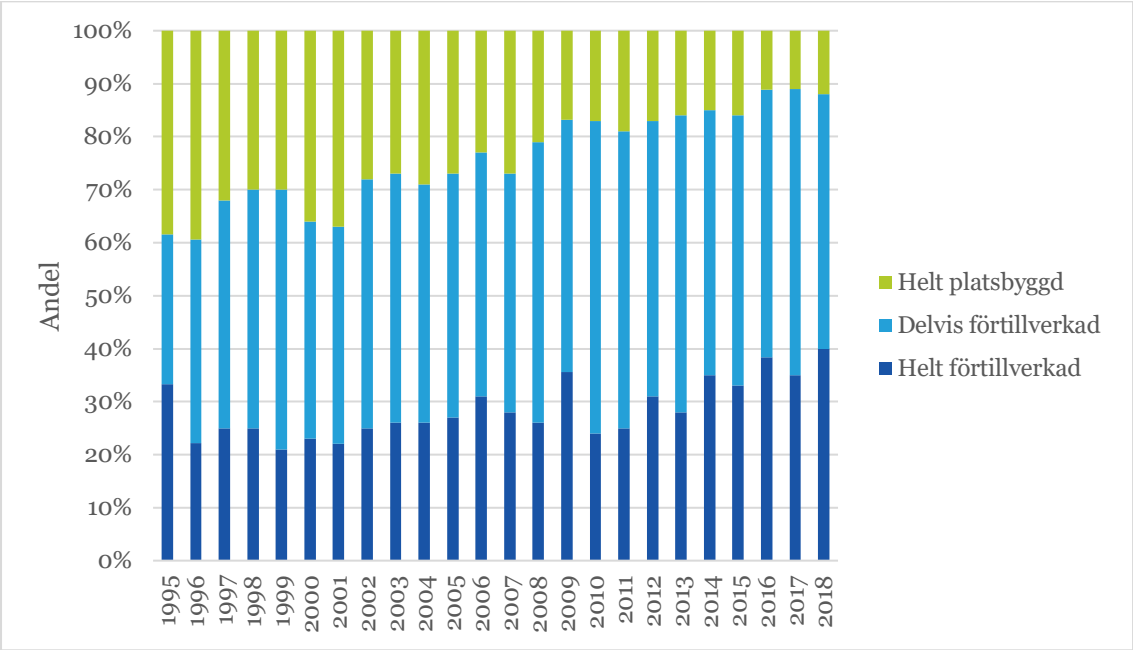
Figur 11. Andel av antal lägenheter i flerbostadshus fördelat efter fasadmaterial och år. Baserat på (SCB, 2020).

Den stora majoriteten av flerbostadshus som byggs har betong som dominerande material i stommen stomme av betong (85 procent år 2018), och så har det varit under lång tid, se Figur 12 (SCB, 2020). Baserat på statistikens indelning hör används i rapporten det förenklade begreppet stomtyp. Detta diskuteras närmare i avsnitt 5.3.



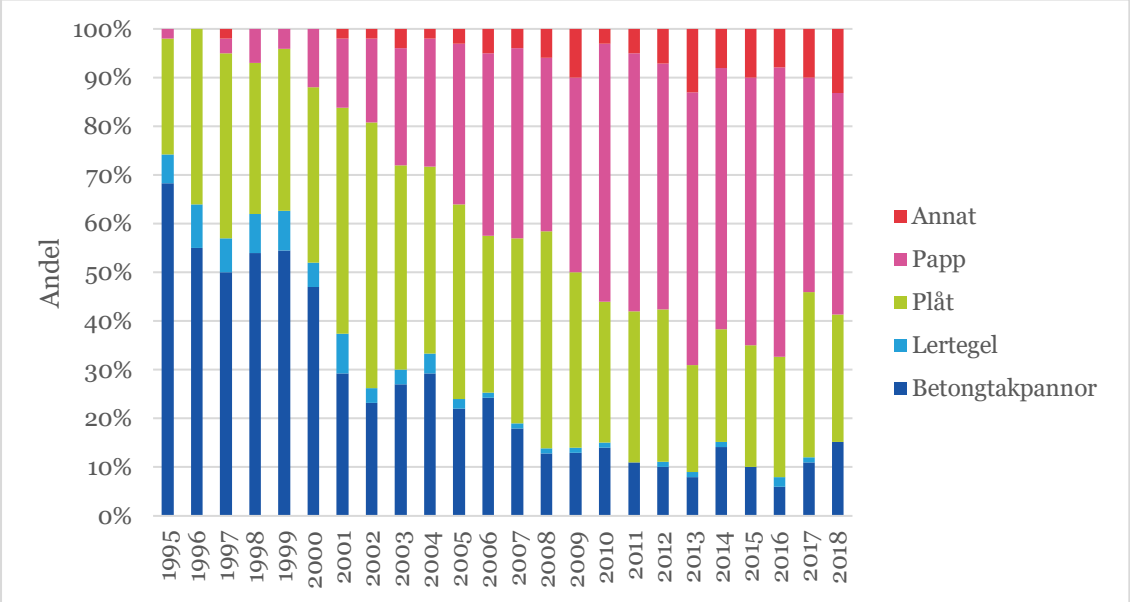
Figur 12. Andel av antal lägenheter i flerbostadshus fördelat efter dominerande material i stommen och år. Baserat på (SCB, 2020).

Andelen lägenheter i flerbostadshus med helt eller delvis förtillverkad stomme ökar, från ca 60 procent 1995 till nära 90 procent 2018. Andelen lägenheter i flerbostadshus med stomme som är helt förtillverkad ökar också, om än inte lika markant, till ca 40 procent år 2018, se Figur 13.



Figur 13. Andel av antal lägenheter i flerbostadshus fördelat efter förtillverkningsgrad. Baserat på (SCB, 2020).

Papp är numera det dominerande takmaterialet för nybyggda flerbostadshus (45 procent), följt av plåt (26 procent) och betongpannor (15 procent), se Figur 14.



Figur 14. Andel av antal lägenheter i nybyggda flerbostadshus fördelat efter takmaterial. Baserat på (SCB, 2020).

3.3 Lokalbyggnader

SCB:s har inte samma utförliga statistik avseende lokaler som man har för småhus och flerbostadshus. Sveriges kommuner och regioner (SKR) har däremot gjort en prognos avseende behoven av nya lokalbyggnader inom kommunerna.

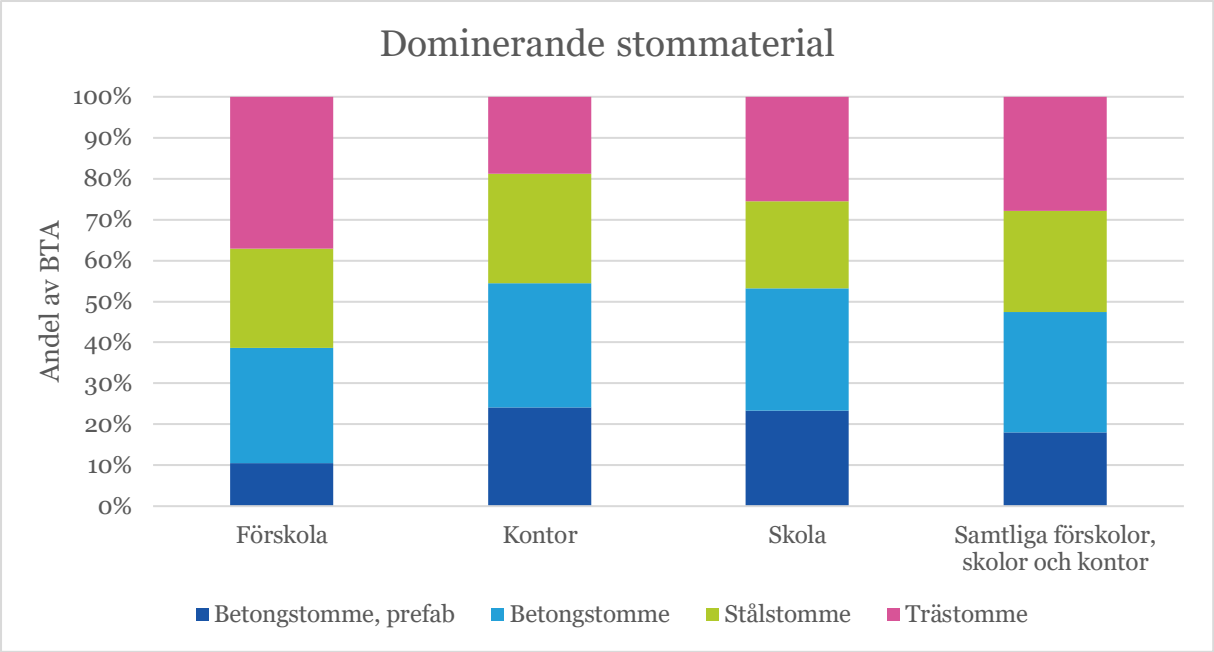
SKR (då SKL) frågade kommunala ekonomichefer om planerade investeringar åren 2019-2022 (Sveriges kommuner och landsting, 2019). SKR:s slutsats var att det kommer att behöva byggas ett stort antal förskolor under perioden. Uppräknat till riksnivå baserat på storleken på de kommuner som svarat skulle det innebära cirka 730 förskolor, 390 skolor, 390 gruppbostäder och 150 äldreboenden. Behovet av idrottsanläggningar har bedömts till knappt 200 stycken, dock ej uppdelat på olika typer av anläggningar, som till exempel idrottshallar, ishallar och bad.

Ett annat sätt att mäta behovet är i antal platser. Behovet av nya platser är störst inom grundskolan, där behovet uppskattas till drygt 80 000 nya platser under samma period. Behovet av nya förskoleplatser är runt hälften av detta och därefter kommer behovet av nya platser i gymnasieskolor som i sin tur motsvarar runt en fjärdedel av behovet av platser i grundskolan.

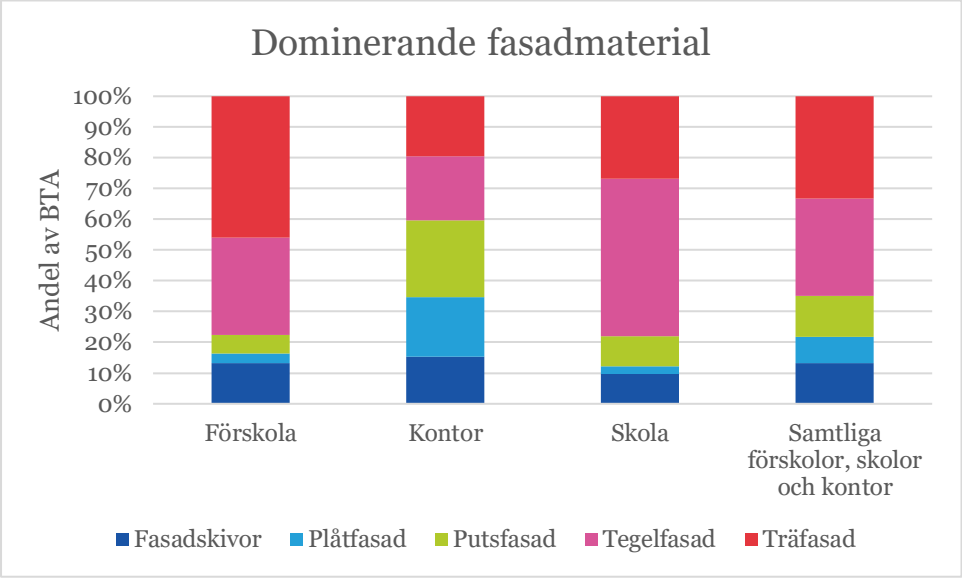
SKR har inte någon ytterligare statistik över byggandet eller förväntat behov av nya byggnader inom kommuner och regioner[4]. Inte heller Belok, Energimyndighetens nätverk för energieffektiva lokaler, har någon statistik över nyproduktionen av lokaler[5].

För att få en bättre uppfattning om nybyggnad av lokalbyggnader beställdes inom ramen för uppdraget en sammanställning av dominerande material i stommen, respektive fasadtyper för förskolor, kontor och skolor, av Byggfakta, Figur 15 och Figur 16. Som framgår av figurerna varierar stomtyp för dessa byggnadstyper betydligt mer än för flerbostadshus och småhus. Indelningen i dessa så kallade stomtyper är inte heller alltid entydig vilket diskuteras mer utförligt i avsnitt 5.3.

[4] Enligt intervju med Bo Baudin, strateg Fastigheter på SKR, augusti 2020.
[5] Enligt intervju med Kajsa Andersson, bitr koordinator BeLok, augusti 2020.



Figur 15. Dominerande material i stomme för vid uppförande av förskolor, kontor och skolor (andel av BTA). Då många byggnader har mer än ett material i stommen har det dominerande materialet redovisats per projekt. Detaljer om byggnadsurvalet i fotnot[6]. Baserat på (Byggfakta, 2020).



Figur 16. Dominerande fasadtyp för uppförande av förskolor, kontor och skolor (andel av BTA). Många byggnader har mer än en fasadtyp och då har den dominerande fasadtypen redovisats. Detaljer om byggnadsurvalet i fotnot[7]. Baserat på (Byggfakta, 2020).

[6] Byggfakta 201104. Urval: Nyproduktion med byggstart 2015 och framåt. Byggnadstyper förskola, kontor och skola. Andel BTA för projekt med en dominerande stomtyp redovisat. Total BTA analyserad 15 111 295 kvm BTA, varav ca hälften kontor och en fjärdedel skolor och en fjärdedel förskolor.

[7] Byggfakta 201104. Urval: Nyproduktion med byggstart 2015 och framåt. Byggnadstyper förskola, kontor och skola. Andel BTA för projekt med en dominerande stomtyp redovisat. Total BTA analyserad 15 111 295 kvm BTA, varav ca hälften kontor och en fjärdedel skolor och en fjärdedel förskolor.

I det angränsande SBUF-projektet ”Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden” genomfördes också intervjuer och en enkät med entreprenörer kring förekommande konstruktionslösningar i dagens byggande. Resultaten härifrån överensstämmer i stort med ovanstående bild och redovisas närmare i projektets slutrapport (Dahlgren et al., 2021).

4 Metodik för denna studie

I detta avsnitt beskrivs hur referensvärden för klimatpåverkan från nya byggnader har tagits fram i denna rapport samt motiv för viktiga metodval. Nedan sammanfattas kort de viktigaste metodfrågorna och systemgränserna för beräkningarna av referensvärdena. I kommande underkapitel beskrivs därefter respektive del samt motiv för metodval något noggrannare. Mer av detaljer kring insamling och bearbetning av data framgår av Bilaga 6 och 7. Bilaga 2 innehåller de klimatdata som använts vid beräkningarna. Bilaga 3-5 beskriver mer detaljer kring utveckling av schablonvärden som används i beräkningarna.

Beräkning av klimatpåverkan och systemgränser för referensvärden (avsnitt 4.2):

- Klimatberäkningarna för de enskilda byggnaderna har så långt möjligt gjorts enligt det kommande regelverkets metodik, det vill säga som föreslagits i lag, förordning, föreskrifter och handboksförslag för klimatdeklarationen.

- Referensvärden beräknades därmed för en systemgräns för livscykeln som motsvarar byggskedet, det vill säga modul A1-A5 enligt standarden EN 15978, Figur 17.

Livscykelinformation byggnad															Övrig information
A 1-3 Material-produktion			A 4-5 Byggfas		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

Figur 17. Livscykelskeden och moduler enligt EN 15978. Benämningen byggskedet används i Sverige för modul A1-A5.

- Referensvärden tas fram för två olika systemgränser för inkluderade byggnadsdelar, enligt nedan samt se Figur 18.

    - ”Systemgräns enligt 2022”, det vill säga avgränsning enligt Förordning (2021:789) om klimatdeklaration för byggnader då den införs 2022 som inkluderar byggnadens klimatskärm och byggnadens samtliga bärande konstruktionsdelar och innerväggar.

    - ”Utökad systemgräns för byggskedet – 2027”, det vill säga enligt förslag från Boverket för utveckling av klimatdeklarationen 2027 vilket inkluderar ”2022 års systemgräns” samt tekniska installationer, invändiga ytskikt och fast inredning (Boverket, 2020).

0 SANERING OCH RIVNING	00 Sammansatta	01 Demontering	02 Sanering och lätt rivning	03 Tung rivning	04 Efterlagning	05	06 Håltagning	07 Arbeten för installationer	08	09
1 MARK	10 Sammansatta	11 Röjning, rivning och flyttning	12 Schakter, fyllning	13 Markförstärkning, dränering	14	15 Ledningar, kulvertar, tunnlar	16 Vägar, planer	17 Trädgård	18 Markutr. Stödmurar, komplementbyggnader	19 Mark övrigt
2. HUSUNDER-BYGGNAD	20 Sammansatta	21	22 Schakt, fyllning	23 Markförstärkning, dränering	24 Grundkonstruktioner	25 Kulvertar, tunnlar	26 Garage	27 Platta på mark	28Huskompl. Husunderbyggnad	29 Husunderbyggnad övrigt
3. STOMME	30 Sammansatta	31 Stomme - väggar	32 Stomme - pelare	33 Prefab	34 Stomme bjälklag, balkar	35 Smide	36 Stomme, trappor, hisschakt	37 Samverkande takstomme	38 Huskompl. Stomme	39 Stomme övrigt
4. YTTERTAK	40 Sammansatta	41 Tak-stomme	42 Taklags-komplettering	43 Taktäckning	44 Takfot och gavlar	45 Öppningskompletteringar, yttertak	46 Plåt	47 Terasstak, altaner	48 Huskompletteri ng, yttertak	49 Yttertak övrigt
5. FASADER	50 Sammansatta	51 Stomkompl. utfackning	52	53 Fasadbeklädnia d	54	55 Fönster, dörrar, partier, portar	56	57	58 Huskompletteri ng ytterväggar	59 Ytterväggar övrigt
6. STOMKOMPL. RUMBILDN.	60 Sammansatta	61 Insida ytterväg	62 Undergolv	63 Innerväggar	64 Innertak	65 Invändiga dörrar, glaspartier	66 Invändiga trappor	67	68 Huskompl. Rumsbildning	69 Rumsbildning - övrigt
7. INVÄNDIGA YTSKIKT RUMSKOMPL.	70 Sammansatta	71	72 Ytskikt golv, trappor	73 Ytskikt vägg	74 Ytskikt tak, undertak	75 Målning	76 Vitvaror	77 Skåpssnickerier	78 Rumskomplette ring	79 Rumskomplette ring övrigt
8 INSTALLATIONER	80 Sammansatta	81	82 Process	83 Storkök	84 Sanitet, värme	85 Kyla, luft	86 El	87 Transport	88 Styr och regler	89 Installationer övrigt
9. GEMENSAMMA ARBETEN	90 Gem. Arbeten sammansatta	91 Gemensamma arbeten	92	93	94	95	96	97	98	99

Figur 18. Systemgränser för byggdelar för referensvärdena, baserat på SBEF:s byggdelstabell (Skanska, 2014). Utifrån klimatdeklarationens regelverk har detta projekt gjort en tolkning av ingående byggdelar, se orange rutor nedan (systemgräns 2022). Projektets tolkning av den föreslagna utökningen av klimatdeklarationen (utökad systemgräns för byggskedet - 2027) visas i blå rutor.

- Referensvärden baseras på beräknad klimatpåverkan utifrån resurssammanställningar inklusive en uppräkning baserad på respektive resurssammanställnings täckningsgrad.

- Beräkning av modul A4 (transport av material till byggplats), A5 spill (klimatpåverkan av produktion av material som blir till spill på byggplatsen, också kallat A5.1), A5 energi (klimatpåverkan från energikrävande processer på byggplatsen, också kallat A5.2-4), samt de tillkommande byggdelarna för 2027 års systemgräns baseras på schablonberäkningar. För A4 och A5 spill har Boverkets klimatdatabas använts och för A5 energi och för de tillkommande byggdelarna (tekniska installationer, invändiga ytskikt och fast inredning), har studien arbetat fram egna schablonvärden

- Referensvärden beräknas baserat på medelvärdesdata för klimatpåverkan från byggprodukter och energiresurser från i huvudsak Boverkets nationella klimatdatabas med generiska data[8]. Referensvärden har också tagits fram för ”klimatförbättrade produktval”, det vill säga där klimatdata med lägre klimatpåverkan använts för produkttyperna betong, konstruktionsstål och aluminium.

- Referensvärden redovisas i första hand som klimatpåverkan i kg CO_2e/m^2 bruttoarea (BTA), men referensvärden finns också redovisade i form av kg CO_2e/m^2 A_{temp}. BTA inkluderar inglasade balkonger/loftgångar.

Underlag för referensvärden (avsnitt 4.3):

- Referensvärden baseras klimatberäkningar av ett större antal verkliga byggnadsprojekt.

- Klimatberäkningar baseras på resurssammanställningar för byggnaderna som innehåller mängder av material- och energiresurser för byggskedet. Resurssammanställningar kompletteras med projektinformation för att kunna göra kvalitetskontroller samt för olika analyser.

- Underlag för resurssammanställningar är i första hand anbuds- eller produktionskostnadskalkyler, för att därmed vara så kompletta representationer som möjligt av byggnaderna. Denna typ av resurssammanställning är den mest omfattande och detaljerade beskrivning av byggskedet som finns tillgänglig i dagsläget.

4.1 Övergripande metodval för framtagande av referensvärden

Syftet med referensvärden är centralt för att föreslå en lämplig metod. Följande tre syften har uttryckts av Boverket i detta uppdrag:

- Kunna utgöra stöd för klimatkrav vid upphandling, såsom de klimatkrav som Upphandlingsmyndigheten tar fram.

- Kunna följa upp utvecklingen/förbättringen över tid gällande klimatpåverkan från nyproduktion av byggnader.

- Kunna utgöra ett underlag för att på sikt eventuellt föreslå gränsvärden i regelverket om klimatdeklaration för byggnader.

[8] https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/klimatdatabas/

Referensnivåer av olika slag är användbara i ett internt lärande och för att kunna driva förbättringsarbete hos berörda aktörer. Exempelvis skulle referensvärden för det förstnämnda syftet kunna utformas på många olika sätt, då beställare kan vilja ställa krav på många olika sätt. Hittills är det framför allt reduktionskrav som använts till exempel i miljöcertifieringssystem som Miljöbyggnad och LEED. Det innebär att det kan vara mest intressant att ta fram en projektspecifik referensnivå (internt referensvärde), från vilken en reduktion ska kunna föreslås och påvisas i en upphandling. Verktyget One Click LCA:s Carbon Designer används exempelvis för detta syfte i Norge och en svensk tillämpning finns nu i SGBC:s nya certifieringssystem Noll CO_2. För syftet upphandlingsstöd, kan det också finnas intresse av att kunna nyttja referensvärden med olika systemgränser (moduler i livscykeln och olika byggdelar) samt som speglar mer specifika konstruktionslösningar (såsom KL-trästomme) eller specifika funktionskrav (såsom nollenergikrav). Det vill säga, så att en byggherre kan ställa ett anpassat krav utifrån det specifika byggprojektet. Detta kan vara en annan anledning till att basera referensvärden på olika typbyggnader, för vilka vissa egenskaper, framför allt geometri, kan varieras. Sådana referensvärden har tagits fram för exempelvis Oslos kommun (Fuglseth et al., 2020).

Om referensvärdena och dess metod ska tas fram för att kunna följa upp klimatpåverkan från nyproduktion av byggnader över tid, är det snarare ett eller ett fåtal värden som är intressanta och fokus behöver ligga på att värdena på ett bra sätt ska spegla dagens nyproduktion. Dessutom behöver det vara någorlunda enkelt att kunna återupprepa beräkningen av dessa referensvärden återkommande framöver. För det sistnämnda syftet gäller i princip samma sak och Boverket har här sett det som viktigt att få reda på en ”utgångsnivå” som väl speglar klimatpåverkan från dagens nyproduktion i stort och helst också utifrån exakt de systemgränser och underlagsdata som ett tänkt framtida gränsvärde skulle sättas på.

Som beskrivits i kapitel 2 finns två huvudsakliga sätt att ta fram liknande (externa) referensvärden: baserat på enskilda typ- eller referensbyggnader som antingen är teoretiska (skolådemodeller) eller utvalda verkliga byggnader som bedömts vara representativa, samt baserat på ”statistik” av beräkningar av ett större antal byggnader. I det här projektet har valts att utgå från ett underlag av ett större antal verkliga byggnader. Huvudmotivet är att det kan visa på den verkliga spridningen i byggnadsutformning och konstruktionsval till skillnad från att välja ett antal typbyggnader med exempelvis likartad geometri – som istället framför allt kan visa på skillnader i konstruktionsval.

Hittills har referensvärden baserat på enskilda typ- eller referensbyggnader varit vanligare. Ett viktigt skäl är att det har saknats tillräckligt med verkliga byggnader för vilka miljöpåverkan har beräknats med likartad metodik. De sammanställningar som gjorts har hittills vanligen haft den stora svagheten att beräkningsmetodiken varierar. I den mån sammanställningar har gjorts har dessa i regel också speglat bästa praxis snarare än dagens praxis för byggnaders klimatpåverkan. Som framgår av kapitel 3, börjar det nu komma fler och fler studier och förslag på referensvärden baserade på beräkningar av verkliga byggnader vilket indikerar att allt fler ser ett behov av att kunna följa upp miljöpåverkan för det faktiska byggandet i olika länder, då klimatberäkningar nu görs i större utsträckning än tidigare. Andra skäl är att LCA-metodiken som använts i olika nationella sammanhang tidigare inte varit helt harmoniserad, varför generella referensvärden varit av lägre intresse att använda jämfört med projektspecifika referensvärden. Med klimatdeklarationen i Sverige börjar vi få en mycket mer harmoniserad metod och i kombination med ett ökat intresse för kravställande blir generella referensvärden alltmer intressanta för aktörerna i byggsektorn.

Genom det övergripande metodval som projektet har valt kan en bättre bild fås också över hur klimatpåverkan från byggandet faktiskt ser ut vid en viss tidpunkt, jämfört med om referensvärden baseras på enstaka referensbyggnader, som successivt då kan behöva uppdateras för att vara representativa. I och med Boverkets regeringsuppdrag har en unik möjlighet också givits för att för första gången få till en dylik kvalitativ studie av klimatpåverkan av ett större antal nyproducerade byggnader.

4.2 Metod för beräkning av klimatpåverkan

Generellt följer beräkningen av de referensvärden som presenteras i denna rapport den metodik som framgår av lag (2021:787) och förordning (2021:789) om klimatdeklaration av byggnader, Boverkets föreskrifter (2021:7) om klimatdeklaration av byggnader samt Boverkets handbok för klimatdeklarationen[9]. För Boverkets syfte är det centralt att beräkningsmetoden för referensvärden följer den beräkningsmetodik som regelverket definierar, när detta är möjligt. Projektet sammanföll dock med utvecklingen av lagstiftningen och har pågått parallellt med utvecklingen av Boverkets handbok som förtydligar regelverket. Denna studie har därmed bidragit med input avseende detaljer i beräkningsmetodiken som behövde förtydligas i handboken, samt bidrag i diskussioner om hur förtydliganden skulle kunna se ut. Trots att dessa projekt pågått parallellt har koordinationen med de andra pågående uppdragen hos Boverket utmynnat i att beräkningarna i denna studie följer metodiken i regelverket för klimatdeklaration. I de kommande avsnitten redogörs närmare för frågor av vikt och hur dessa hanterats för att säkerställa referensvärdenas kompatibilitet regelverket för klimatdeklaration av byggnader.

Referensvärdena som presenteras i denna rapport är beräknade baserat på generiska klimatdata från i första hand det förslag på nationell klimatdatabas som Boverket publicerade för test i februari 2021 inklusive väsentliga numeriska uppdateringar som gjordes i förhållande till den slutliga databas som publicerades sommaren 2021. Boverkets databas omfattar klimatdata för byggnadsmaterial i modul A1-A3 samt för olika bränslen och energibärare i modul A4-A5. Databasen omfattar också generiska transportscenarier för beräkning av modul A4 och generiska spillfaktorer för beräkning av modul A5 Spill (ibland också kallat modul A5.1). Det innebär att referensvärdena är kompatibla med de framtida klimatdeklarationerna eftersom dessa kommer att grunda sig på denna data, om inte produktspecifika data används i klimatdeklarationerna. Observera att de är kompatibla men inte överensstämmande, eftersom så kallade konservativa generiska data ska användas i klimatdeklarationerna, och denns studies beräkningar använt de medelvärdesdata som Boverket också publicerat i databasen. De konservativa värdena är uppräknade med 25 procent från medelvärdesdatan.

Det är centralt att beräkningarna av referensvärdena genomförs med data som i sin tur är baserade på samma LCA-metod, för att beräkningarna ska bli jämförbara. Exempelvis i Danmark har man hittills utnyttjat den tyska databasen Ökobau för sina klimatberäkningar för byggnader med verktyget LCA-Byg. Dessa data inkluderar, till skillnad från värdena i den svenska (och finska) klimatdatabasen, upptag av biogent kol i form av CO2 i modul A1-A3 samt utsläpp samma mängd CO2 i modul C. Resultaten för klimatpåverkan i byggskedet för en byggnad (modul A1-A5) skulle vara svåra att jämföra om data från Ökobau användes i vissa beräkningar och data från Boverkets klimatdatabas i andra beräkningar. Dessutom är det viktigt att klimatdata speglar klimatpåverkan för de byggprodukter som används i ett visst nationellt sammanhang, vilket är en viktig anledning till att Boverkets klimatdatabas har upprättats. I avsnitten nedan beskrivs närmare vilka data som använts för beräkning av de olika delmodulerna i byggskedet.

4.2.1 Beräkning av modul A1-A3 (produktskedet)

Som nämnts ovan görs beräkningarna av modul A1-A3 enligt regelverket för klimatdeklaration av byggnader. Det är framför allt tre frågor som länge under projektets gång varit oklara, och som har betydelse för beräkningarna av modul A1-A3. Det handlar dels om de klimatdata som ska användas, dels om en mer detaljerad beskrivning av vilka byggdelar som ska ingå i klimatdeklarationen från 2022 (se Figur 18) samt om någon form av uppräkning av beräknade värden baserat på hur komplett resurssammanställningen är, bör göras. Detta beskrivs närmare i avsnitt 4.2.2.

Vid beräkning av referensvärden för den systemgräns som är föreslagen att gälla från och med 2027 har beräkningar gjorts utifrån de anvisningar som finns i Boverkets rapport (Boverket, 2020) samt i dialog med Boverket. Huvudfrågorna här handlar om de föreslagna tillkommande byggdelarna

[9] https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/

Invändiga ytskikt och inredning (SBEF byggdel 7) och Tekniska installationer (SBEF byggdel 8). En svårighet relaterat till detta är att även om projektet bett om så kompletta resurssammanställningar som möjligt, innehåller långt ifrån alla underlag dessa två byggdelar. Därför valdes att se över tidigare använda schabloner för dessa byggdelar och utveckla dem vidare, samt differentiera dem för de olika byggnadstyper som studerats i projektet. Båda dessa byggdelar består dock av en mycket stor mängd olika komponenter som sällan har mängdats noggrant, som det är mycket tidskrävande att mappa samt som det inte alltid finns kvalitetssäkrad klimatdata för. Till en viss gräns har projektet kunnat arbeta med utveckling av schablonvärden inom ramen för projektet men ser att en hel del arbete återstår för att kunna få fram mer detaljerade schablonvärden för olika byggnadstyper. För framtida arbete inom området har projektet försökt dokumentera bättre hur schablonvärden för dessa delar har tagits fram, än vad som varit fallet för tidigare använda schablonvärden. Hur dessa schablonvärden tagits fram beskrivs närmare i 4.2.5 och 4.2.6.

I första hand har generiska medelvärdesdata från Boverkets klimatdatabas använts för beräkningarna av modul A1-A3[10], se första delen av Bilaga 2. Det valdes att basera referensvärdesberäkningarna i denna studie på medelvärdesdata då bedömningen är att referensvärden bör spegla dagens nyproduktion och vara jämförbara med nationell statistik och tidigare genomförda studier, i möjligaste mån, vilket en användning av konservativt satta data inte medger.

Att grunda referensvärden på data från Boverkets klimatdatabas innebär att eventuella klimatförbättrande åtgärder som faktiskt genomförts för de studerade byggnaderna, i form av klimatsmarta produktval, inte synliggörs. Genom att använda medelvärdesdata (även benämnt typiska data) speglar dock referensvärdena dagens byggande i medeltal och en eventuell bias för byggnader där klimatsmarta produktval gjorts, kunde undanröjas. Det var heller inte möjligt att i detta projekt samla in uppgifter om enskilda produktval från de som tillhandahöll byggnadsdata.

Utöver klimatdata från Boverkets databas, vilken inte innehöll alla de materialresurser som återfanns i byggnadsunderlagen, har klimatdata i några fall tagits från resursregistret i Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM), IVL:s interna databas eller från EPD:er. Resurserna har alltså mappats enligt följande prioriteringsordning:

1. Resurser i Boverkets klimatdatabas (medelvärdesdata)
2. IVL-resurser (IVL LCR)
3. EPD:er

Slutligen ska poängteras att konstruktionsstål tilldelats ett medelvärde av skrotbaserat och primärt konstruktionsstål i Boverkets databas för att bättre spegla den svenska marknaden. Notera att det saknas uppgifter om faktisk andel återvunnet stål i det konstruktionsstål som används i Sverige. Det finns också en stor spridning avseende klimatpåverkan för håldäcksbjälklag från olika tillverkare. Det valdes att använda värdet från Boverkets klimatdatabas då det anses vara typiskt av branschen, men där där projektgruppens bedömning är att det snarare motsvarar ”de bättre i klassen” än ett medelvärde från olika leverantörer, där det också är en betydande import. Till sist, specifik betongkvalitet inte framgått i tillhandahållna resurssammanställningar har projektgruppen mappat mot ett värde motsvarande ospecifierad husbyggnadsbetong i BM-verktyget. Detta har antagits spegla

[10] En diskussion angående den svenska databasen har varit huruvida den ska innehålla medelvärdesdata eller så kallade konservativt satta data, det vill säga data som representerar produkter i en produktgrupp med högre utsläpp per producerad enhet än ett genomsnitt av det som används på den svenska marknaden. I slutändan valdes att redovisa både konservativt och representativt satta värden i databasen. Konservativa data ska användas för att ta fram klimatdeklarationer enligt regelverket åtminstone fram till 2027 eller när eventuella gränsvärden införs, för att stimulera efterfrågan på produktspecifik data så att leverantörer som tar fram EPD:er främjas samt efterfrågan på byggprodukter med lägre klimatpåverkan. De konservativt satta generiska data är dock baserade på medelvärdesdata som därefter multiplicerats med en uppräkningsfaktor på 1,25.

en medelvärdesbetong på svenska marknaden och Boverket har valt att inte redovisa ett sådant värde i klimatdatabasen. Samtlig klimatdata som använts i beräkningarna inklusive källa anges i Bilaga 2.

Utöver beräkningar med klimatdata enligt ovan, redovisas också referensvärden i denna studie som ska spegla en form av bästa praxis. Genom att byta ut ett antal klimatdata har beräkningarna per byggnad också tagits fram som speglar klimatpåverkan om ett antal, idag fullt realistiska, klimatförbättrade produktval hade gjorts. Utbyte gjordes för de produktgrupper som dels stod för en hög andel av klimatpåverkan och dels att tillgängliga alternativ fanns att hämta ur Boverkets klimatdatabas. Dessutom gjordes enbart förändrade produktval som inte bedömdes få konsekvenser för redan gjorda materialmängdningar eller för utformningen av byggnaderna i övrigt. De produktgrupper som har klimatförbättrade alternativ i beräkningarna ”klimatförbättrade produktval” i rapporten (avsnitt 6.4) är därmed betongprodukter (både platsgjuten och prefab), konstruktionsstål och aluminium. För betongprodukter har de klimatförbättrade alternativen i Boverkets klimatdatabas använts som är 25% lägre än motsvarande medelvärdesdata. För konstruktionsstål användes det ”skrotbaserade” alternativet i Boverkets databas som motsvarar i storleksordningen en halvering av klimatpåverkan jämfört med det värde som används i grundberäkningarna. För aluminium användes också det ”skrotbaserade” alternativet i Boverkets databas som är drygt tre gånger lägre än värdet för jungfruligt aluminium i samma databas. Även all klimatdata som använts för beräkningarna med klimatförbättrade värden finns redovisade i Bilaga 2.

4.2.2 Uppräkning av klimatpåverkan baserat på täckningsgrad

Allmänt om täckningsgrad och dess hantering

En central fråga när det gäller jämförbarhet av klimatberäkningar för byggnader är hur komplett resurssammanställningen och klimatberäkningen (se avsnitt 4.4.1) är för den systemgräns som ska beräknas.

Idealt finns underlag för samtliga byggprodukter tillgängligt (mängd och klimatdata), men så är det i princip aldrig i verkligheten och det skulle vara ett mycket tidskrävande arbete att sträva efter en helt komplett beräkning samtidigt som nyttan skulle vara begränsad. Detta är en klassisk metodfråga i LCA, men den är extra svår och viktig att hantera i livscykelanalys av byggnader som ju innehåller så oerhört många olika komponenter till skillnad från de flesta andra ”konsumentprodukter”. Därför innehåller metoder för LCA för byggnader ofta regler för hur denna problemställning ska hanteras, så kallade *cut-off rules*. Detta har ofta uttryckts, till exempel i olika certifieringssystem, som att en redovisad beräkning minst ska täcka 90, 95 eller 99 procent av byggnadens klimatpåverkan eller vikt, se till exempel (Peuportier et al., 2011). I standarden för byggnadsverk, EN 15978, hänvisas till standarden på byggproduktnivå EN 15804 där krav specificeras. Dessa krav har också EU:s initiativ Level(s)[11] anammat i sin reviderade version. Kraven här är att max 1 procent av total vikt hos materialresurserna får negligeras på grund av att klimatdata saknas och att max 5 procent av total vikt hos materialresurserna i byggnaden får negligeras inom en modul. Det finns dock inga tydliga anvisningar om hur dataluckor ska kompenseras för mer än att det talas om konservativa antaganden. Utöver det sistnämnda, är problemet med den här typen av anvisningar att de är minst sagt verklighetsfrånvända i relation till praktisk tillämpning där dataluckorna är större än de krav som standarden ställer och ingen kompensation normalt görs för att ta hänsyn till det som inte inkluderats i mängdningen. Dels är frågan hur man ska kunna få reda på att man har dataluckor på mindre än exempelvis 5 viktprocent. Men ännu viktigare, det har visat sig att det ofta är orimligt höga krav att ställa på en dylik beräkning. IVL föreslår i sina anvisningar istället ett krav på att minst 80 procent

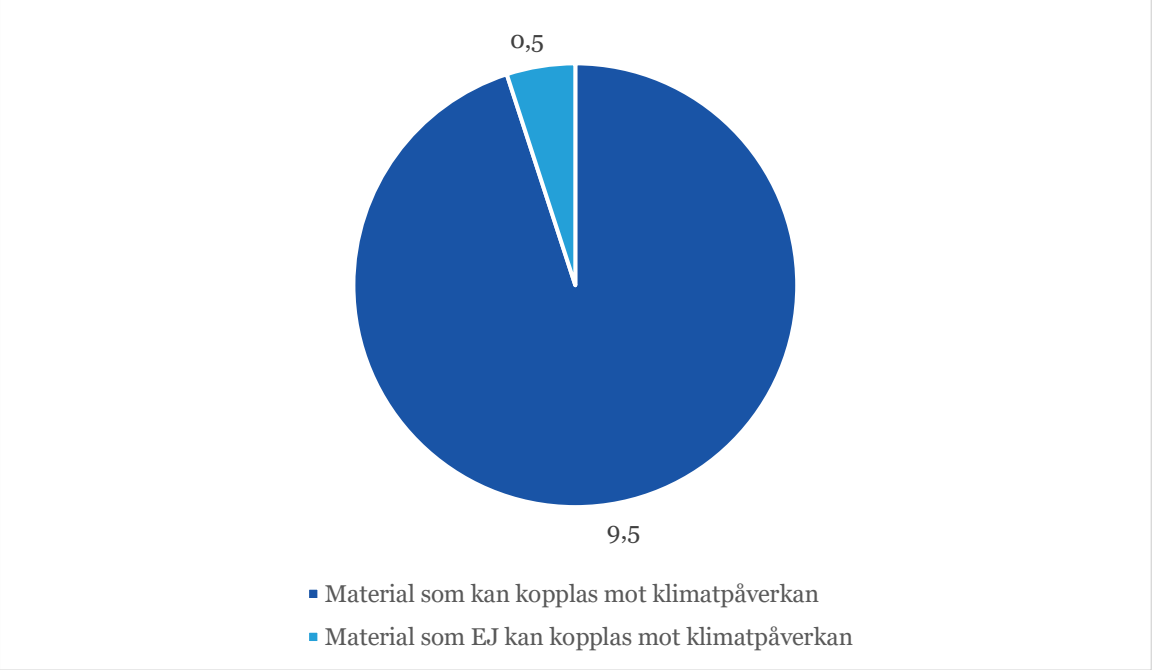
[11] https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau//sites/default/files/2020-10/20201013%20New%20Level(s)%20documentation_Indicator%201.2_Publication%20v1.0.pdf

(vikt eller kostnad) av materialresurserna ingår i beräkningen[12] och att man sedan kan räkna upp resultatet till 100 procent.

För att få fram referensvärden av god kvalitet är det väsentligt att veta hur kompletta resurssammanställningarna i byggnadsunderlaget är. I studien togs därför en ”täckningsgrad” för var och en av byggnaderna fram. Täckningsgraden beskriver just hur väl en klimatberäkning täcker klimatpåverkan från alla resurser som ingår i en vald systemgräns[13]:

$$\text{Täckningsgrad} = \frac{\text{Summa av mappade materialresurser (vikt alternativt kostnad)}}{\text{Summa av alla materialresurser (vikt alternativt kostnad)}}$$

Mappade resurser är alltså de materialresurser som har kunnat kopplas mot en klimatpåverkan. Förhållandet mellan den totala klimatpåverkan från byggnaden (inom vald systemgräns) och den klimatpåverkan som kunnat identifieras visas schematiskt i Figur 19.



Figur 19. Schematisk beskrivning av förhållandet mellan den beräknade klimatpåverkan och den totala klimatpåverkan från byggnaden. Bilden visar samtliga materialresurser inom vald systemgräns med enheten kg materialresurser eller MSEK.

Beräkningen av täckningsgraden sker företrädelsevis utifrån projektets vikt (mest rättvisande) eller kostnader (vanligast) för byggprodukter och eventuell energi. I exemplet är den totala kostnaden för byggprodukter i projektet 10 MSEK. Här har till exempel alla resurser utom fogmassa, skruv, lim och delar av glaspartierna kunnat mappas. Dessa material står för en sammanlagd kostnad om 0,5 MSEK. I detta exempel blir täckningsgraden alltså 9,5 MSEK/10 MSEK= 95 procent. Notera att kostnader för till exempel personal inte inkluderas i den totala kostnaden.

[12] https://www.ivl.se/download/18.3caf9fbe174fee4974b2373/1603188613603/8%20T%C3%A4ckningsgrad%20och%20kompensation%20f%C3%B6r%20dataluckor%202020-05-15.pdf

[13] Klimatdeklarationen så som den träder i kraft 2022 inkluderar byggnadens klimatskärm och byggnadens samtliga bärande konstruktionsdelar och innerväggar.

Projektet har i denna studie företrädesvis utgått från kostnadskalkyler. Det finns två huvudsakliga anledningar till att man inte uppnår 100 procent täckningsgrad när man utgår från en kalkyl:

- **Arbetsinsatsen är stor i förhållande till hur stor kunskap om klimatpåverkan det ger:**
  Exempel 1: I byggnaden finns 100 olika typer av beslag, som i kalkylen anges med antal. Efter 20 timmars arbete med att ta fram material och vikter för beslagen visar det sig att dessa står för 0,0001 procent av klimatpåverkan. Nästa gång en klimatberäkning görs mängdas inte beslagen.
  Exempel 2: Målning är angivet som en UE-post i kalkylen och det saknas kunskap om ingående material och mängder. Då man sedan tidigare vet att material som behövs vid målning står för en mycket liten del av klimatpåverkan frågar man inte målaren om vilka material och mängder som använts inom projektet.

- **Klimatdata saknas.** Exempel: Kalkylen anger att 25 elcentraler finns i byggnaden. Det saknas information om klimatpåverkan för elcentraler, varför det inte går att inkludera i beräkningen.

Observera att ekvationen ovan talar om ”inkluderade byggdelar”. Det betyder att en täckningsgrad om 100 procent i praktiken kan betyda olika saker då täckningsgraden sätts för en viss systemgräns avseende byggdelar. Exempelvis kommer lagstiftningen från 2022 att kräva att vissa, men inte samtliga, byggdelar ingår i beräkningarna för deklarationen. Medan en beställare i en upphandling kan vilja kräva att alla byggdelar ingår i beräkningen.

Denna studies uppräkning av klimatpåverkan baserat på täckningsgrad

I det här projektet har de uppgiftslämnande företagen ombetts att lämna resurssammanställningar för en så komplett byggnad som möjligt. Projektgruppen såg dock tidigt att många resurssammanställningar saknade resurser för hela eller delar av byggdelarna 7 (invändiga ytskikt och fast inredning) och 8 (tekniska installationer), varför dessa delar hanterades på annat sätt, se avsnitt 4.2.5 och 4.2.6. För resterande byggdelar har projektgruppen valt att ta fram täckningsgraden per byggdel genom att uppgiftslämnarna har fått uppskatta täckningsgraden.

För att få fram täckningsgrader kommunicerades en lista med icke mappade resurser från den erhållna resurssammanställningen, från projektgruppen tillbaka till uppgiftslämnarna. I denna kontakt ombads också uppgiftslämnarna ange om det fanns ytterligare material som saknades i resurssammanställningen. Utifrån detta underlag ombads de slutligen att uppskatta täckningsgraden för respektive byggdel (byggdelsindelning på övergripande nivå enligt SBEF:s byggdelstabell (Skanska, 2014)). Täckningsgraden uppskattades antingen med hjälp av andel klimatpåverkan, vikt eller kostnad. För att uppgiftslämnarna skulle kunna besvara frågan om täckningsgrad per byggdel hölls ofta ett möte/telefonsamtal med uppgiftslämnande organisation. I flera fall förmedlade projektgruppen frågan vidare inom organisationen eller till en entreprenör.

Rent praktiskt räknades sedan klimatpåverkan upp för varje mappad resurs i byggdelen med hjälp av en uppräkningsfaktor, enligt nedanstående formel.

$$uppräkningsfaktor = \frac{1}{täckningsgrad}$$

Ett exempel kan vara resursen betongpannor, en del av taket. Byggdelen tak har i denna byggnad en täckningsgrad på 90 procent och därmed räknas klimatpåverkan från betongpannorna upp med uppräkningsfaktorn 1/0,90= 1,11. Då projektet har efterfrågat täckningsgrad per byggdel, innebär det att uppräkningsfaktorn kan variera för samma byggprodukt beroende på i vilken byggdel den ligger.

Täckningsgraden påverkar också beräkningarna av modul A4 och modul A5 Spill (modul A5.1) då dessa delar är beroende av hur kompletta de färdigbearbetade resurssammanställningarna är. Projektets förfarande innebär att uppräkningen av klimatpåverkan gjorts även för dessa delmoduler.

Förfarandet är i linje med regelverket för klimatdeklarationer. Även om Boverkets handbok beskriver hur en uppräkning görs för samtliga byggdelar inom systemgränsen, finns inget som motsäger att en uppräkning per byggdel görs.

De analyserade byggnadernas underlag har genomgående haft en hög täckningsgrad, för alla inkluderade byggdelar. Typiska resurser som saknats i underlaget är skruv, spik, plåtar, fog, lim, beslag, drevning och andra mindre delar. Ungefär 25 procent av underlagen har haft full täckningsgrad, då saknade delar har ersatts med schabloner redan innan underlagen sändes över till studien. Drygt 80 procent av byggnaderna har en täckningsgrad över 95 procent. Stommen sticker ut som en byggdel med speciellt hög täckningsgrad, där hela 85 procent av byggnaderna har över 95 procent täckningsgrad. Husunderbyggnad är den byggdel med lägst täckningsgrad, där hela 13 procent anger att de har mellan 80 och 90 procent täckningsgrad. Ingen av de analyserade byggnaderna saknar dock uppgifter om betong, armering eller isolering i husunderbyggnad, varför denna uppskattning skulle kunna vara i underkant. Generellt kan man alltså säga att beräkningsunderlagen i studien har väldigt hög täckningsgrad och kan därför inte antas spegla hur beräkningar görs generellt.

4.2.3 Beräkning av modul A4 (transport)

För beräkning av modul A4 (transport till byggplatsen) utnyttjas i första hand de generiska transportscenarier som är kopplade till var och en av de materialresurser som ingår i Boverkets klimatdatabas. Klimatpåverkan för dessa baseras på en kombination av en lokaltransport med lastbil (1,5 MJ/ton km) och en långväga transport med lastbil (1,0 MJ/ton km) för vilka svensk reduktionsdieselmix används. För resurser som inte ingår i Boverkets databas användes värden för klimatpåverkan i modul A4 från EPD:er , då detta användes, i de fall det funnits. När det inte funnits har ett rimligt transportscenario från Boverkets databas antagits. Använda värden framgår av Bilaga 2.

Hanteringen här innebär alltså att det inte togs hänsyn till var i landet byggnaderna är belägna i förhållande till faktiska materialleverantörer. I det ursprungliga förslaget till lagstiftning skulle faktiska transportavstånd och transportslag/bränslen anges för de tre byggprodukter med störst vikt. Detta ströks dock vilket innebär att de referensvärden som beräknats i denna studie avseende modul A4 är helt kompatibla med hur det kommer att beräknas i kommande klimatdeklarationer enligt regelverket. Observera dock att klimatdatan som redovisas i Boverkets klimatdatabas för modul A4 inte är ”konservativt” satt på samma sätt som för modul A1-A3, utan baseras på typiska data. Värdena från Boverkets klimatdatabas har därför använts utan omräkning.

I beräkningen av klimatpåverkan från modul A4 (transport) ingår inte transport av arbetsmaskiner till byggarbetsplatsen, och inte heller produktion, transport och avfallshantering av byggspill som genereras under transporten till byggarbetsplatsen. Detta enligt regelverket för klimatdeklarationer och betydelsen av dessa bedöms som mycket små.

Det finns detaljer i hanteringen av beräkning av klimatpåverkan av transporter i liknande livscykelanalyser som fortfarande ger utrymme för tolkning hur beräkningar ska göras. Hittills har ofta enklare schablonvärden använts för beräkning av modul A4 eller, som bör vara något mer rättvisande, generiska transportscenarier för olika byggvaror som ska vara någorlunda representativa i en viss nationell kontext, vilket är vad som används i Boverkets klimatdatabas. I praktiken förekommer dock en del ytterligare transporter i olika steg. Exempelvis passerar stålprodukter ofta en smidesverkstad innan de når byggplatsen där de ska installeras. Det kan då vara en anledning till att i generiska scenarier ta viss höjd för sådana extratransporter. Ett fall som diskuteras en del är också då byggvaran är sammansatt av många olika material, såsom ett plan- eller volymelement i ”trä” men som också består av flera andra byggprodukter, framför allt isolering. I urvalet i denna studie förekommer 1-2 byggnader med sådana volymelement och 5 (varav 4 småhus) med sådana planelement. I dessa fall

har projektgruppen erhållit resurssammanställningar som listar de enskilda byggprodukterna i elementen. För dessa har då motsvarande generiska transportscenarier i Boverkets klimatdatabas ansatts. Men om volym- eller planelementet istället sågs som en enskild, men sammansatt, byggprodukt, skulle en del av denna klimatpåverkan snarare ligga i modul A2. Det kan diskuteras om transporten av sådana färdigtillverkade element också skulle innebära en högre klimatpåverkan än om de enskilda delarna transporterades direkt till byggplatsen. Argument finns både för och emot. Tidigare studier av liknande byggnader visar på något högre värden för modul A4 än i denna studie här. Men det beror sannolikt framför allt på att klimatdatabasen baserar sina transportscenarier på mer uppdaterade data för diesel som inkluderar reduktionsplikten, samt längre transportavstånd som inte heller alltid är realistiska då båttransporter då också förekommer. Det kan alltså konstateras att detta är ett område som kan studeras mer i detalj för att successivt både förbättra de generiska transportscenarier som används men också för att ännu bättre förstå transporternas sammanlagda andel av klimatpåverkan vid nyproduktion av byggnader.

4.2.4 Beräkning av modul A5 (bygg- och installationsprocessen)

Modul A5 (bygg- och installationsprocessen) innehåller ett antal olika delar varav det framför allt är viktigt att hålla isär den så kallade modul A5.1[14] som innefattar produktion och transport av material som blir till spill på byggplatsen från andra delar som exempelvis energiresurser för drift av arbetsmaskiner, fordon och arbetsbodar på själva byggplatsen. Dessa delar har än så länge varit ovanliga att beräkna i LCA för byggnader. Skälen är framför allt att LCA för byggnader ofta har fokus på att kunna utgöra underlag i en designprocess (långt innan man vet hur huset kommer att byggas) samt att då det beräknats har det i regel stått för en lägre andel av miljöpåverkan jämfört med produktskedet (modul A1-A3). Dessutom saknas det bra statistik för dessa delar av byggprocessen. Detta innebär att även om standarden EN 15978 föreskriver hur modulen ska beräknas, finns gott om tolkningsutrymme för vilka processer som bör ingå eller ej. I och med att modul A5 ingår i den kommande klimatdeklarationen i Sverige (vilket det fanns en enighet om i branschen) har denna del av modul A5 därför beräknats och uppmärksammats mer i Sverige än de flesta andra länder.

När det gäller modul A5.1, som fortsatt benämns för A5 Spill, görs beräkningar av detta baserat på ansatta ”spillfaktorer”, från Boverkets klimatdatabas. För de BM-resurser som inkluderats har den generiska spillfaktorn på motsvarande sätt hämtats från Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM), förutom för anläggningsbetong som har tilldelas samma procentuella spillandel som övrig platsgjuten betong i Boverkets klimatdatabas. För EPDer och IVL-data har en spillfaktor uppskattats utifrån vad som bedömts vara en liknande resurs i Boverkets klimatdatabas alternativt BM. I övrigt följer beräkningen regelverket, det vill säga beräkning av modul A5 Spill innefattar klimatpåverkan för modul A1-A4 för kasserat material men däremot inte modul C och inte heller klimatpåverkan kopplat till emballage.

När det gäller övriga delar av Bygg- och installationsprocessen (modul A5) har projektet haft en nära dialog om frågan, såväl med FoU-projektet Byggnader klimatpåverkan – Referensbyggnader för svenska förhållanden (Dahlgren et al., 2021) som med Boverkets paralella utveckling av en handbok kopplat till regelverket för klimatdeklarationer. Det bestämdes i samråd mellan projekten att kalla denna del A5 Energi och vad den skulle inkludera. A5 Energi omfattar därmed enligt Boverkets handbok ”klimatpåverkan från all användning av el, värme och bränslen på byggarbetsplatsen, exempelvis för:

- byggarbetsplatsens fordon, maskiner och verktyg

[14] Benämningarna A5.1-A5.4 förekommer inte i standarden EN 15978 utan är en indelning som gjorts i Sverige, se (Erlandsson, 2018). De delar som har beräknats inom detta projekt benämns dock i fortsättningen A5 Spill respektive A5 Energi.

- uppvärmning och drift (inklusive ventilation, belysning, hiss och liknande) av tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader inklusive byggnaden under produktion
- övriga energivaror, som gasol och diesel för värmare, uttorkning och dylikt, köpt el, fjärrvärme med mera”

I regelverket för klimatdeklarationer ska klimatdeklarationen så långt möjligt spegla den färdiga byggnaden. Enligt Boverkets handbok bör faktiskt uppmätta värden avseende exempelvis el-, fjärrvärme-, och bränsleanvändning på byggplatsen användas som underlag. Från början fanns en ambition i projektet om att kunna samla in underlag från byggnaderna som även innefattade planerade kostnader för produktionen på byggplats alternativt uppmätta värden. Då det var mycket tidskrävande bara att få in underlag för resurssammanställningar med material, behövde denna ambition överges. Beräkningarna av modul A5 Energi i denna studie baseras därför istället på schablonvärden som tagits fram för projektets räkning tillsammans med de parallella FoU-projekten Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden (Dahlgren et al., 2021) samt KlivPå Småhus (E2B2 Energimyndigheten), Tabell 2. Schablonvärdena baseras i stort på erfarenhetsvärden från tre olika entreprenörsföretag samt diskussion med kalkylerare inom dessa företag. Värdena baseras också på intervjuer som gjordes med två kalkylatorer samt representanter för olika byggsystem i det tidigare FoU-projektet LCA för fem byggsystem (Erlandsson et al., 2018) finansierat av SBUF.

Differentiering av schablonvärden valdes enbart för tre olika scenarier: produktion av småhus, produktion av resterande byggnadstyper med, eller utan hög prefabriceringsgrad. Alla småhus har ansatts samma schablonvärde. En hög prefabriceringsgrad kortar dels byggtiden, varför el- och fjärrvärmeanvändning minskar. Dels krävs ingen extra byggvärme, som i schablonvärdena har ansatts som gasol, då ingen platsgjutning förekommer mer än för en eventuell platta på mark. De byggnader som i projektet kategoriserats som trästomme, utom småhusen, har här antagits ha en hög prefabriceringsgrad. För plattans gjutning har eldningsolja antagits som extra strålningsvärme för alla byggnader utom småhus. Det ska sägas att det är många olika faktorer som påverkar vilken klimatpåverkan som sker kopplat till modul A5 Energi. Det beror exempelvis på var i landet byggnaden är uppförd, när på året och vilken infrastruktur som finns runt byggplatsen. Det och annat påverkar exempelvis vilka energikällor som används för olika ändamål under bygg- och installationsprocessen. Schablonvärdena här bedöms likväl någorlunda rimligt spegla en tänkbar medelnivå för A5 Energi för närvarande i Sverige. Om uppmätta värden används som underlag för klimatdeklarationerna framöver kommer dataunderskottet inom detta område att kunna förbättras och nya värden kan tas fram längre fram. Närmare beskrivning av hur schablonvärdena tagits fram och satts framgår av Bilaga 3.

Tabell 2. Schablonvärden som använts för modul A5 Energi i beräkningarna av klimatpåverkan för detta projekt.

Energivara	Antagande om vilka energikrävande aktiviteter som schablonvärden täcker	Alla byggnadstyper utom småhus - Schablonvärde klimat-påverkan (kg CO2e/m2 BTA)	Alla byggnader utom småhus med hög prefabriceringsgrad - Schablonvärde klimat-påverkan (kg CO2e/m2 BTA)	Alla småhus - Schablonvärde klimat-påverkan (kg CO2e/m2 BTA)
El	Elanvändning för drift (el och uppvärmning) av byggbodar samt i byggnad under uppförande för belysning, verktyg, hiss, etc	2,5	1,7	8,7
Fjärrvärme	Fjärrvärmeanvändning för varmvatten och uppvärmning av byggbodar samt byggnad under uppförande, samt till viss del uttorkning av platsgjuten betong.	6,1	4,0	0
Diesel	Bränsle till arbetsmaskiner (exkl. markarbeten) för transporter på arbetsplatsen, mobilkran, snöröjning, etc.	2,3	2,3	2,2
Gasol	Strålningsvärme för att få bra hållfasthetstillväxt vid gjutning av betongbjälklag samt till viss del vid puts- och eller murarbeten	3,9	0	0
Eldnings-olja	Byggvärme innan annan värmekälla finns ansluten, gjutning av bottenplatta.	2,4	2,4	0
TOTAL A5 Energi		17,1	10,3	10,8

I föregående avsnitt togs frågan upp om hur byggnader som till stor del består av industriellt producerade hela byggdelar såsom volym- och planelement i trä, kan hanteras i resurssammanställningar som används för, samt LCA-beräkningar av byggnader. På samma sätt kan frågan tas upp om materialspill samt energianvändning på fabrik och var denna miljöpåverkan ska allokeras modulmässigt. Om EPD:er för enskilda volymelement (till exempel) fanns att tillgå skulle klimatpåverkan för materialspill samt energianvändning i fabrik ingå i EPD:s värde för modul A1-A3. I detta arbete har resurssammanställningarna inte innehållit sådana sammansatta byggvaror utan varje ingående byggprodukt har mappats var för sig. Även för dessa byggnader har då generiska spillfaktorer i Boverkets klimatdatabas ansatts och beräknats i modul A5 (modul A5 Spill), trots att det kan antas att spillet är betydligt mindre i en industrialiserad fabriksprocess. Å andra sidan fångar inte beräkningarna här energianvändning för att producera elementen i fabrik, men det är rimligt att anta att det sammantaget inte skulle öka klimatpåverkan. I beräkningarna syns denna klimatpåverkan då

dock i modul A5 Energi istället vilket i praktiken kan ses som missvisande men som inte bedöms utgöra något problem vid användning av referensvärdena som presenteras i avsnitt 6.1.

4.2.5 Beräkning av invändiga ytskikt och inredning (Byggdel 7)

Eftersom många av resurssammanställningarna hade bristfälliga underlag för invändiga ytskikt och inredning (byggdel 7) eller inga uppgifter alls, har nya schablonvärden tagits fram för de olika byggnadstyperna i detta projekt. Sedan tidigare finns schablonvärden framtagna av IVL men dessa hade endast uppdelningen av bostäder och lokaler och i denna studie var det önskvärt att kunna differentiera värden för de olika byggnadstyperna. Schablonerna är framtagna per A_{temp} eftersom materialen och produkterna i dessa byggdelar främst används i uppvärmda delar av byggnaden. Detta innebär att klimatpåverkan per denna byggdel, redovisad i Bilaga 1, är omräknad baserad på respektive byggnads förhållande mellan A_{temp} och BTA.

Till att börja med gicks alla resurssammanställningar igenom i projektet för att identifiera vilka som innehöll ett användbart underlag för att ta fram nya schablonvärden. För att få ett så omfattande underlag som möjligt för de olika byggnadstyperna togs beslutet att även inkludera byggnader som saknade ett komplett underlag för byggdel 7 men där vissa delar (såsom ytskikt på golv eller väggar) ansågs hålla tillräcklig kvalitet. Sammanfattningsvis utnyttjades 8 underlag för flerbostadshus, 6 för skolor, 7 för förskolor, 3 för kontorsbyggnader samt 5 för småhus för att ta fram de schablonvärden som används i beräkningarna av referensvärden i denna studie, se Tabell 3. En mer detaljerad beskrivning av utvecklingen av dessa schablonvärden framgår av Bilaga 4.

Tabell 3. Schablonvärden för invändiga ytskikt och inredning (byggdel 7) som används i beräkningarna av referensvärden för 2027 års utökade systemgräns för byggskedet.

	Klimatpåverkan modul A1-A3 (kg CO_2e/m^2 A_{temp}	Klimatpåverkan modul A4 (kg CO_2e/m^2 A_{temp}	Klimatpåverkan modul A5 Spill (kg CO_2e/m^2 A_{temp}
Flerbostadshus	32,0	1,3	1,0
Förskolor	39,9	1,3	1,3
Kontorsbyggnader	18,7	0,8	0,9
Skolor	21,7	0,9	1,0
Småhus	26,4	1,1	1,0
Handelsbyggnader	14,0	0,6	0,7
Idrottshall (övrig)	21,7	0,9	1,0

4.2.6 Beräkning av tekniska installationer (byggdel 8)

På likartat sätt som för byggdel 7, innehöll de flesta resurssammanställningar inget eller bristfälligt underlag för tekniska installationer (byggdel 8). Även för denna byggdel har därför schablonvärden tagits fram för de olika byggnadstyperna i detta projekt. Sedan tidigare finns schablonvärden framtagna av IVL, baserade på fallstudier i (Larsson et al., 2016; Liljenström et al., 2015), men det fanns ett behov att se över dessa värden och se om det gick att ta dessa vidare ett snäpp kvalitetsmässigt. Dessutom behövdes antaganden göras om vilka nivåer som var lämpliga för de byggnadstyper som ingick i studien. Ett antal olika ingångar och alternativ undersöktes för att underbygga de schablonvärden som tagits fram och som används i studiens beräkningar.

Uppgifter om klimatdata för olika tekniska installationer finns till viss del att tillgå i befintliga databaser och har också publicerats i den finska databasen som publicerats 2021[15]. Dessa beskriver dock värden per kg installation och kunde därför inte användas för att ta fram schablonmängder. Inom NollCO2 modelleras tekniska installationer i certifieringens beräkningsmodell som dock inte är allmänt tillgänglig. Det bedömdes inte möjligt att använda denna för alla studiens byggnader för att få fram klimatpåverkan för installationer och det var dessutom önskvärt att ha en hög transparens i

[15] http://co2data.fi

beräkningarna. Även andra arbeten utomlands har studerats, till exempel (Kiamili et al., 2020; Zimmermann et al., 2020), men generellt är det en begränsad transparens i vilka tekniska installationer som faktiskt räknas med och/eller att det inte stämmer med de avgränsningar som sågs som lämpliga i detta arbete. Beskrivningen i (Boverket, 2020) är: ” Installationer ska åtminstone omfatta värme, vatten, sanitet, el, hiss och installationer för lokal elproduktion (såsom solceller). Värmepumpar bör ingå om undercentraler för fjärrvärme också ingår.”

Det som befanns möjligt att göra inom ramen för projektet var att försöka ta fram värden för kontorsbyggnader samt småhus, som ett tillskott till de tidigare värdena som baserades på mängdning av ett flerbostadshus. För flerbostadshus gicks de tidigare gjorda mängdningarna och beräkningarna igenom på nytt och justerades något avseende klimatdata. Även ett par felaktigheter upptäcktes och korrigerades. För kontor utnyttjades ett av studiens byggnadsunderlag samt mängdningar av ett våningsplan genomförda av Skanska för två olika kontorsbyggnader. Det ena av dessa är det kontorshus som används som referensbyggnad i Dahlgren et al (2021).

Schablonvärdena omfattar tekniska installationer för ventilation och kyla, VS, el och hiss. För alla byggnader kategoriserade med trästomme, utom småhusen, inkluderar schablonvärdena också sprinklersystem. Värden kalibrerades och jämfördes därpå och slutligen utnyttjades dessa för att lämna förslag på schablonvärden för de övriga byggnadstyperna, också i visst samråd med installationsledare på WSP. För småhus genomfördes en översiktlig mängdning av ett småhus som tillhandahölls av en småhustillverkare. På motsvarande sätt som för byggdel 7 är schablonvärdena framtagna per A_{temp} och framgår av Tabell 4. Detta innebär att klimatpåverkan per denna byggdel, redovisad i Bilaga 1, är omräknad från nedanstående schablonvärden, baserat på respektive byggnads förhållande mellan A_{temp} och BTA. Värdena i Tabell 4 baseras på beräkningar utifrån medelvärdesdata och representerar alltså inte tydligt ”konservativa” värden, vilket ofta varit vanligt tidigare att använda. Närmare beskrivning av antaganden och tillvägagångssätt för att ta fram dem framgår av Bilaga 5.

Tabell 4. Schablonvärden för tekniska installationer (byggdel 8) som används i beräkningarna för 2027 års utökade systemgräns för byggskedet. Observera att klimatpåverkan för solceller inte ingår i dessa värden.

	Klimatpåverkan modul A1-A3 (kg CO_2e/m^2 A_{temp}	Klimatpåverkan modul A4 (kg CO_2e/m^2 A_{temp}	Klimatpåverkan modul A5 Spill (kg CO_2e/m^2 A_{temp}
Flerbostadshus	17,3	0,4	1,0
Förskolor	10,4	0,2	0,7
Kontorsbyggnader	40,4	1,1	1,9
Skolor	17,3	0,4	1,0
Småhus	11,1	0,3	0,5
Handelslokaler	36,9	0,9	1,7
Idrottshall (övr)	13,9	0,3	0,6
		Samma värden som ovan används.	
Flerbostadshus trä	18,8		
Förskolor trä	11,9		
Kontorsbyggnader trä	43,2		
Skolor trä	18,8		
Handelsbyggnader trä	39,7		
Idrottshall (övr) trä	15,4		

Enligt (Boverket, 2020) föreslås även lokal energiproduktion, såsom solceller, att ingå i de tekniska installationer som ska redovisas klimatpåverkan för, 2027. Information om årlig elproduktion av solceller efterfrågades och utifrån det underlaget har klimatpåverkan för modul A1-A5 Spill beräknats för solceller, för de byggnader som angett att de har solceller. Beräkningarna är ganska grova då projektet inte har haft tillgång till typ eller exakt antal m² av solceller, utan istället baseras

beräkningarna på just uppgiften om årlig elproduktion. Från denna uppgift har klimatpåverkan beräknats, för detaljer se Bilaga 5.

Klimatpåverkan för solceller har hanterats separat i beräkningarna då det har en stor påverkan i de fall där mycket solceller används. Eftersom den positiva effekten av solceller inte synliggörs då enbart modul A1-A5 beräknas, samt då det är något som i princip alltid hanteras av separat underentreprenör (och därför inte på ett enkelt sätt kommer med i byggnadens resurssammanställning) resonerades att denna del borde hanteras separat och Boverket behöver ta ställning till hur detta med solceller ska hanteras om gränsvärden införs kopplat till klimatdeklarationen. De referensvärden som presenteras i denna rapport i kapitel 5.3 innehåller därmed inte klimatpåverkan från solceller utan klimatpåverkan från solceller redovisas separat i avsnitt 6.3.3.

4.3 Frågor som rör representativitet hos referensvärden

Referensvärdena från studien ska i möjligaste mån ge en god representation av klimatpåverkan från dagens byggande sett till all nybyggnad som sker i Sverige. Då referensvärdena baseras på ett urval av verkliga byggnader behöver representativiteten hos urvalet av dessa byggnader hanteras. Nedan följer beskrivning kring ett antal viktiga frågor som rör möjligheterna att få fram representativa referensvärden.

4.3.1 Urval av byggnadstyper

I detta projekt har referensvärden tagits fram för fem olika byggnadstyper. Dessa är delvis utvalda just för att byggnadstyperna tillsammans står för en stor andel av det förväntade byggandet under kommande år, baserat dels på statistik och prognoser för dagens och kommande nyproduktion av byggnader (se kapitel 3) samt intervjuer genomförda av SBUF-projektet om referensbyggnader. Valet av byggnadstyper baseras också på diskussioner i de workshops som hölls med dels Boverket och Upphandlingsmyndigheten och dels med olika aktörer i bygg- och fastighetssektorn, i projektgruppen samt tillsammans med Boverkets arbetsgrupp. Byggnadstyperna som valdes är:

- Flerbostadshus
- Småhus
- Kontorsbyggnader
- Skolbyggnader
- Förskolebyggnader

Ytterligare kriterier som ligger till grund för prioriteringen är att de vanligaste byggnadstyperna som beställs inom offentlig upphandling skulle ingå, då projektet skulle bidra med stöd i Regeringsuppdraget om upphandlingskrav[16] samt att begränsa antalet byggnadstyper för att möjliggöra ett större dataunderlag för var och en av de studerade byggnadstyperna. Detta då en central begränsande faktor i projektet är att det har varit en extremt stor tidsinsats per byggnad för datainsamling och databearbetning. Dessutom har ett motiv varit att, åtminstone i detta skede, fokusera på byggnadstyper som vanligen har mycket likt ställda funktions- och andra krav vilket innebär att skillnader i nivåer för klimatpåverkan knappast kommer att bero på väldigt unikt ställda krav. Detta kan vara fallet för mer spektakulära eller mer unika byggnader såsom kulturhus, idrottsarenor eller stora sjukhus. I projektet har vi resonerat i termer av att det möjligen inte är

[16] https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2020/03/uppdrag-att-framja-minskad-klimatpaverkan-vid-offentlig-upphandling-av-bygg--anlaggnings--och-fastighetsentreprenader/

relevant över huvud taget att ta fram referensnivåer för sådana typer av byggnader, då de ofta är så unika. Om prestandakrav avseende klimatpåverkan ska ställas i exempelvis en upphandling på sådana byggnader kan det vara mer relevant att använda så kallade interna referensvärden och kräva exempelvis 30 procent reduktion från en beräkning av ett förslag på byggnadsutförande.

Utöver de fem utvalda byggnadstyperna önskade Boverket också att handels- och logistikbyggnader skulle ingå i studien. Tyvärr lyckades projektet enbart engagera två uppgiftslämnare för denna kategori av byggnader. Dessa ingår i analysen för samtliga byggnader men då antalet byggnader är för litet, har inte enskilda referensvärden beräknats för denna byggnadstyp. I kommande projekt finns naturligtvis dock möjligheten att, med samma metodik som beskrivs här, ta fram referensvärden också för andra byggnadstyper.

4.3.2 Byggnadsegenskaper och funktionskrav

Även om projektet samlat in en ansenlig mängd data om byggnader, kan antalet byggnader uppfattas som begränsat. Det innebär att frågan om referensvärdenas representativitet behöver hanteras.

I projektet har en genomgång gjorts av befintlig statistik som beskriver dagens nyproduktion av utvalda byggnadstyper, av relevans för beräkning av byggskedets klimatpåverkan, se kapitel 3. Statistiken ger en ganska begränsad beskrivning men innebär i alla fall att det går att få fram fördelning mellan olika huvudsakliga stomtyper för majoriteten av de byggnadstyper som projektet var intresserat av. För flerbostadshus finns mer statistik, exempelvis avseende fasad- och takmaterial samt antal våningar, vilket har viss relevans. Men för andra aspekter såsom om byggnader har eller saknar garage, typ av grundläggning och - förutom för flerbostadshus - antal våningar, saknas det statistik. Av de aspekter som statistik finns för, är det framför allt huvudsaklig stomtyp som bedömdes som möjligt och lämpligt att ta hänsyn till för att få fram någorlunda representativa referensvärden. En viktig anledning är också att det är känt att dominerande material i stommen kan ha stor påverkan på byggskedets klimatpåverkan från nyproducerade byggnader. Stomtyp är dock ett förenklat begrepp, se mer diskussion om detta i avsnitt 5.3. Det ska samtidigt framhållas att för vissa byggnadstyper kan andra byggnadsdelar också stå för en betydande klimatpåverkan, exempelvis glasfasader för kontorshus samt takmaterial för enfamiljshus eller radhus (Zimmermann et al., 2020).

Andra aspekter som är kända att kunna resultera i hög klimatpåverkan för byggskedet är om en byggnad har underliggande garage samt om markförhållandena innebär att omfattande arbeten och materialanvändning krävs för att åstadkomma en god grundläggning av huset. Här saknas både statistik om detta för dagens nyproduktion och markarbeten ligger också utanför klimatdeklarationens systemgräns. Frågan om markarbeten behandlas dock närmare i ett annat projekt om klimatpåverkan och planläggning (Boverket, 2021). När det gäller underliggande garage uppskattas att det är i dagsläget vanligt förekommande vid nyproduktion i storstadsområden, men mindre vanligt på andra ställen i landet.

En tendens som generellt kan sägas vara giltig för många tidigare projekt då ett större antal byggnader utnyttjats för att ta fram referensvärden, är att byggnadsurvalet tenderar att ha en bias mot att inkludera miljöcertifierade byggnader (på grund av krav på LCA-beräkning i certifieringar) samt spjutspetsprojekt där projektaktörer haft ett intresse av att marknadsföra projekten bland annat utifrån låg klimatpåverkan. I Danmarks studie (Zimmermann et al., 2020) är en stor andel av byggnaderna miljöcertifierade enligt DGNB och i Norges studie (Kjendseth Wiik et al., 2020) kommer LCA-beräkningarna från studier inom de drivande forskningsprogrammen inom området, till exempel ZEB/ZEN och FutureBuilt. I dessa studier har inga justeringar gjorts av referensvärdena med hänsyn till urvalet av byggnader. Därmed finns en risk att referensvärden baserat på ett sådant underlag snarare speglar dagens bästa praxis. I vissa fall behöver det nödvändigtvis dock inte vara så att det har en stor inverkan då även miljöcertifierat byggande än så länge framför allt fokuserat på hög energiprestanda och betydligt mindre på att minska materialens klimatpåverkan. Men utgångspunkten i detta projekt har därför varit att i första hand försökt efterfråga ”typiska” byggnader från olika aktörer. Likväl fick projektet främst underlag från aktörer som under ett antal år engagerat

sig i arbete med byggskedets klimatpåverkan. Det betyder samtidigt inte att klimatkrav har ställts på dessa byggnader och om det har gjorts, till exempel inom ramen för en miljöcertifiering, består förbättringarna vanligtvis av ett fåtal klimatförbättrade produktval. Eftersom grundberäkningarna av referensvärden baseras på generiska medelvärdesdata, beaktas på så sätt inte sådana förbättringar i referensvärdena, varför denna potentiella bias inte bedöms påverka studiens resultat. Enstaka pilotprojekt förekommer dock i urvalet där konstruktionslösningar är valda för att minimera klimatpåverkan från byggskedet, vilket ansågs som intressant att få med då det ger värdefull information om potentialen att bygga med låg klimatpåverkan.

Ytterligare en aspekt när det gäller representativitet är från när i tiden byggnadsunderlaget är. Det bör vara så nya byggnader som möjligt för att referensvärdena ska spegla dagens nyproduktion. Av detta skäl sattes ett kriterium om att de byggnader som ingår i byggnadsunderlaget maximalt skulle vara 5 år gamla.

En annan fråga som diskuterats i projektet är huruvida det finns skillnader i hur det byggs i landet och att det kan vara en anledning till att försöka få tag i byggnader belägna i olika delar av landet. Slutligen försökte projektet nå ut så brett som möjligt för att få in byggnader från olika aktörer i landet, så att inte referensvärdena i alltför stor utsträckning speglar en viss aktörs typiska nyproduktion. Utöver att olika byggherrar och entreprenörer har sina koncept så kommer också underlagsdata att baseras på hur kostnadsberäkningar görs olika hos aktörer vilket sannolikt kan ha viss betydelse för resultaten. Se vidare detaljer kring detta i avsnitt 4.4.

Genom att samla in uppgifter om olika egenskaper enligt ovan (så kallad projektinformation, se vidare avsnitt 4.4.2) kunde projektet analysera om byggnader med vissa egenskaper tydligt hade lägre eller högre klimatpåverkan jämfört med byggnader utan dessa egenskaper, vilket är viktigt att vara uppmärksam på om gränsvärden ska sättas baserat på studiens referensvärden. Resultatet av dessa analyser redovisas i avsnitt 6.3.

4.3.3 Krav på byggnadsunderlaget

Utöver att projektet ville få in underlag för ett visst antal byggnadstyper samt en någorlunda diversitet vad gäller olika förekommande konstruktionslösningar för respektive byggnadstyp, kan de huvudsakliga kriterierna på det insamlade byggnadsunderlaget sammanfattas i följande kriterier:

- **Nyproduktion**. Renoveringsprojekt inkluderas ej. Skälet till detta är att en klimatberäkning som enbart inbegriper tillkommande material vid en renovering kommer att få betydligt lägre klimatpåverkan än en beräkning som inbegriper hela stommen.

- **Typiska byggnader**. I första hand ”typiska byggnader” från flera olika aktörer med spridning över landet.

- **Maximal byggnadshöjd**. Utgångspunkten har varit att byggnaderna skulle vara maximalt åtta våningar höga. Skälet till denna restriktion var att för högre hus tillkommer krav avseende brandskydd och bärighet som kan innebära en materialåtgång som ökar klimatpåverkan[17] Framför allt för byggnadstypen kontorsbyggnader har dock ett större antal våningar tillåtits, dels eftersom många av de kontorsbyggnader som byggs är högre än åtta våningar och dels för att få tillräckligt stort underlag för att kunna ta fram ett referensvärde.

- **Max fem år gamla**. Byggnader med maximalt fem år gamla slutbesked. För att referensvärdena i så hög utsträckning som möjligt ska spegla dagens byggande samlas dataunderlag för byggnader som är max 5 år gamla (datum för slutbevis). Även byggnader som

[17] https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/trapphus/

ännu inte är byggda tas med, förutsatt att underlaget är av tillräckligt bra kvalitet (i praktiken bygghandling eller anbudskalkyl).

- **Utvalda byggnadstyper**. Byggnader som tydligt kan klassificeras in i de utvalda byggnadstyperna, det vill säga inrymmer en dominerande (över 80 procent) verksamhet såsom skolverksamhet eller boende. Detta är en avgränsning som gjorts för att möjliggöra en renodling av referensvärdena för olika byggnadstyper, i det fall tydliga skillnader framträder. Denna begränsning har inneburit att ett antal byggnader med blandad användning har exkluderats ur studien, till exempel blandad hotell, kontors- och centrumverksamhet, samt en kontors- och undervisningsbyggnad.

- **Högkvalitativt underlag**. Tillräckligt bra underlag finns tillgängligt, både avseende information om byggnaden och underlaget för resurssammanställningen. Detta innebär i praktiken att projektet ställt krav på resurssammanställning med underlag från en kalkyl eller annan komplett källa (se vidare avsnitt 4.4.1).

- **Underlag för en utökad systemgräns**. I möjligaste mån efterfrågades så kompletta resurssammanställningar som möjligt och som även inkluderade de byggdelar som ingår i den utökade systemgränsen för byggskedet - 2027 (se Figur 18).

- **Täckningsgrad**. Resurssammanställningen ska ha en täckningsgrad på minst 80 procent av materialresurserna.

4.4 Insamling och bearbetning av underlagsdata

För att identifiera aktörer som både kunde och ville lämna underlag spreds en förfrågan mycket brett under hösten 2020. Bland annat gjordes ett utskick till 8000 adresser av Boverket, ca 90 e-postförfrågningar till etablerade kontakter, förfrågan via LinkedIn samt till branschorganisationer, beställarnätverk och utvecklingsprojekt. Utgångspunkten var att be om ”typiska byggnader” samt efterfråga brett både avseende aktörer och i landet. En stor mängd inledande möten hölls med olika aktörer för att beskriva och förklara kravställningarna på de underlag som samlades in samt var efterfrågad information ofta kan hittas. Redan här föll många potentiella uppgiftslämnare bort.

Då området är relativt nytt för många aktörer, levererades merparten av beräkningsunderlagen inte helt kompletta och korrekta till projektet. En stor del av hanteringen därefter har därför haft som syfte att säkerställa god kvalitet på beräkningsunderlaget. Bristfälliga underlag hade oftast ett ursprung i en redan genomförd klimatberäkning och genom metodiken som utvecklats i projektet för kvalitetskontroll upptäcktes och åtgärdades flera brister i dessa beräkningar. Ett antal beräkningsunderlag fick likväl efter dialog förkastas, då de inte höll den kvalitet som denna studie eftersträvat. Genom denna relativt omfattande dialog och kvalitetskontroll av indatan samt rimlighetskontroll av beräkningsresultaten bedömer projektgruppen att beräkningsunderlaget i studien håller god kvalitet. Närmare beskrivning av bearbetningen och kvalitetskontrollen av underlagsdata samt beräkningsresultat framgår av Bilaga 7.

Två typer av information sammanställdes för de byggnadsprojekt som ligger till grund för referensvärdena; ”projektinformation”, det vill säga metadata om själva byggnaden och informationskvalitet, samt en ”resurssammanställning”.

Som tidigare nämnts har referensvärden eller sammanställningar av klimatberäkningar i majoriteten av liknande statistiska studier av många byggnader baserats direkt på genomförda klimat- och/eller LCA-beräkningar, till exempel (Kjendseth Wiik et al., 2020; Moncaster et al., 2019; Simonen et al., 2017). Det innebär att de värden för respektive byggnad som ligger till grund för referensvärdena kan ha beräknats med olika metodantaganden och med olika typer av data (Rasmussen et al., 2018). Det innebär också att de mängdningar av material som ligger till grund för beräkningarna kan ha utgått från underlag i olika skeden av byggprojekten, vilket innebär att det kan vara stora skillnader mellan

hur ”kompletta” dessa är (Beemsterboer, 2019). Detta sammantaget gör att skillnader i beräknade värden för olika byggnader i hög utsträckning kan bero på metodval snarare än skillnader i byggnadsutformning och konstruktionslösningar. Därför valdes i detta projekt att samla in resurssammanställningar istället för färdiga LCA-beräkningar.

I resten av detta avsnitt ges närmare beskrivningar av dataunderlagen för beräkningarna i projektet, i form av resurssammanställning och projektinformation.

4.4.1 Vad är en resurssammanställning?

För att göra en klimatberäkning behövs en resurssammanställning. I en sådan bör alla material- och energiresurser ingå, samt deras mängder. För en resurssammanställning för beräkning av produktskedet (modul A1-A3) bör alltså samtliga inbyggda materialmängder ingå. Materialresurserna behöver vara mängdade i en viktenhet (vanligen kg) för att klimatpåverkan sedan ska kunna beräknas genom att mängderna multipliceras med representativ klimatdata för modul A1-A3 som anges i kg CO_2-ekvivalenter per kg material.

Ett exempel på en rad i en resurssammanställning finns nedan, Tabell 5. I en resurssammanställning kan man även inkludera annan information, till exempel spill på byggplats och transportavstånd.

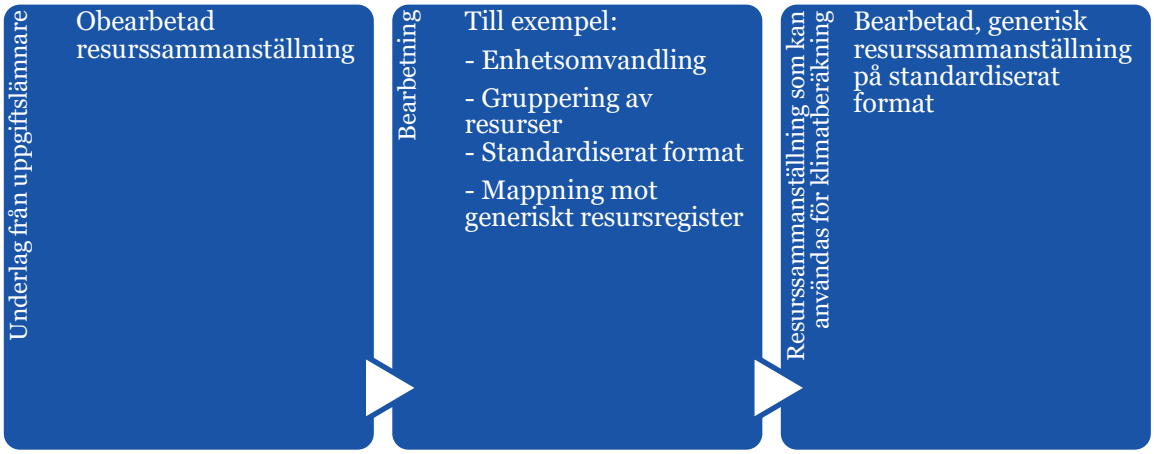
Tabell 5. Exempel på upplägg för resurssammanställning i sin enklaste form.

Resurs	Mängd	Enhet	Byggdel
Glasull	1351	kg	45
Gipsskiva standard, 12 mm	2256	m2	62

De obearbetade resurssammanställningar som använts i detta projekt varierar mellan ett hundratal rader och många tusen rader. Detta beror dels på hur komplex själva byggnaden är, vilka byggdelar som ingår och hur aggregerad en post är. I detta projekt erhölls till exempel resurssammanställningar där varje fönster beskrivs på ett trettiotal rader och projekt där samtliga fönster beskrivits på en enda rad.

Slutligen behöver resurserna kopplas till klimatpåverkan, i denna studie har de mappats mot ett så kallat generiskt resursregister. Boverkets databas med generiska klimatdata utgör ett sådant generiskt resursregister, med unika ID:n för respektive resurs som ingår i databasen. I mappningen kopplas raderna i de obearbetade resurssammanställningarna just mot dessa unika ID:n. Arbetet med att gå från en obearbetad resurssammanställning till en bearbetad, generisk resurssammanställning på standardiserat format, framgår av Figur 20. Detta beskrivs mer detaljerat i kommande avsnitt samt i Bilaga 7.

Resurssammanställning är inget definierat begrepp i standarden EN 15978 och det finns än så länge inget standardiserat format för en resurssammanställning. Det innebär att olika aktörer kan mena olika saker när de talar om sina resurssammanställningar. För databearbetningen i denna studie standardiserades formatet för samtliga byggnaders resurssammanställningar. Det vill säga, från obearbetade resurssammanställningar som tillhandahålls av uppgiftslämnarna till bearbetade, standardiserade resurssammanställningar som också innehöll kopplingen mot generisk klimatdata.



Figur 20. Schematisk beskrivning hantering av resurssammanställningar i studien.

Under arbetets gång införde Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM) en exportmöjlighet från sin programvara. Då flera underlag levererades i denna programvara valdes detta format som standardiserat format för den fortsatta bearbetningen. Det betydde bl.a. att SBEF:s byggdelsindelning användes. Då det saknas en branschgemensam standard för gränsdragning av byggdelar har Skanskas tolkning av SBEF använts för indelning i byggdelar, då denna information inte redan ingick i underlaget som levererades. En koppling gjordes också till BM:s generiska resurser, då Boverkets klimatdatabas ännu inte var publicerad vid själva bearbetningen av underlagsdata.

4.4.2 Projektinformation

I projektet samlades även in projektinformation, som närmare beskriver byggnadernas geometri, övergripande konstruktionslösningar, läge och utformning, etc., se Tabell 6.

Projektinformationen har utnyttjats för att kunna beskriva byggnadsunderlaget för referensvärden bättre och för kvalitetssäkring i bemärkelsen att få en bättre kontroll över vad resurssammanställningen och den klimatpåverkan som beräknas baserat på denna, faktiskt står för. Projektinformationen kan också möjliggöra att studera olika faktorer som kan ha en inverkan på nivån för klimatpåverkan (se avsnitt 6.3) och är därför identifierad bland annat på basis av att få information om olika egenskaper och aspekter hos byggnaderna som tänkbart kan ha en inverkan på om de landar på en hög eller låg klimatpåverkan. Tabellen med projektinformation bygger dels på diskussioner med Boverkets arbetsgrupp och de workshops som hölls inom ramen för projektet under hösten 2020. Dels bygger den på faktorer som lyfts fram i tidigare liknande studier eller rekommendationer (Boverket, 2020; König & De Cristofaro, 2012; Simonen et al., 2017; Wiik et al., 2018).

Tabell 6. Metadata som samlats in om respektive byggnadsprojekt (här kallad projektinformation). De röda raderna utgörs av obligatorisk information medan blå fält visar önskvärda, men ej obligatoriska, indata.

Egenskap/indata
Projektnamn
År för slutbevis (utfärdat eller planerat)
BBR-version
Byggnadstyp
Antal lägenheter
Kommun
Antal våningar ovan jord
Antal våningar under mark
BTA
ljus BTA
Atemp
BOA
LOA
Area omslutande
Balkong
Loftgångar
Komplementbyggnad
Komplementbyggnad yta och funktion
Är komplementbyggnadens yta respektive material inkluderade i redovisad BTA respektive resurssammanställning? (J/N)
Garage, area
Grundläggning
Stomtyp

Egenskap/indata (fortsättning)
Bjälklagstyp.
Fasadtyp.
U-medelvärde
Fastighetsel enl energiberäkning (kWh/m² enl BBRs avgränsingar)
Fjärrvärme enl. energiberäkning
Annan energi enl. energiberäkning (kWh/m² enl BBRs avgränsingar) samt energislag
Solceller
Beräknad årlig elproduktion från solceller
Ventilation
Ljudklass luftljudsisolering
Ljudklass stegljudsisolering
Miljöcertifiering
Miljöcertifiering, ambitionsnivå
Elanvändning från byggarbetsplatsen
Fjärrvärmeanvändning från byggarbetsplatsen
Drivmedel från byggarbetsplatsen
E-post för frågor om projektinformationen
Telefon för frågor om projektinformationen
Skede för kalkyl
Kalkylmjukvara
Saknas byggdelar (SBEF/BSAB83) i resurs-sammanställningen?
Täckningsgrad för resurssammanställning (%)

För att underlätta för uppgiftslämnarna var utgångspunkten att hålla listan med projektinformation så kort som möjligt. Det är anledningen till att gulmarkerade fält ovan efterfrågades men prioriterades lägre.

För att möjliggöra relevanta analyser av klimatberäkningarna ”översattes” en del av den lämnade projektinformationen i olika kategorier. För merparten av relevant projektinformation gjordes detta enkelt. Kategoriseringen av byggnaderna i olika, så kallade, stomtyper var dock inte alltid lika enkel att göra och den är dessutom viktig för de resultat som redovisas i senare avsnitt. En problematisering av begreppet stomme och stomtyp samt närmare beskrivning på hur kategoriseringen i stomtyper gjordes i detta projekt framgår av avsnitt 5.3. En sammanställning av en delmängd av insamlad projektinformation för varje byggnad framgår av Bilaga 1 och en fullständig sammanställning återfinns i bilaga 9 (Excel).

4.4.3 Typ av underlag för resurssammanställningen

Ett antal olika alternativ och möjligheter för att inhämta underlagsdata från byggnader undersöktes i projektet, se Figur 21.

Figur 21. Exempel på källor för att ta fram en resurssammanställning

Information om material och mängder finns i många olika typer av format och varierar över ett byggprojekt. Den information som efterfrågats i detta projekt, det vill säga nära verkliga inbyggda och kompletta mängder, finns oftast hos entreprenören, se Tabell 7. Kompletta, men inte detaljerade, kalkyler hos beställare görs vanligen snarare i program- eller systemhandlingsskede. Många av de aktörer som har varit mest intresserade av att delta med underlag i det nuvarande projektet är beställare, vilket gör att de inte själva har tillgång till den information som efterfrågas, se Tabell 7. Notera att tabellen beskriver ett vanligt sätt att hantera informationen. Det existerar självklart också många andra sätt att arbeta på och BIM-arbetet mognar. De aktörer som arbetar med industriell husproduktion normalt sett ett helt annat informationsflöde, där affärssystemet är centralt.

Tabell 7. Exempel på var information om material och mängder kan hittas i olika skeden i byggprocessen. Blått är information hos beställare. Gult är information hos entreprenör.

	Tidigt skede (program-handling och tidigare)	System-handlings-skede	Bygg-handlings-skede	Produktion
Skisser hos byggherre	x			
3D-modell hos byggherre	(x)	x	x	
Kalkyl hos byggherre	x	x		
Kalkyl hos entreprenör		(x)	x	x
Materialmängder hos UE (under-entreprenör)			(x)	x
Inköpssystem och ekonomisystem hos entreprenör				x

Utgångspunkten har varit att använda ett dataunderlag som i så hög utsträckning som möjligt speglar färdig byggnad, då detta är kravet i den kommande klimatdeklarationen. Som tidigare nämnts har de flesta tidigare studier där underlag från många byggnader samlats in baserats på olika typer av dataunderlag och med skillnader i beräkningsmetodik. Till skillnad från i många andra länder har det i Sverige gjorts en hel del arbete på att koppla kostnadskalkylunderlag med LCA-beräkningar för byggnader. Den typen av underlag ska, åtminstone idealt, innehålla alla – små och stora – kostnadsposter för ett projekt. Genom att kostnadskalkylen ska innehålla samtliga material går det också att göra en beräkning av täckningsgraden. Eftersom klimatdeklarationslagstiftningen innebär deklaration av den färdigställda byggnaden snarare än dess klimatpåverkan i ett designskede, har huvudspåret som projektet arbetat efter varit att samla in resurssammanställningar som är baserade på fullständiga byggkostnadskalkyler, då dessa ofta är det enda underlag som uppdateras efter bygghandlingsskede. Företrädesvis har projektet därför velat utgå från produktions- eller anbudskalkyl inför genomförande, alternativt ett annat underlag som representerar byggnadens faktiska utformning och som är komplett för de, i systemgränsen, inkluderade byggdelarna.

Internationellt och historiskt sett har LCA-beräkningar av byggnader nästan alltid baserats på arkitektritningar eller –modeller. Utvecklingen under senare år med BIM har också ofta påtalats kunna underlätta automatiserade LCA-beräkningar i olika skeden avsevärt. Att utnyttja byggnadsmodeller undersöktes därför också i projektet men avfärdades som förstahandsval då det fortfarande finns ett antal utmaningar med att använda dessa, varav de starkast vägande skälen är att materialresurser ofta saknas i modellen, att det är svårt att få information om vilka och vilka mängder materialresurser som saknas. En annan utmaning är att resurser inte är beskrivna med korrekta material. Det kan till exempel användas en standardvägg i modellen, medan den verkliga väggkonstruktionen förklaras i en separat ritning. Andra mer praktiska problem är att det ofta finns överlappande objekt i de olika modellerna (till exempel A- och K-ritningar) samt att modellen ofta inte uppdateras efter bygghandlingsskedet, varför entreprenörens ändringar inte inkluderas. Flera av de aktörer som projektgruppen talat med vid insamlingen av data planerar dock att använda modeller för klimatberäkningar framöver. Detta är en del av en större digitalisering i byggsektorn och här får klimatberäkningarna invänta branschens utveckling. I Tabell 8 sammanfattas huvudsakliga för- och nackdelar med att använda 3D/BIM-modeller respektive kostnadskalkyler som underlag för resurssammanställningen.

Tabell 8. För- och nackdelar med att använda BIM-modell respektive kostnadskalkyler som underlag för klimatberäkningar.

	Fördelar	Nackdelar
BIM-modell	Ofta tillgänglig hos beställare Material och mängder tillgängliga i lättbearbetat format, om detta finns inlagt i modellen.	Ofta inte uppdaterad efter bygghandling Ofta inte projektspecifika objekt Saknas ofta material. Saknas metodik för att beräkna täckningsgrad. Inkluderar inte information om modul A5.
Kostnadskalkyl	Komplett avseende kostnader, går att beräkna täckningsgrad. Sen kalkyl oftast korrekt avseende konstruktionslösningar.	Vanligt med UE-poster som saknar material och mängder. Mängder anges ofta i form (till exempel kr, st, förp.) som är inte går att använda för beräkning av klimatpåverkan.

Kostnadskalkyler med olika ambitionsnivå görs också i olika delar av byggprocessen av både byggherre och entreprenör i syfte att uppskatta projektets kostnader. I tidiga skeden baseras dessa ofta uppskattningar från skisser/tidiga ritningar och schablonvärden för kostnader per kvadratmeter från tidigare projekt. I senare skeden används ett mer detaljerat underlag, baserat på ritningar och kostnader för projektet, vilket gör att kostnadsuppskattningens osäkerhet minskar. En tidig kalkyl har ofta en acceptans för en osäkerhet på 20 procent (kostnadsbedömning) medan en senare kalkyl har en acceptans för en osäkerhet på 10 procent (kostnadsberäkning), enligt praxis för kostnadskalkyler, som kan göras på tre nivåer (uppskattning, bedömning och beräkning). Notera att detta gäller kostnader, inte klimatpåverkan.

Trots att en noggrann kostnadskalkyl av kostnader gjorts är det inte alltid att alla poster går att översätta till materialmängder. Det finns två huvudsakliga skäl till detta:

- Posten är en UE (underentreprenörs)-post. En underentreprenör kommer att anlitas för att utföra arbetet för denna del av byggnaden och kostnadsuppskattningen har tagits fram med hjälp av att göra förfrågningar till några underentreprenörer. Denna post anges då ofta endast som en kostnad för ett visst arbete, utan specificering av material och mängder. Detta är inte ovanligt för till exempel prefabstomme, fasader, tak, undertak, målning och olika typer av

installationer. För att kunna ta fram mängder för dessa poster måste respektive underentreprenör lämna sina materialmängder.

- Posten är en uppskattning av kostnader baserat på erfarenheter från tidigare projekt. Den anges då som ett schablonvärde exempelvis per byggnadsarea, ofta utan att korrelera detta till materialmängder.

Dessa båda svårigheter gör att det oftast krävs en komplettering av en resurssammanställning som tas direkt ur en kalkylmjukvara för att den ska få en acceptabel täckningsgrad, det vill säga vara tillräckligt komplett. Begreppet täckningsgrad är centralt för att skatta kvaliteten hos en resurssammanställning och beskrivs närmare i 4.2.2.

Ett exempel på hur mycket klimatpåverkan skiljer sig mellan olika skeden finns framtaget inom LFM30 (Holmgren, 2020), där klimatberäkningen för de faktiska inbyggda materialen var 14 procent högre än anbudskalkylen, trots att flera åtgärder för att minska klimatpåverkan hade gjorts. Detta beror på ändringar i konstruktionen (till exempel tjockare platta) och missar i kostnadskalkylen (till exempel en mur som missats).

Den bearbetade underlagsdatan för beräkningarna i projektet framgår av Bilaga 9 (Excel).

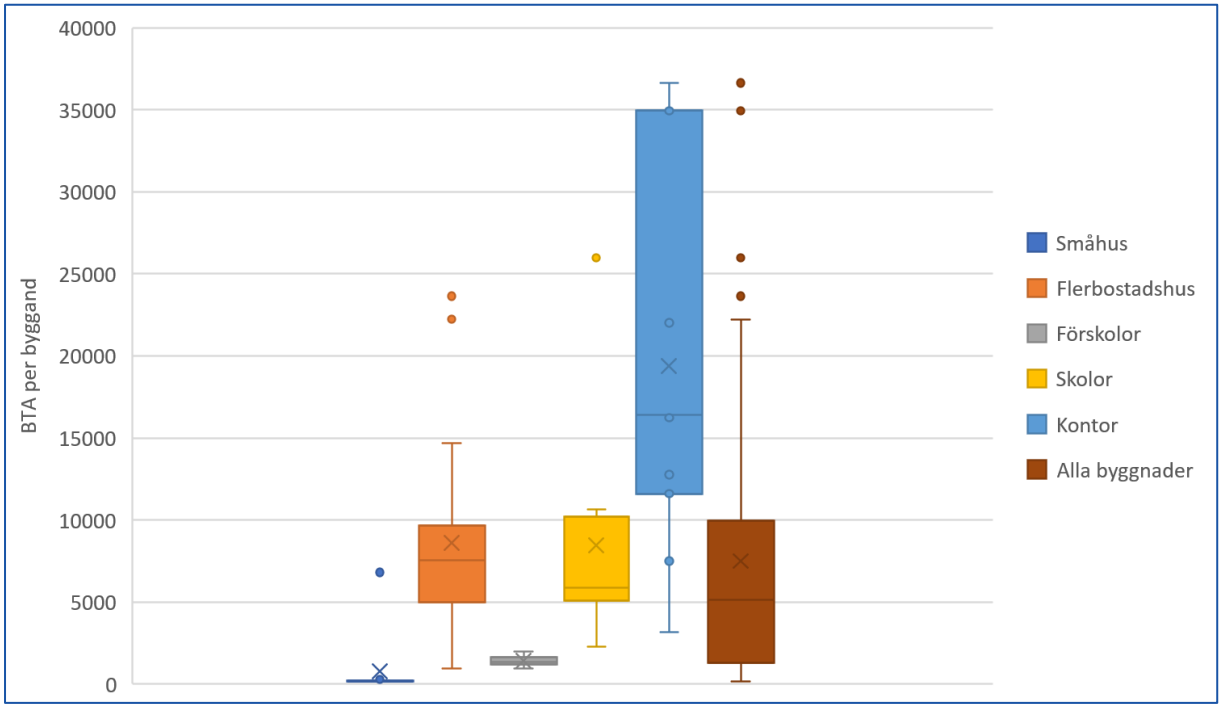
5 Beskrivning av byggnadsunderlaget

I avsnitt 5.1 förklaras först så kallade låddiagram, som används en del i den kommande redovisningen av urval och resultat. I avsnitt 5.2 ges en översiktlig beskrivning av det byggnadsunderlag som använts i studien. I avsnitt 5.3 förs sedan ett problematiserande resonemang om begreppet stomtyp som används både i denna rapport och i många andra sammanhang. Det är en central egenskap hos byggnader när klimatpåverkan för byggskedet diskuteras, men är samtidigt ett väldigt förenklat begrepp.

5.1 Förklaring till låddiagram

I denna rapport presenteras en lång rad låddiagram, på engelska ”boxplots” eller ”box and whisker”-diagram. Ett av de kommande diagrammen används för att beskriva hur man ska tolka diagrammen. Det finns en rad symboler i diagrammen som visar spridningen i en grupp med värden. Figur 22 beskriver arean av de byggnader som ingår i varje grupp av byggnader, det vill säga varje ”låda” beskriver ett antal värden, i detta fall byggandsareor. Varje byggnadsgrupp har en egen färg nedan. Varje grupp beskrivs med nedanstående:

- X:en visar medelvärde
- Linjen i mitten av lådan visar medianvärdet
- Över- och underdelen av lådan visar övre- och undre kvartil
- ”Morrhåren” beskriver min- respektive maxvärden.
- Ibland syns punkter över och under ”morrhåren”. Dessa är extremvärden, så kallade utliggare (outliers). Det blir ett extremvärde om ett värde ligger långt från övre respektive nedre kvartilen, närmare bestämt mer än 1,5 gånger avståndet mellan kvartilerna.

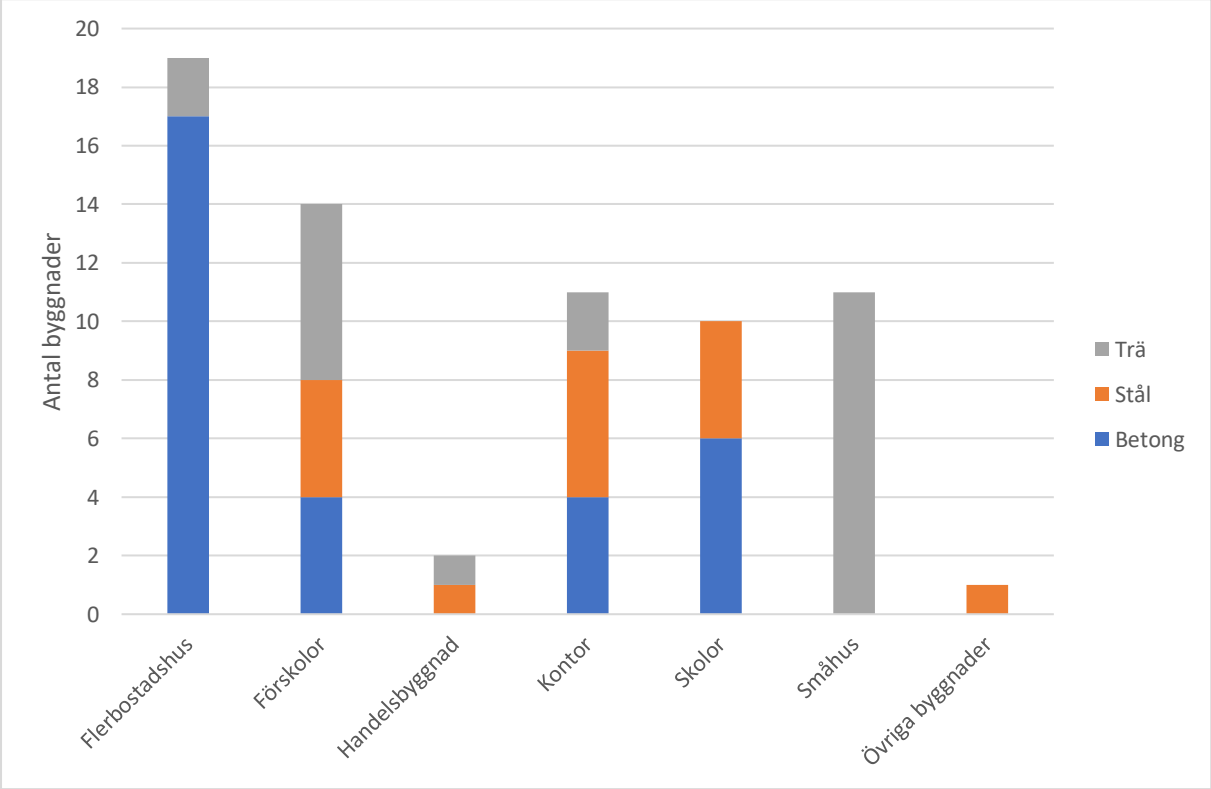


Figur 22. Diagram för förklaring av låddiagramens ingående delar.

5.2 Översiktlig beskrivning av byggnadsunderlaget

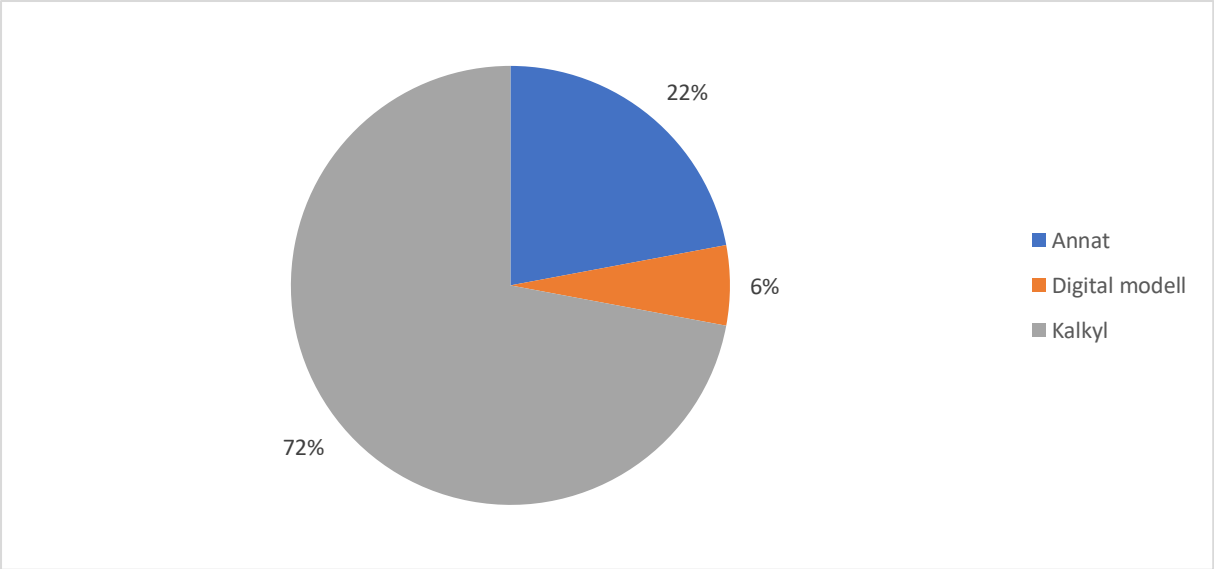
Underlag från totalt 68 byggnader utgör urvalet för studiens beräkningar och analyser. Dessa byggnader beskrivs nedan. Underlaget inkluderar 19 flerbostadshus, 14 förskolor och runt tio stycken vardera av kontor, småhus respektive skolor, se Figur 23. Underlaget inkluderar även ett fåtal andra byggnader, två handelsbyggnader och en idrottshall (övriga byggnader).

Betong är det dominerande stommaterialet för flerbostadshus och skolor. Kontor har många byggnader med stålstomme, där även pelar-däcklösningar har inkluderats, som vanligtvis är en kombination av stål och betong. Småhusen har samtliga trästomme (träregelstomme), medan förskolorna är den byggnadstyp med störst variation i dominerande stommaterial. Flerbostadshusens betongbaserade byggsystem är platsgjuten betong inklusive halvprefab med plattbärlag, platsgjuten betong i kvarsittande form av cementbundna skivor (VST) och massiva prefabdäck. Håldäck förekommer i förskolor, kontor och skolor. Stål- och betongstommar, liksom prefabmoduler i trä förekommer i förskolor, flerbostadshus, kontor och skolor, medan KL-trästomme återfinns i flerbostadshus, förskolor och kontor. Se mer om kategoriseringen i så kallade stomtyper i avsnitt 5.3.



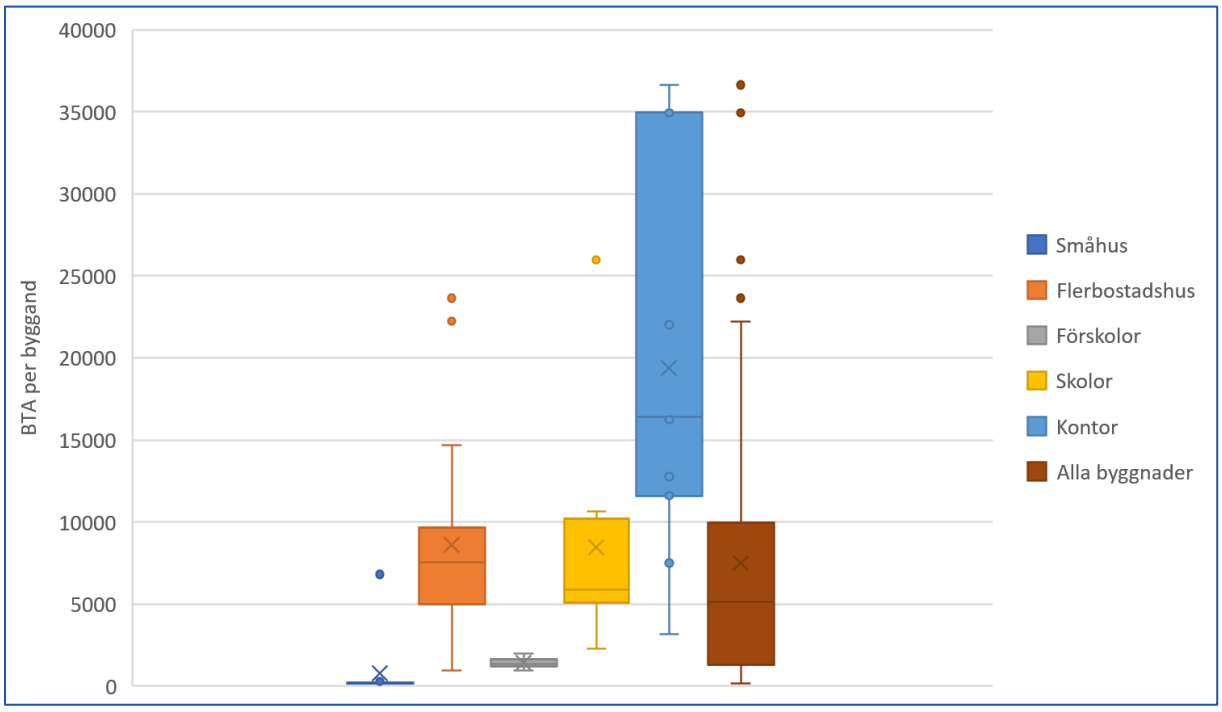
Figur 23. Antal byggnader av respektive byggnadstyp samt byggnadernas huvudsakliga stomtyper.

Byggnaderna är koncentrerade till södra och mellersta Sverige. Enbart en byggnad är belägen norr om Uppsala. Ingen analys avseende hur väl detta speglar byggnationen i Sverige har gjorts.



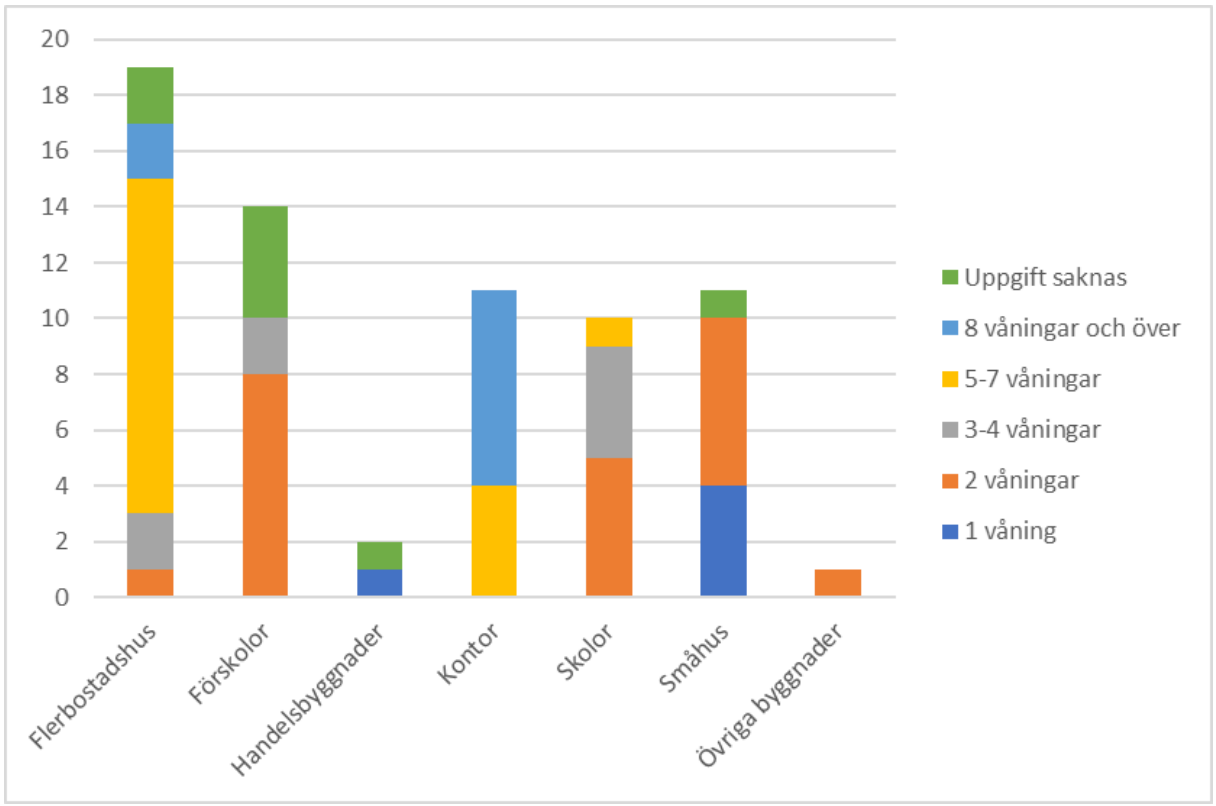
Figur 24. Fördelning av huvudsaklig källa till resurssammanställningen.

Figur 24 visar att kostnadskalkyler är helt dominerande (72 procent) som huvudsaklig källa till resurssammanställningen. Detta är naturligt, då studien syftade till att beskriva den slutgiltiga byggnaden, inte tidiga versioner av ritningarna. Inom industriell husproduktion används framförallt affärssystemen för att hantera mängder och dessa byggnader hade då varken en modell eller kostnadskalkyl som källa till resurssammanställningen utan ett utdrag ur affärssystemet.



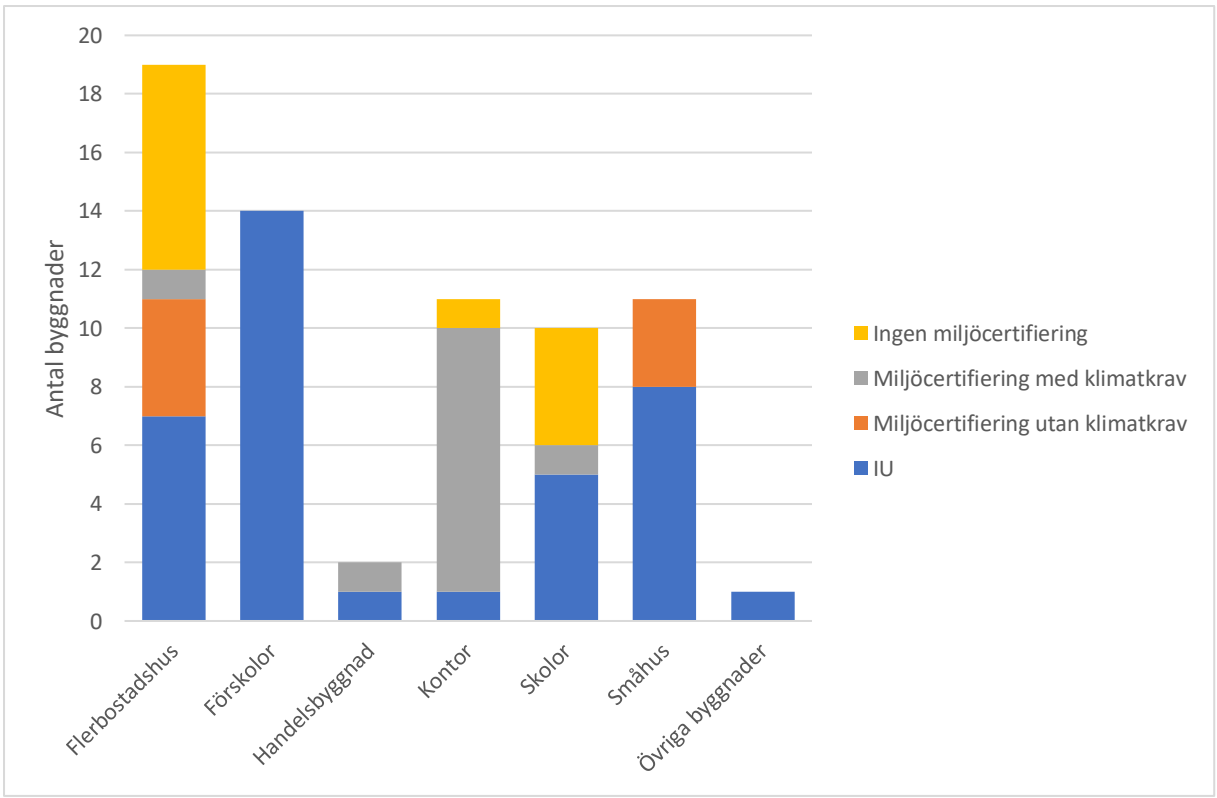
Figur 25. Area per byggnadstyp. BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Alla byggnader)=68.

Av Figur 25 framgår att storleken på de byggnader som ingår i studien skiljer sig mycket åt, dels mellan de olika byggnadstyperna och dels inom respektive byggnadstyp. Kontoren sticker ut som ofta betydligt större än övriga byggnader. Enstaka flerbostadshus och en skola är väsentligt större än flertalet av byggnaderna. Småhus och förskolor är generellt sett betydligt mindre än andra byggnader. Det småhus som har en större yta, är i själva verket ett helt småhusområde som är inkluderat i studien.



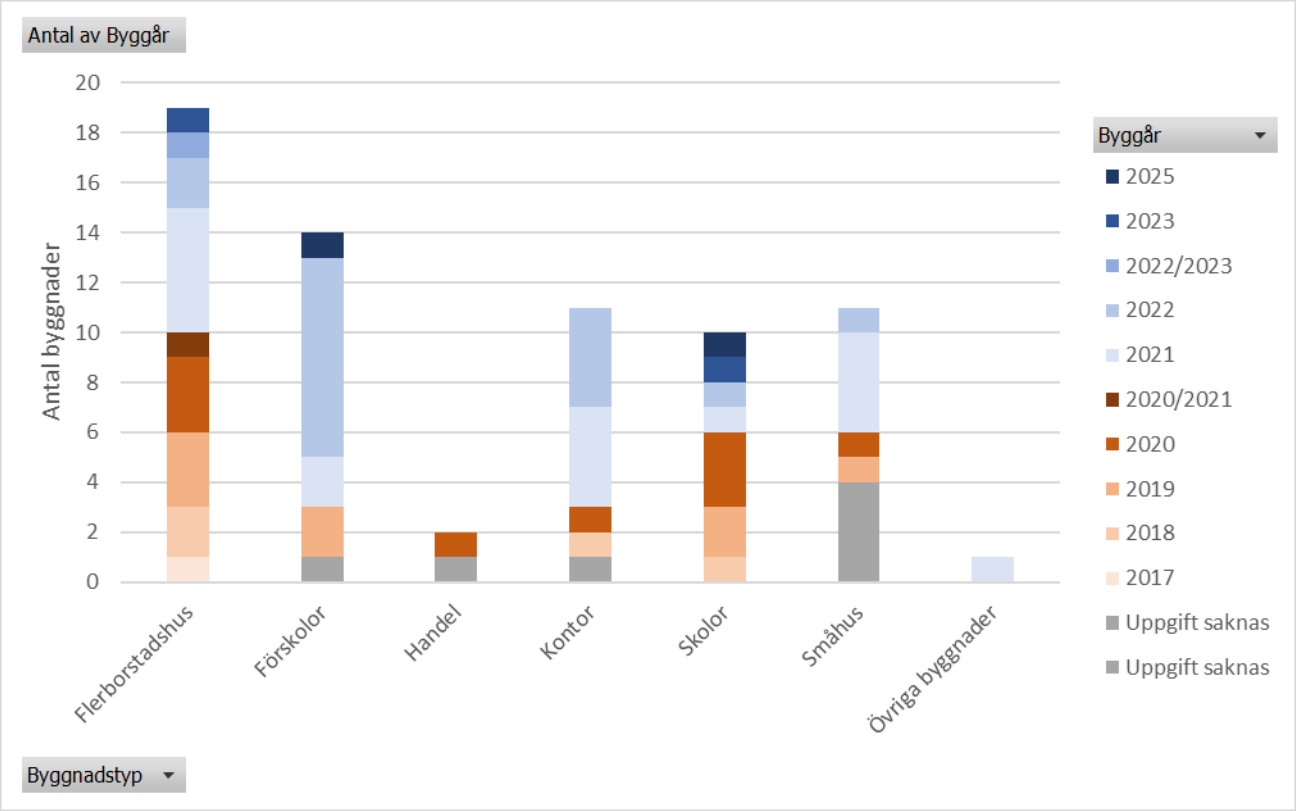
Figur 26. Byggnadernas våningsantal för respektive byggnadstyp (antal).

Figur 26 beskriver antal våningar för respektive byggnadstyp och som kan ses varierar detta mycket beroende på byggnadstyp. Småhusen är 1-2 våningar höga. Även bland förskolorna och skolorna dominerar relativt låga byggnader. Bland kontoren återfinns en stor andel höga byggnader, den högsta på 28 våningar. Flerbostadshusen domineras av byggnader på 5-7 våningar.



Figur 27. Byggnader med miljöcertifieringar per byggnadstyp.

Vissa miljöcertifieringar innehåller klimatkrav, såsom Miljöbyggnad 3.0/3.1, BREEAM, LEED och NollCO2. Notera dock att flera av dessa miljöcertifieringar inte ställer krav på reduktion av klimatpåverkan utan enbart på beräkning av klimatpåverkan. Ovan beskrivs urvalet utifrån om byggnaden är eller har ambitionen att certifieras utifrån någon miljöcertifiering och om denna i så fall innehåller klimatkrav, se Figur 27. Merparten av de inkluderade kontoren har en certifiering med klimatkrav, vilket inte är förvånande, då de dominerande miljöcertifieringarna för kontorsbyggnader, LEED och BREEAM, innehåller klimatkrav. För flerbostadshusen dominerar istället certifieringen Miljöbyggnad och dess tidigare versioner saknade klimatkrav. För många av byggnaderna saknas uppgift om någon certifiering använts eller inte.



Figur 28. Byggnadernas faktiska eller planerade byggår efter byggnadstyp.

Drygt en tredjedel av byggnaderna är färdigställda, se Figur 28. Dessa är illustrerade med orange toner i figuren. En fjärdedel planeras att färdigställas under innevarande år (2021), medan ungefär 30 ännu inte är byggda, illustrerade med blåa toner i diagrammet. Det är dock endast ett fåtal som inte är planerade att stå färdiga under 2022, varför man kan anta att merparten av byggnaderna är i princip färdigritade.

En utmaning med att ta fram referensvärden för dagens nyproduktion handlar om att de i möjligaste mån ska vara representativa för dagens byggande (vid den tidpunkt referensvärden tas fram) vilket också har diskuterats i avsnitt 4.3. I arbetet försökte projektgruppen inledningsvis kontinuerligt säkerställa att det inkom en variation av stomtyper inom varje byggnadstyp och att exempelvis inte låta byggnadstypen flerbostadshus i trä representeras av en enda byggnad så att eventuella andra faktorer än stomtypen också skulle kunna ge utslag i klimatpåverkan. Samtidigt innebar detta att det länge övervägdes att kunna vikta medelvärden i relation till befintlig statistik för nyproduktion (kapitel 3). Detta skulle varit nödvändigt om det slutliga urvalet blev skevt avseende just fördelningen av stomtyper inom respektive byggnadstyp. I slutändan blev urvalet snarlikt statistiken och tillsammans med Boverkets projektgrupp gjordes bedömningen att det inte fanns någon anledning att ta fram viktade medelvärden. De resultat som presenteras i denna rapport baseras alltså på resultaten från studiens inkluderade byggnader, utan viktning.

5.3 Kategorisering i stomtyper

Enligt Förordning (2021:789) om klimatdeklaration för byggnader ska klimatdeklarationen omfatta ” byggnadens klimatskärm och byggnadens samtliga bärande konstruktionsdelar och innerväggar”. De bärande konstruktionsdelarna i en byggnad består i princip av grundkonstruktion, husunderbyggnad och stomme. I stommen ingår samtliga bärande delar som inte ingår i grunden. Beroende på val av stomsystem kan hela eller delar av ytter- och innerväggar vara bärande delar. De bärande delarna räknas då in i stommen och inte i fasad respektive innervägg. I detta ingår även balkonger, loftgångar och trappor som har en bärande funktion. I detta projekt var det önskvärt att dels kunna redovisa resultat för en finare uppdelning av byggdelar än förordningens, och dels kunna efterfråga resurssammanställningar enligt en byggdelsuppdelning som skulle underlätta för uppgiftslämnarna. Då SBEF:s byggdelsindelning (Skanska, 2014) är vanligt förekommande i branschen valdes att ställa upp insamlade resurssammanställningar enligt denna. Här motsvaras då stommen av så kallad byggdel 3. Inom BSAB96 motsvarar stommen byggdel 27 och delar av 45 (ramper och trappor).

De två delar av en byggnad som generellt ger det största bidraget till klimatpåverkan är grund och stomme. I detta projekt består grunden i en överväldigande majoritet av de insamlade byggnaderna av isolering, betong och armering. Mängd och betongkvalitet bestäms av till exempel markförhållanden och laster från byggnaden, det vill säga variationsmöjligheterna är begränsade, även om alternativ växer fram. För stommen finns det dock ett antal byggsystem som förekommer i olika grad på marknaden. Dessa benämns ofta efter sitt dominerande material (till exempel ”stålstomme”). Ibland benämns de till och med slarvigt som ”träbyggnader” eller ”betongbyggnader”, när man egentligen menar byggnader med trä eller betong som dominerande material i stommen (avseende vikt eller volym).

En byggnads stomme består i regel av en kombination av material, till exempel träbjälklag med pågjutning av betong, eller pelare i stål och bjälklag i betong (inklusive armering), varför en kategorisering alltid blir en förenkling. Om man vidgar vyn och tittar på samtliga material i ett hus är de slarviga benämningarna ”trähus” eller ”betongbyggnad” ännu mer felaktiga, eller förenklade. Om byggnader kategoriseras efter vilket material som dominerar viktmässigt hade exempelvis ett vanligt småhus klassats som ett betonghus, trots att stommen och andra delar är av trä. På samma sätt skulle vanliga småhus klassas som mineralullshus om de skulle kategoriseras efter volymmässigt dominerande material.

Trots att byggnader alltså ska ses som bestående av en stor mängd olika material enligt ovan, valdes att inom detta arbete kategorisera byggnaderna utifrån det förenklade begreppet ”stomtyp”, det vill säga byggnader med de dominerande materialen trä, betong respektive stål i stommen. Det finns två skäl till detta förfarande. För det första behövdes en möjlighet att jämföra studiens urval med statistikens uppdelning för hela byggnadsbeståndet. Då statistiken för dagens nyproduktion (se kapitel 3) delas upp i just dessa ”stomtyper”, behövde projektet förhålla sig till denna indelning för att säkerställa representativitet i det samlade byggnadsunderlaget, vilket har beskrivits i kapitel 3 och 4.3.2. Det andra skälet är att just ”stomtypen” enligt denna studies beräkningar har stor betydelse för nivån på klimatpåverkan, både den totala klimatpåverkan och fördelningen av densamma mellan olika byggdelar respektive produkttyper. Även tidigare studier har visat stora variationer i klimatpåverkan beroende på typ av stomsystem och utan en sådan kategorisering i denna studie hade det blivit svårt att analysera orsaker till variationerna i klimatpåverkan.

Kategoriseringen av de olika byggnaderna genomfördes baserat på angivna uppgifter från uppgiftslämnarna. I många fall var det tydligt vilken stomtyp de kunde kategoriseras in men för vissa byggnader var det mindre entydigt. Framför allt gäller detta de olika lokalbyggnaderna där det i byggnadsurvalet ofta förekom en kombination av dominerande material i stommen i en och samma byggnad. Följande principer följdes vid denna kategorisering:

- Många förskolor (vanligen 2 planshus) som har platta på mark och det enda bjälklaget i betong. Vanligen har uppgiftslämnarna uppgivit att det är stålstomme. Det vill säga bärande delar (utöver bjälklaget) är främst i stål. Dessa har kategoriserats som ”stålstomme”.

- Många kontor och skolbyggnader har stålpelare som vertikalt bärande delar. I regel har de betongbjälklag (vanligen HDF), ofta trapphuskärna i betong samt i en del fall ytterväggar i prefab-sandwichelement och i andra fall ytterväggar i tegel eller delar i glas. Här har byggnader som har prefabbetongväggar kategoriserats som betongstomme även om det är viss bärighet i stålpelare. När det istället är andra typer av ytterväggar (till exempel glaspartier, plåt, tegel) har byggnaderna kategoriserats som stålstomme.

6 Resultat

I följande avsnitt beskrivs studiens resultat. I avsnitt 6.1 redovisas först referensvärden för de studerade byggnadstyperna, som klimatpåverkan per BTA och per A_{temp}, samt beräknat med klimatdata enligt svenskt medelvärde och med klimatförbättrade produktval. I följande avsnitt diskuteras resultaten närmare. Avsnitt 6.2 och 6.3 avser beräkningar med klimatdata enligt svenskt medelvärde och i avsnitt 6.4 redovisas och diskuteras resultat när klimatdata med klimatförbättrade produktval har använts.

6.1 Referensvärden för klimatpåverkan som speglar dagens nyproduktion

Eftersom referensvärdena som tagits fram i det här projektet kommer att baseras på ett begränsat antal byggnader valdes att ta fram värden både för samtliga byggnader i urvalet samt per byggnadstyp. De liknande studier som hittills gjorts i andra länder har i regel valt att redovisa värden framför allt just för hela byggnadsunderlaget, på grund av stor spridning i resultaten. Exempelvis konstateras i Danmark att spridningen inom de byggnadstyper de studerade var större än mellan olika byggnadstyper (Zimmermann et al., 2020). Även i en större norsk studie hittades inga statistiskt signifikanta skillnader mellan olika byggnadstyper (Kjendseth Wiik et al., 2020). I detta projekt önskade dock Boverket att referensvärden skulle tas fram för olika byggnadstyper, detta är också utgångspunkten i dagsläget för en eventuell utveckling av gränsvärden kopplade till klimatdeklarationen (Boverket, 2020). Tidigare studier i Sverige, om än med mycket få byggnadsunderlag, visar på skillnader i klimatpåverkan för byggskedet mellan olika byggnadstyper (Erlandsson, 2019). Det finns också två viktiga skillnader i innevarande studie, jämfört med de ovan refererade: 1) De har utgått från ett spretigare underlag med större potentiella metodskillnader, 2) De har beräknat fler delar av livscykeln. Som framgår av tabellerna nedan finns tydliga skillnader mellan åtminstone några av de studerade byggnadstyperna.

I Tabell 9 och Tabell 10 presenteras en sammanfattning av resultatet från studien i form av tabeller med olika referensvärden. Dels presenteras klimatpåverkan per kvadratmeter BTA (Tabell 9) och dels klimatpåverkan per A_{temp} (Tabell 10). I båda tabellerna redovisas referensvärden beräknade med klimatdata enligt svenskt medelvärde. I Tabell 9 redovisas dessutom referensvärden beräknade med klimatdata där dessa bytts ut mot klimatförbättrad för betong, stål och aluminium vilket fortsättningsvis kallas för ”klimatförbättrade produktval”. I beräkningarna av alla byggnader ingår, förutom de redovisade byggnadstyperna, tre andra byggnader som inrymmer handel och logistik samt en idrottshall. Visserligen är inte antalet byggnader som respektive byggnadstyp bygger på så många men utifrån andelen av olika stomtyper som ingår i urvalet bedöms referensvärdena förhållandevis väl kunna representera det som byggs idag.

Informationen i tabellerna nedan, Tabell 9 och Tabell 10, finns redovisat som figurer senare i resultatkapitlet. Där sker mer diskussion om resultaten. Som framgår av tabellerna är det stor spridning på klimatpåverkan för merparten av byggnadstyperna. Tabellerna nedan visar också att medelvärdet för klimatpåverkan för flerbostadshus, kontor och skolor ligger relativt nära varandra. Förskolor uppvisar stor spridning och ett något lägre medelvärde. Småhusens klimatpåverkan har relativt liten spridning och ligger väsentligt lägre än de andra byggnadstypernas klimatpåverkan.

Resultaten för klimatpåverkan per kvadratmeter A_{temp} är genomgående något högre än värdena för klimatpåverkan per BTA vilket är naturligt då total klimatpåverkan generellt slås ut på en mindre yta. För småhusen i studien är skillnaden i klimatpåverkan per BTA respektive A_{temp} större än för övriga byggnadstyper, då större andel ouppvärmd yta finns i dessa. Inga markanta skillnader i mönster hos resultaten kan annars ses jämfört med redovisningen per kvadratmeter BTA.

Tabell 9. Klimatpåverkan [**kg CO_2e/m² BTA**]. Medelvärde, medianvärde, övre kvartil respektive nedre kvartil. Klimatpåverkan baserat på **svenskt medelvärde och klimatförbättrade produktval**.

Medel

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde						Klimatförbättrade produktval					
	2022			2027			2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	266	222	44	313	265	47	230	187	43	276	231	46
Flerbostadshus	310	260	50	358	305	53	262	214	48	310	259	51
Småhus	132	109	24	165	139	26	123	100	23	156	130	26
Kontor	301	249	53	361	303	57	245	195	50	304	250	54
Skolor	303	250	53	343	287	56	266	214	52	306	251	55
Förskolor	258	217	41	307	263	44	234	194	40	283	240	43

Median

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde						Klimatförbättrade produktval					
	2022			2027			2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	284	232	46	328	271	49	251	198	44	292	236	47
Flerbostadshus	318	272	52	363	313	55	272	221	51	316	266	54
Småhus	129	105	24	164	138	26	119	96	23	155	129	26
Kontor	307	249	56	368	306	60	255	200	52	316	256	56
Skolor	298	244	55	338	280	58	258	207	54	296	242	57
Förskolor	242	198	39	293	246	42	224	186	38	271	234	41

Övre kvartil

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde						Klimatförbättrade produktval					
	2022			2027			2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	347	289	57	393	332	60	284	231	55	335	277	58
Flerbostadshus	399	325	59	448	370	62	332	257	57	381	301	60
Småhus	142	117	25	177	149	27	131	107	25	166	139	27
Kontor	359	297	60	412	349	65	283	226	57	335	278	61
Skolor	321	266	58	359	304	61	292	231	56	331	268	59
Förskolor	343	293	54	391	338	57	299	253	52	349	298	56

Nedre kvartil

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde						Klimatförbättrade produktval					
	2022			2027			2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	183	153	27	234	201	30	170	141	27	223	190	30
Flerbostadshus	252	209	40	300	255	43	212	174	39	262	220	42
Småhus	120	98	22	153	128	24	112	91	22	145	121	24
Kontor	261	220	41	308	264	44	206	167	39	267	224	42
Skolor	286	232	45	325	268	48	250	199	43	290	235	46
Förskolor	184	152	27	232	197	30	171	143	27	221	188	30

Tabell 10. Klimatpåverkan **[kg CO_2e/m² Atemp].** Medelvärde, medianvärde, övre kvartil respektive nedre kvartil. Klimatpåverkan baserat på **svenskt medelvärde**.

Medel

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde					
	2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	296	247	49	348	295	53
Flerbostadshus	347	291	56	400	341	59
Småhus	164	135	29	205	173	32
Kontor	331	273	58	395	332	63
Skolor	326	269	57	368	308	60
Förskolor	289	243	46	343	294	49

Median

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde					
	2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	313	259	51	358	301	55
Flerbostadshus	363	299	59	416	348	63
Småhus	155	127	29	195	164	32
Kontor	327	263	60	391	322	65
Skolor	317	261	60	359	300	64
Förskolor	260	213	45	315	264	49

Övre kvartil

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde					
	2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	376	322	62	431	372	65
Flerbostadshus	439	370	68	492	419	72
Småhus	177	148	29	217	185	32
Kontor	383	316	65	447	375	70
Skolor	366	296	62	408	335	66
Förskolor	379	327	60	433	377	63

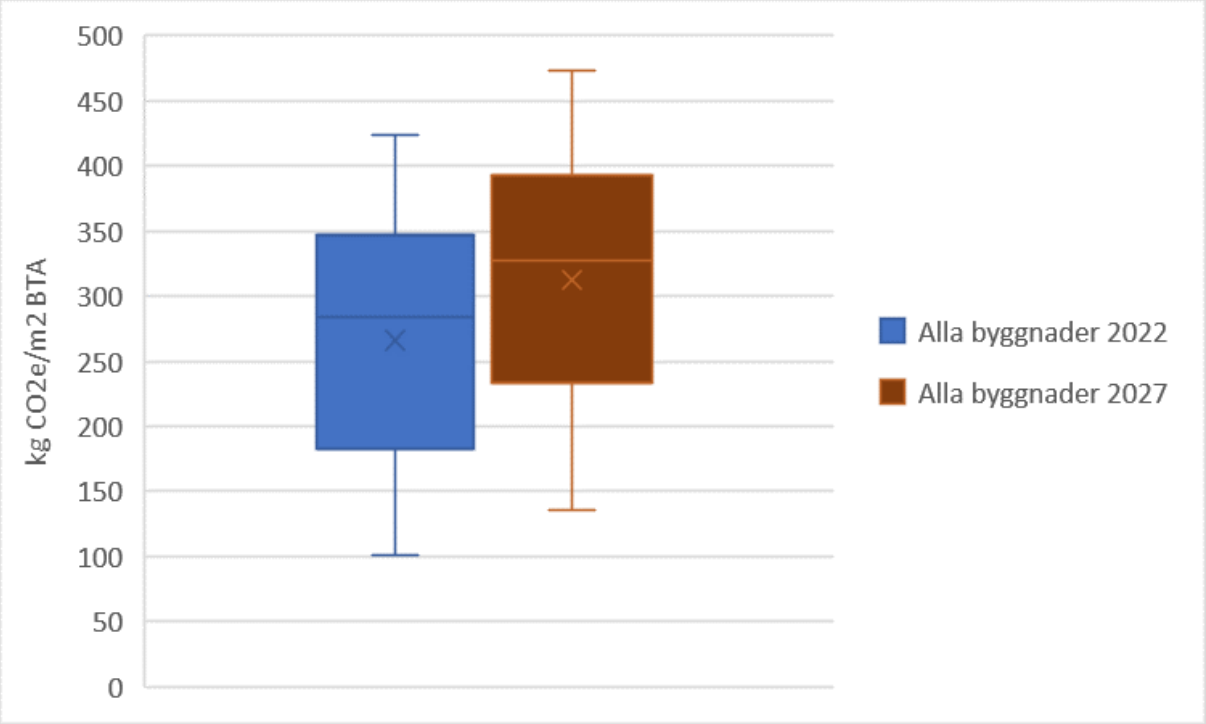
Nedre kvartil

	Klimatdata baserat på svenskt medelvärde					
	2022			2027		
	A1-A5	A1-A3	A4-A5	A1-A5	A1-A3	A4-A5
Alla	206	171	32	261	223	36
Flerbostadshus	280	229	42	333	278	46
Småhus	147	120	27	187	157	30
Kontor	295	239	55	358	298	60
Skolor	299	248	47	342	287	50
Förskolor	206	172	29	260	224	33

6.2 Resultat per byggnadstyp

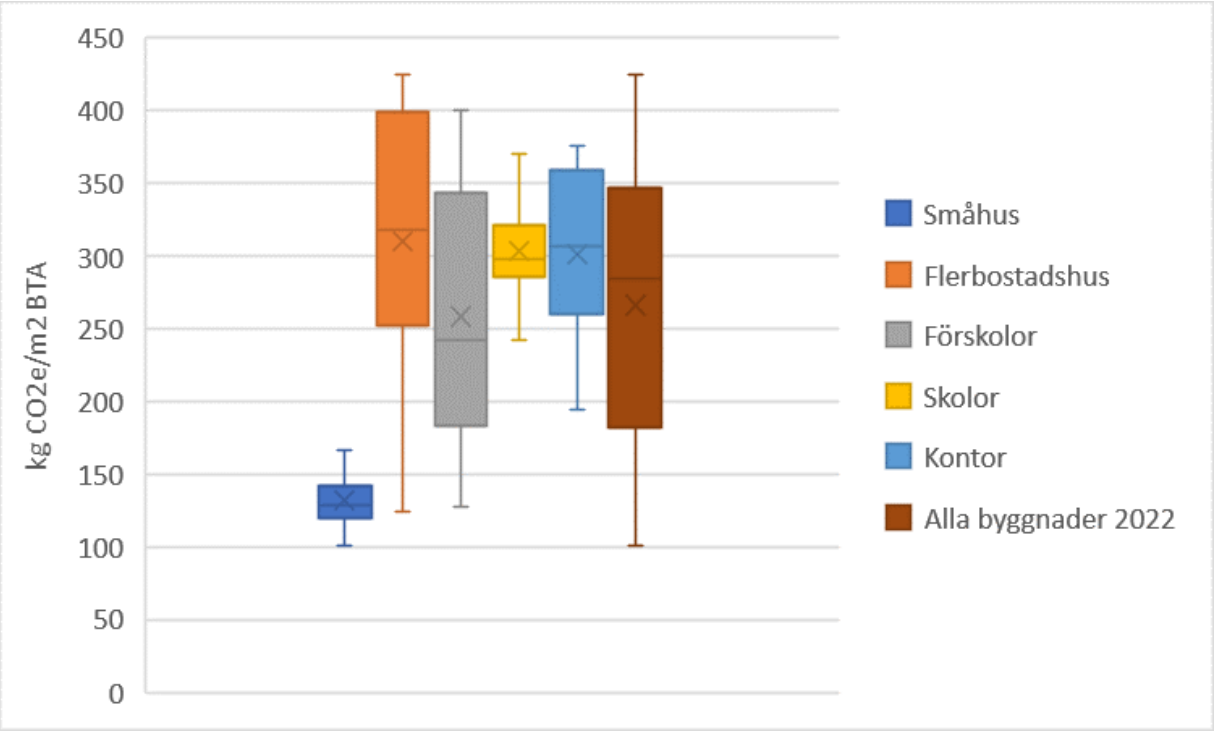
I detta avsnitt presenteras övergripande resultat från klimatberäkningarna per byggnadstyp. I Bilaga 1 redovisas också motsvarande information per byggnad.

6.2.1 Klimatpåverkan modul A1-A5 totalt

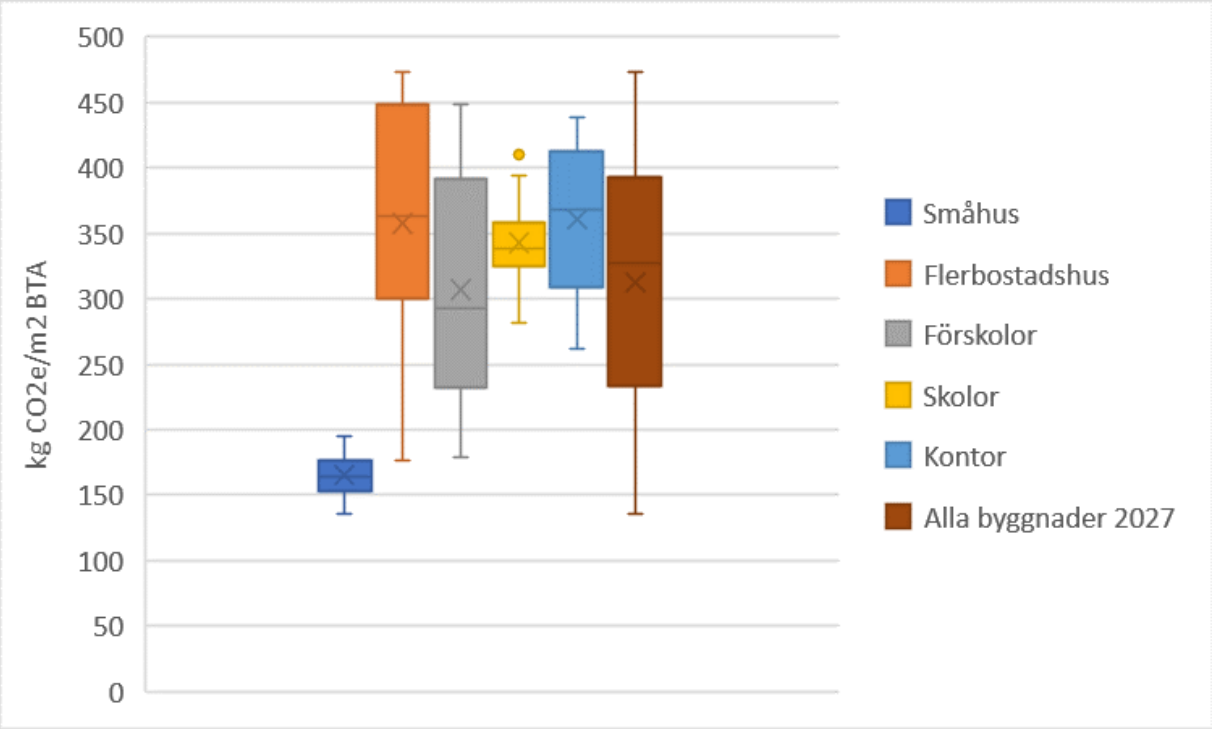


Figur 29. Klimatpåverkan modul A1-A5, enligt systemgräns för klimatdeklaration 2022 och förslag 2027. n=68

I Figur 29 ovan visas klimatpåverkan per m² BTA för 2022 och 2027 års systemgräns för studiens byggnader. Medelvärdet för 2022 års avgränsning ligger på 266 kg CO_2e/ m² BTA och för 2027 års avgränsning ligger det på 313 kg CO_2e / m² BTA. Som framgår av figuren är spridningen mellan byggnaderna mycket stor från 100 till över 400 kg CO_2e / m² BTA (2022 års systemgräns). För 2027 års avgränsning ligger värdena något högre, mellan drygt 100 till nära 500 kg CO_2e / m² BTA.



Figur 30. Klimatpåverkan modul A1-A5 för olika byggnadstyper och för samtliga byggnader. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Handelsbyggnader)=2, n(Övriga byggnader)=1, n(Alla byggnader 2022)=68.

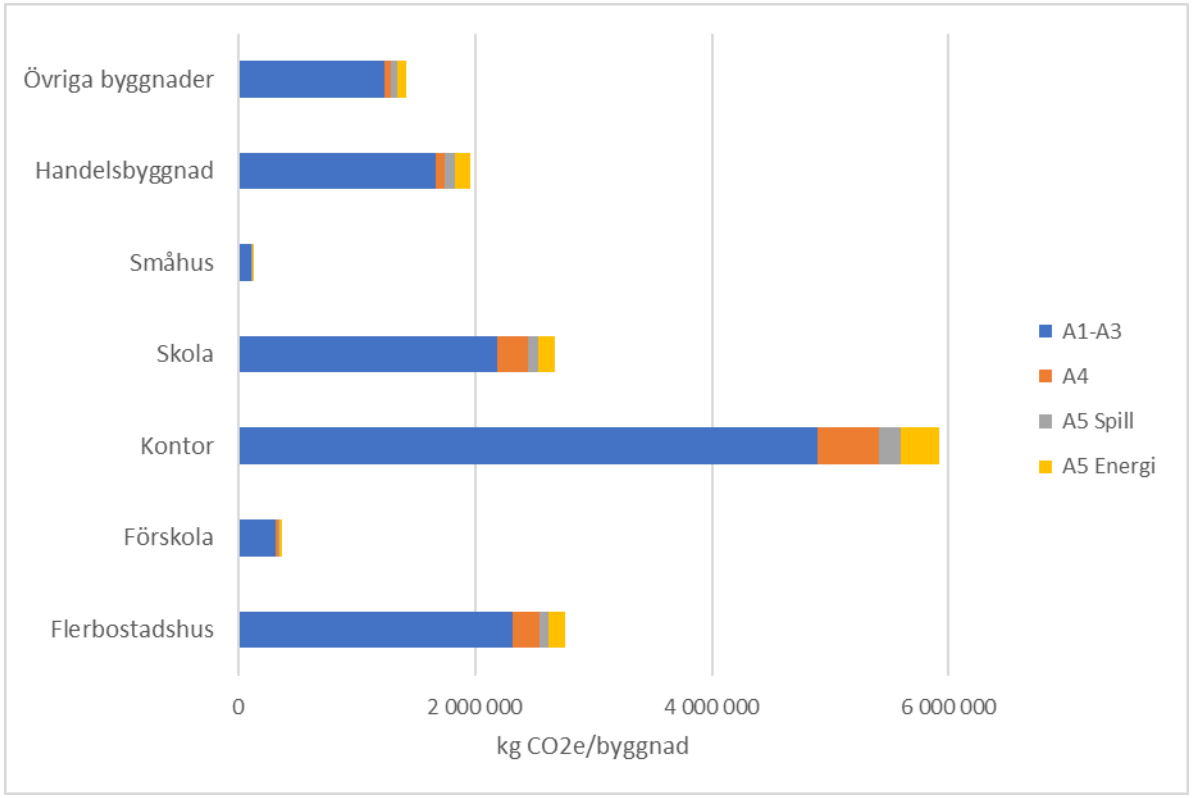


Figur 31. Klimatpåverkan modul A1-A5 för olika byggnadstyper och för samtliga byggnader. Systemgräns enligt förslag till klimatdeklaration **2027**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Handelsbyggnader)=2, n(Övriga byggnader)=1, n(Alla byggnader 2027)=68

Figur 30 och Figur 31 visar klimatpåverkan för olika byggnadstyper. Som framgår av diagrammen är spridningen inom respektive byggnadstyp hög och till mycket stor del överlappande för samtliga byggnadstyper utom för småhus. Småhusen har dels relativt liten spridning, dels en betydligt lägre klimatpåverkan jämfört med övriga byggnadstyper. Den låga spridningen beror främst på att

byggtekniken, materialval och gestaltning är mer homogen i denna grupp. I avsnitt 6.3 diskuteras närmare vad spridningen och skillnader i klimatpåverkan kan bero på. Medel och median för klimatpåverkan för flerbostadshus, skolor och kontor ligger nära varandra, medan förskolor ligger något lägre.

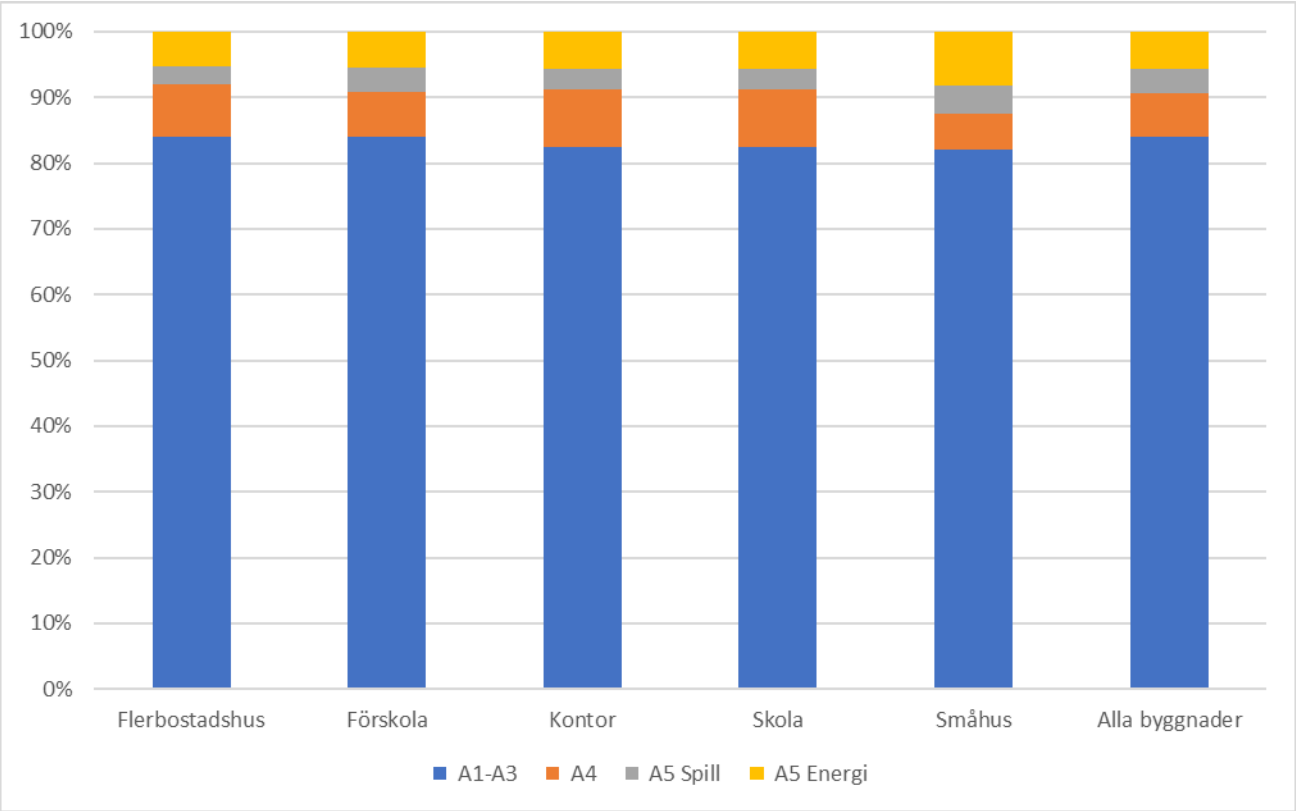
6.2.2 Klimatpåverkan per del av livscykeln



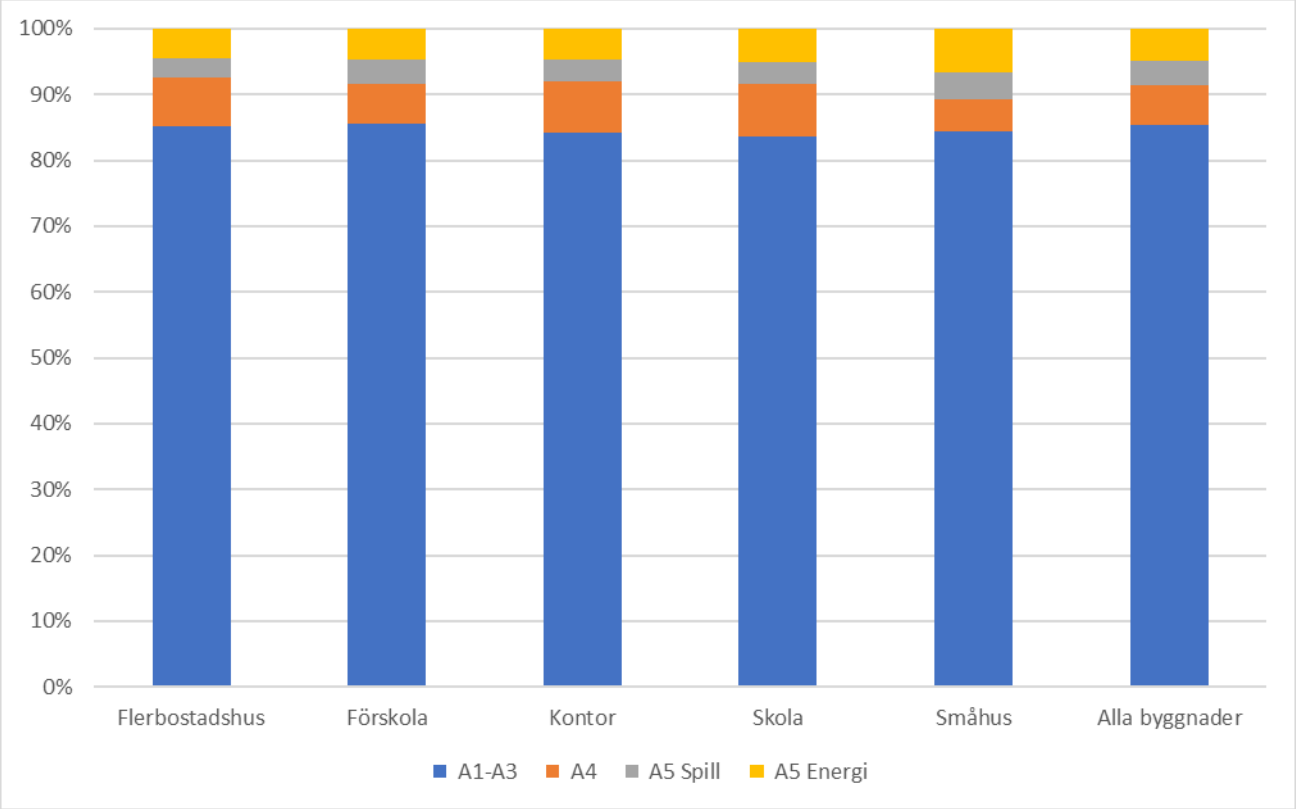
Figur 32. **Total klimatpåverkan** per byggnad, medelvärde per byggnadstyp. Byggdelar enligt **2022** års systemgräns. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Handelsbyggnader)=2, n(Övriga byggnader)=1

I Figur 32 visas den genomsnittliga totala klimatpåverkan per byggnad för respektive byggnadstyp. Som förväntat har de byggnadstyper med lägre BTA, småhus och förskolor, betydligt lägre klimatpåverkan per byggnad, jämför med Figur 22.

Figur 33 och Figur 34 visar klimatpåverkan från respektive del av livscykeln under byggskedet. Andelen klimatpåverkan från de inbyggda byggprodukterna är mellan 80 och 90 procent för samtliga byggnadstyper och byggprodukter som blir spill är ytterligare några procent, oavsett om 2022 eller 2027 års avgränsning används. Notera dock att beräkning av modul A4, och A5 baseras på schablonvärden med viss osäkerhet. För byggnader med låg klimatpåverkan för modul A1-A3 ökar betydelsen av A4 och A5, varför dessa delar då blir viktigare att arbeta med för minskad klimatpåverkan.



Figur 33. **Andel klimatpåverkan** modul A1-A5 per byggnadstyp, **per modul**. Andel av medelvärden. Byggdelar enligt klimatdeklaration **2022**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68



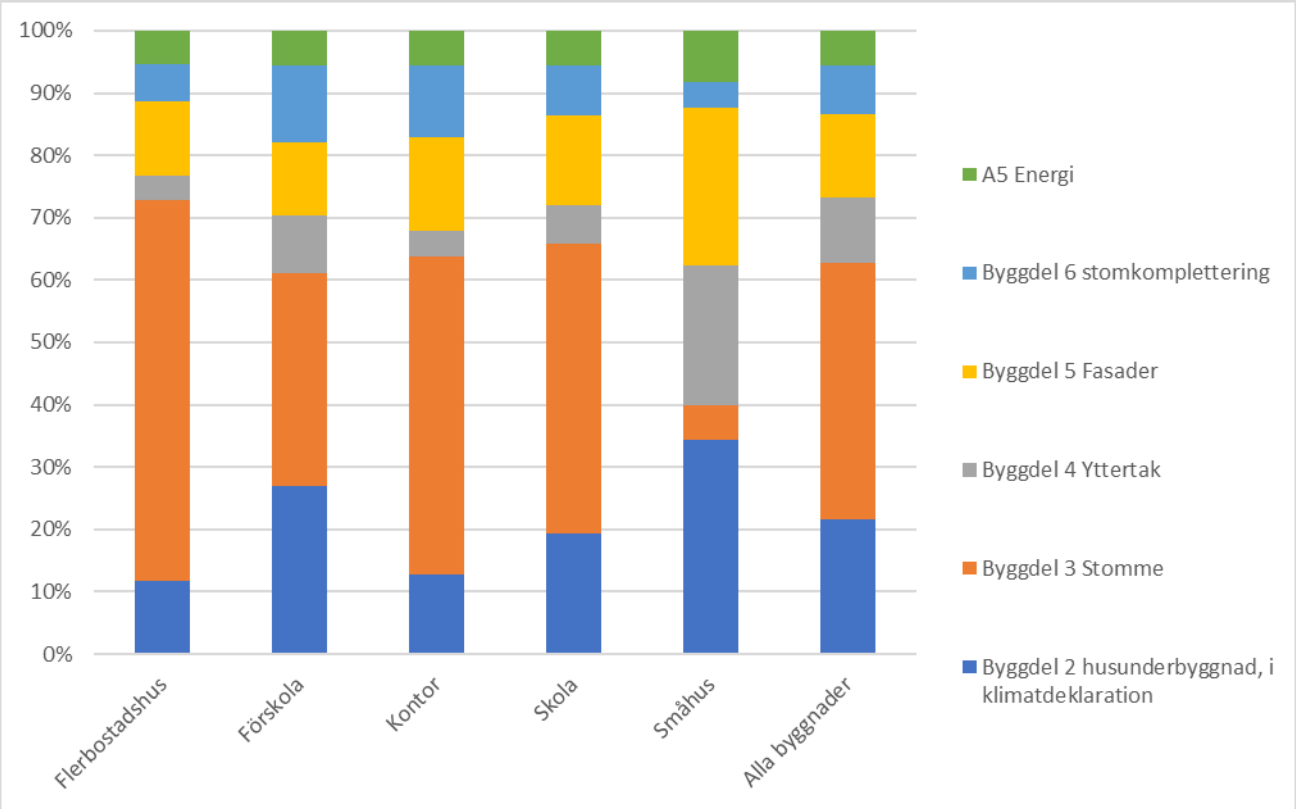
Figur 34. **Andel klimatpåverkan** modul A1-A5 per byggnadstyp, **per modul**. Andel av medelvärden. Byggdelar enligt förslag klimatdeklaration **2027**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68

6.2.3 Klimatpåverkan per byggdel

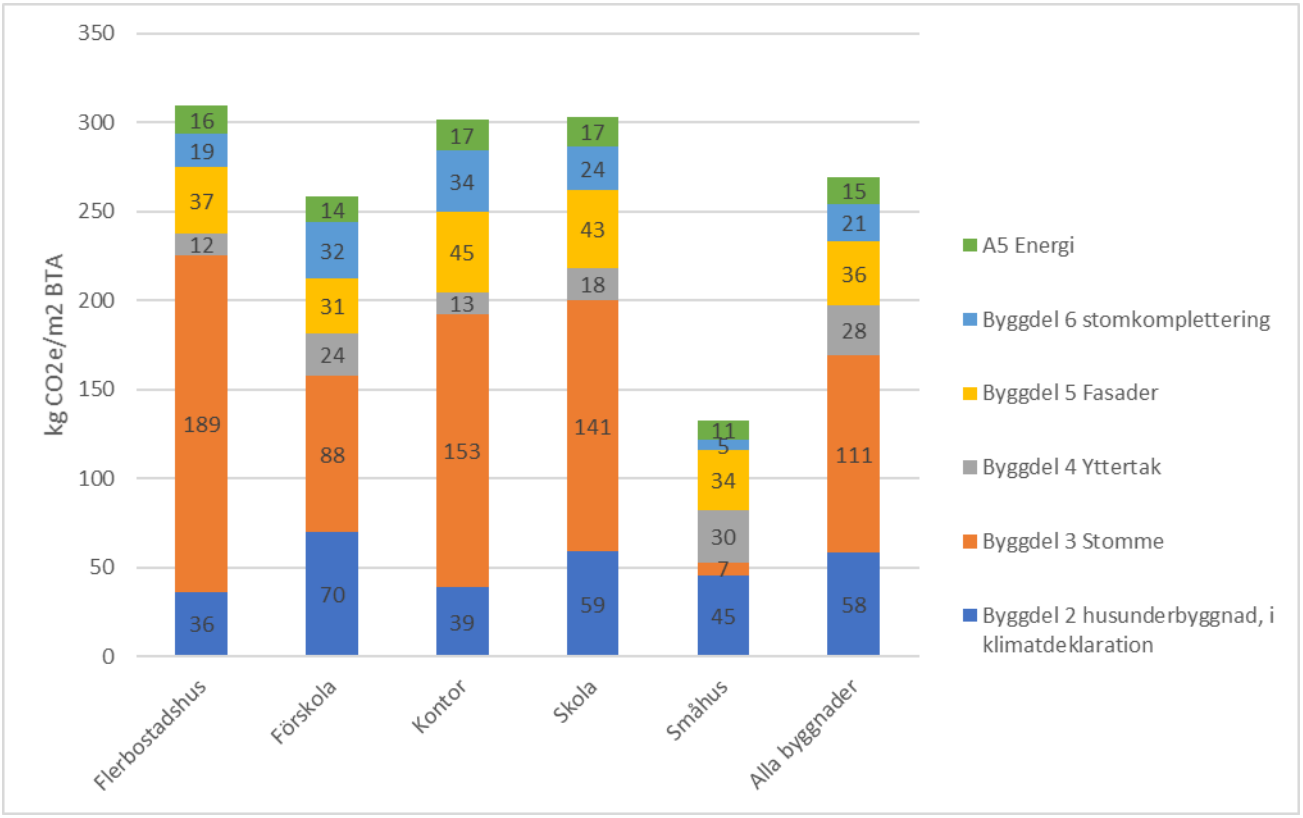
I Figur 35 och Figur 36 visas klimatpåverkan fördelat på byggdelar (summerat A1-A3, A4 och A5 Spill) och A5 Energi enligt systemgränsen för klimatdeklaration 2022. Stommen står som förväntat för den allra största delen av klimatpåverkan, knappt halva klimatpåverkan, med en större andel för flerbostadshus och kontor, det vill säga byggnadskategorier med fler höga byggnader än övriga byggnadstyper.

De byggnadstyper med fler låga byggnader, förskolor, småhus och skolor, har en större andel av klimatpåverkan från husunderbyggnad. Runt 30 procent av klimatpåverkan från småhusen kommer från husunderbyggnaden. Småhustillverkare använder inte SBEF:s system för byggdelsindelning, varför fördelningen mellan övriga byggdelar (förutom husunderbyggnad) ska tolkas med viss försiktighet.

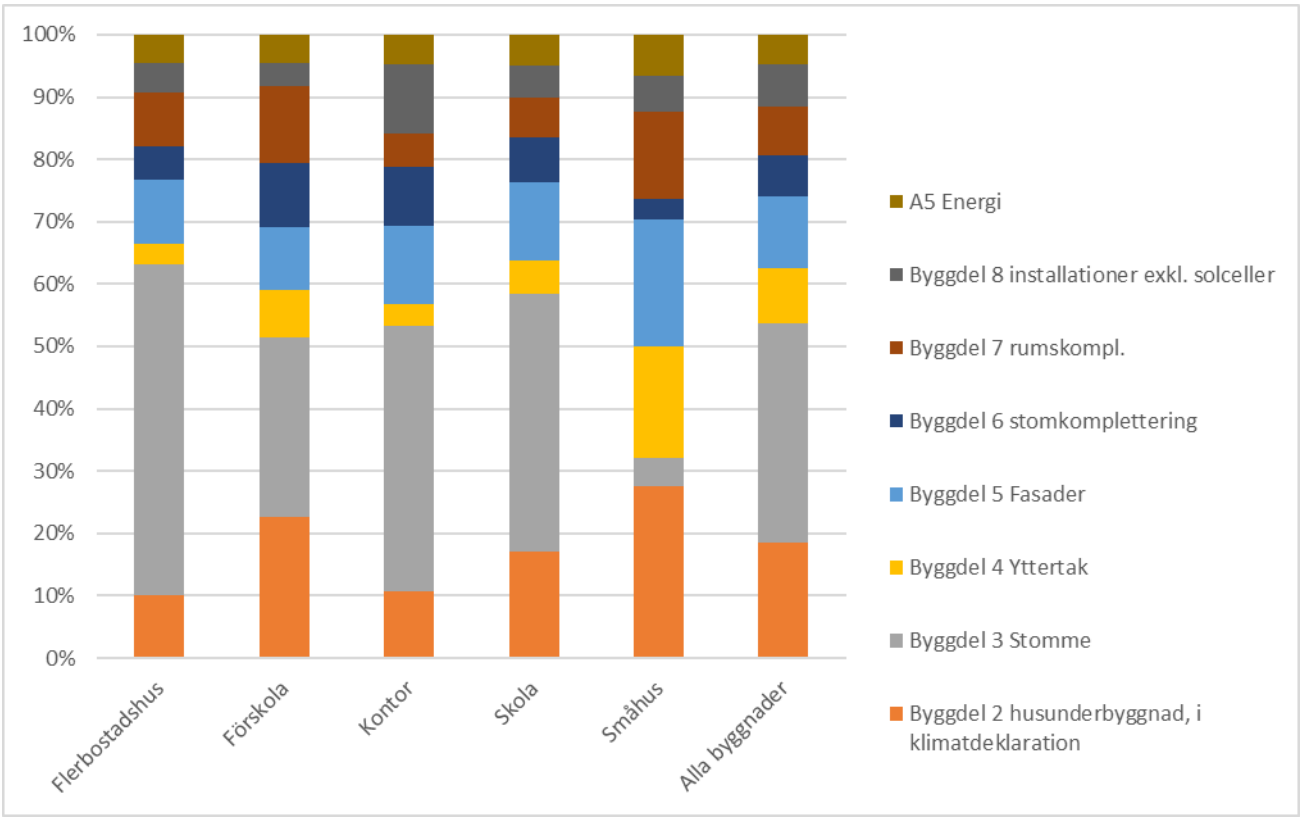
Figur 37 och Figur 38 visar klimatpåverkan per byggdel, enligt förslaget till klimatdeklaration 2027, det vill säga inklusive rumskomplettering och installationer. Dessa båda byggdelar bygger på schabloner för respektive byggdel, framtagna inom studien. Tillsammans står dessa delar för i genomsnitt 14 procent av klimatpåverkan, men för småhus ca 20 procent. Det beror bland annat på att total klimatpåverkan för andra byggdelar är lägre för dessa båda byggnadstyper, än hos resterande byggnadstyper. Installationernas klimatpåverkan varierar stort med byggnadstyp med hela 40 kg CO_2e/m^2 BTA för kontor och så lågt som 11 respektive 10 kg CO_2e /m^2 BTA för förskolor och småhus. Även klimatpåverkan från rumskomplettering och ytskikt varierar stort, med höga värden för förskolor och flerbostadshus och betydligt lägre för kontor respektive skolor. Notera att detta är schablonvärden baserade på ett fåtal beräkningar och kunskapen om dessa delar behöver öka.



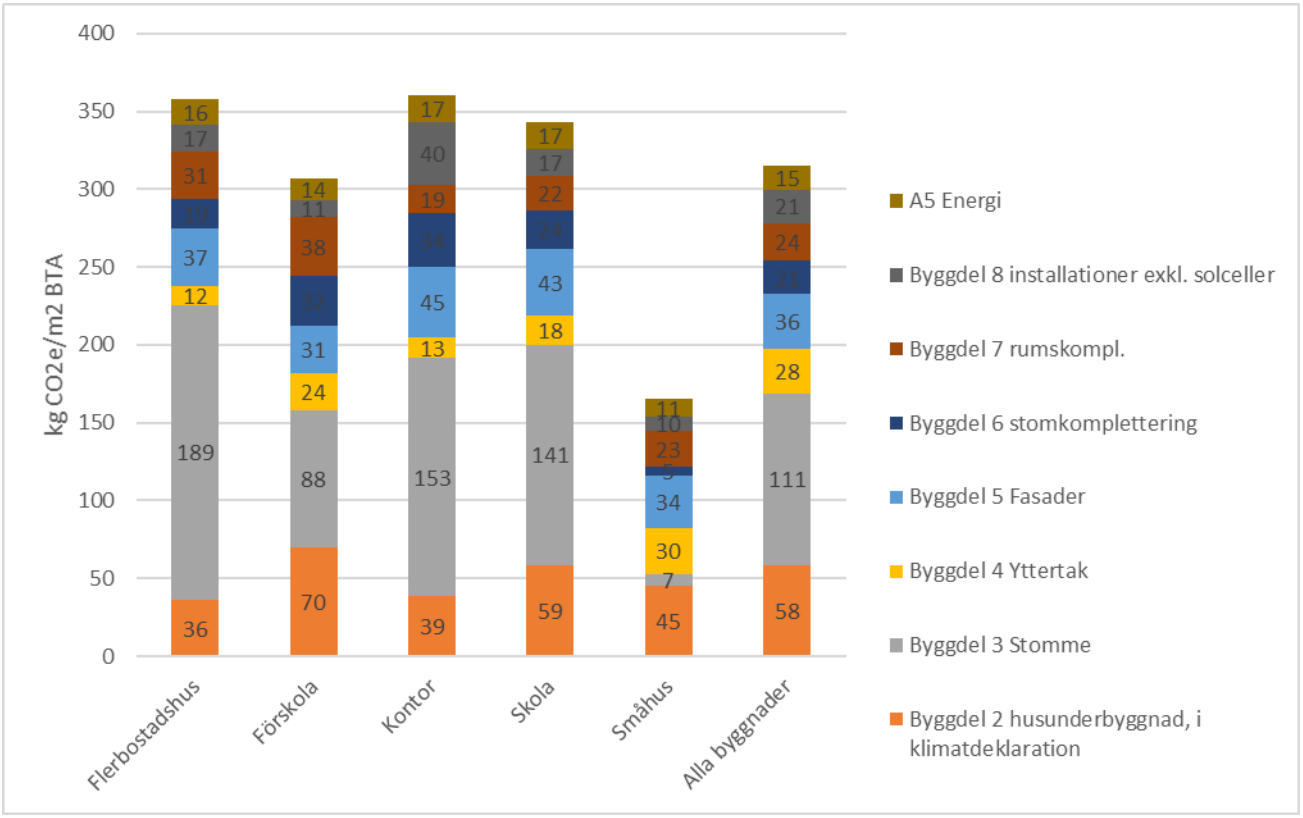
Figur 35. **Andel av medelvärde klimatpåverkan** modul A1-A5. **Byggdelar** enlig klimatdeklaration **2022** (Byggdelar summerat A1-A3, A4 och A5 Spill). Andel i procent. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68



Figur 36. **Medelvärde klimatpåverkan** modul A1-A5. **Byggdelar** enlig klimatdeklaration **2022** (Byggdelar summerat A1-A3, A4 och A5 Spill). Kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Alla byggnader)=68



Figur 37. **Andel av medelvärde** klimatpåverkan modul A1-A5. **Byggdelar** enligt förslag klimatdeklaration **2027** (Byggdelar summerat A1-A3, A4 och A5 Spill). Andel i procent. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68



Figur 38. **Medelvärde klimatpåverkan** modul A1-A5. **Byggdelar** enligt förslag klimatdeklaration **2027** (Byggdelar summerat A1-A3, A4 och A5 Spill). Kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

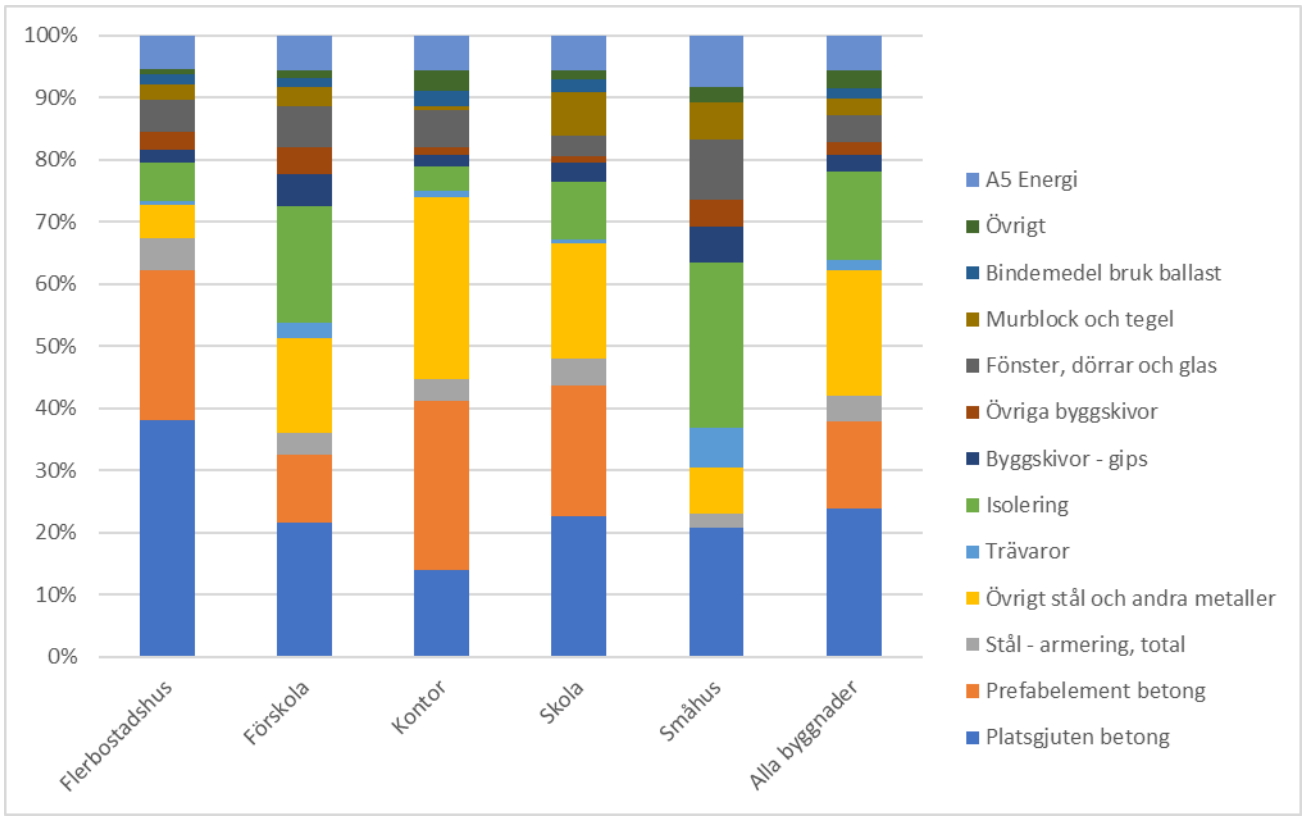
6.2.4 Klimatpåverkan per produkttyp

För att kunna redovisa överskådliga resultat avseende bidrag till klimatpåverkan från olika typer av byggprodukter gjordes en indelning av alla resurser i olika ”produkttyper”. I Figur 39 och Figur 40 presenteras denna uppdelning, systemgräns klimatdeklaration 2022. Motsvarande analys enligt förslag till klimatdeklaration 2027 har inte kunnat göras, då de tillkommande byggdelarna baseras på schabloner och inte är nedbrutna på enskilda produkttyper.

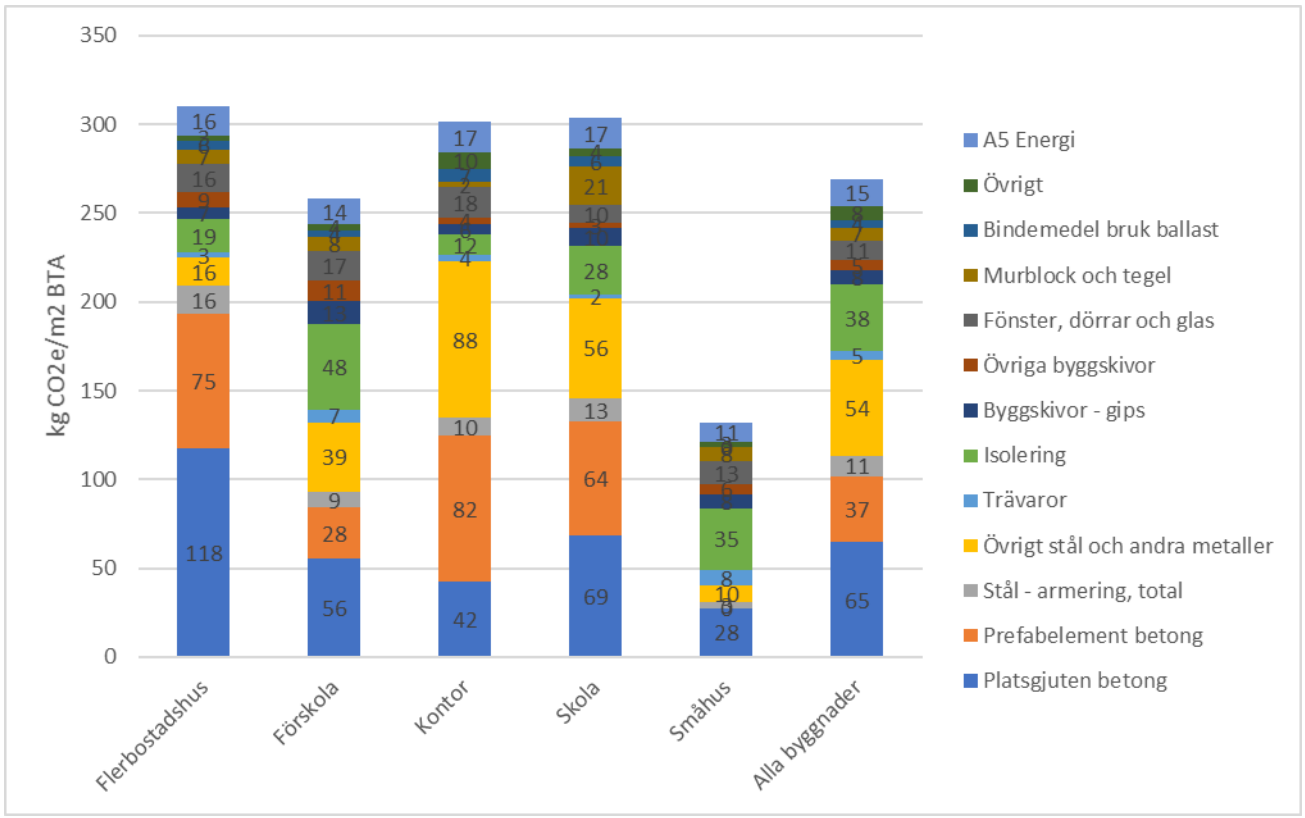
Betong av olika slag står för ungefär 40 procent av den totala klimatpåverkan och tillsammans med armering och övrigt stål och metaller summerar dessa produkttyper upp till, i genomsnitt, mer än 60 procent av klimatpåverkan för byggnaderna. Klimatpåverkan för kontor och flerbostadshus kan kopplas till över 70 procent från betong och metaller. Flerbostadshusen har över 60 procent av klimatpåverkan från betong, medan kontoren och skolorna sticker ut med stor andel övrigt stål (till exempel konstruktionsstål) Dessa har ca 30 respektive 20 procent av klimatpåverkan från övrigt stål vilket är naturligt då det inom dessa byggnadstyper är vanligare med stål som ett dominerande material i stommen. Småhusen sticker ut med en låg andel klimatpåverkan från betong och stål, ca 30 procent totalt.

Isolering är ett annat material med stor klimatpåverkan, i genomsnitt ca 15 procent. Som förväntat är andelen klimatpåverkan från isolering högre i mindre byggnader, som dels har lägre total klimatpåverkan, dels en sämre formfaktor. I småhus och förskolor står isolering i genomsnitt för ca 25 respektive knappt 20 procent av klimatpåverkan. Fönster och dörrar står för mellan någon procent och nära tio procent av klimatpåverkan. Gipsens andel är mellan några procent och fem procent. De flerbostadshus som har en trästomme har totalt sett en lägre klimatpåverkan än flerbostadshus med andra dominerande stommaterial, men ett relativt sett högre bidrag till klimatpåverkan från gips än övriga flerbostadshus. För byggnader med tegelfasad står murblock och tegel för mellan 10 och 20 procent av total klimatpåverkan. Två av byggnaderna (en förskola och ett småhus) har cellglasisolering

i grunden istället för betong, vilket gör att isolering står för en hög andel av total klimatpåverkan för dessa byggnader, se vidare Bilaga 1.



Figur 39. **Andel av medelvärde** klimatpåverkan modul A1-A5 indelat efter **produkttyper.** Inkluderade byggdelar enligt klimatdeklaration **2022** (A1-A3, A4 och A5 Spill inkluderat i produkttyper). Andel i procent. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68



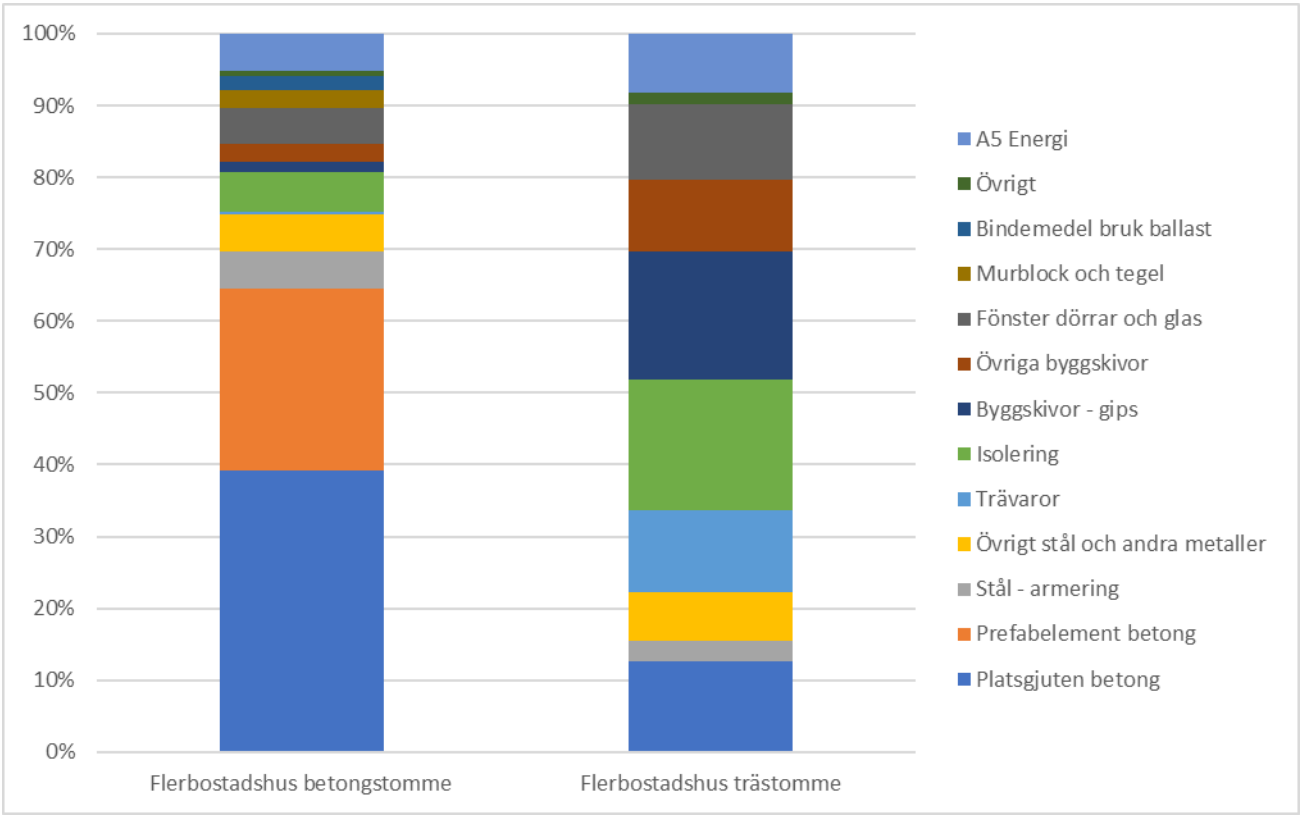
Figur 40. **Medelvärde klimatpåverkan** modul A1-A5 indelat efter **produkttyper**. Inkluderade byggdelar enligt klimatdeklaration **2022** (A1-A3, A4 och A5 Spill inkluderat i produkttyper). Kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, n(Alla byggnader)=68

6.3 Klimatpåverkan utifrån byggnadsegenskaper

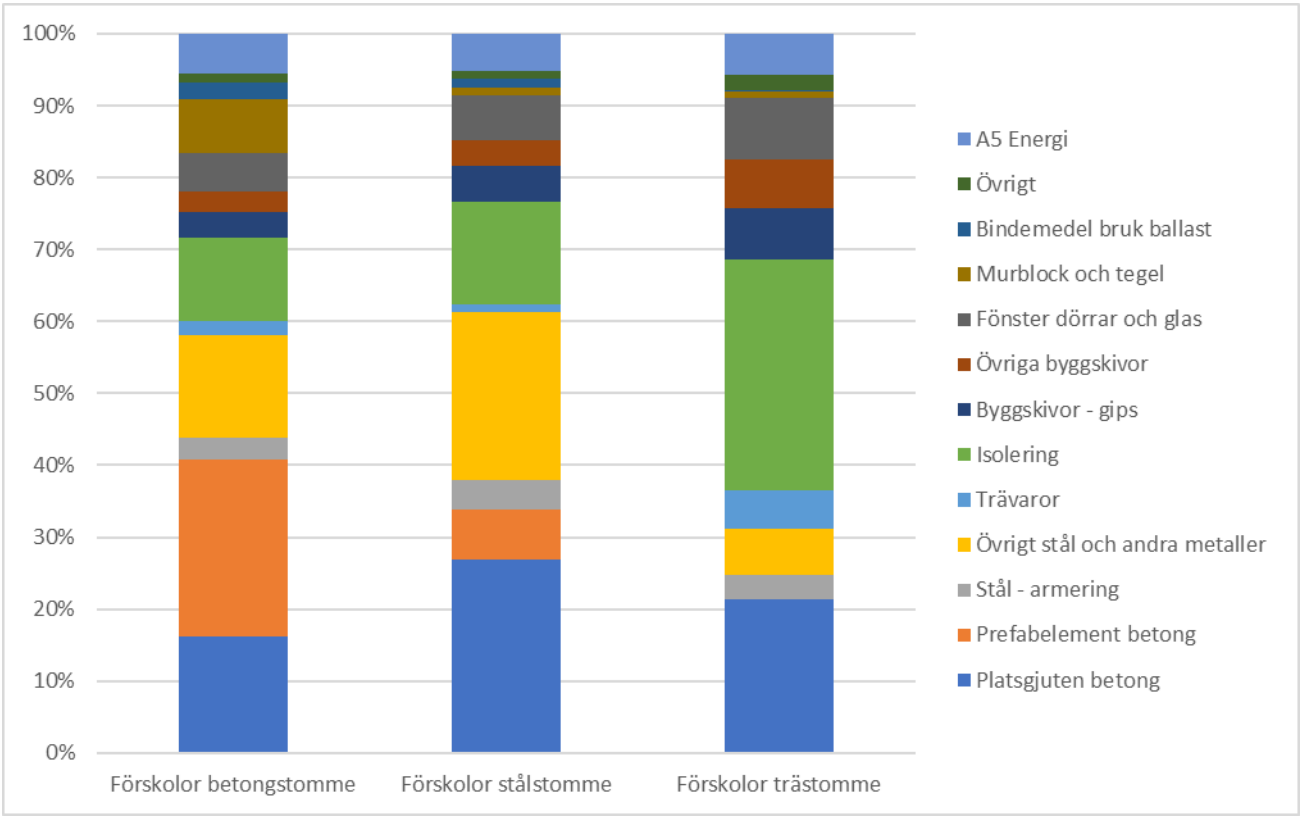
Ambitionen i studien var också att undersöka om det framkom tydligt att vissa egenskaper hos byggnaderna kunde leda till högre klimatpåverkan, och därmed innebära att kravställande utifrån referensvärden skulle kunna leda till oönskade effekter avseende byggnadsutformning. Utfallet av de analyserna redovisas i detta avsnitt. Observera att analysen av en mängd verkliga byggnader på detta sätt innebär att alla olika byggnadsegenskaper varierar samtidigt, vilket innebär att en enskild egenskaps inverkan på klimatpåverkan kan döljas av en annan egenskap som verkar i motsatt riktning. För att bygga mer kunskap kring klimatdrivande egenskaper, vilket är viktigt om kravställande på klimatpåverkan ökar, kan parametriska studier med möjlighet att variera en enda egenskap, vara av stort värde som komplement till resultaten nedan.

6.3.1 Huvudsaklig stomtyp

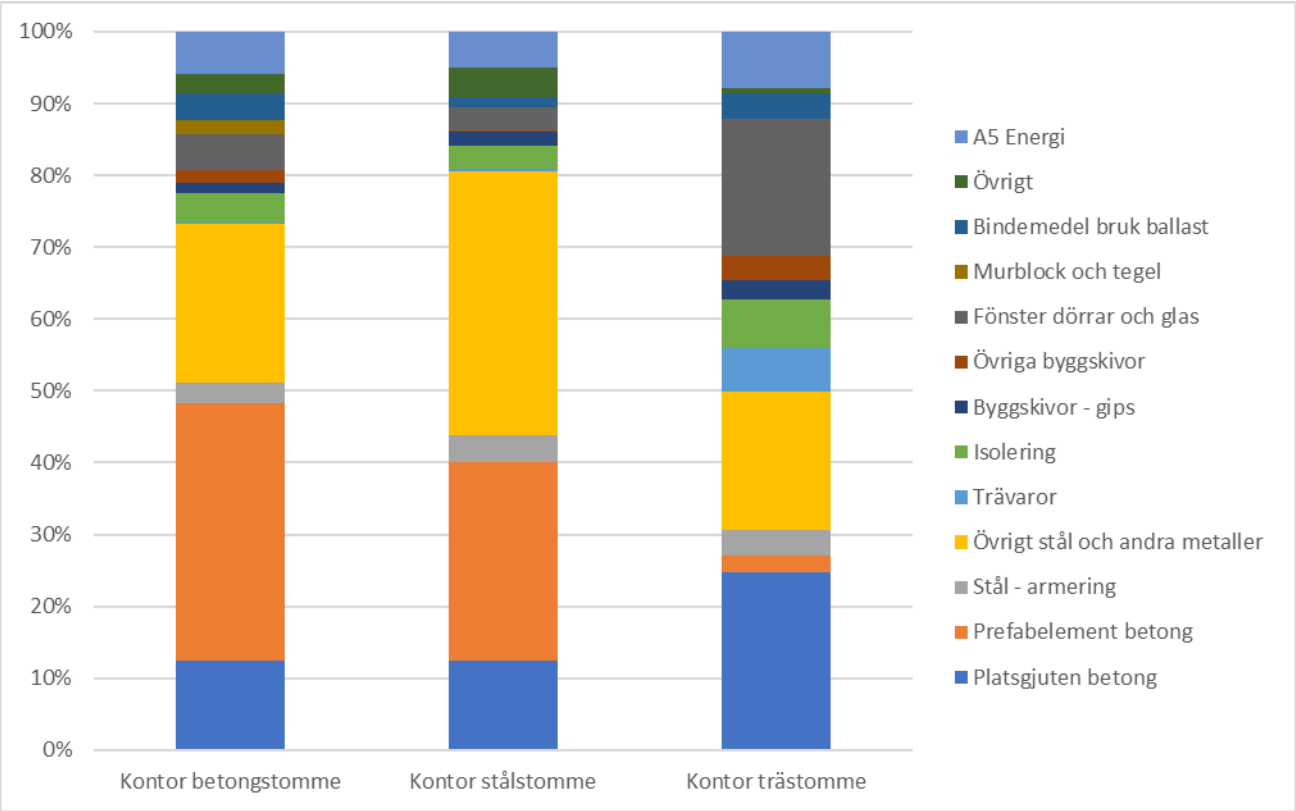
I studiens analyser sticker stomtypen ut som en faktor som är helt avgörande för storleken på klimatpåverkan. Framför allt gäller det byggnader med stomtypskategoriseringen trä, jämfört med byggnader med de övriga två stomtyperna. Som togs upp i avsnitt 5.3 ger benämningarna på dessa stomtyper dock en förenklad bild då byggnader, oavsett stomtyp, består av en mängd olika material. För att få en bättre förståelse för detta redovisas här några exempel på fördelningen mellan olika produkttyper i byggnadsunderlaget beroende på stomtyp. Figur 41-43 visar fördelningen av produkttyper per stomtyp för tre av byggnadstyperna, flerbostadshus, förskolor och kontor, baserat på medelvärden för klimatpåverkan för relevanta byggnader i byggnadsurvalet. Det är viktigt att vara medveten om att antalet byggnader som staplarna nedan baseras på ibland är mycket litet, men det ger likväl en god bild av skillnaderna i fördelning mellan de olika stomtyperna. Samtidigt är det tydligt att andelen av olika produkttyper per stomtyp också varierar för de olika byggnadstyperna i studien. Exempelvis står produkttyperna betong och armering för enbart drygt 15 procent i medel för de två flerbostadshusen med trästomme, medan dessa produkttyper står för drygt 30 procent av klimatpåverkan i medel för de två kontorsbyggnaderna i studien som kategoriserats i stomtypen trä.



Figur 41. Medelvärde för andel av klimatpåverkan från olika **produkttyper**. **Flerbostadshus** uppdelat på olika stomtyper. A1-A5 med systemgräns **2022**. n(betongstomme)=17, n(trästomme)=2



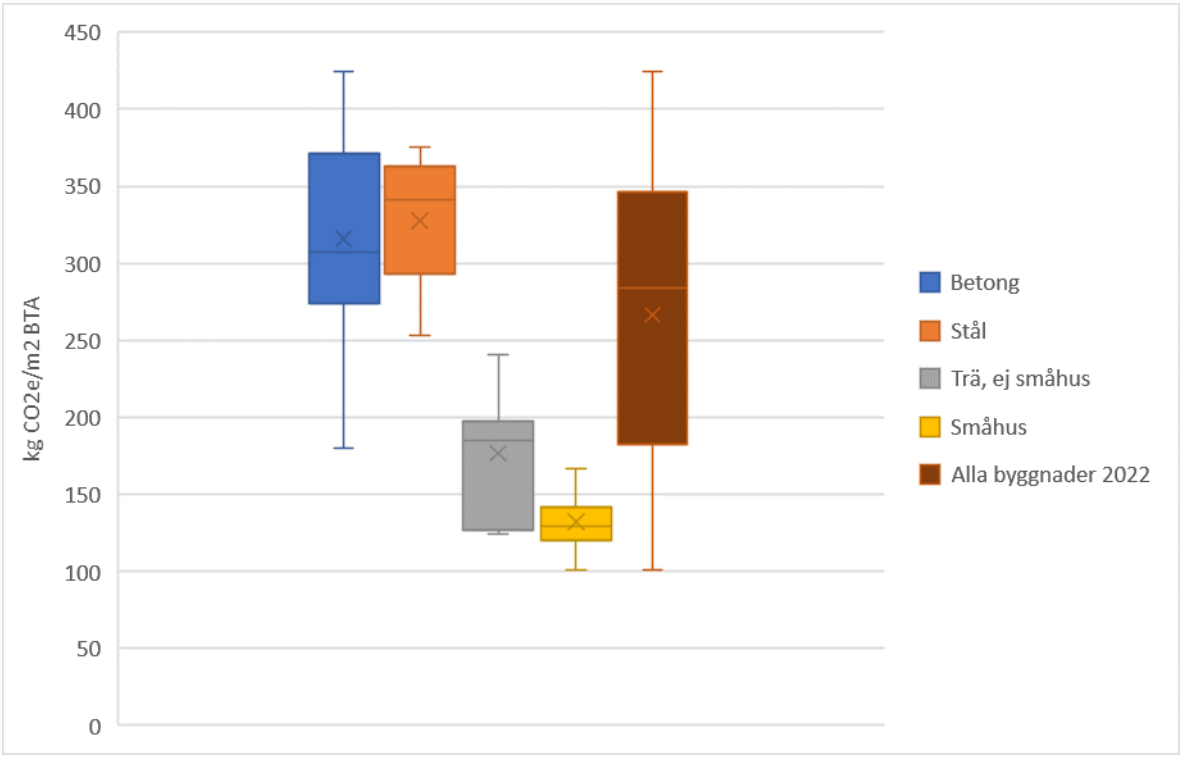
Figur 42. Medelvärde för andel av klimatpåverkan från olika **produkttyper**. **Förskolor** uppdelat på olika stomtyper. A1-A5 med systemgräns **2022**. n(betongstomme)=4, n(stålstomme)=4, n(trästomme)=6



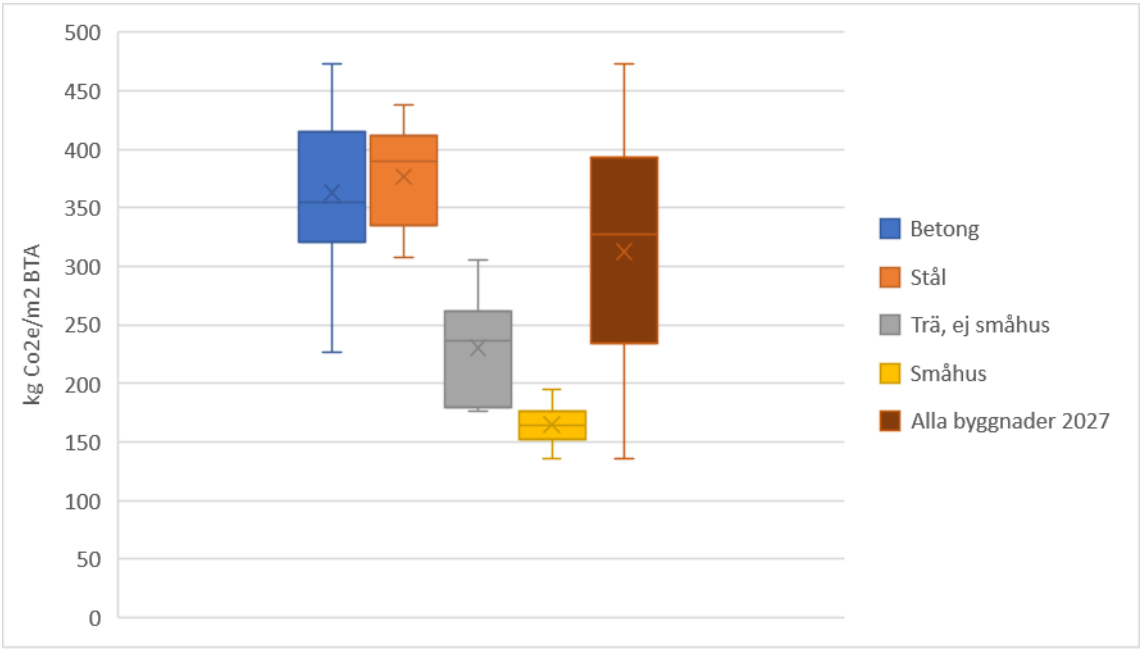
Figur 43. Medelvärde för andel av klimatpåverkan från olika **produkttyper**. **Kontor** uppdelat på olika stomtyper. A1-A5 med systemgräns **2022**. n(betongstomme)=4, n(stålstomme)=5, n(trästomme)=2

Klimatpåverkan från de byggnader med stommar som har kategoriserats som betong- eller stålstomme har en genomsnittlig klimatpåverkan på en bit över 300 (360-370) kg CO_2e/ m^2 BTA om systemgräns 2022 används (värden för systemgräns 2027 inom parantes), se Figur 44, medan byggnader med trästomme exklusive småhus har betydligt lägre klimatpåverkan, ca 180 (230) kg CO_2e /m^2 BTA. Samtliga småhus i studien har trästomme och klimatpåverkan är i genomsnitt ca 130 (160) kg CO_2e/m^2 BTA. Klimatpåverkan från byggnader med betong- och stålstommar respektive övriga byggnader med trästomme är relativt väl separerad, men det bör noteras att det finns några byggnader med betongstomme som har en klimatpåverkan i nivå med genomsnittet för träbyggnader (ej småhus). Det vill säga, byggnader med betongstomme uppvisar en stor spridning trots att medelvärdesdata för klimatpåverkan från materialen har använts i beräkningarna och eventuella klimatförbättrade produktval inte är orsaken till att vissa byggnader med denna stomtyp har förhållandevis låg klimatpåverkan. Det går inte att se några tydliga skillnader avseende egenskaper mellan de byggnader med lägst respektive högst klimatpåverkan inom denna kategori. Men generellt har byggnaderna med högst klimatpåverkan en stor del av denna kopplat till just stommen. Några av de flerbostadshus med betongstomme med högst klimatpåverkan har massiva platsgjutna skalväggar.

Skillnaderna i klimatpåverkan mellan olika stomtyper består även när man jämför med byggnader av samma byggnadstyp, till exempel flerbostadshus med betongstomme respektive med trästomme samt förskolebyggnader med stålstomme respektive med trästomme. För byggnadstyperna kontor och flerbostadshus är det byggnaderna med trästomme som har lägst klimatpåverkan. Slutligen kvarstår skillnaderna mellan olika stomtyper också för systemgränsen 2027, Figur 45.



Figur 44. Klimatpåverkan modul A1-A5 utifrån **stomtyp**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, ej småhus)=11, n(Småhus)=11, n(Alla byggnader 2022)=68.

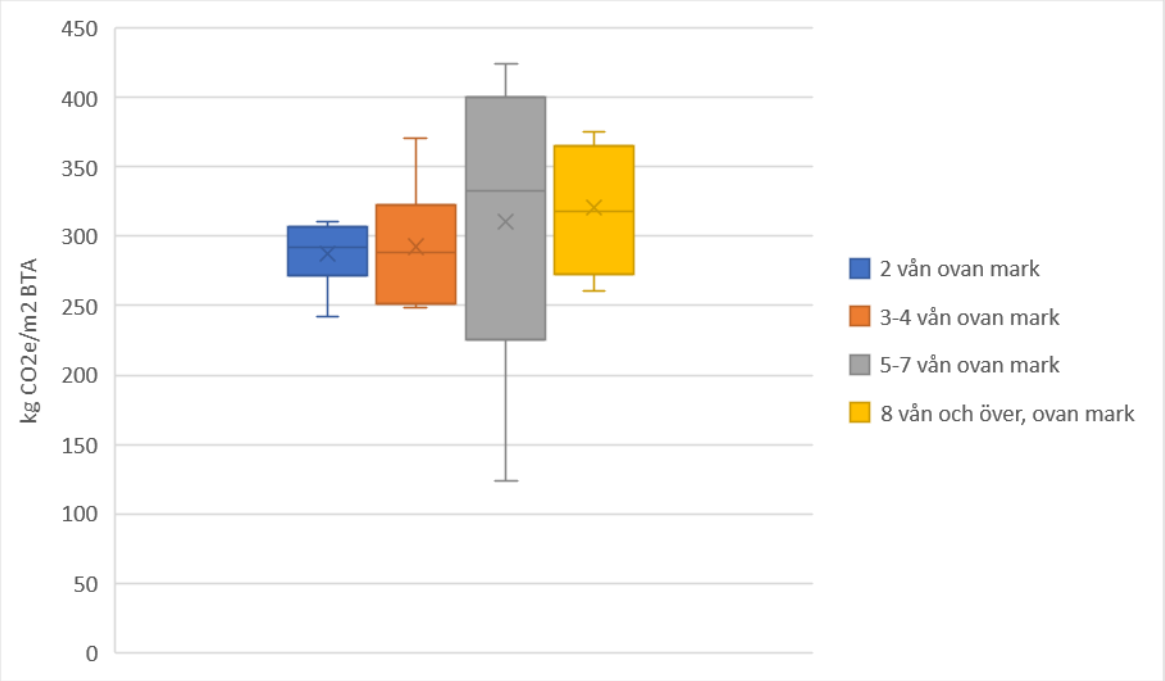


Figur 45. Klimatpåverkan modul A1-A5 utifrån **stomtyp**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2027**. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, ej småhus)=11, n(Småhus)=11, n(Alla byggnader 2027)=68.

6.3.2 Antal våningar ovan och under mark

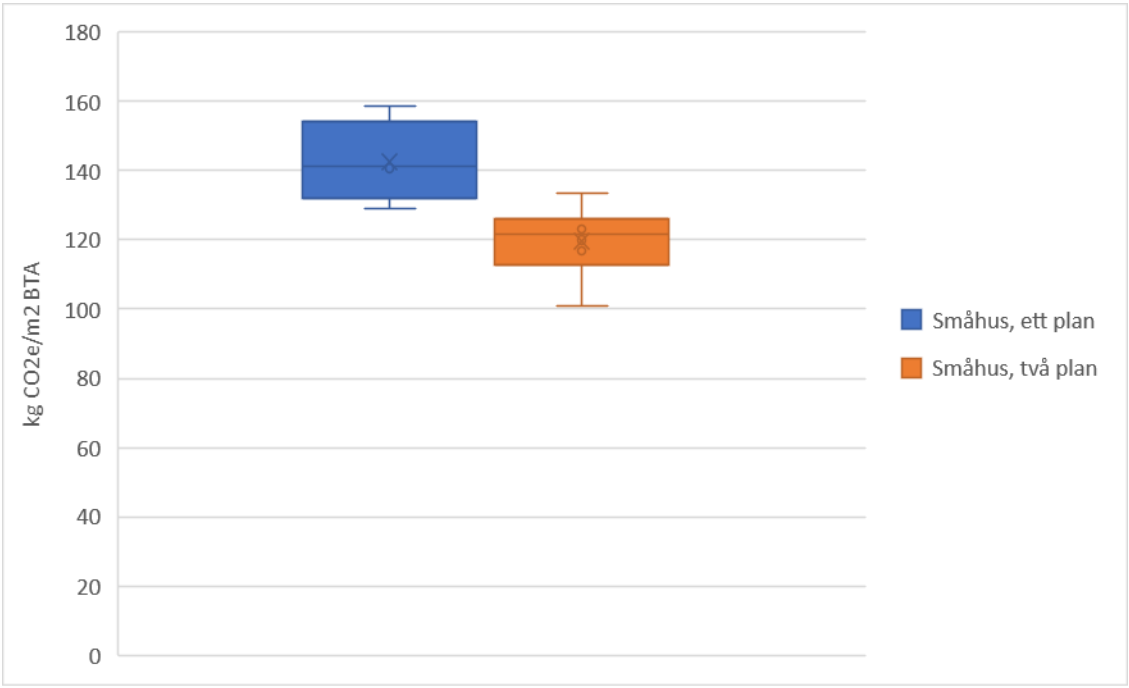
En jämförelse mellan byggnaderna i studien (urval kontor, flerbostadshus och skolor) utifrån våningshöjd visar att klimatpåverkan tenderar att öka per kvadratmeter BTA för de högre byggnaderna, Figur 46. Det går inte att dra några slutsatser om det är våningshöjden eller andra

egenskaper som är orsaken till den ökade klimatpåverkan. Byggnader i var stomtyp för sig studerades därför närmare för kontor, skolor och flerbostadshus, för att sortera bort effekten av stomtyp. Det innebar dock att antalet byggnader med stål- och trästomme blev alltför litet för att kunna göra analysen. Klimatpåverkan från byggnaderna över fyra våningar, med betongstomme, visade däremot ingen tydlig tendens, varken att öka eller att minska med antalet våningar, men spridningen var mycket stor. Det vill säga, analysen här kan inte sägas motsäga den parametriska analys som gjorts inom SBUF-projektet Byggnaders klimatpåverkan – Referensbyggnader för svenska förhållanden (Dahlgren et al., 2021). I det projektet analyserades vad som händer när man adderar fler våningar i en kontorsbyggnad, allt annat lika, och den visar att klimatpåverkan per kvadratmeter minskar från en till fyra våningars höjd, för att sedan stabiliseras.



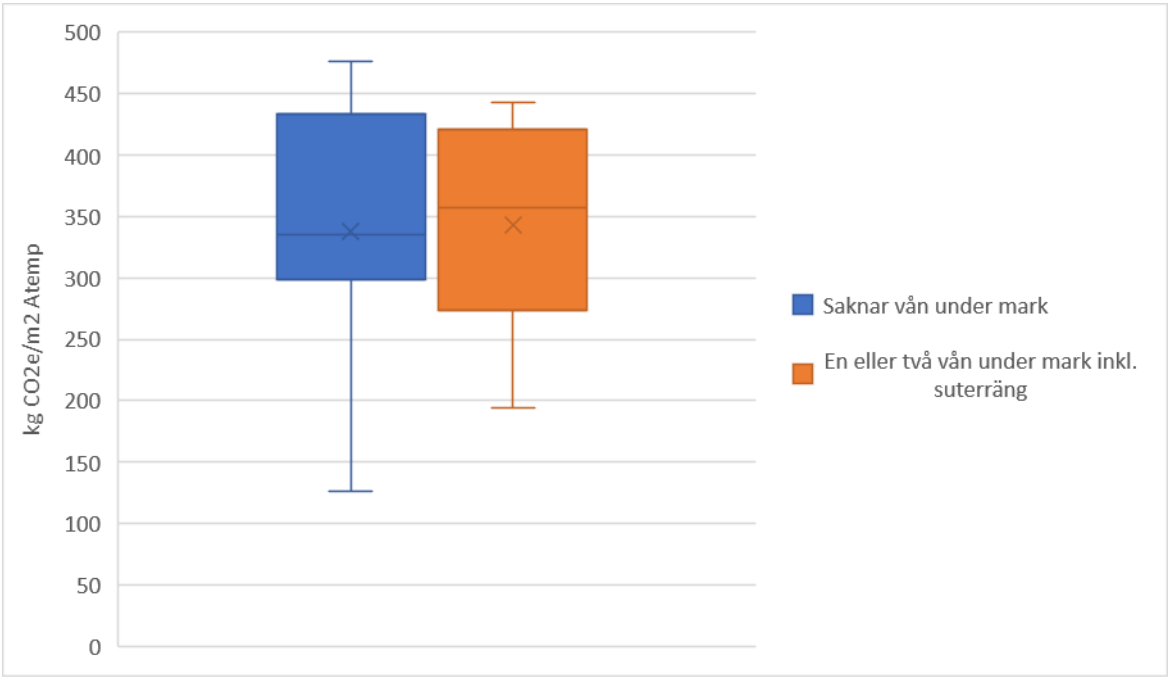
Figur 46. Klimatpåverkan modul A1-A5 från flerbostadshus, skolor och kontor utifrån **antal våningar ovan mark**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(2 vån ovan jord)=6, n(3-4 vån ovan jord)=6, n(5-7 ovan jord)=17, n(8 vån och över, ovan jord)=9

I figuren ovan sorterades småhus och förskolebyggnader bort då trästomme var betydligt vanligare i dessa byggnadstyper vilket innebar att analysen av antalet våningars inverkan på klimatpåverkan per BTA försvårades. En separat analys gjordes av studiens småhus, där enplanshus jämfördes med tvåplanshus. Resultatet visar att enplanshusens klimatpåverkan var i snitt ca 20 procent högre än tvåplanshusens, se Figur 47. Då relativt stor klimatpåverkan från småhus kommer från grundplattan ger detta högre klimatpåverkan från enplanshus när klimatpåverkan slås ut per m².

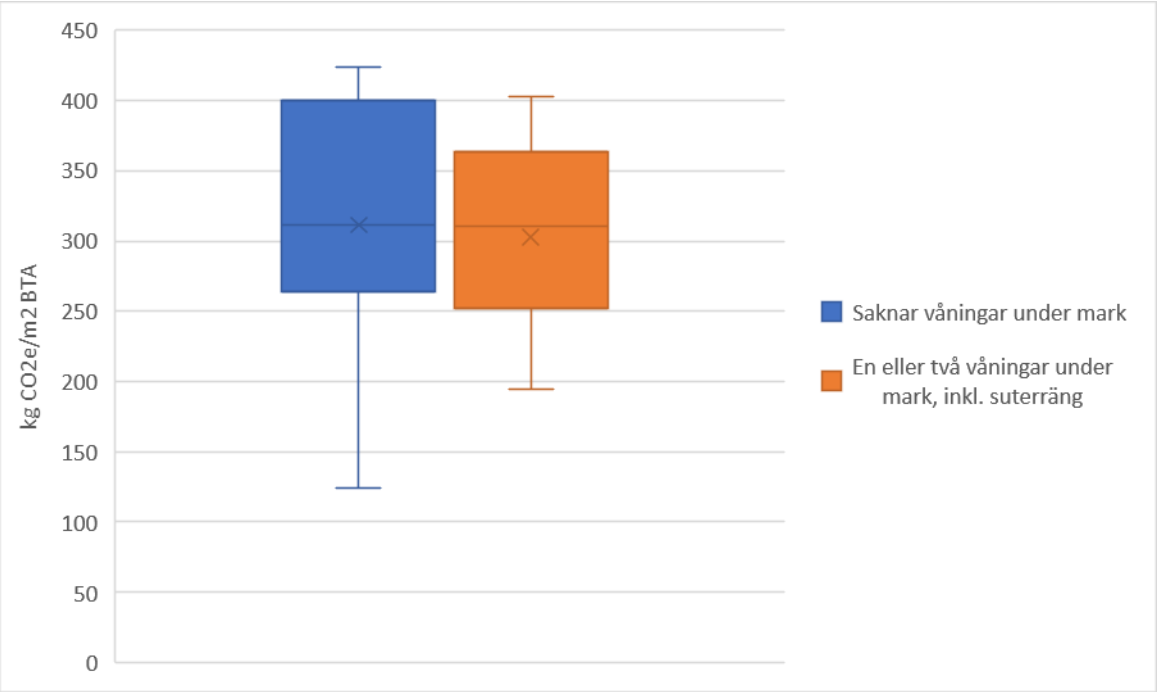


Figur 47. Klimatpåverkan modul A1-A5 för **småhus med ett respektive två plan**. Systemgräns enligt klimatdeklarationen **2022**. n(Småhus, ett plan)=4, n(Småhus, två plan)=6.

Figur 48 och Figur 49 visar klimatpåverkan per kvadratmeter A_{temp} respektive BTA för byggnader med och utan våningar under mark. Det framgår tydligt hur referensenheten (klimatpåverkan per BTA eller per A_{temp}) påverkar värdet på klimatpåverkan, som blir högre när A_{temp} används jämfört med BTA. Figurerna visar också att det finns en tendens att byggnader med våningar under mark missgynnas av att A_{temp} används som referensenhet. När BTA används syns däremot inga tydliga skillnader mellan byggnader med eller utan våningar under mark avseende medel- respektive medianvärden. Vid tolkning av diagrammen bör man beakta att urvalet är litet och en mängd andra egenskaper också varierar mellan de två grupperna med byggnader. Byggnader med våningar under mark finns till exempel ofta i mer centrumnära lägen och har därför ofta fler våningar och högre gestaltningskrav.



Figur 48. Jämförelse mellan klimatpåverkan per kvadratmeter A_{temp} för **byggnader med och utan våningar under mark**. Klimatpåverkan A1-A5 per m2 Atemp för byggnadstyperna flerbostadshus och kontor. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Inga vån under jord)=46, n(1-2 vån under jord inkl. suterräng)=18

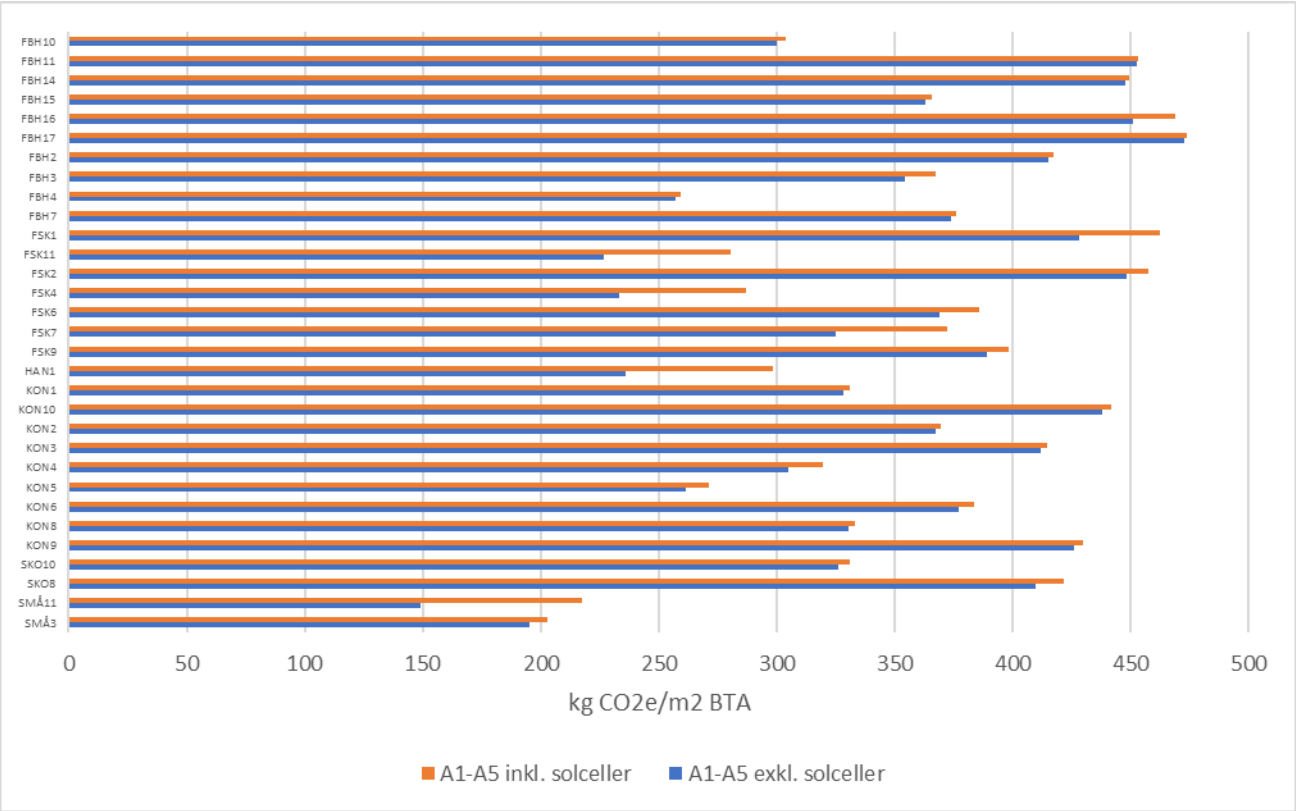


Figur 49. Jämförelse mellan klimatpåverkan per kvadratmeter **BTA** för **byggnader med och utan våningar under mark**. Klimatpåverkan A1-A5 per m2 BTA för byggnadstyperna flerbostadshus och kontor. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Inga vån under jord)=46, n(1-2 vån under jord inkl. suterräng)=18

6.3.3 Solceller

Inledningsvis var tanken att inkludera klimatpåverkan från solceller i alla referensvärden för 2027 års utökade systemgräns för byggskedet, som en del av byggdel 8 Tekniska installationer. Då mängden solceller också kan ha stor betydelse för klimatpåverkan för denna byggdel bestämdes i slutändan att hantera analys av solceller separat. Detta också då referensvärdena inte inbegriper användningsskedet och då enbart synliggör den ”negativa” sidan av solceller. I Figur 50 visas en jämförelse mellan byggnadens klimatpåverkan inklusive, respektive exklusive solcellernas klimatpåverkan för de 31 av studiens byggnader som har solceller. Beräkningarna baseras på lämnade uppgifter om förväntad elproduktion per år för dessa byggnader. För 60 procent av dessa byggnader ökar solcellerna klimatpåverkan med mindre än tre procent och för 80 procent av byggnaderna ger solcellerna en ökning av klimatpåverkan med mindre än 5 procent.

Det är dock ett antal byggnader där solcellernas bidrag till klimatpåverkan ligger betydligt högre än så. Det är fyra byggnader vars klimatpåverkan ökar med mellan 20 och 46 procent när solcellernas bidrag inkluderas. Solcellerna på dessa byggnader förväntas producera mellan 57 och 78 kWh/m² A_{temp} och år. Dessa byggnader återfinns bland de lägre byggnaderna, alltså byggnader som har större tillgänglig yta för solcellsinstallation (takarea) per BTA. Här bör det påpekas att bland de som har allra högst klimatpåverkan från solceller återfinns några ”spjutspetsprojekt”, som inte kan antas vara representativa för svensk nyproduktion idag när det gäller mängden solceller. Det är dock inte orimligt att tänka sig en utveckling mot större solcellsanläggningar varför dessa resultat är viktiga att beakta i utvecklingen av olika typer av krav.



Figur 50. Jämförelse mellan klimatpåverkan modul A1-A5 **inklusive respektive exklusive solcellernas klimatpåverkan** för de av studiens byggnader som har solceller. Systemgräns enligt förslag på klimatdeklaration **2027**.

6.3.4 Övrig byggnadsgeometri

Klimatpåverkan från byggnader beräknas ofta som klimatpåverkan per kvadratmeter BTA och i denna studie undersöktes om det finns ett samband mellan klimatpåverkan per BTA och byggnadens totala area. För en relevant jämförelse har småhusen tagits bort ur analysen, då de så tydligt skiljer sig från övriga byggnadstyper. För övriga byggnadstyper finns ett visst samband mellan ökande klimatpåverkan per BTA och ökande area. Det bör dock noteras att variationen mellan byggnaderna är väldigt stor och det går inte att säga om detta är ett orsakssamband eller inte. Det är till exempel vanligare med byggnader med trästomme bland de mindre, vilket i genomsnitt ger betydligt lägre klimatpåverkan jämfört med andra stomtyper.

En analys gjordes för att se om byggnader med högre formfaktor (det vill säga större omslutande area jämfört med BTA[18]) också hade högre klimatpåverkan per kvadratmeter BTA, vilket skulle kunna förväntas, då materialåtgången kan förväntas vara högre. Denna studies analyser visar dock inget sådant mönster, inte heller när materialet är uppdelat per stomtyp och småhusen utesluts ur urvalet. Frågan vore intressant att utreda närmare, men det ryms inte inom ramen för denna studie.

6.3.5 Övriga byggnadsegenskaper

Ytterligare ett antal byggnadsegenskapers eventuella påverkan på klimatpåverkan har undersökts. Samtliga nedanstående jämförelser avser klimatpåverkan från A1-A5 enligt systemgränsen för klimatdeklarationen 2022 om inte annat anges.

U-medelvärde har efterfrågats och erhållits för ungefär hälften av byggnaderna. En hypotes var att klimatpåverkan skulle vara högre hos byggnader med lågt U-medelvärde, det vill säga välisolerade byggnader. Inget sådant mönster går att utläsa i studiens resultat. Värt att notera är att eftersom

[18] Studien har använt BTA för beräkning av formfaktor istället för den gängse användningen av Atemp, då bedömningen har gjorts att BTA gör jämförelsen mer relevant.

byggnaderna i studien är så pass nya, behöver de klara kraven i åtstramningarna i BBR, det vill säga generellt är nya byggnader idag välisolerade. Majoriteten av byggnaderna i analysen här har ett u-medelvärde på mellan 0,2 och 0,4. Dock ska nämnas att urvalet bara innehöll en byggnad norr om Uppsala.

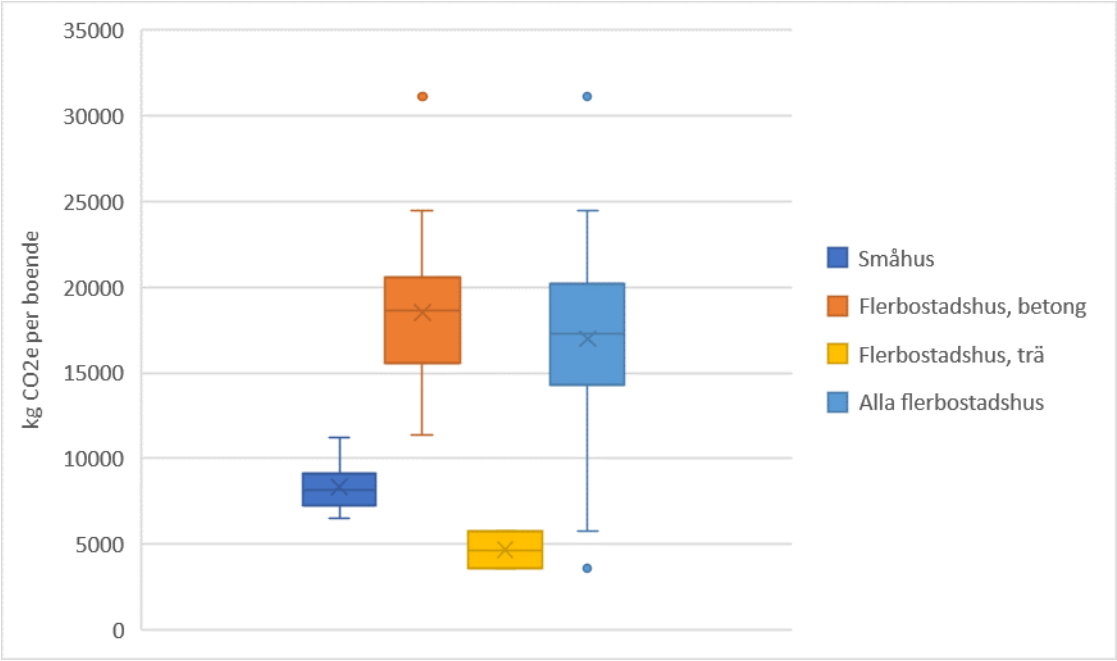
En annan frågeställning var om det kunde föreligga någon bias mellan de allra nyaste byggnaderna och de något äldre, med tanke på att frågan om byggskedets klimatpåverkan fått stort gehör under de senaste åren. En jämförelse gjordes därför av byggnader som redan uppförts (slutbevis 2017-2020) och de som ännu ej är uppförda (slutbevis 2021-2025), för att se om klimatpåverkan minskar över tid. Inga sådana skillnader gick att se, snarare hade de ännu ej uppförda byggnaderna högre klimatpåverkan än övriga byggnader. Det ska dock noteras att eventuella förbättringar genom andra produktval (till exempel klimatförbättrad betong) inte syns i studien. Skillnaden mellan uppförda och ännu ej uppförda byggnader kan troligen förklaras med andra skillnader, än just byggår.

Ytterligare en fråga var om det skulle kunna vara så att klimatkrav i miljöcertifieringar skulle kunna ha slagit igenom och leda till en bias i resultaten. En jämförelse mellan flerbostadshus och kontor med miljöcertifiering som inkluderar klimatkrav och övriga byggnader av dessa båda byggnadstyper gjordes därför. Ingen skillnad kan ses mellan dessa båda grupper. Värt att notera är dock att merparten av byggnaderna med klimatkrav i sin miljöcertifiering har antingen inga eller mycket måttliga (10 procent projektintern förbättring) krav på minskad klimatpåverkan, samt att förbättringar genom klimatförbättrade produktval som byggherrarna potentiellt gjort, inte syns i denna studie.

Klimatpåverkan hos kontor, förskolor och kontor med betongbjälklag har analyserats avseende om det går att se någon skillnad på byggnader som har håldäcksbjälklag och de som har ett massivt betongbjälklag. Inte heller här framkommer några skillnader när man studerar total klimatpåverkan för hela byggnaderna för byggskedet (modul A1-A5). Vid en mer detaljerad analys, till exempel enbart av relevant byggdel och produkttyp skulle sannolikt skillnader kunna ses, men denna analys är ej gjord.

Vi hade tänkt att belysa ett antal ytterligare frågor såsom om alla funktioner löses i en byggnad eller om komplementbyggnader som uppfyller vissa funktioner också räknas in, samt att jämföra flerbostadshus med balkong/loftgång respektive utan. Det visade sig dock att samtliga flerbostadshus i studien hade balkong och/eller loftgång och att eventuella komplementbyggnader inte ingick i några resurssammanställningar, varför dessa analyser utgick.

En hypotes var också att byggnader med högre ljudklass skulle kunna ge högre klimatpåverkan, då det åtgår mer material. Inget sådant samband kan ses i studiens resultat av total klimatpåverkan för modul A1-A5. Det är möjligt att en mer detaljerad analys, till exempel enbart av relevant byggdel och produkttyp skulle visat på skillnader. Denna analys är ej gjord.



Figur 51. **Klimatpåverkan per boende**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(flerbostadshus)=19, n(småhus)=11.

Med tanke på småhusens låga klimatpåverkan i studien såg vi det som intressant att undersöka klimatpåverkan med en annan referensenhet än kvadratmeter. En analys gjordes därför avseende klimatpåverkan från byggskedet (modul A1-A5) per boende för bostadshusen, se Figur 51. En uppdelning gjordes av flerbostadshusen i byggnader med trä- respektive betongstomme för att undanröja påverkan av denna egenskap. Urvalet i kategorin flerbostadshus med trästomme blir dock väldigt litet då och resultaten ska därför tolkas med försiktighet. Antalet boende i respektive boendeform har uppskattats med hjälp av uppgifter från SCB[19]. Räknat på detta sätt framkommer visserligen att klimatpåverkan per boende är lägre för flerbostadshus med trästomme jämfört med småhusen. Men jämfört med alla flerbostadshus i studien är generellt klimatpåverkan för byggskedet lägre per boende i småhus än i flerbostadshus baserat på underlaget i studien. Det ska dock påpekas att resterande livscykelskeden inte är inkluderade och inte heller den klimatpåverkan som de boende ger upphov till genom exempelvis sina transporter, varför det inte går att dra några slutsatser om den totala klimatpåverkan från respektive boendeform.

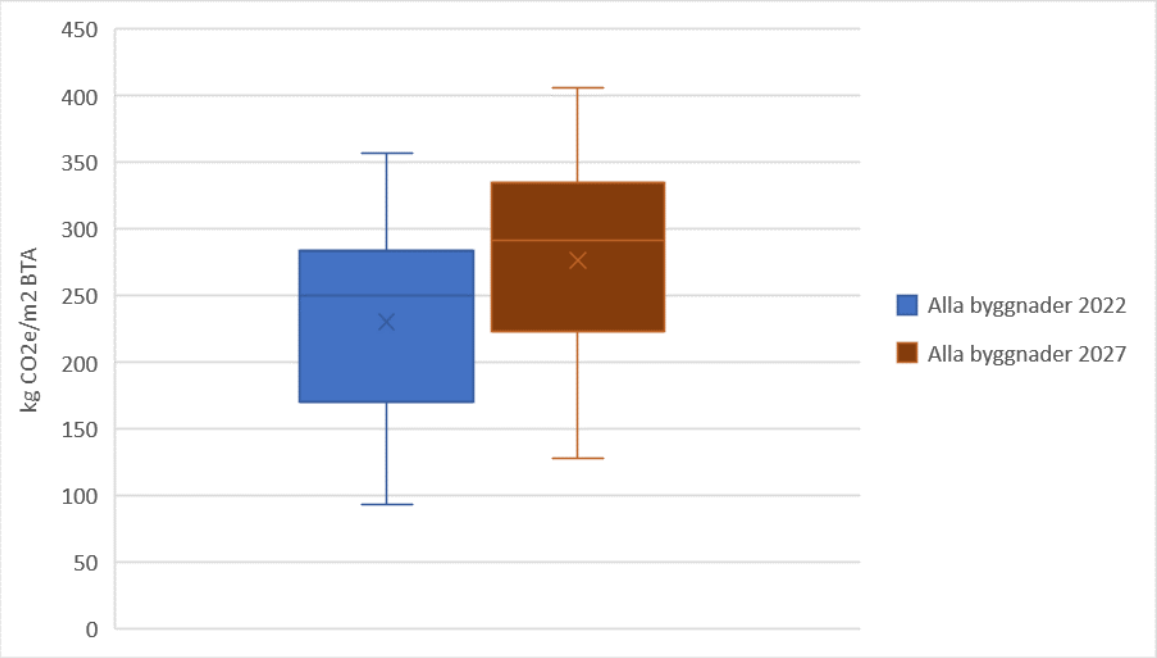
6.4 Beräkningar med klimatförbättrade produktval

En analys har gjorts av hur klimatpåverkan förändras om ett antal nyckelmaterial byts ut mot alternativ med lägre klimatpåverkan, här benämnt ”klimatförbättrade produktval”, se avsnitt 4.2.1. Detta gäller betongprodukter, konstruktionsstål och aluminium som för några byggnadstyper står för mer än hälften av klimatpåverkan och som kunnat bytas ut enkelt i beräkningarna. Ingen analys har gjorts av effekten av att minska klimatpåverkan genom motsvarande utbyte av andra produkttyper än betong, stål och aluminium, mot på marknaden väletablerade alternativ med lägre klimatpåverkan. Analysen kan ändå ge en relativt god bild av hur mycket klimatpåverkan kan minskas för byggnaderna, enbart med hjälp av ett mindre antal fullt realistiska produktval.

[19] Antalet boende per småhus har antagits vara 2,63 och antalet boende per lägenhet i flerbostadshus har antagits till 1,9. Detta baserat på statistik från SCB om antalet boende per hushåll i småhus, bostadsrätter och hyreshus samt andel boende i hyresrätt i flerbostadshus. Antalet lägenheter per flerbostadshus har hämtats från projektinformationen. Småhusen har antagits ha ett hushåll per småhus, när rört sig om enfamiljshus.

6.4.1 Övergripande resultat

Klimatpåverkan från byggnaderna, med de tillämpade klimatförbättrade produktvalen var i genomsnitt 230 respektive 276 kg CO_2e/m^2 BTA , för systemgränsen enligt klimatdeklarationen 2022 respektive förslag 2027. Det är en minskning av klimatpåverkan med i genomsnitt 36 kg CO_2e /m^2 BTA, Figur 52.

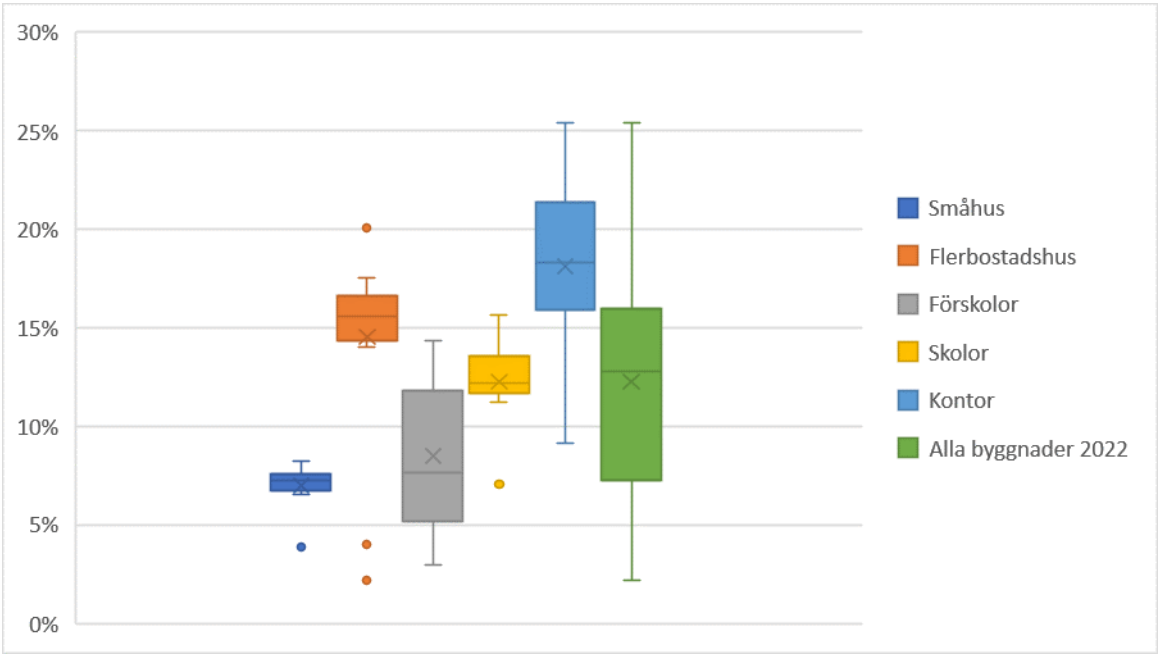


Figur 52. Klimatpåverkan modul A1-A5 för byggnader med klimatförbättrade produktval. Jämförelse mellan systemgräns **2022** och 2027. n=68.

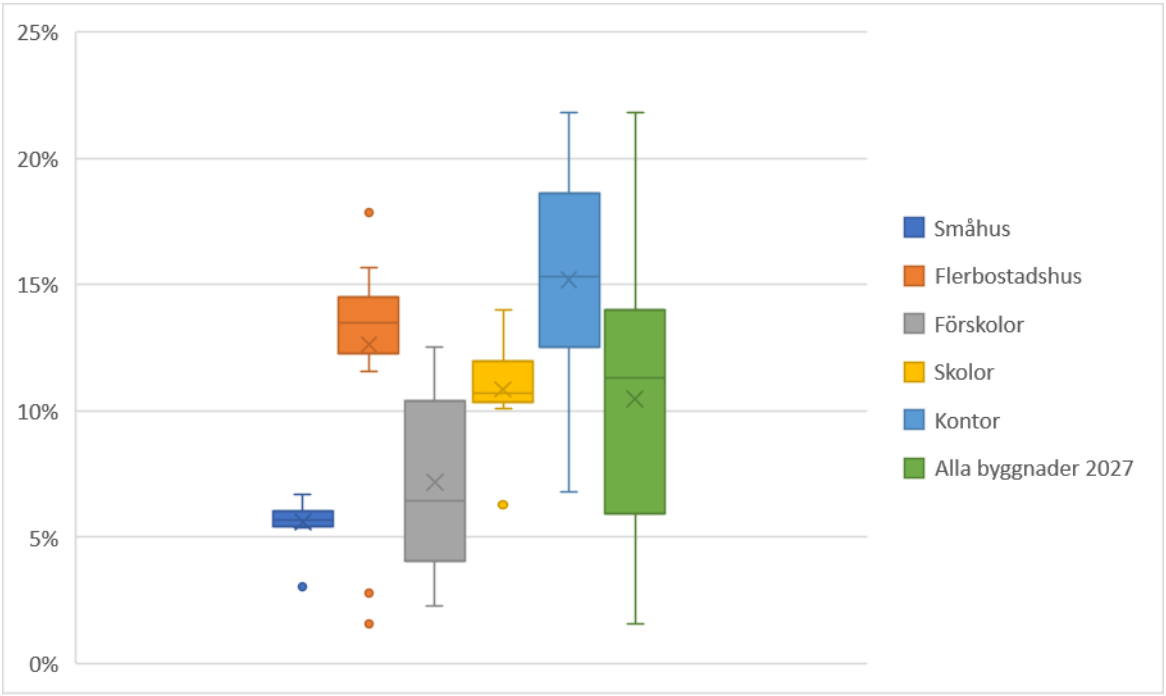
6.4.2 Byggnadstyp

Klimatpåverkan kan i genomsnitt minska med 12 procent för systemgränsen enligt klimatdeklaration 2022, genom utbyte till de klimatförbättrade produkttyperna, Figur 53. Förbättringspotentialen hos byggnaderna varierar dock mycket, från 2 till 25 procent. Det är inte överraskande då de byggnadstyper som har en stor andel klimatpåverkan från betong och stål också har störst förbättringspotential, det vill säga flerbostadshus och kontor. Värt att notera att det är vissa byggnader i dessa kategorier som har betydligt lägre förbättringspotential. Det beror framförallt på att andelen betong och stål är låg i dessa byggnader, speciellt i de byggnader som har trästomme. Småhus och förskolor har betydligt lägre förbättringspotential genom de klimatförbättrade valen, i genomsnitt 7 respektive 9 procent. Skolor har en genomsnittlig förbättringspotential på 12 procent genom dessa klimatförbättrade produktutbyten.

Förbättringspotentialen sjunker till i genomsnitt 10 procent när beräkningen istället görs för systemgränsen enligt förslaget till klimatdeklaration 2027, Figur 54. Minskningen är alltså procentuellt sett större för systemgräns 2022, men i absoluta tal lika stor för båda systemgränserna, då inga förbättrade materialval görs i de tillkommande byggdelarna i systemgräns 2027.



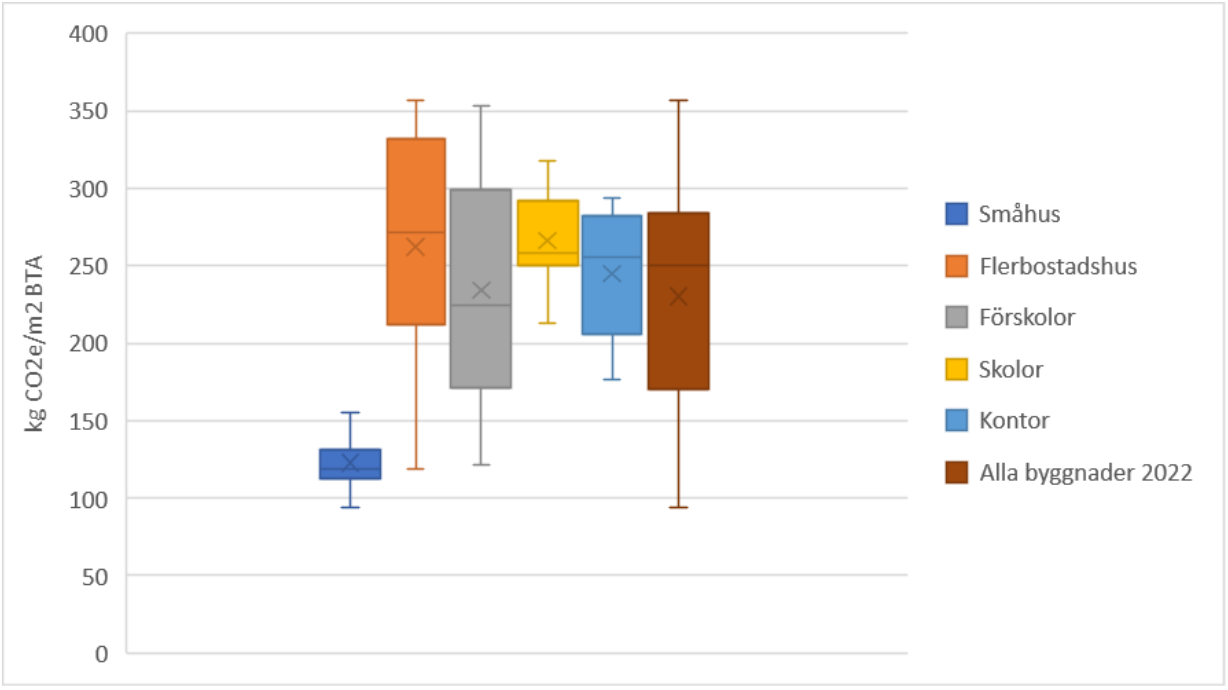
Figur 53. **Potentiell reduktion av klimatpåverkan med hjälp av klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. A1-A5, kg CO2e/m2 BTA. Per byggnadstyp och alla byggnader. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.



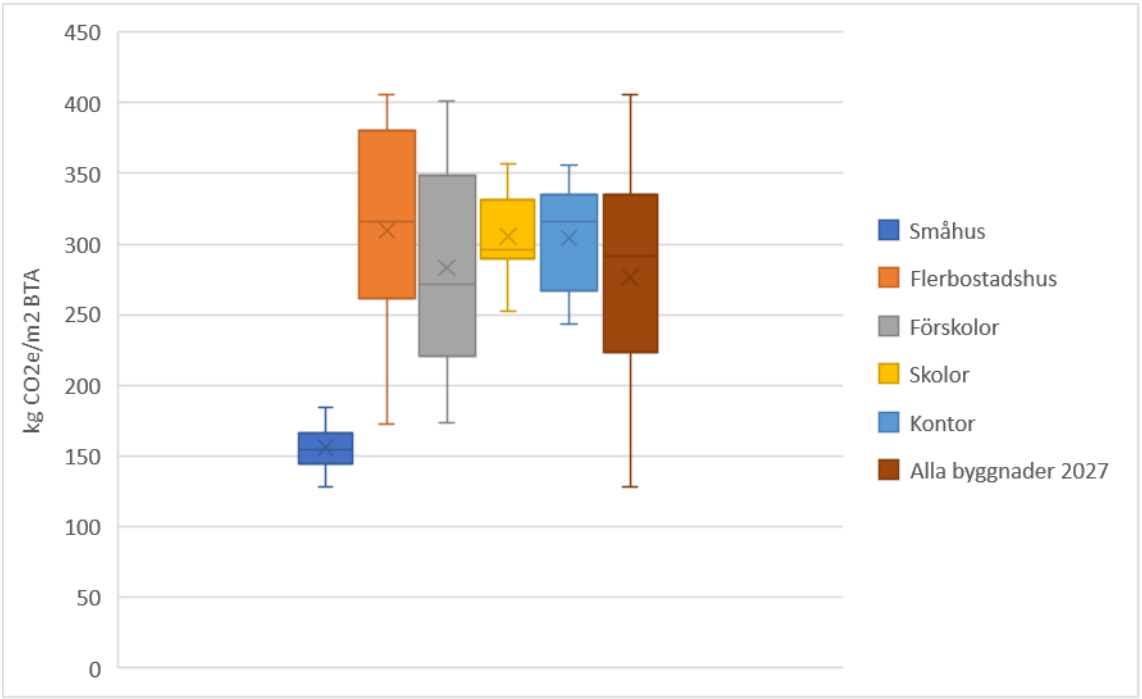
Figur 54. **Potentiell reduktion av klimatpåverkan med hjälp av klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Per byggnadstyp och alla byggnader. A1-A5, kg CO2e/m2 BTA. Systemgräns enligt förslag till klimatdeklaration **2027**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

I Figur 55 och Figur 56 nedan redovisas spridningen i klimatpåverkan per byggnadstyp då de klimatförbättrade produktvalen gjorts. Värt att notera är att den genomsnittliga klimatpåverkan för samtliga byggnadstyper, förutom småhus, med 2027 års systemgräns ligger inom det relativt snäva spannet 283-310 kg CO_2e/m^2 BTA. De byggnadstyper som har högst extremvärden liksom högst övre kvartiler är flerbostadshus och förskolor. Detta är överraskande då man kunde förvänta sig att de

klimatdrivande kraven på kontor och i viss mån skolor skulle variera mer än för flerbostadshus och förskolor. Man skulle till exempel kunna tänka sig att gestaltningskrav och geometri för högprofilerade kontor skulle kunna påverka utformningen av stomme och fasad på ett sätt som ger större klimatpåverkan.



Figur 55. Klimatpåverkan för olika byggnadstyper A1-A5 [kg CO2e/m2 BTA], systemgräns **2022**, med hjälp av **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.



Figur 56. Klimatpåverkan för olika byggnadstyper A1-A5 [kg CO2e/m2 BTA], systemgräns **2027**, med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68

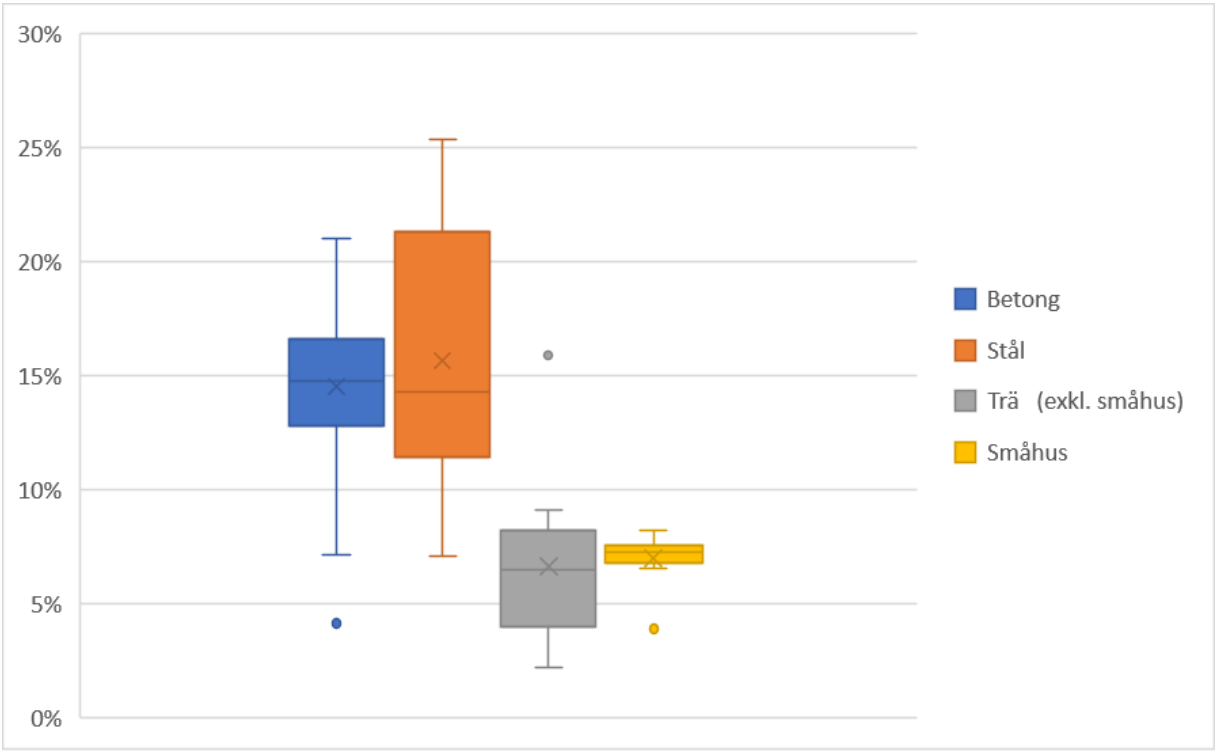
6.4.3 Stomtyp

Figur 57 och Figur 58 och Tabell 11 visar hur förbättringspotentialen med klimatförbättrade produktval skiljer sig mellan olika stomtyper. Den genomsnittliga reduktionspotentialen är runt 15 procent för byggnader med betong- och stålstomme för systemgräns 2022 och ett par procent lägre för systemgräns 2027. För byggnader med trästomme, inklusive småhusen, är förbättringspotentialen lägre, mellan 5-7 procent. Den stora skillnaden mellan olika stomtyper är förväntad eftersom produktutbytet framför allt gäller betong och stål. Dessa material står för en betydligt större andel av klimatpåverkan i byggnader med stål- eller betongstomme än i byggnader med trästomme. Det blir alltså svårare att åstadkomma stora procentuella förbättringar genom klimatförbättrade produktval för byggnader med trästomme jämfört med de andra stomtyperna.

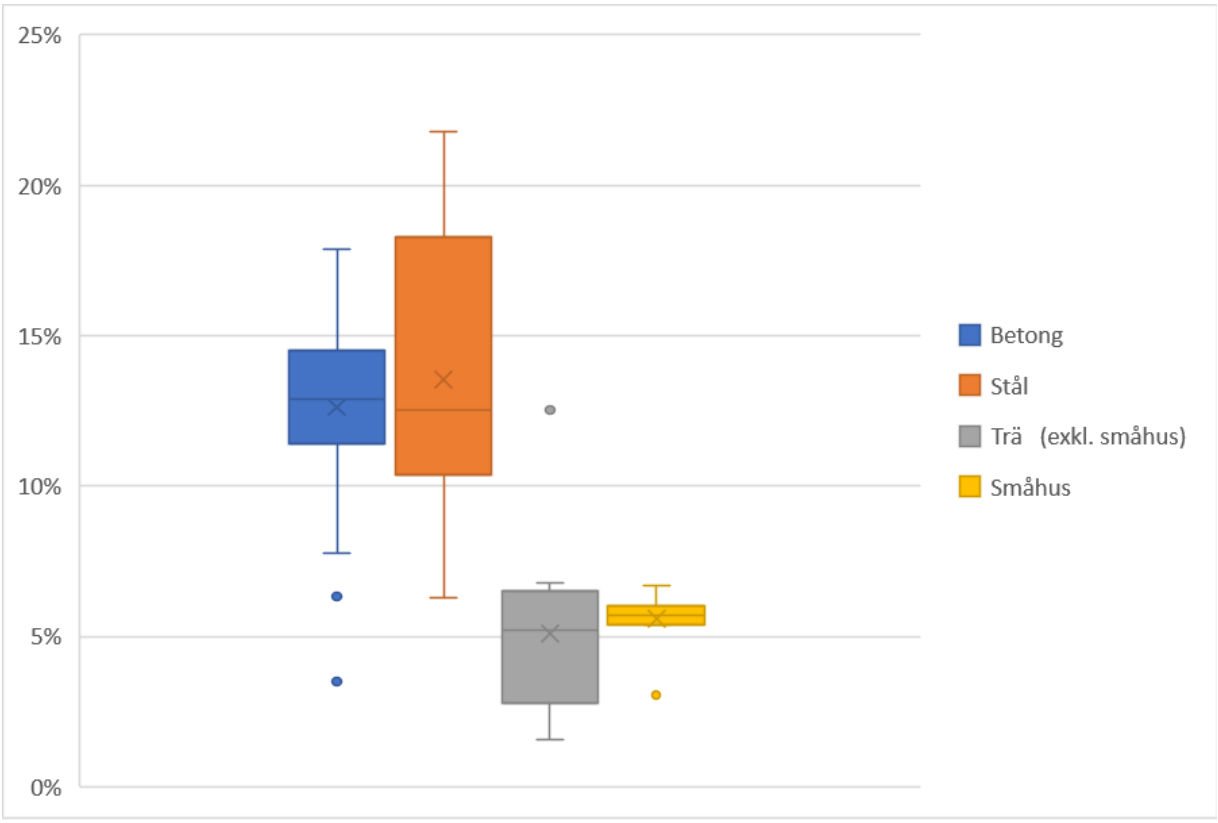
En analys av stomtyper inom respektive byggnadstyp (till exempel flerbostadshus) har också gjorts och de ovan beskrivna mönstren kvarstår, det vill säga byggnader med trästomme har betydligt lägre förbättringspotential än de med betong- eller stålstomme. Reduktionspotentialen är mellan elva och 22 procent för kontor och flerbostadshus för betong- och stålstomme stomtyper, med någon högre potential för byggnaderna med stålstomme. Reduktionspotentialen, uttryckt som procent, är något högre med avgränsning 2022.

Tabell 11. Reduktionspotential av klimatpåverkan (A1-A5) genom förbättrade materialval (systemgräns 2027)

	Betongstomme	**Stålstomme**
Flerbostadshus	12-18 procent med ett genomsnitt på 14 procent	Saknas i studien.
Kontor	11-18 procent med ett genomsnitt på 15 procent	14-22 procent med ett genomsnitt på 18 procent

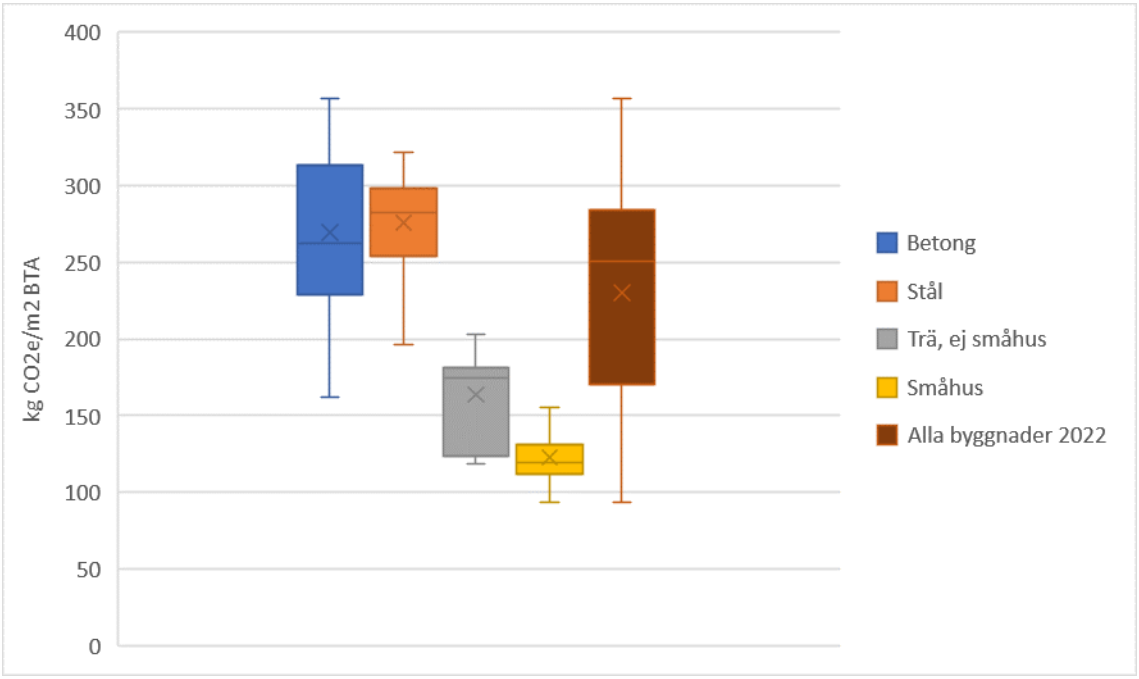


Figur 57. **Potentiell reduktion av klimatpåverkan med hjälp av klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. A1-A5, kg CO2e/m2 BTA redovisat **per stomtyp**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, exkl. småhus)=11, n(Småhus)=11

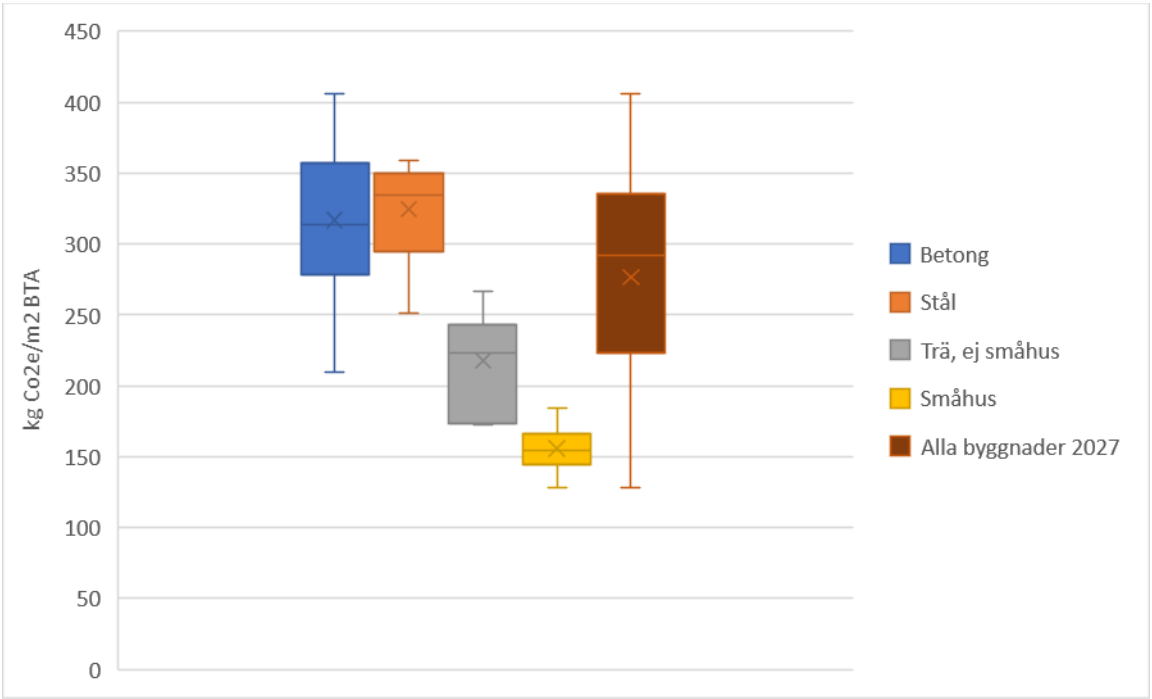


Figur 58. **Potentiell reduktion av klimatpåverkan med hjälp av klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. A1-A5, kg CO2e/m2 BTA, redovisat **per stomtyp**. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2027**. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, exkl. småhus)=11, n(Småhus)=11.

De större förbättringspotentialerna för byggnader med stål- och betongstomme, jämfört med de med trästomme, innebär att skillnaden mellan de olika stomtyperna minskar när klimatförbättrade produktval används, Figur 59 och Figur 60 (som kan jämföras mot Figur 44 och Figur 45). Det betyder att något fler byggnader med olika stomtyper överlappar avseende nivån på klimatpåverkan. Genomsnittsvärdena skiljer sig dock fortfarande påtagligt mellan byggnaderna i studien med betong- och stålstomme respektive trästomme.



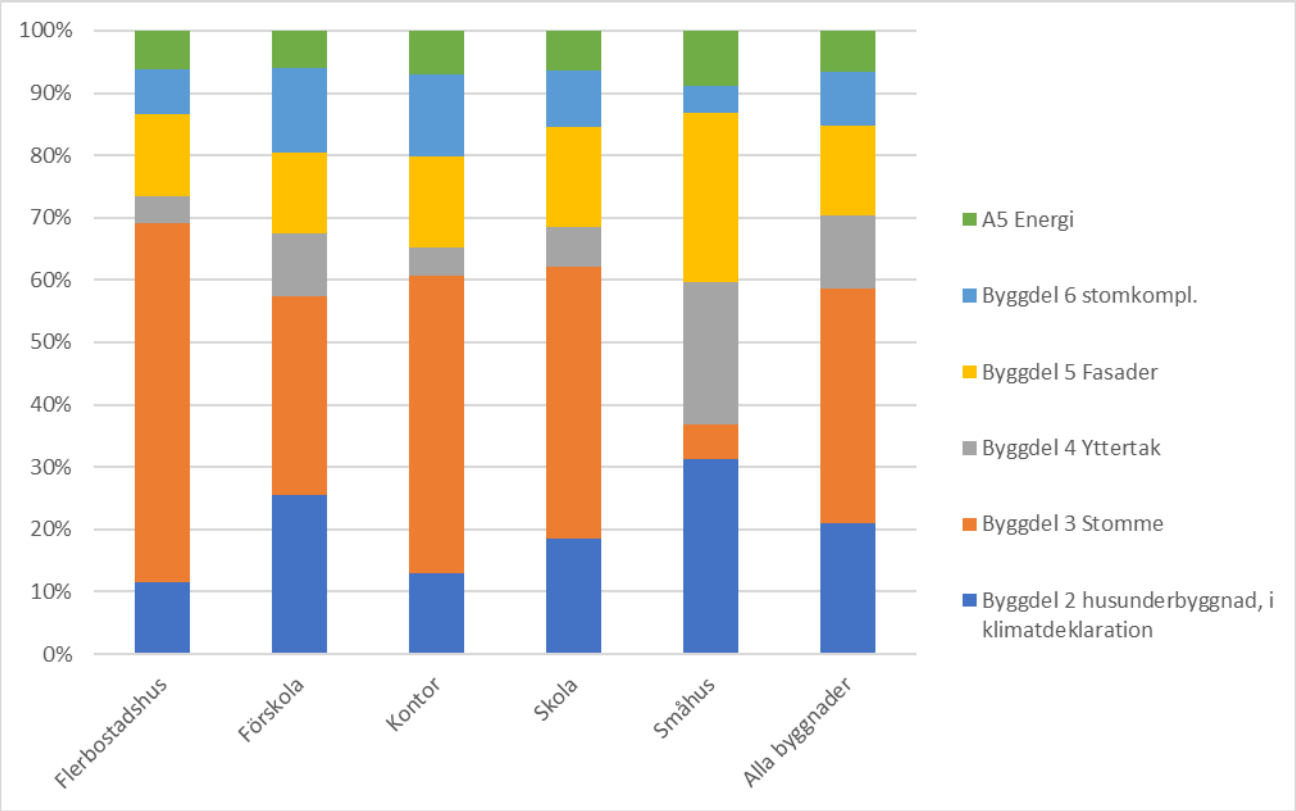
Figur 59. Klimatpåverkan A1-A5, Kg CO2e/m2 BTA **per stomtyp** och alla byggnader. Systemgräns **2022**. **Klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, exkl. småhus)=11, n(Småhus)=11.



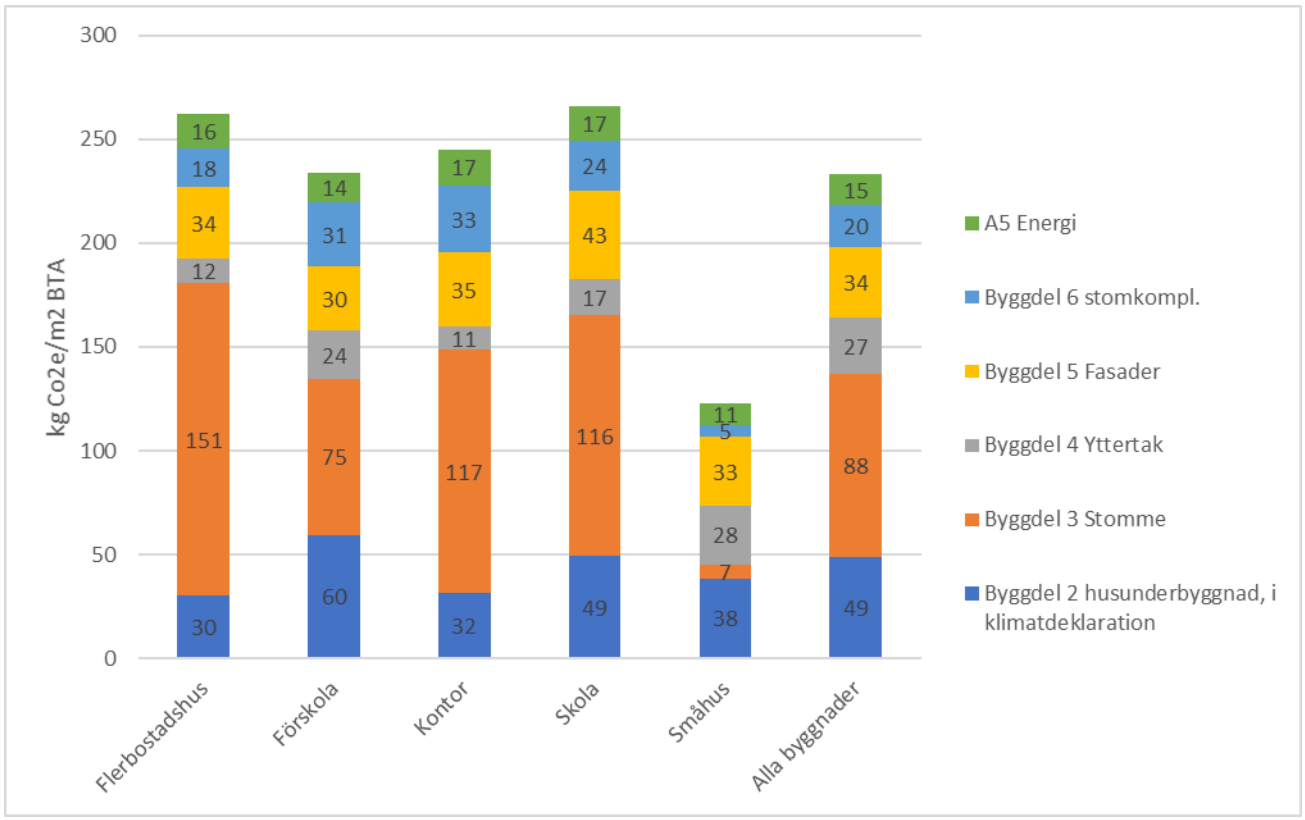
Figur 60. Klimatpåverkan A1-A5, Kg CO2e/m2 BTA **per stomtyp** och alla byggnader. Systemgräns **2027**. **Klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. n(Betong)=31, n(Stål)=15, n(Trä, exkl. småhus)=11, n(Småhus)=11

6.4.4 Fördelning byggdelar och produkttyper

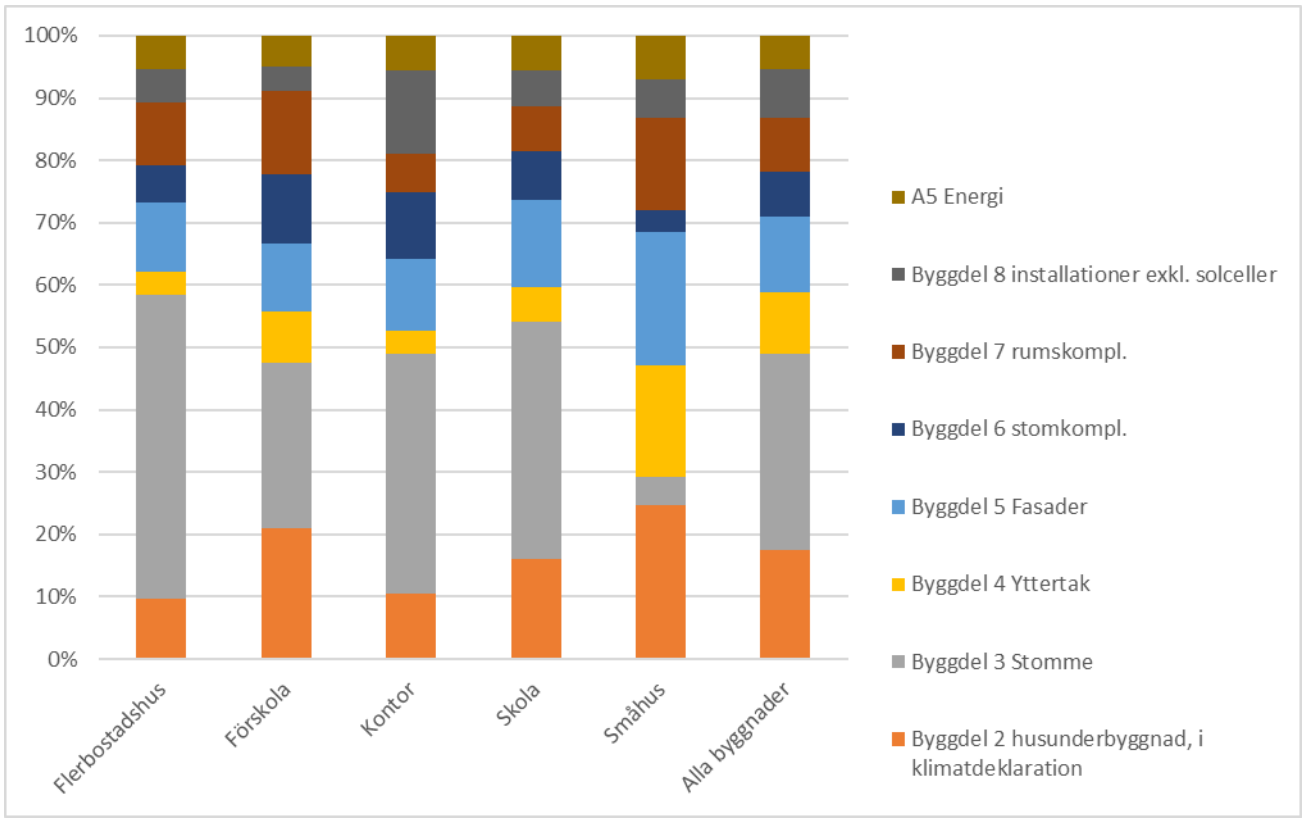
Genom att välja betong och metaller med lägre klimatpåverkan minskar stommens andel av klimatpåverkan till knappt 40 procent av klimatpåverkan i genomsnitt, att jämföra med ca 50 procent när medelvärdesklimatdata använts (systemgräns 2022), se Figur 61 och Figur 62. Övriga byggdelars betydelse ökar därmed. Figur 63 och Figur 64 visar motsvarande bilder för systemgräns 2027.



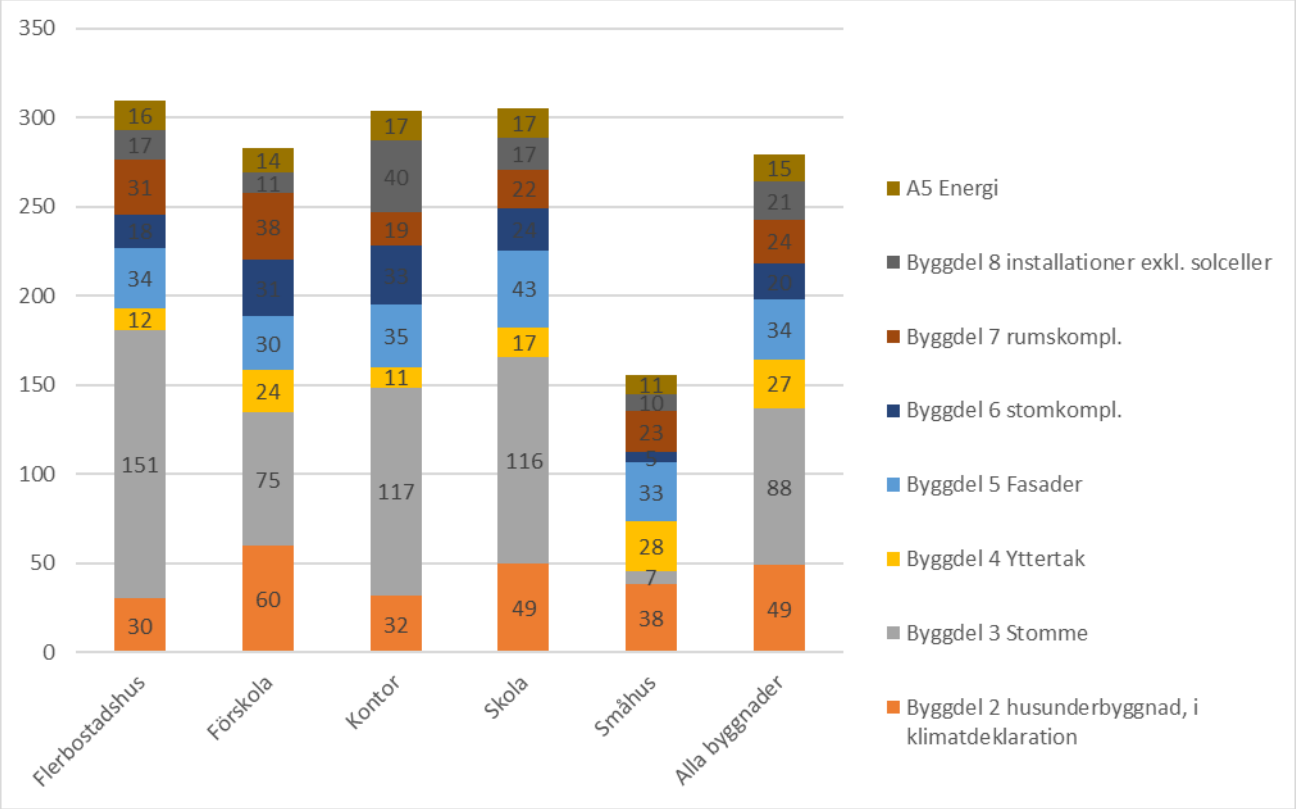
Figur 61. **Andel av klimatpåverkan** (A1-A5) utifrån **byggdel** för de olika byggnadstyperna samt för alla byggnader. Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.



Figur 62. **Fördelning för klimatpåverkan** A1-A5 mellan olika **byggdelar.** Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Medelvärde för olika byggnadstyper samt samtliga byggnader. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

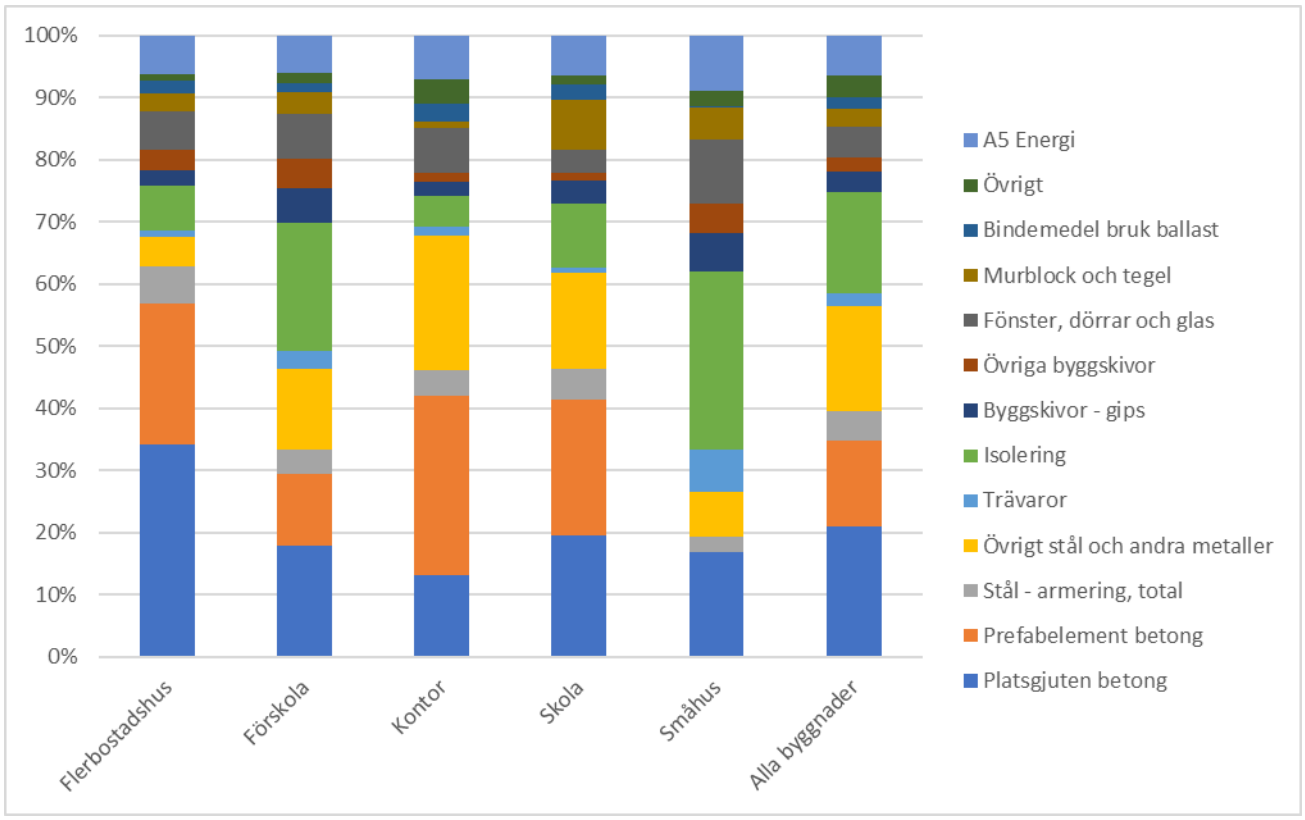


Figur 63. **Andel av klimatpåverkan** (A1-A5) utifrån **byggdel** för de olika byggnadstyperna samt för alla byggnader (medelvärde). Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2027**. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

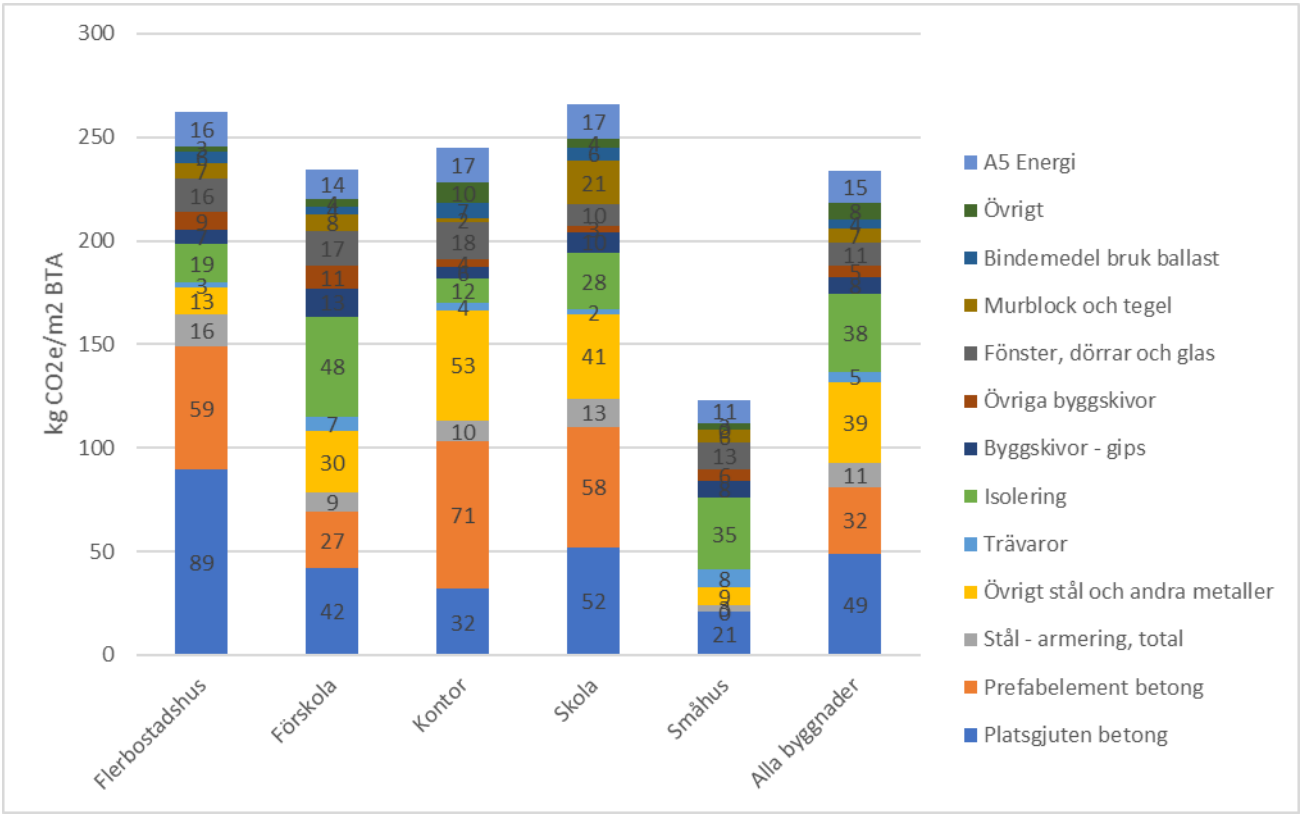


Figur 64. **Fördelning av klimatpåverkan** (A1-A5) utifrån **byggdel** för de olika byggnadstyperna samt för alla byggnader(medelvärde). Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2027**. Kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

Fördelningen av klimatpåverkan mellan olika produktgrupper förändras något men inte särskilt mycket när klimatpåverkan från betong och metaller minskar, se Figur 65 och Figur 66. Dessa produkttyper står för drygt 62 procent av klimatpåverkan när medelvärdesdata används och den minskar till cirka 56 procent när de klimatförbättrade produktvalen görs (medelvärde alla byggnader). Andelen klimatpåverkan från betong och metaller minskar i genomsnitt från 72 till 67 procent för flerbostadshus och från 74 till 68 procent för kontor.



Figur 65. **Fördelning av klimatpåverkan** (A1-A5) utifrån **produkttyp** för de olika byggnadstyperna samt för alla byggnader (medelvärde). Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. Andel i procent. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.



Figur 66. **Fördelning av klimatpåverkan** (A1-A5) utifrån **produkttyp** för de olika byggnadstyperna samt för alla byggnader(medelvärde). Klimatpåverkan beräknad med **klimatförbättrade produktval** för betong, konstruktionsstål och aluminium. Systemgräns enligt klimatdeklaration **2022**. Kg CO2e/m2 BTA. n(Småhus)=11, n(Flerbostadshus)=19, n(Förskolor)=14, n(Skolor)=10, n(Kontor)=11, , n(Alla byggnader)=68.

7 Diskussion och slutsatser

I projektet har referensvärden för nya byggnaders klimatpåverkan beräknats, baserat på underlag från 68 byggnader och med hjälp av medelvärdesklimatdata från i första hand Boverkets nationella klimatdatabas. Referensvärdena som presenteras i rapporten speglar klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5), samt för två olika systemgränser:

- ”Systemgräns enligt 2022”, det vill säga avgränsning enligt Förordning (2021:789) om klimatdeklaration för byggnader då den införs 2022 som inkluderar byggnadens klimatskärm och byggnadens samtliga bärande konstruktionsdelar och innerväggar.

- ”Utökad systemgräns för byggskedet – 2027”, det vill säga enligt förslag från Boverket för utveckling av klimatdeklarationen 2027 vilket inkluderar ”2022 års systemgräns” samt tekniska installationer, invändiga ytskikt och fast inredning (Boverket, 2020).

Resultaten redovisas i första hand per m^2 BTA som är den referensenhet som ska användas enligt regelverket för klimatdeklarationer, men även resultat per m^2 A_{temp} har beräknats. Genom hög transparens i bakgrundsdata har resultat beräknats per byggdel, per produkttyp samt för fem olika byggnadstyper. Ett antal byggnadsegenskapers påverkan på klimatpåverkan har studerats med hjälp av underlaget och en analys av tänkbara besparingar genom utbyte mot ett antal klimatförbättrade material analyserades också.

I avsnitt 7.1 nedan redovisas de huvudsakliga slutsatserna från studien i punktform. I avsnitt 7.2 diskuteras metoden för insamling och bearbetning av data samt beräkningarna. I avsnitt 7.3 lämnas ett antal förslag på fortsatta studier.

7.1 Slutsatser för framtagna referensvärden

Nedan sammanfattas de mest betydande slutsatserna som relateras till de framtagna referensvärdena och användningen av dessa:

- Medelvärden för flerbostadshus, kontor och skolor ligger nära varandra medan framför allt småhusens medelvärde ligger betydligt lägre, mer än 50 procent lägre än nämnda byggnadstyper.

- Generellt sett finns en stor spridning avseende klimatpåverkan mellan olika byggnader inom samma byggnadstyp. I synnerhet förskolor uppvisar en mycket stor spridning där också materialvalen för stomme varierar mycket till skillnad från småhus som har en mycket likartad materialfördelning. Byggnader med mycket trä, relativt sett, uppvisar betydligt lägre klimatpåverkan än byggnader med andra dominerande material i stommen. Det är därför en, men inte den enda förklaringen till spridningen.

- För småhus har det betydelse om det finns en eller två våningar att slå ut grundens (husunderbyggnadens) klimatpåverkan på. Det är därför en faktor att vara uppmärksam på vid kravställande utifrån referensvärden för just lägre byggnader.

- Modul A1-A3 (produktskedet) står generellt för runt fyra femtedelar av klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5). Modul A4 (transport till byggplats) och A5 (materialspill samt energianvändning på byggplatsen) står tillsammans för 15-20 procent av beräknad klimatpåverkan. Den lägsta siffran avser 2027 års systemgräns med medelvärdesdata och den högsta siffran avser 2022 års systemgräns med ”klimatförbättrade produktval”. Det vill säga, ju mer av klimatreduktionsåtgärder som görs för att minska materialens klimatpåverkan, desto högre blir andelen för modul A4-A5.

- Stommen är den byggdel som generellt står för störst klimatpåverkan, framför allt för byggnadstyperna flerbostadshus och kontor då klimatpåverkan för denna byggdel kan uppgå till 60 procent av byggskedets klimatpåverkan (modul A1-A5). En orsak är att dessa byggnadstyper vanligen har ett större antal våningar än andra byggnadstyper. För hus med få våningar står istället framför allt grunden (husunderbyggnaden) men också andra byggdelar för högre andel av klimatpåverkan. Detta gäller även byggnader med kategoriseringen trästomme.

- Betong, stål, armering och metaller står för runt 60 procent av klimatpåverkan, sett som medelvärde för samtliga byggnader i studien. Medelvärdesdata för några av dessa materialtyper (betong, konstruktionsstål och aluminium) ersattes i en analys med klimatförbättrade värden (25 procent lägre klimatpåverkan än medelvärdesdata) för att analysera konsekvensen av klimatförbättrade produktval. Detta minskade andelen klimatpåverkan för dessa produktgrupper något men fortfarande står de för en betydande andel.

- Analysen visade också att de reduktionspotentialer som uppvisades genom att byta de generiska klimatdata som beskriver medelvärdesdata för betong, stål och aluminium till klimatförbättrade alternativ innebar att klimatpåverkan för de enskilda byggnaderna kunde reduceras med mellan 2 procent (min) och 25 procent (max), eller en genomsnittlig minskning med 12 procent.

- Generellt finns större reduktionspotential för byggnader med betong-, respektive stål som dominerande stommaterial än byggnader med stomme av trä. Att reduktionspotentialen procentuellt sett varierar beroende på dominerande material i stomme är därför något att ta hänsyn till om förbättringskrav används i kravställande.

- Skillnaden i klimatpåverkan mellan byggnader med olika stomtyp är mindre då klimatförbättrade data används jämfört med då beräkningarna görs enbart med medelvärdesdata. Om klimatförbättrad betong och stål i högre utsträckning utvecklas och används i byggandet innebär det att andra material än dessa behöver fokuseras mer för att reducera klimatpåverkan ytterligare.

- För småhus respektive flerbostadshus beräknades också klimatpåverkan per boende. Räknat på detta sätt framkommer visserligen att klimatpåverkan per boende är lägre för flerbostadshus med trästomme jämfört med småhusen. Men jämfört med alla flerbostadshus i studien är generellt klimatpåverkan för byggskedet lägre per boende i småhus än i flerbostadshus. Notera att detta enbart inkluderar uppförandet av byggnaden exklusive markarbeten, inte klimatpåverkan för exempelvis drift eller boendes transportbehov.

- Ambitionen i studien var också att undersöka om det framkom tydligt att vissa egenskaper hos byggnaderna kunde leda till högre klimatpåverkan, och därmed innebära att kravställande utifrån referensvärden skulle kunna leda till oönskade effekter avseende byggnadsutformning. Ett antal sådana egenskaper undersöktes, enligt nedan:

    - Inga tydliga skillnader i klimatpåverkan för byggnader med respektive utan våningar under mark har framkommit i studien. Beräknat per m^2 BTA syns inga skillnader och beräknat per m^2 A_{temp} är klimatpåverkan bara aningen högre för byggnader med våningar under mark. Urvalet av byggnader med våningar under mark var dock något begränsat.

    - Utöver stomtyp och antal våningar framkom inga tydliga skillnader i klimatpåverkan för byggnader med (eller utan) följande egenskaper:

        - Högre formfaktor
        - Bättre energiprestanda
        - Byggår, och därmed om medvetenheten om byggskedets klimatpåverkan slagit igenom. En ökad medvetenhet genom klimatsmarta produktval syns dock inte i studiens beräkningar eftersom de baserats på medelvärdesdata.
        - Miljöcertifiering som innehåller klimatkrav. Klimatkrav kan dock uppnås i certifieringarna genom klimatförbättrade produktval vilket inte syns i denna studies resultat då beräkningarna baseras på medelvärdesdata.
        - Byggnader med massiva betongbjälklag jämfört med håldäcksbjälklag.
        - Byggnader med olika ljudklass
    - Ibland löses vissa byggnadsfunktioner (till exempel bil och cykelgarage, tvättstuga, återvinningsrum) med komplementbyggnader. I så fall kan det tänkas öka klimatpåverkan. Detta kunde dock inte undersökas då komplementbyggnadernas area, då sådana förekom, inte ingick i de areauppgifter som tillhandahölls. Likaså kunde inte heller påverkan på grund av balkonger/loftgångar undersökas, då alla flerbostadshus i studien hade balkonger.

- Sammantaget är det mycket få skillnader mellan byggnader med olika egenskaper som framkommer baserat på detta byggnadsunderlag. Det talar för att klimatdeklarationens metod i stort fungerar bra i avseendet att byggnader med vissa egenskaper, så som de studerade byggnadstyperna byggs idag, inte generellt har högre klimatpåverkan. Men det bör påpekas att många egenskaper varierar samtidigt, varför en enskild egenskaps inverkan på klimatpåverkan kan döljas av en annan egenskap som verkar i motsatt riktning.

- För att bygga mer kunskap kring klimatdrivande egenskaper, vilket är viktigt om kravställande på klimatpåverkan ökar, kan parametriska studier med möjlighet att variera en enda egenskap åt gången, vara av stort värde som komplement till denna studie.

- 31 av byggnaderna i studien hade solceller. För 80 procent av dessa byggnader ökade klimatpåverkan med max 5 procent då solceller räknades in. För enskilda byggnader ökade dock klimatpåverkan med upp till 40 procent. Framför allt för byggnader med få våningar och solceller som täcker större delen av taket kommer solceller att betydligt kunna öka klimatpåverkan per m^2 BTA för byggskedet. Detta är viktigt att ha i åtanke vid kravställande, i synnerhet om inte den minskade klimatpåverkan under användningsskedet genom solceller, tas hänsyn till.

- I rapporten redovisas referensvärden i form av medelvärden, medianvärden samt övre och undre kvartil, för respektive byggnadstyp och systemgräns. Beroende på vilket syfte kan olika värden vara mer eller mindre relevanta att utgå ifrån. Generellt ligger median- och medelvärden nära varandra. Medianvärden ligger aningen lägre än medelvärden för alla byggnadstyper utom flerbostadshus, där det är tvärtom.

- De byggnadstyper som analyserats i denna studie har bland annat valts för att de vanligtvis omfattas av förhållandevis likartade krav och därmed möjliggör att klimatpåverkan kan jämföras. Specialbyggnader, såsom sjukhus, och projekt med unika gestaltningskrav, samt byggnader med blandad verksamhet har inte studerats i projektet. För denna typ av byggnader rekommenderas snarare att man i första hand använder sig av interna referensvärden (se kapitel 2). Även för de byggnadstyper som studerats i projektet kan specialkrav ställas.

Exempelvis kan krav på kontor avseende gestaltning, såsom glasfasadsystem, öka klimatpåverkan. Det är något att vara medveten om vid användning av de i studien framtagna referensvärden för att ställa krav på denna typ av byggnader.

7.2 Metodreflektioner

Eftersom regelverket för klimatdeklarationer kräver deklarationer som i möjligaste mån speglar färdig byggnad, begärdes sena kostnadskalkyler in och projektgruppen har lagt ner mycket tid på att sammanställa, bearbeta och kvalitetskontrollera resurssammanställningar i detta projekt. Den bias som kan komma sig av att kräva mycket hög kvalitet på beräkningsunderlaget, och därmed utesluta mindre mogna aktörer har till stor del kompenserats genom att använda medelvärdesdata för beräkning av referensvärdena. Den bearbetning och dialog som gjorts gör att dataunderlaget för denna studie nu håller hög kvalitet.

En styrka med studiens metod är att beräkningarna baseras på mycket kompletta byggnadsinventeringar, som i möjligaste mån speglar färdig byggnad. Metoden innebär också att själva beräkningarna av klimatpåverkan har kunnat utföras med samma detaljerade metodval för samtliga byggnader, vilket skiljer sig mot de flesta liknande utvecklingsarbeten av referensvärden. En ytterligare styrka är att metoden fångar upp den verkliga variationen i byggnadsbeståndet. Det ingår till exempel ett skyddsrum i en av byggnaderna.

Samtidigt lämpar sig metoden sämre för att upptäcka mindre variationer i den totala klimatpåverkan på grund av en enskild byggnadsegenskap, som exempelvis ljudkrav eller antal våningar. För studiens syfte, att ta fram referensvärden för hela byggskedet är detta mindre viktigt, men för att öka kunskapen om hur enskilda krav (till exempel ljud) eller utformningsval kan verka klimatdrivande kan parametriska studier vara ett bra komplement.

Referensvärdena som redovisas i denna rapport baseras på att fördelningen av byggnader med olika så kallade stomtyper i urvalet stämmer någorlunda väl överens med nationell statistik i stort över byggandet i Sverige idag. Det bör nämnas att det dock kan förväntas att bli svårare att göra sådana kategoriseringar i stomtyper framöver då åtgärder för att minska klimatpåverkan kan resultera i ett ökat antal hybridlösningar med kombinationer med flera olika stommaterial, till exempel trä och stål.

En stor utmaning i projektet på grund av höga krav på byggnadsunderlaget är att den är tidskrävande, både för de aktörer som levererat underlagsdata och för projektgruppens bearbetning av underlagsdata. Endast en tredjedel av klimatberäkningarna bedömdes vara korrekta efter den initiala beräkningen och en omfattande dialog med uppgiftslämnarna och kvalitetssäkring genomfördes efter detta. De fel som upptäcktes handlade framförallt om saknade material, felaktiga enhetsomvandlingar, felaktiga areauppgifter och felaktig byggdelsindelning. Många av de som lämnade underlag gjorde detta för första gången, varför resultatet inte är överraskande. En metodik för att identifiera felkällor och göra rimlighetsbedömningar av lämnade data har tagits fram inom ramen för studien.

Trots det omfattande arbetet att få fram robusta beräkningsunderlag var det uppenbart att det ofta fanns återkommande dataluckor för några delar. Det gäller dels byggnadsdelarna ytskikt och rumskomplettering samt tekniska installationer, och dels livscykelmodulerna A4 transport till byggplatsen, A5 Spill och A5 Energi. Några av de mest kompletta resurssammanställningarna användes för att ta fram standardvärden, schabloner, för byggdelarna 7 (ytskikt och rumskomplettering) och 8 (tekniska installationer). Ett arbete gjordes också för att ta fram schabloner för modul A5 Energi. För modul A4 och A5 Spill har värden från Boverkets klimatdatabas använts. Det är projektgruppens bedömning att detta ger, utifrån förutsättningarna, den bästa bilden av storleken på dessa delars klimatpåverkan. Det finns dock ett behov av fortsatt arbete för att förbättra detaljkunskapen om dessa delars klimatpåverkan. Då schablonvärden för tekniska installationer togs fram valdes att exkludera klimatpåverkan från solceller då detta värde varierar stort, beroende på omfattningen av solceller på en byggnad. Det kan noteras att klimatpåverkan från infrastrukturen för

fjärrvärme och fjärrkyla ligger utanför systemgränsen medan klimatpåverkan från produktion av värmepumpar och solceller inkluderas i beräkningarna.

En annan fråga som studien har hanterat är frågan om datatäckningsgrad i resurssammanställningen. Eftersom projektgruppen inte har haft tillgång till kostnader har frågan hanterats genom att uppgiftslämnarna har uppskattat datatäckningsgraden per byggdel. Underlaget har en genomgående hög datatäckningsgrad. Hanteringen av datatäckningsgrad för aktörer som inte har tillgång till kostnaderna i en kostnadskalkyl är ännu en fråga som inte har någon standardiserad metodik.

Den bearbetning och dialog som gjorts gör att dataunderlaget för denna studie nu håller hög kvalitet. Studiens resultat redovisas över lag i kg CO_2e/m^2 BTA. Det kan noteras att BTA inkluderar inglasade balkonger/loftgångar. I det fall detta varit relevant för någon byggnad har projektgruppen utgått från att inlämnad uppgift om BTA inkluderar denna area, men det har inte kontrollerats närmare och kan vara en fråga för byggherrar att vara uppmärksamma på framöver.

En viktig slutsats är dock att det fortfarande finns mycket att lära sig hos olika aktörer kring hur man genererar ett kvalitetssäkrat underlag för klimatberäkningar. Det gäller både inom de företag som projektet har haft kontakt med som entreprenörer och byggherrar liksom underentreprenörer. Projektet har bidragit till ett stort kunskapslyft inom många av de deltagande företagen, trots att dessa i många fall antas ligga i framkant när det gäller kunskap om och erfarenhet av klimatberäkningar. För att effektivisera och kvalitetssäkra arbetet med klimatberäkningar behöver informationsflödena effektiviseras och harmoniseras. , samtidigt som det måste säkerställas redan tidigt i arbetet att information från till exempel underentreprenörer levereras på ett kvalitetssäkrat sätt. För en effektiv hantering är det också viktigt att de som tar fram informationen har en god insikt kring var den stora klimatpåverkan finns och vilka bidrag som är av mer bagatellartad karaktär.

I detta arbete har projektgruppen oftast haft kontakt med entreprenörerna, då beställare ofta saknar den information som behövs för en klimatberäkning som speglar färdig byggnad. Byggherren är, enligt regelverket för klimatdeklarationer ansvarig för att hantera beräkningsunderlaget för färdig byggnad, något som de alltså idag ofta saknar tillgång till.

7.3 Fortsatt arbete för bransch och forskning

Nedan följer ett antal förslag på fortsatta studier för att öka kunskapen i relation till användning av referensvärden för klimatpåverkan och det dataunderlag som är framtaget genom denna studie. Det finns till exempel många fler analyser som skulle kunna göras baserat på det framtagna underlaget i denna studie. Exempelvis fanns inte möjlighet att inom ramen för detta projekt detaljstudera varför klimatpåverkan kan skilja sig så pass mycket för enskilda byggdelar för likartade byggnadstyper. Underlag från studien skulle kunna utnyttjas för branschaktörer för att lära sig mer om utformnings- och konstruktionsval som kan verka klimatdrivande eller tvärtom. Det underlag som finns skulle också kunna användas för att beräkna klimatpåverkan för hela livscykeln samt också annan typ av miljöpåverkan.

Det underlag som tagits fram har framför allt analyserats avseende total klimatpåverkan för byggskedet (modul A1-A5). I studien framkommer inte någon tydlig påverkan på den totala klimatpåverkan från byggskedet från de flesta av de byggnadsegenskaper som undersökts, trots att det ibland påvisats i andra, parametriska, studier. För att öka kunskapen om hur enskilda funktionskrav eller utformningsval kan verka klimatdrivande skulle det vara intressant att göra djupare analyser med hjälp av studiens underlag, till exempel en analys av hur egenskaperna påverkar relevanta byggdelar och/eller produkttyper (exempelvis egenskapen ljudkrav i byggdelen innerväggar). Parametriska studier där en egenskap åt gången varieras kan också vara ett bra komplement.

Det finns också en möjlighet att ta fram mer detaljerade jämförelsevärden, som till exempel prefabelementens klimatpåverkan i stommen, beroende på byggnadstyp och stomtyp. Denna typ av jämförelsevärden skulle kunna användas för enskilda organisationers kvalitetskontroll av sina

beräkningar. När det gäller kvalitetskontroll vore det också intressant att ta fram jämförelsevärden avseende vikt för några viktiga produkttyper, till exempel platsgjuten betong, prefabbetong, armering och övrigt stål, isolering och gips.

Som nämnts har ett arbete gjorts i detta projekt med att ta fram schablonvärden för byggdel 7 (ytskikt och rumskomplettering), byggdel 8 (tekniska installationer) samt energikrävande aktiviteter på byggplatsen (modul A5 Energi). Detta har gjorts utifrån de begränsade tidsmässiga förutsättningarna i projektet så det finns framöver ett behov av att vidareutveckla dessa schablonvärden om de ska användas i praktiken.

Stor vikt har lagts i detta projekt på att få fram resurssammanställningar av hög kvalitet. Frågan om täckningsgrad är här viktig och det finns behov av att ta fram mer standardiserad metodik för att bestämma täckningsgrad för aktörer som inte har tillgång till kostnaderna i en kostnadskalkyl. Det råder fortfarande vissa oklarheter kring hur byggnader som till stor del består av industriellt producerade hela byggdelar, såsom volym- och planelement i trä, kan hanteras i resurssammanställningar som används för, samt LCA-beräkningar av byggnader.

Denna studie har fokuserat på byggnadstyper som det byggs relativt stora ytor av och byggnadstyper som ofta byggs av offentliga byggherrar. Studien har också fokuserat på byggnadstyper där kraven inte varierar alltför mycket inom en byggnadstyp och det därför kan vara relevant att jämföra klimatpåverkan. Det vore intressant att ta fram referensvärden också för andra typer av byggnader som till exempel logistikbyggander och för specialboenden.

Vissa byggnadsegenskaper som projektet hade en ambition att studera om de kunde verka klimatdrivande, gick inte att studera närmare då byggnader med sådana egenskaper saknades i byggnadsunderlaget. Det gäller exempelvis när olika byggnadsfunktioner löses med komplementbyggnader samt mycket hårdare krav avseende energiprestanda och ljud, än vad som ställts på byggnaderna i byggnadsunderlaget i detta projekt.

Referenser

Bâtiment à Énergie Positive & Réduction Carbone. (n.d.). http://observatoire.batiment-energiecarbone.fr/statistiques/experimentation-en-chiffres/

Beemsterboer, S. (2019). *Simplifying LCA use in the life cycle of residential buildings in Sweden*. Licentiatavhandling. Chalmers university of technology, Göteborg.

Boverket. (2020). *Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader. Rapport 2020:13*. Boverket, Karlskrona.

Boverket. (2021). *Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning. Rapport 2021: 11*. Boverket, Karlskrona.

Byggfakta. (2020). *Prognos för de kommande 12 månaderna inom byggbranschen. 2018-05-14*.

Dahlgren, F., Sveder Lundin, J., Erlandsson, M., Borgström, S., Dahlqvist, L., & Lindqvist, E. (2021). *Byggnaders klimatpåverkan - referensbyggnader för svenska förhållanden*. SBUF Slutrapport 13865. SBUF, Stockholm.

Erlandsson. (2018). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg- BM 1.0. Rapport C 300*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm. https://www.ivl.se/download/18.2aa26978160972788 07e748/1523452093368/C300.pdf

Erlandsson, M. (2019). *Modell för bedömning av svenska byggnaders klimatpåverkan. Rapport C 433*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.

Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N., & Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus. LCA av fem byggsystem. Underlagsrapport. Rapport C350*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.

Fossilfritt Sverige. (2018). *Bygg-och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft*. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/01/ffs_bygg_anlggningssektorn181017.pdf

Fuglseth, M., Dahlstrøm, O., Lyslo Skullestad, J., & Borg, A. (2020). *Kartlegging av klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo*. Asplan Viak, Oslo.

Ganassali, S., Lavagna, M., & Campioli, A. (2016). LCA Benchmarks in Building's Environmental Certification Systems. *Iahs World Congress*, *September*, 10. https://www.researchgate.net/publication/308606167_LCA_BENCHMARKS_IN_BUILDING'S_ENVIRONMENTAL_CERTIFICATION_SYSTEMS

Häkkinen, T. (Ed). (2012). Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings. *Sustainability and Performance Assessment and Benchmarking of Buildings. Final Report*. VTT, Espoo.

Holmgren, A. (2020). *Klimatdeklaration Bullerbyn*. Otto Magnusson Bygg, Malmö.

ISO. (2020). *INTERNATIONAL STANDARD Sustainability in buildings and civil engineering works — Indicators and benchmarks — Principles , requirements and guidelines. ISO 21978:2020* (Vol. 2020).

Kiamili, C., Hollberg, A., & Habert, G. (2020). Detailed assessment of embodied carbon of HVAC systems for a new office building based on BIM. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(8). https://doi.org/10.3390/SU12083372

Kiss, B., & Szalay, Z. (2020). Modular approach to multi-objective environmental optimization of

buildings. *Automation in Construction*, *111*(November 2019), 103044. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103044

Kjendseth Wiik, M., Selvig, E., Fuglseth, M., Resch, E., Lausselet, C., Andresen, I., Hahn, U., & Viak, A. (2020). *Klimagasskrav til materialbruk i bygninger* (Issue 24). https://fmezen.no/wp-content/uploads/2020/05/ZEN-Report-no-24_Klimagasskrav-til-materialbruk-i-bygninger.pdf

König, H. (2008). *Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe : Bürogebäude*. https://www.irbnet.de/daten/rswb/12029014352.pdf

König, H., & De Cristofaro, M. L. (2012). Benchmarks for life cycle costs and life cycle assessment of residential buildings. *Building Research and Information*, *40*(5), 558–580. https://doi.org/10.1080/09613218.2012.702017

Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T., & Kellner, J. (2016). *Byggnadets klimatpåverkan-Livcykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä*. Rapport B 2260. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.

Lasvaux, S., Lebert, A., Achim, F., Grannec, F., Hoxha, E., Nibel, S., Schiopu, N., & Chevalier, J. (2017). Towards guidance values for the environmental performance of buildings: application to the statistical analysis of 40 low-energy single family houses' LCA in France. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *22*(5), 657–674. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1253-z

Lebert, A., Lasvaux, S., Grannec, F., Nibel, S., Achim, F., & Schiopu, N. (2013). *Capitalisation des résultats de l ' expérimentation HQE Performance . Analyse statistique Action 22*. http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2013/10/2013-10_HQEPerf_RapportPrincipal_VF.pdf

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*. Rapport B 2217. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.

Miljöministeriet. (2019). *Level (s) – test report from Finland*. Rapport 2019:25. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161783/YM_25_2019_Levels%20_%20test%20report%20from%20Finland.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Moncaster, A. M., Rasmussen, F. N., Malmqvist, T., Houlihan Wiberg, A., & Birgisdottir, H. (2019). Widening understanding of low embodied impact buildings: Results and recommendations from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies. *Journal of Cleaner Production*, *235*, 378–393. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.233

Moschetti, R., Mazzarella, L., & Nord, N. (2015). An overall methodology to define reference values for building sustainability parameters. *Energy and Buildings*, *88*, 413–427. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.071

Nemry, F., Uihlein, A., Makishi Colodel, C., Wittstock, B., Braune, A., Wetzel, C., Hasan, I., Niemeier, S., Frech, Y., Kreißig, J., & Gallon, N. (2008). Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building). In *EUR – Scientific and Technical Research series* (Issue EUR 23493 EN). https://doi.org/10.2791/38942

Peuportier, B., Herfray, G., Szalay, Z., Brown, N., Malmqvist, T., Zabalza, I., Krigsvoll, G., Wetzel, C., Cai, X., Staller, H., Tritthart, W., & Stoykova, E. (2011). *LoRe-LCA Deliverable D3.1 Building LCA good practice report*. https://www.sintef.no/globalassets/project/lore-lca/deliverables/lore-lca-wp3-d3.1-armines.pdf

Polster, B., Peuportier, B., Blanc Sommereux, I., Diaz Pedregal, P., Gobin, C., & Durand, E. (1996). Evaluation of the environmental quality of buildings towards a more environmentally conscious

design. *Solar Energy*, *57*(3), 219–230. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(96)00071-0

Rasmussen, F. N., Ganassali, S., Zimmermann, R. K., Lavagna, M., Campioli, A., & Birgisdóttir, H. (2019). LCA benchmarks for residential buildings in Northern Italy and Denmark–learnings from comparing two different contexts. *Building Research and Information*, *47*(7), 833–849. https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1613883

Rasmussen, F. N., Malmqvist, T., Moncaster, A., Wiberg, A. H., & Birgisdóttir, H. (2018). Analysing methodological choices in calculations of embodied energy and GHG emissions from buildings. *Energy and Buildings*, *158*, 1487–1498. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.013

SCB. (2020). *Boende och byggande*. https://scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse

Simonen, K., Rodriguez, B. X., & De Wolf, C. (2017). Benchmarking the Embodied Carbon of Buildings. *Technology Architecture and Design*, *1*(2), 208–218. https://doi.org/10.1080/24751448.2017.1354623

Skanska. (2014). *Skanska Sveriges Byggdelsregister enligt BSAB83*.

Sveriges kommuner och landsting. (2019). *Ekonomirapporten maj 2019*.

Thrysin, Å., Andersson, R., & Ejlertsson, A. (2020). *Klimatkrav vid upphandling av byggprojekt*. *Rapport B2386*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Stockholm.

TMF. (2020). *Antal sökta bygglov*. *Småhus*. *Byggfakta*.

Trigaux, D., Allacker, K., & Debacker, W. (2019). Critical analysis of environmental benchmarks for buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *323*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012031

W/E adviseurs. (2014). *Onderzoek 'Bepaling kwaliteitsniveaus milieuprestatie van woonfuncties'*. *W/E 8735* (Issue november). bepaling-kwaliteitsniveaus-milieuprestatie-van-woonfuncties-we-adviseurs-dd-14-november-2014.pdf

Wallhagen, M., Glaumann, M., & Malmqvist, T. (2011). Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change - Case study on an office building in Sweden. *Building and Environment*, *46*(10), 1863–1871. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.02.003

Wiik, M. K., Fufa, S. M., Kristjansdottir, T., & Andresen, I. (2018). Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre. *Energy and Buildings*, *165*, 25–34. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.025

Bilagor

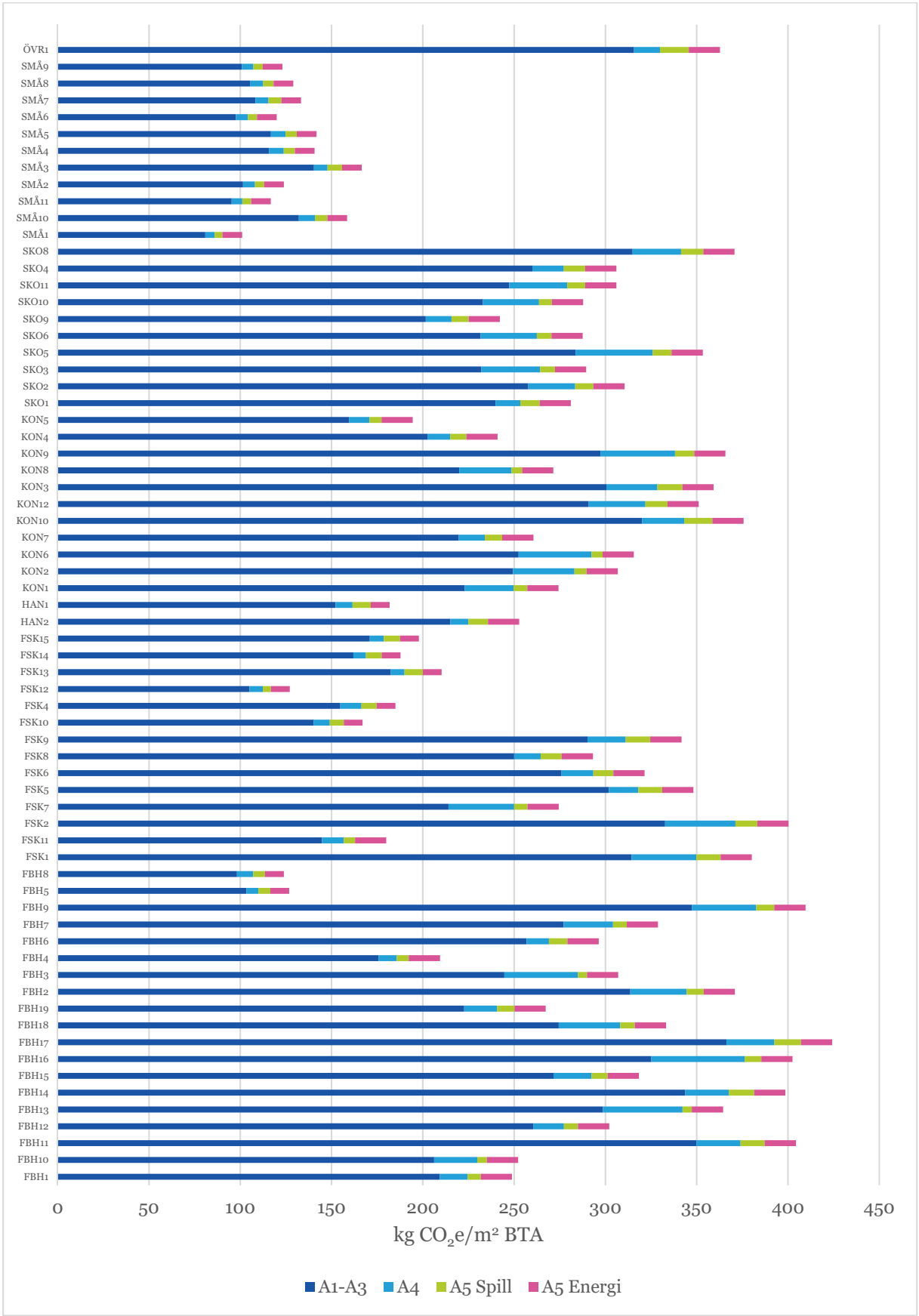
Bilaga 1	Detaljerad resultatredovisning
Bilaga 2	Klimatdata som använts i studien
Bilaga 3	Beskrivning av hur schablonvärden för A5 Energi tagits fram
Bilaga 4	Beskrivning av hur schablonvärden för invändiga ytskikt och inredning (byggdel 7) tagits fram
Bilaga 5	Beskrivning av hur schablonvärden för tekniska installationer (byggdel 8) tagits fram
Bilaga 6	Detaljer kring insamling av data, databearbetning klimatberäkning samt dess kvalitetssäkring
Bilaga 7	Antaganden vid enhetsomvandling och mappning
Bilaga 8	Fördjupning om två tidigare studier om referensvärden för miljöpåverkan för byggnader
Bilaga 9	Bearbetad underlagsdata – separat Excelbilaga

Bilaga 1. Detaljerad resultatredovisning

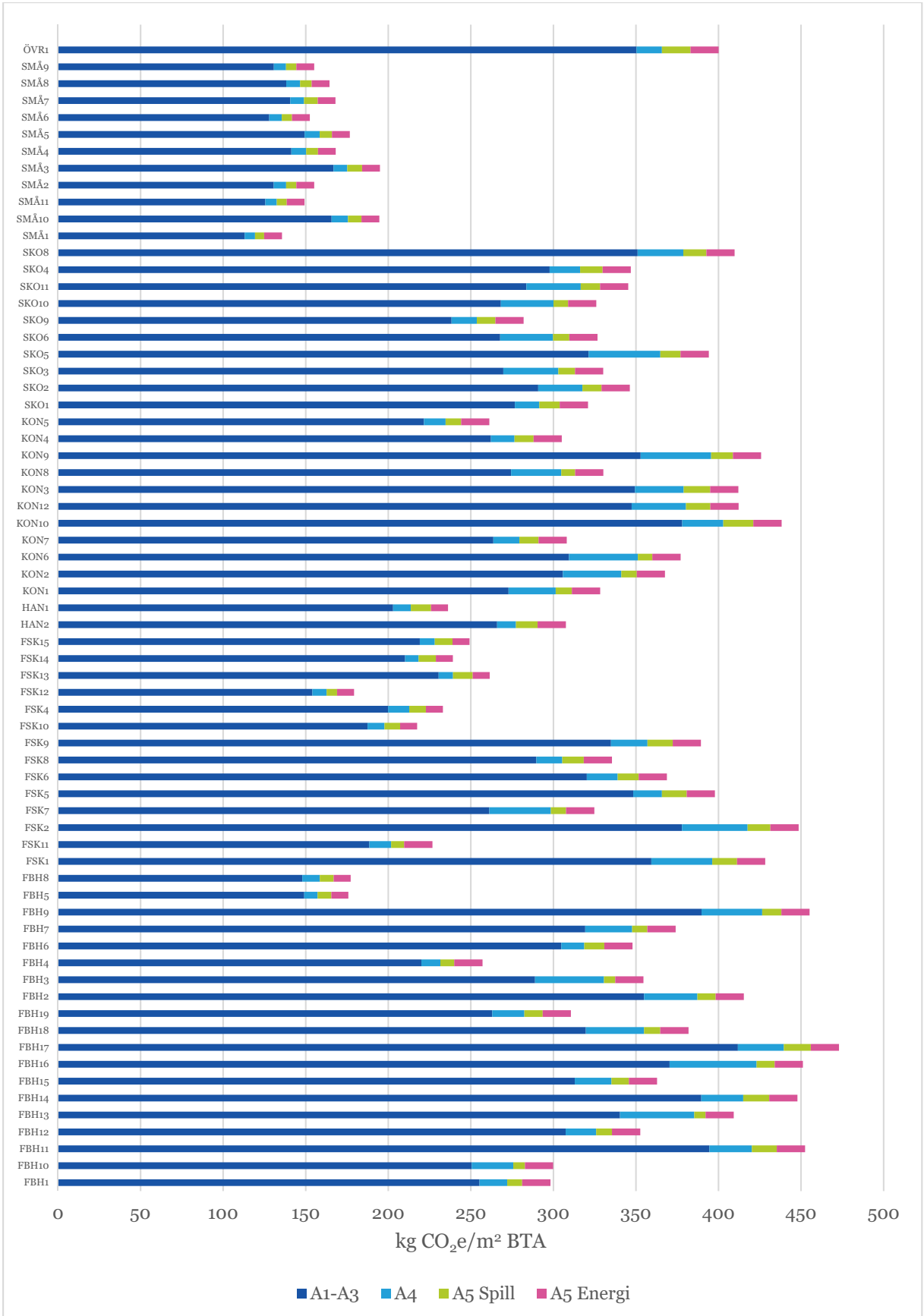
I denna bilaga redovisas resultat för var och en av de 68 byggnader som ingått i studien. Då dessa har anonymiserats benämns de i redovisningen med ett byggnadsID. Detta är en kombination av vilken byggnadstyp de tillhör, se nedanstående tabell, och ett löpnummer. I nedanstående redovisning är de sorterade i första hand efter byggnadstyp och i andra hand efter stomtyp.

Byggnadstyp	Benämning i byggnadsID
Flerbostadshus	FBH
Småhus	SMÅ
Skolor	SKO
Förskolor	FSK
Kontor	KON
Handelsbyggnader	HAN
Övriga byggnader	ÖVR

1.1 Resultat per byggnad

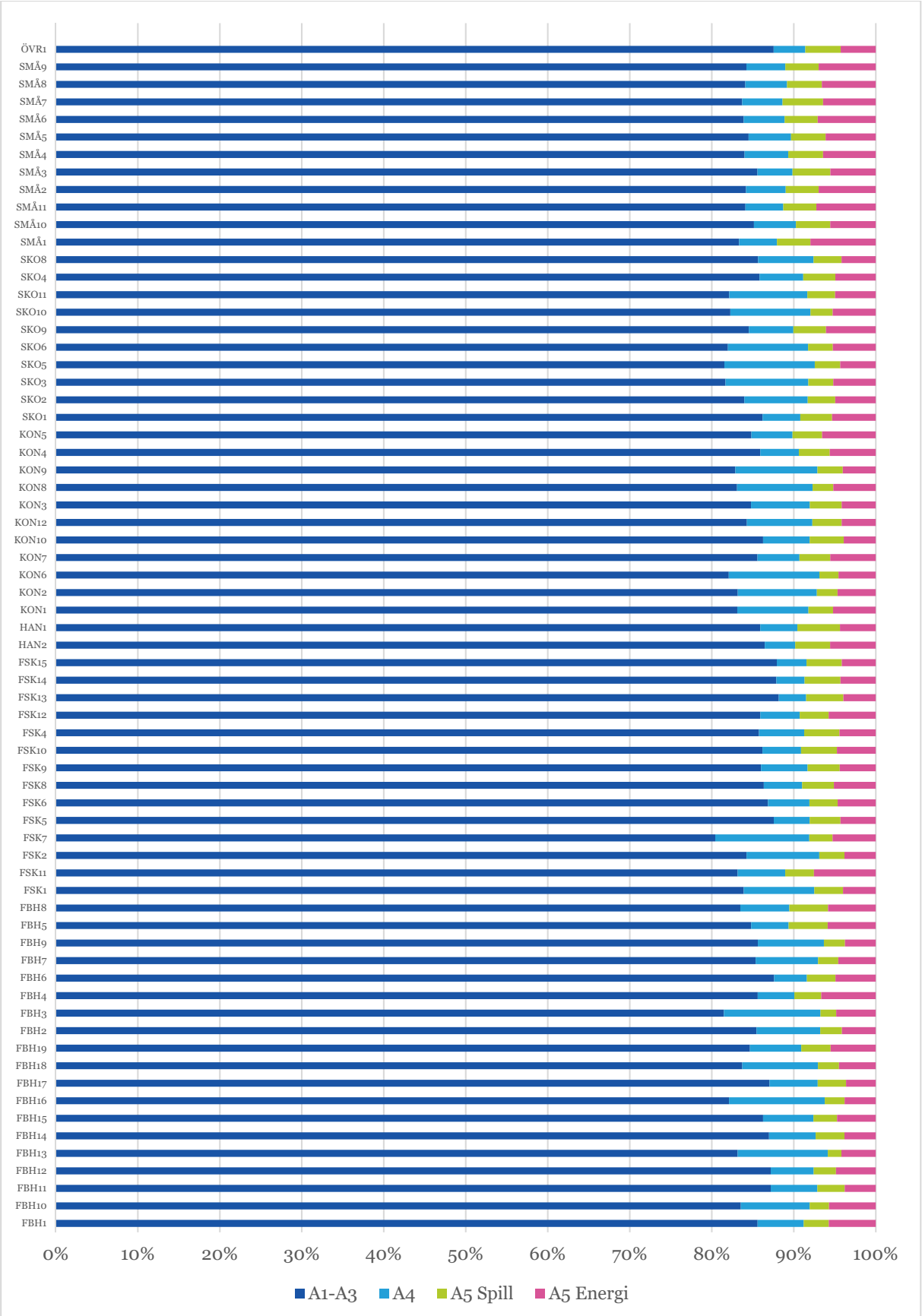


Klimatpåverkan A1-A5, systemgräns enligt klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m² BTA].

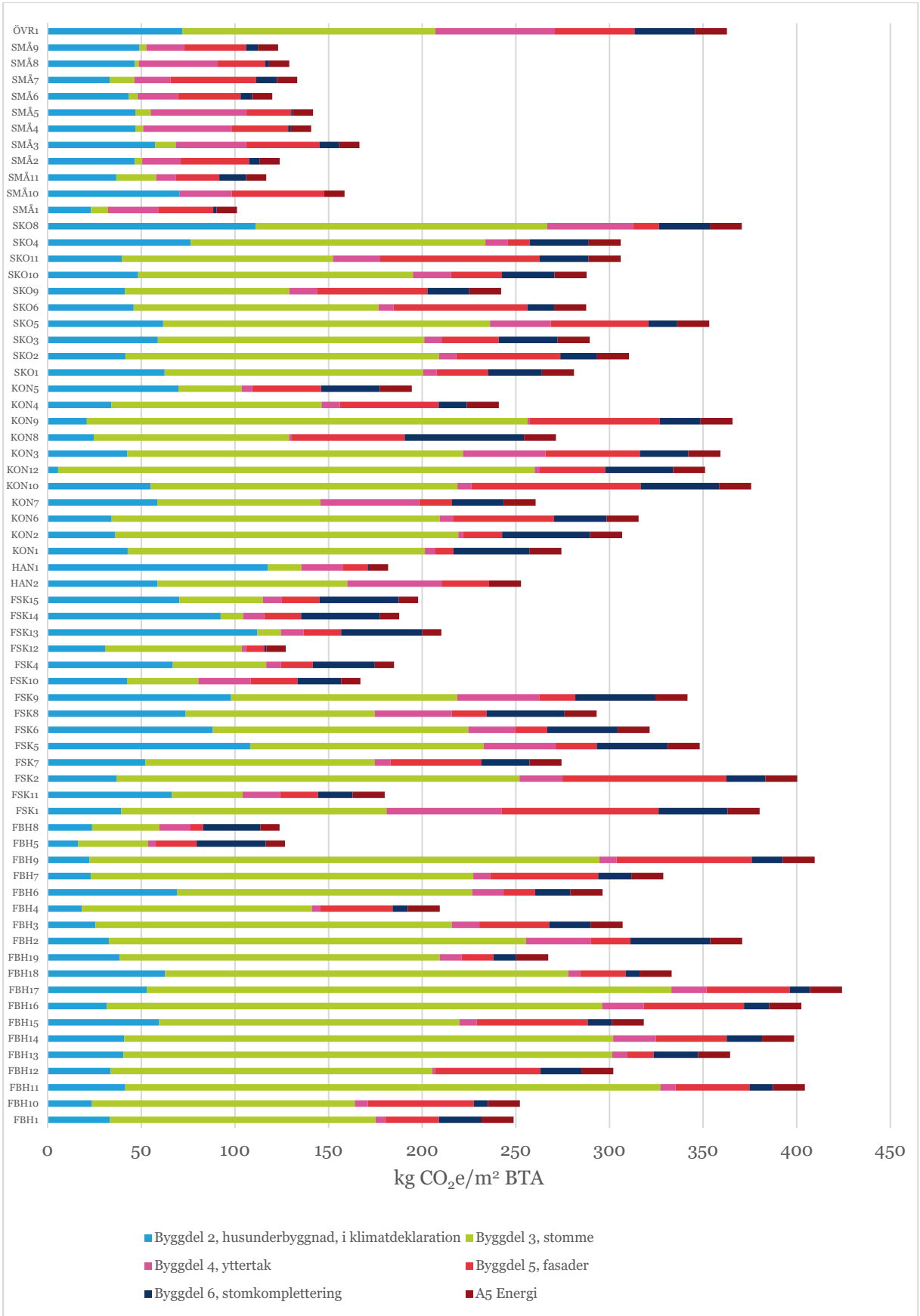


Klimatpåverkan A1-A5. Utökad systemgräns för byggskedet enligt förslag klimatdeklaration 2027 [kg CO_2e/m² BTA].

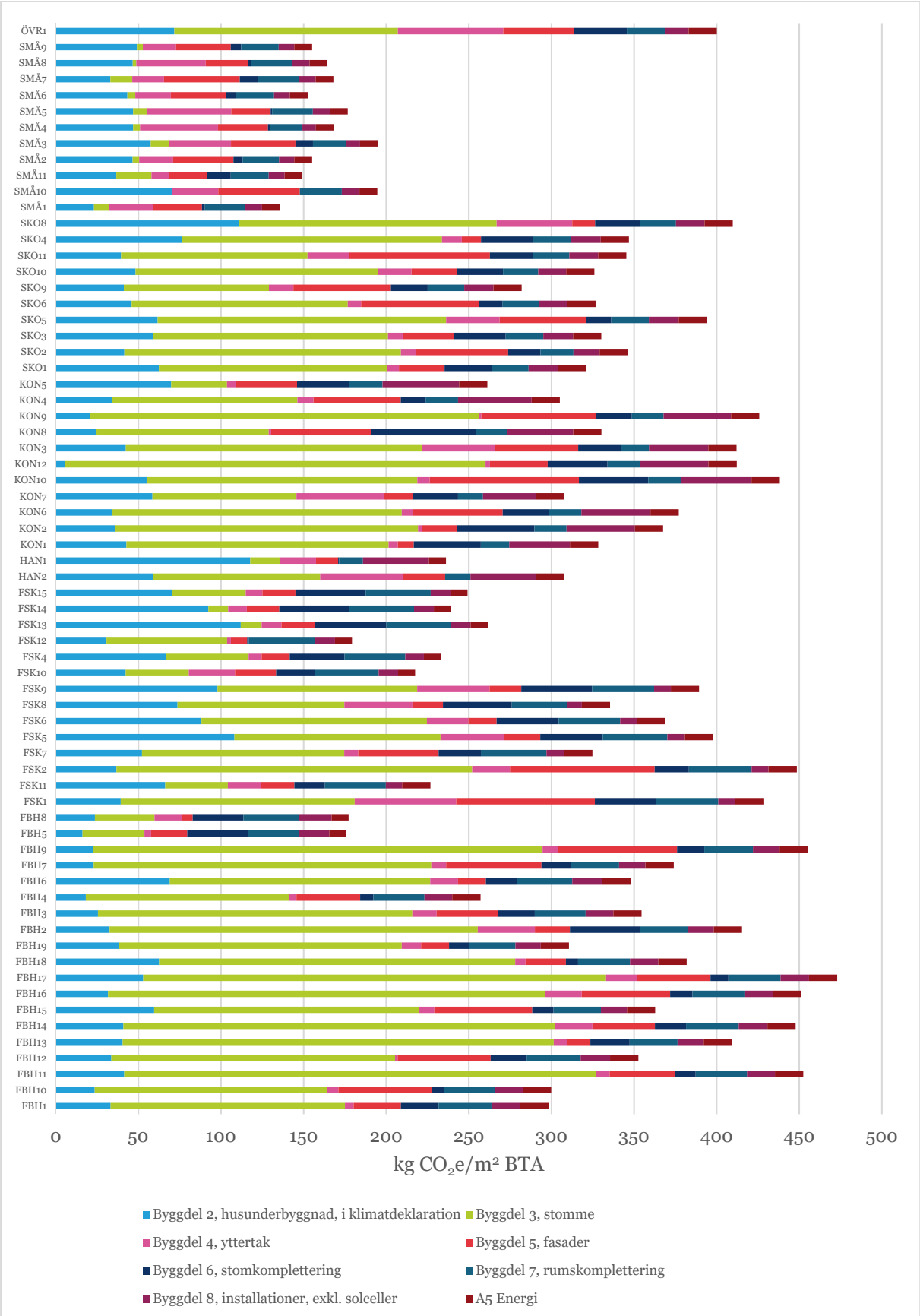
Relativ klimatpåverkan A1-A5, systemgräns klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m^2 BTA].



Relativ klimatpåverkan A1-A5. Utökad systemgräns för byggskedet enligt förslag klimatdeklaration 2027. [kg CO_2e/m^2 BTA].

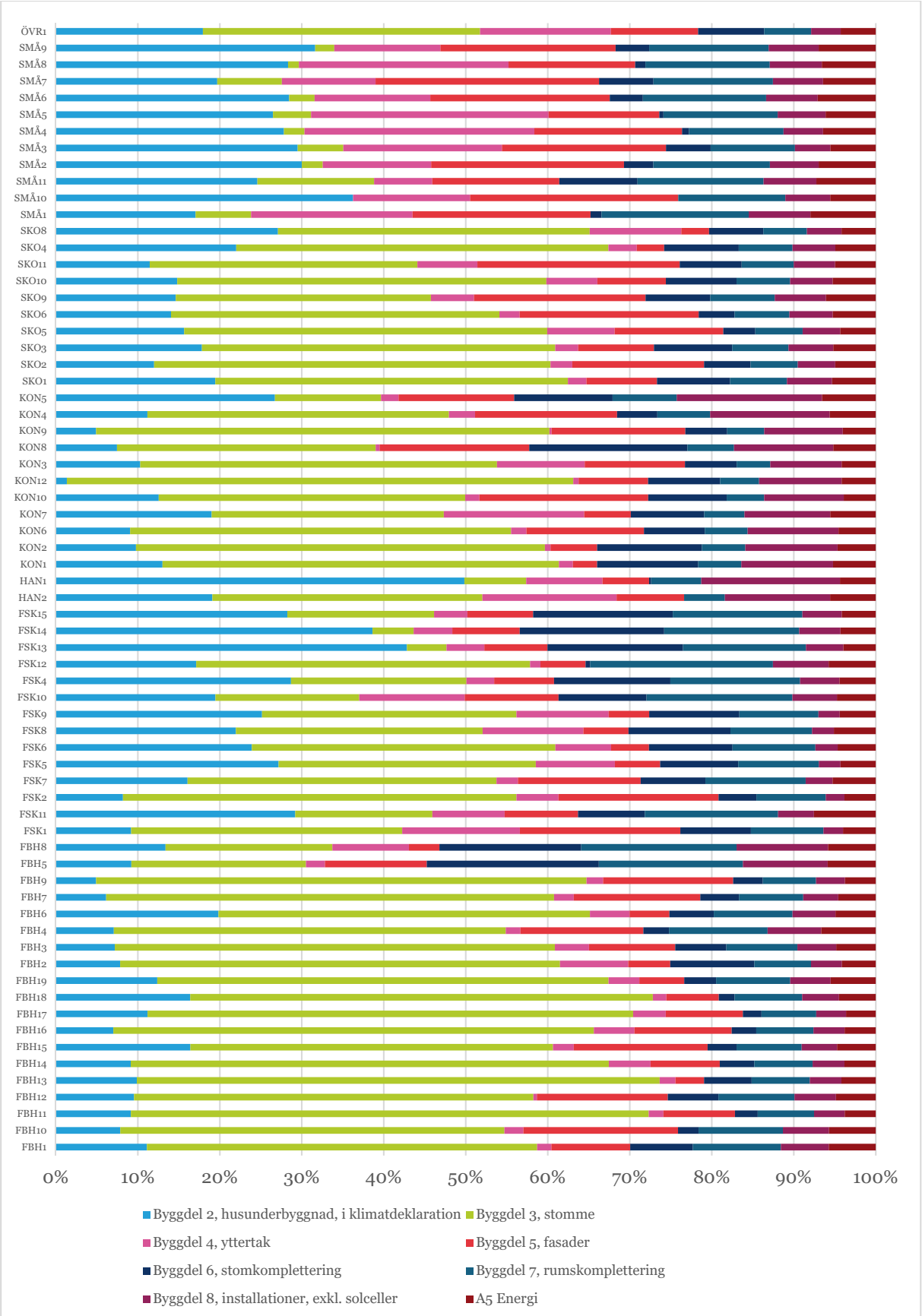


Klimatpåverkan A1-A5 Byggdelar och A5 Energi. Systemgräns enligt klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m^2 BTA].

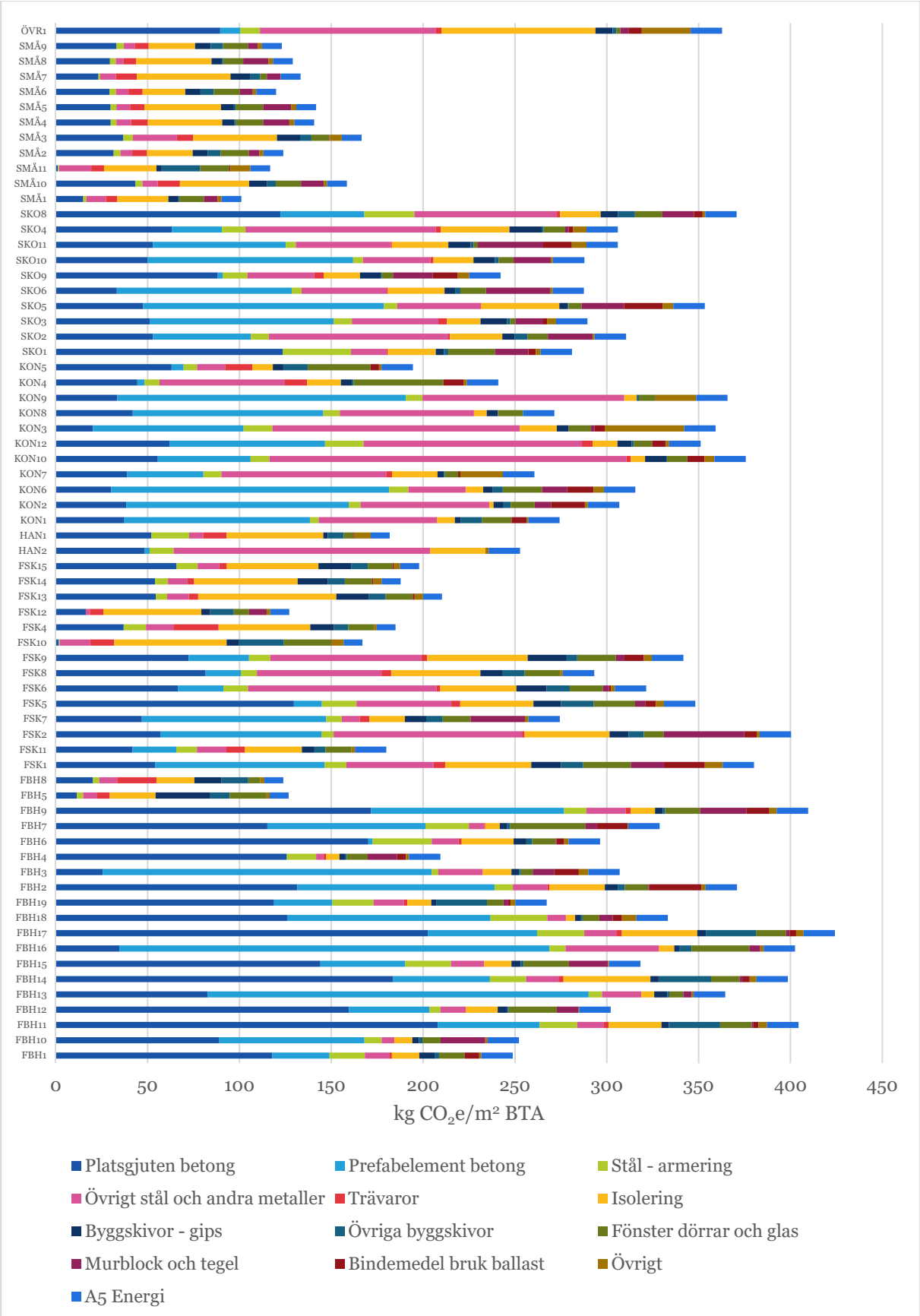


Klimatpåverkan A1-A5 Byggdelar och A5 Energi. Utökad systemgräns för byggskedet enligt förslag klimatdeklaration 2027 [kg CO_2e/m^2 BTA].

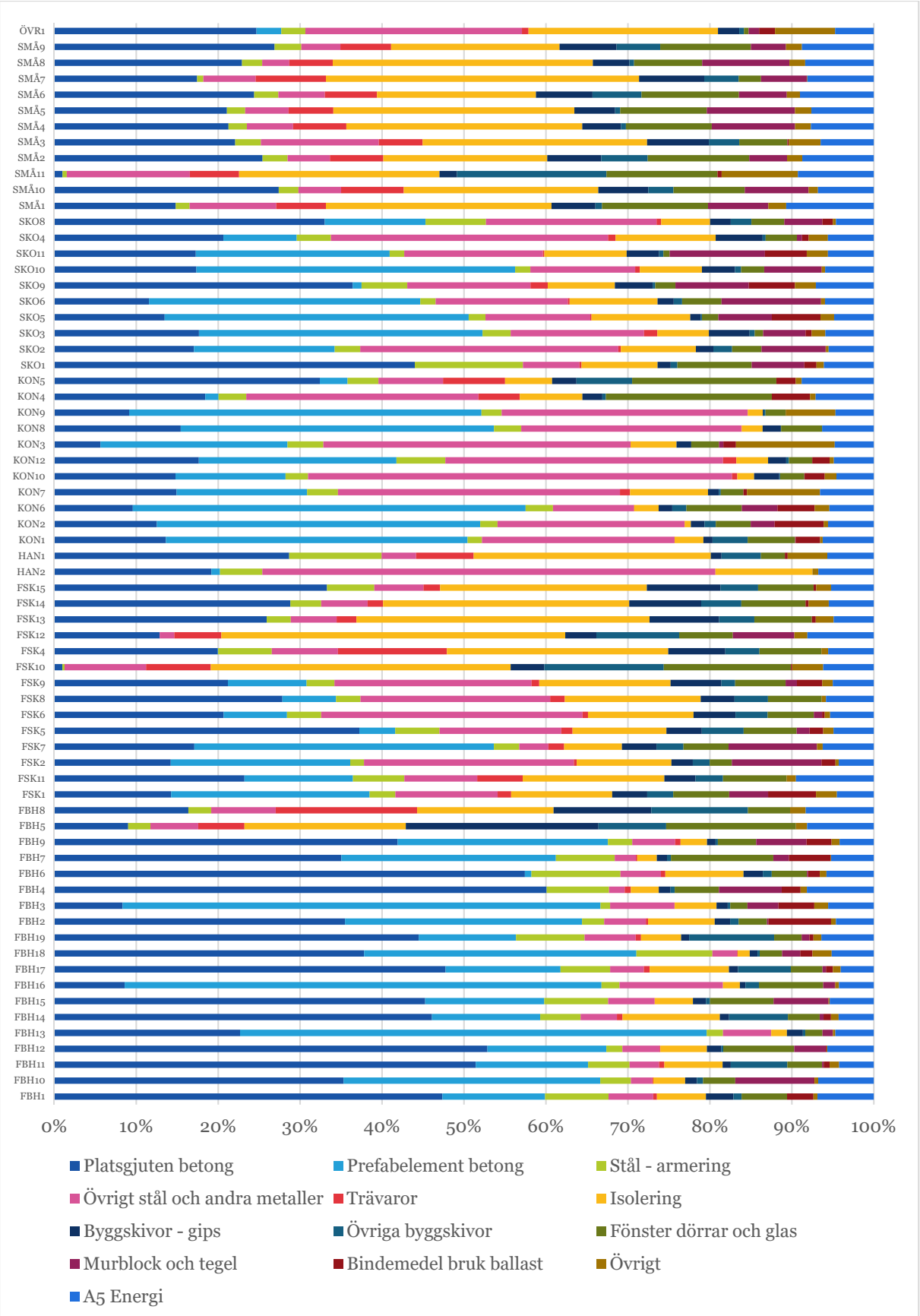
Relativ klimatpåverkan A1-A5 Byggdelar och A5 Energi. Systemgräns enligt klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m^2 BTA].



Relativ klimatpåverkan A1-A5 Byggdelar och A5 Energi. Utökad systemgräns för byggskedet enligt förslag klimatdeklaration 2027 [kg CO_2e/m^2 BTA].



Klimatpåverkan A1-A5 efter produkttyper och A5 Energi. Systemgränser enligt klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m^2 BTA].



Relativ klimatpåverkan A1-A5 efter produkttyper och A5 Energi. Systemgräns enligt klimatdeklaration 2022 [kg CO_2e/m^2 BTA].

Klimatpåverkan per byggdel, sortering efter stomtyp. [kg CO_2e/m^2 BTA]. Klimatpåverkan för A1-A5.1 för byggdelarna.

Byggnads-ID	Byggdel 2, i klimat-deklarationen	Byggdel 3	Byggdel 4	Byggdel 5	Byggdel 6	Byggdel 7	Byggdel 8, solceller	Byggdel 8 exklusive solceller	A5 Energi
FBH1	33	142	5	29	23	32	0	17	17
FBH10	24	140	7	57	8	31	4	17	17
FBH11	41	286	8	39	13	31	1	17	17
FBH12	34	172	2	56	22	33	0	18	17
FBH13	40	261	8	14	24	29	0	16	17
FBH14	41	261	23	38	19	32	2	17	17
FBH15	60	160	9	59	13	29	3	16	17
FBH16	32	264	22	53	14	31	18	17	17
FBH17	53	280	19	44	11	32	1	17	17
FBH18	63	215	6	24	7	31	0	17	17
FBH19	38	171	12	17	12	28	0	15	17
FBH2	33	223	35	21	43	29	2	16	17
FBH3	26	190	15	37	22	31	13	17	17
FBH4	18	123	5	39	8	31	2	17	17
FBH6	69	158	17	17	19	33	0	18	17
FBH7	23	204	9	58	18	29	2	16	17
FBH9	22	272	9	72	16	30	0	16	17
FBH5	16	37	4	22	37	31	0	18	10
FBH8	24	36	17	7	31	34	0	20	10
FSK1	39	142	61	84	37	38	34	10	17
FSK11	66	38	20	20	18	37	54	10	17
FSK2	37	215	23	88	21	38	9	10	17
FSK7	52	122	8	49	26	40	47	11	17
FSK5	108	125	38	22	38	39	0	11	17

Byggnads-ID	Byggdel 2, i klimat-deklarationen	Byggdel 3	Byggdel 4	Byggdel 5	Byggdel 6	Byggdel 7	Byggdel 8, solceller	Byggdel 8 exklusive solceller	A5 Energi
FSK6	88	137	25	17	38	37	17	10	17
FSK8	74	101	41	18	42	33	0	9	17
FSK9	98	121	44	19	43	38	9	10	17
FSK10	42	38	28	25	23	39	0	12	10
FSK4	67	50	8	17	33	37	54	11	10
FSK12	31	73	2	10	1	40	0	12	10
FSK13	112	13	12	20	43	39	0	12	10
FSK14	92	12	11	20	42	39	0	12	10
FSK15	70	45	10	20	42	39	0	12	10
HAN2	59	101	50	25	0	15	0	40	17
HAN1	118	18	22	13	1	14	62	40	10
KON1	43	159	6	10	40	17	2	37	17
KON2	36	183	3	21	47	19	2	41	17
KON6	34	175	7	54	28	20	6	42	17
KON7	59	87	53	18	28	15	0	32	17
KON10	55	164	8	90	42	20	4	43	17
KON12	6	255	3	35	36	20	0	42	17
KON3	42	179	44	50	26	17	2	36	17
KON8	25	104	2	60	64	19	3	40	17
KON9	21	235	1	69	22	19	4	41	17
KON4	34	112	10	53	15	20	15	45	17
KON5	70	34	6	37	31	20	10	46	17
SKO1	62	138	7	28	29	22	0	18	17
SKO2	42	167	9	56	20	20	0	16	17
SKO3	59	142	9	31	31	23	0	18	17
SKO5	62	175	32	52	15	23	0	18	17

Byggnads-ID	Byggdel 2, i klimat-deklarationen	Byggdel 3	Byggdel 4	Byggdel 5	Byggdel 6	Byggdel 7	Byggdel 8, solceller	Byggdel 8 exklusive solceller	A5 Energi
SKO6	46	131	8	71	14	22	0	17	17
SKO9	41	88	15	59	22	22	0	18	17
SKO10	48	147	20	27	28	21	5	17	17
SKO11	40	113	25	85	26	22	0	17	17
SKO4	76	157	12	12	32	23	0	18	17
SKO8	111	156	46	14	27	22	12	17	17
SMÅ1	23	9	27	29	2	24	0	10	11
SMÅ10	71	0	28	49	0	25	0	11	11
SMÅ11	37	21	11	23	14	23	68	10	11
SMÅ2	47	4	21	36	6	22	0	9	11
SMÅ3	58	11	38	39	11	20	8	8	11
SMÅ4	47	4	47	30	1	19	0	8	11
SMÅ5	47	8	51	24	1	25	0	10	11
SMÅ6	43	5	22	33	6	23	0	10	11
SMÅ7	33	13	19	46	11	25	0	10	11
SMÅ8	47	2	42	25	2	25	0	10	11
SMÅ9	49	4	20	33	6	23	0	9	11
ÖVR1	72	135	64	43	32	23	0	14	17

Klimatpåverkan enligt klimatdeklarationens systemgräns 2022, uppdelat efter produkttyper och A5 Energi. Summerat A1-A3, A4 och A5.1 för respektive produkttyp. [kg CO_2e/m^2 BTA].

Byggnads ID	Plats-gjuten betong	Prefab-element	Stål, arme-ring	Övrigt stål och andra metaller	Trä-varor	Isole-ring	Bygg-skivor, gips	Övriga bygg-skivor	Fönster, dörrar och glas	Murblock och tegel	Bindemedel, bruk och ballast	Övrigt	A5 Energi
FBH1	118	31	19	14	1	15	8	2	14	0	8	1	17
FBH10	89	79	9	7	0	10	4	2	10	24	0	1	17
FBH11	208	55	20	15	3	29	4	28	17	1	3	5	17
FBH12	160	44	6	14	0	17	5	1	26	12	0	0	17
FBH13	83	208	7	21	0	7	7	1	8	5	0	1	17
FBH14	184	53	20	18	3	47	4	29	15	2	4	4	17
FBH15	144	46	25	18	0	15	5	2	25	21	0	0	17
FBH16	35	234	9	51	0	8	3	7	32	6	0	2	17
FBH17	203	59	26	17	3	41	5	27	16	2	4	4	17
FBH18	126	111	31	10	0	5	3	1	9	7	5	8	17
FBH19	119	32	22	17	2	13	3	28	9	3	1	3	17
FBH2	132	107	10	19	1	30	7	4	13	1	28	2	17
FBH3	26	179	4	24	0	16	4	1	6	12	13	5	17
FBH4	126	0	16	4	2	7	3	1	11	16	5	2	17
FBH6	170	2	32	15	2	28	7	3	13	0	4	2	17
FBH7	115	86	24	8	1	8	4	2	41	6	17	0	17
FBH9	172	105	12	21	3	13	4	1	19	25	13	4	17
FBH5	11	0	3	7	7	25	30	10	20	0	0	2	10
FBH8	20	0	3	10	21	21	15	15	6	0	0	2	10
FSK1	54	92	12	47	6	47	16	12	26	18	22	10	17
FSK11	42	24	11	16	10	31	7	6	14	0	0	2	17
FSK2	57	88	7	103	1	46	10	8	11	44	7	2	17
FSK7	47	100	8	10	5	19	12	9	15	30	0	2	17

Byggnads ID	Plats-gjuten betong	Prefab-element	Stål, arme-ring	Övrigt stål och andra metaller	Trä-varor	Isole-ring	Bygg-skivor, gips	Övriga bygg-skivor	Fönster, dörrar och glas	Murblock och tegel	Bindemedel, bruk och ballast	Övrigt	A5 Energi
FSK5	130	15	19	52	5	40	15	18	23	5	6	4	17
FSK6	66	25	13	103	2	41	16	13	18	3	1	2	17
FSK8	82	19	9	68	5	49	12	12	19	0	0	1	17
FSK9	72	33	12	82	3	55	21	6	21	5	11	4	17
FSK10	2	0	0	17	13	61	7	24	26	0	0	6	10
FSK4	37	0	12	15	25	50	13	8	14	0	0	2	10
FSK12	16	0	0	2	7	53	5	13	8	10	0	2	10
FSK13	55	0	6	12	5	75	18	9	15	0	1	5	10
FSK14	54	0	7	11	4	56	16	9	15	0	1	5	10
FSK15	66	0	11	12	4	50	18	9	13	0	1	4	10
HAN2	48	3	13	140	0	30	0	0	0	0	0	2	17
HAN1	52	0	21	8	13	53	2	9	5	0	1	9	10
KON1	37	101	5	64	0	10	3	12	16	0	8	1	17
KON2	38	121	6	70	0	2	5	4	13	9	18	2	17
KON6	30	151	11	31	0	9	5	5	21	14	14	6	17
KON7	39	41	10	90	3	25	3	1	7	0	1	23	17
KON10	56	51	10	194	2	8	12	0	11	0	9	5	17
KON12	62	85	21	119	6	14	8	1	10	0	7	2	17
KON3	20	82	16	135	0	20	6	0	12	2	6	43	17
KON8	42	104	9	73	0	7	6	0	14	0	0	0	17
KON9	33	157	9	110	0	7	0	1	9	0	0	22	17
KON4	44	4	8	68	12	18	6	1	49	0	11	2	17
KON5	63	7	7	15	15	11	6	13	34	0	5	1	17
SKO1	124	0	37	19	1	26	5	2	25	18	4	3	17
SKO2	53	53	10	98	1	28	7	7	11	24	0	1	17

Byggnads ID	Plats-gjuten betong	Prefab-element	Stål, arme-ring	Övrigt stål och andra metaller	Trä-varor	Isole-ring	Bygg-skivor, gips	Övriga bygg-skivor	Fönster, dörrar och glas	Murblock och tegel	Bindemedel, bruk och ballast	Övrigt	A5 Energi
SKO3	51	100	10	47	5	18	14	2	3	15	2	5	17
SKO5	48	131	7	45	1	43	4	1	7	23	21	6	17
SKO6	33	95	5	46	1	31	6	3	14	35	0	1	17
SKO9	88	3	14	36	5	20	11	1	6	22	14	6	17
SKO10	50	112	5	37	2	22	12	2	8	20	0	1	17
SKO11	53	72	5	52	1	31	12	2	2	36	16	8	17
SKO4	63	27	13	104	3	37	18	1	12	2	3	7	17
SKO8	122	46	27	77	2	22	9	9	15	17	5	1	17
SMÅ1	15	0	2	11	6	28	5	1	13	7	0	2	11
SMÅ10	43	0	4	8	12	38	10	5	14	12	0	2	11
SMÅ11	1	0	1	18	7	29	2	21	16	0	1	11	11
SMÅ2	32	0	4	6	8	25	8	7	15	6	0	2	11
SMÅ3	37	0	5	24	9	46	13	6	10	0	0	6	11
SMÅ4	30	0	3	8	9	40	7	1	15	14	0	3	11
SMÅ5	30	0	3	8	8	42	7	1	15	15	0	3	11
SMÅ6	29	0	4	7	8	23	8	7	14	7	0	2	11
SMÅ7	23	0	1	8	11	51	11	6	4	7	0	0	11
SMÅ8	30	0	3	4	7	41	6	1	11	14	0	2	11
SMÅ9	33	0	4	6	8	25	9	7	14	5	0	2	11
ÖVR1	90	11	11	96	3	84	9	2	2	5	7	27	17

Klimatpåverkan per del av livscykeln, enligt klimatdeklarationens systemgräns 2022 och utökad systemgräns för byggskedet enligt förslag klimatdeklaration 2027. [kg CO_2e/m^2 BTA].

ByggnadsID	A1-3 2022	A4 2022	A5 Spill 2022	A5 Energi	A1-A5 2022	A1-A3 2027	A4 2027	A5 Spill 2027	A5 Energi	A1-A5 2027
FBH1	209	15	7	17	249	255	17	9	17	298
FBH10	206	24	5	17	252	251	25	7	17	300
FBH11	350	24	13	17	404	395	26	15	17	452
FBH12	260	17	8	17	302	307	18	10	17	353
FBH13	299	44	5	17	364	340	45	7	17	409
FBH14	344	24	14	17	399	390	25	16	17	448
FBH15	272	21	9	17	318	313	22	10	17	363
FBH16	325	51	9	17	403	370	53	11	17	451
FBH17	366	26	15	17	424	412	28	16	17	473
FBH18	274	34	8	17	333	320	35	10	17	382
FBH19	223	18	9	17	267	263	19	11	17	311
FBH2	314	31	9	17	371	355	32	11	17	415
FBH3	245	40	5	17	307	289	42	7	17	355
FBH4	176	10	7	17	209	220	11	8	17	257
FBH6	257	12	10	17	296	305	14	12	17	348
FBH7	277	27	7	17	329	319	28	9	17	374
FBH9	347	35	10	17	410	390	37	12	17	455
FBH5	103	7	7	10	127	149	8	8	10	176
FBH8	98	9	6	10	124	148	11	8	10	177
FSK1	314	36	13	17	380	359	37	15	17	428
FSK11	145	12	6	17	180	189	13	8	17	227
FSK2	333	38	12	17	400	378	40	14	17	449
FSK7	214	36	7	17	274	261	37	9	17	325
FSK5	302	16	13	17	348	348	17	15	17	398
FSK6	276	17	11	17	321	320	19	13	17	369

ByggnadsID	A1-3 2022	A4 2022	A5 Spill 2022	A5 Energi	A1-A5 2022	A1-A3 2027	A4 2027	A5 Spill 2027	A5 Energi	A1-A5 2027
FSK8	250	15	11	17	293	290	16	13	17	336
FSK9	290	21	13	17	342	335	22	15	17	389
FSK10	140	9	8	10	167	188	10	10	10	218
FSK4	155	12	8	10	185	200	13	10	10	233
FSK12	105	7	4	10	127	154	9	6	10	179
FSK13	183	7	10	10	210	231	9	12	10	261
FSK14	162	7	9	10	188	210	8	10	10	239
FSK15	171	8	9	10	198	219	9	11	10	249
HAN2	215	10	11	17	253	266	11	13	17	308
HAN1	152	9	10	10	182	203	11	12	10	236
KON1	223	27	7	17	274	273	29	10	17	328
KON2	249	34	7	17	307	306	35	9	17	368
KON6	252	40	6	17	316	309	42	9	17	377
KON7	220	14	9	17	261	264	16	12	17	308
KON10	320	23	15	17	376	378	25	18	17	438
KON12	291	31	12	17	351	347	33	15	17	412
KON3	301	28	14	17	359	349	30	16	17	412
KON8	220	29	6	17	271	274	30	8	17	330
KON9	297	41	11	17	366	353	43	13	17	426
KON4	203	13	9	17	241	262	14	11	17	305
KON5	160	11	7	17	194	222	13	9	17	261
SKO1	240	14	11	17	281	277	15	12	17	321
SKO2	258	26	10	17	311	291	27	12	17	346
SKO3	232	32	8	17	289	270	33	10	17	330
SKO5	284	42	10	17	353	321	43	12	17	394
SKO6	232	31	8	17	288	268	32	10	17	327
SKO9	202	14	9	17	242	238	15	11	17	282

ByggnadsID	A1-3 2022	A4 2022	A5 Spill 2022	A5 Energi	A1-A5 2022	A1-A3 2027	A4 2027	A5 Spill 2027	A5 Energi	A1-A5 2027
SKO10	233	31	7	17	288	268	32	9	17	326
SKO11	247	32	10	17	306	284	33	12	17	345
SKO4	260	17	12	17	306	298	18	14	17	347
SKO8	315	27	12	17	371	351	28	14	17	410
SMÅ1	81	5	4	11	101	113	6	6	11	136
SMÅ10	132	9	7	11	159	166	10	8	11	195
SMÅ11	95	6	5	11	117	126	7	6	11	149
SMÅ2	102	7	5	11	124	131	8	6	11	155
SMÅ3	140	7	8	11	167	167	8	9	11	195
SMÅ4	116	8	6	11	141	141	9	7	11	168
SMÅ5	117	8	6	11	142	149	9	7	11	177
SMÅ6	98	7	5	11	120	128	8	6	11	153
SMÅ7	108	7	7	11	133	141	8	8	11	168
SMÅ8	105	7	6	11	129	138	8	7	11	164
SMÅ9	101	6	5	11	123	131	7	6	11	155
ÖVR1	316	14	16	17	363	350	15	17	17	400

1.2 Beskrivning av urval

Nedan presenteras en sammanfattning av den projektinformation som samlats in om respektive byggnad. Den kompletta sammanställningen återfinns i Bilaga 9 (Excelformat).

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
FBH1	2021	80	Stockholm	4	1	6668	6218	Betong	Platsgjuten betong	Plattbärlag	Puts	0,31	B	0	0
FBH10	2020	94	Falkenberg	4	0	7927	7134	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag	Tegel	0,34	B	0	0
FBH11	2021	92	Stockholm	6	0	8072	7316	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag	Puts	0	0	0	0
FBH12	2020	86	Malmö	6	1	7905	7536,6	Betong	Stål- och betongstom me	Prefabbetong homogen	Tegel	0,39	0	0	Nej
FBH13	2023	219	Stockholm	9	1	22235	18802	Betong	Prefabbetong , solitt bjälklag	Plattbärlag	Tegel	0	B	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
FBH14	2022	38	Stockholm	5	0	3337	3100	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag	Puts	0	0	0	0
FBH15	2019	106	Lund	8	1	9688	8127	Betong	Prefabbetong , solitt bjälklag	Filigran-bjälklag	Tegel	0,415	0	0	Nej

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
FBH16	2020	44	Stockholm	6	1	4992	4581	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Prefabbetong homogen	Fasad-skivor	0,23			Mer omfattande system
FBH17	2022	87	Stockholm	7	0	8485	7812	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag	Puts	0	0	0	0
FBH18	2021	65	Malmö	7	1	5661	5194	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Plattbärlag	Betong	0,4	C	C	Nej
FBH19	2019	0	Sundbyberg	5 till 10	0	13248	10838	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag	Tegel	0	0	0	0
FBH2	2022 /2323	151	Stockholm	7	2	23647	19826	Betong	Platsgjuten betong	Plattbärlag	Puts	0,43	0	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
FBH3	2018	67	Helsingborg	5	0	6338	5684	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Prefabbetong homogen	Tegel	0,34	B	B	Nej
FBH4	2019	44	Sundsvall	7	1	6318	5686	Betong	Platsgjuten betong	Platsgjuten betong	Tegel	0,33	B	0	Nej
FBH5	2020 /2021	68	Malmö	5	0	3586	3231	Trä	Prefabmodul i trä	Prefabmodul i trä	Trä	0,275	B	B	Nej
FBH6	2018	12	Helsingborg	2	0	943	918	Betong	Platsgjuten betong	Platsgjuten betong	Puts	0,24	0	0	Nej

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
FBH7	2021	129	Stockholm	5, 7 och 20	1	14676	12534	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag	Tegel	0,373	B	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
FBH8	2021	87	Askim	6	0	7538	7380	Trä	KL-trästomme	Massivträ	Trä	0,28			MB silver/MB 2.n/Svanen
FBH9	2017	30	Malmö	7	0	2532	2178	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag	Tegel	0	0	0	0
FSK1	2021	0	Göteborg	3	0	2001	1792	Betong	Platsgjuten betong	Prefabbetong homogen	Tegel	0	0	0	0
FSK10	0	0	Göteborg	2	0	1848	1690	Trä	KL-trästomme	Massivträ	Trä	0	0	0	0
FSK11	2022	0	Värmdö	2	0	1318	1147	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Prefabbetong homogen	Trä	0	C	C	0
FSK2	2025	0	Stockholm	4	1	1787	1603	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Prefabbetong homogen	Tegel	0,23	0	0	0
FSK4	2022	0	Värmdö	2	0	1318	1147	Trä	Prefabbetong, solitt bjälklag	0	Trä	0	C	C	0
FSK5	2019	0	Örgryte-Härlanda	2	0	1410	1302	Stål	Stål- och betong-stomme	Plattbärlag	Fasad-skivor	0	0	0	0

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
FSK6	2022		Göteborg	2	0	1000	880	Stål	Prefabbetong, håldäck	Prefabbetong håldäck	Trä				0
FSK7	2022	0	Halmstad	2	0	1171	1097	Betong	Prefabbetong, håldäck	Prefabbetong håldäck	Tegel	0,21	C	C	0
FSK8	2019	0	Göteborg	2	0	1195	942	Stål	Stål- och betong-stomme	Plattbärlag	Trä	0	0	0	0
FSK9	2021		Göteborg	2	0	1590	1411	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Trä				0
HAN1	2020	0	Gotland	1,5	0	2440	2305	Trä	KL-trästomme	Massivträ	Trä	0,165	0	0	Mer omfattande system
HAN2	0	0	Upplands Bro	1	0	13740	13740	Stål	Stålstomme	Annat	Plåt	0	0	0	0
KON1	2020		Solna	8	2	36634	31000	Betong	Prefabbetong, håldäck	Prefabbetong håldäck	Tegel			B	Mer omfattande system
KON10	2021	0	Jönköping	10	0	16425	16102	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Glas-fasad	0,36	B	B	Mer omfattande system

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
KON12	2021	0	Stockholm	28	0	35206	33712	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Annat	0,51	B	B	Mer omfattande system
KON2	2022	0	Stockholm	10	0	34949	33308	Betong	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Tegel	0,38	0	0	Mer omfattande system
KON3	2022	0	Stockholm	7	2	22020	18225	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Plåt		B	B	Mer omfattande system
KON4	2021	0	Göteborg	7	1	11596	11171	Trä	Annan	Massivträ	Glas-fasad	0,31	B	C	Mer omfattande system
KON5	2022	0	Uppsala	7	1	16600	16638	Trä	KL-trästomme	Massivträ	Annat	0	B	0	Mer omfattande system
KON6	2021	0	Malmö	5	0	3181	3066	Betong	Prefabbetong, håldäck	Prefabbetong håldäck	Tegel	0,41	0	0	Nej
KON7	2018	0	Solna	9	1	16244	12051	Betong	Platsgjuten betong	Prefabbetong håldäck	Betong	0,37	0	0	0
KON8	0	0	Göteborg	16	1	7500	6910	Stål	Stål- och betong-stomme	Komb. håldäck/överbetong	Fasad-skivor	0,49	0	0	Mer omfattande system

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
KON9	2022	0	Malmö	8	1	12759	12008	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Glas-fasad	0	0	0	Mer omfattande system
ÖVR1	2021	0	Mark	2	0	3892	3786	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Betong	0	0	0	0
SKO1	2020	NA	Helsingborg	2	0	5400	5104	Betong	Platsgjuten betong	0	Tegel	0,21	B	0	Nej
SKO10	2022	0	Staffanstorp	3	0	8800	7970	Stål	Stål- och betong-stomme	0	0	0,22	0	0	Mer omfattande system
SKO11	2018	0	Helsingborg	3	0	5946	5542	Stål	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Tegel	0	0	0	Nej
SKO2	2025	0	Stockholm	2	1	10628	9011	Betong	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong homogen	Tegel	0,25	0	0	0
SKO3	2021	0	Mark	3	0	10072	9716	Betong	Stål- och betong-stomme	Prefabbetong håldäck	Betong	0	0	0	0
SKO4	2019		Göteborg	1,2,3	0	5274	5105	Stål	Stålstomme	Komb. håldäck/överbetong	Trä	0	0	0	0

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
SKO5	2023	0	Lund	5	0	25997	25126	Betong	Prefabbetong, håldäck	Prefabbetong håldäck	Tegel	0	0	0	0
SKO6	2020	NA	Helsingborg	2	0	2265	2100	Betong	Stål- och betong-stomme	Komb. håldäck/överbetong	Tegel	0,22	0	0	Nej
SKO8	2020	0	Göteborg	4	0	5800	5367	Stål	Stålstomme	Komb. håldäck/överbetong	Trä	0	0	0	0
SKO9	2019	0	Helsingborg	2	0	4500	4240	Betong	Platsgjuten betong	Platsgjuten betong	Tegel	0	0	0	Nej
SMÅ1	-	1	Stockholm	2	0	206	177	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0,226	0	0	0
SMÅ10	2021	1	Stockholm	1	0	157	140,2	Trä	Träregel-stomme	0	0	0,204	0	0	0
SMÅ11	2022	2	Kungsbacka	2	0	294	238	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0,15	B	B	0
SMÅ2	2021	1	Kungsbacka	2	0	151	117	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0	0	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
SMÅ3	2019	0	Göteborg	1 eller 2	0	6802	4805	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0,22	C	C	0

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m2)	Atemp (m2)	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstryp	Fasadtyp	U-medelvärde	Ljudklass luftljuds-isolering (A, B, C)	Ljudklass stegljuds-isolering (A, B, C)	Miljöcertifiering
SMÅ4	-	1	Stockholm	1	0	209	142,9	Trä	Träregelstomme	Regelstomme i trä	Trä	0,209	0	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
SMÅ5	-	1	Stockholm	1	0	167	144,9	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0,194	0	0	0
SMÅ6	2021	1	Kungsbacka	2	0	185	149	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0	0	0	0
SMÅ7	2020	1	Ronneby	2	0	174	149,8	Trä	Prefabmodul i trä	0	Trä	0,246	0	0	0
SMÅ8	-	1	Stockholm	1	0	150	131,5	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0,18	0	0	MB silver/MB 2.n/Svanen
SMÅ9	2021	1	Kungsbacka	2	0	163	130	Trä	Träregel-stomme	Regelstomme i trä	Trä	0	0	0	0
FSK12	2022		ej avropat			1316	1243	Trä	Prefabmodul i trä	0	0				0
FSK13	2022	0	ej avropat			948	878	Trä	Träregel-stomme	0	0				0
FSK14	2022	0	ej avropat			1362	1268	Trä	Träregel-stomme	0	0				0
FSK15	2022	0	ej avropat			1398	1300	Trä	Träregel-stomme	0	0				0

Bilaga 2 – Klimatdata som använts i studien

Tabellen nedan visar resurser och klimatdata från den version av Boverkets klimatdatabas som användes i studiens beräkningar. Det är den version som Boverket publicerade för test i februari 2021 inklusive väsentliga numeriska uppdateringar som gjordes till den senast tillgängliga versionen av databasen som publicerades sommaren 2021.

ResursID	Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor
6000000000	Spånskiva	0,39	0,0495	1,1
6000000001	Glasull, skivor och rullar	0,89	0,0345	1,07
6000000002	Glasull, fasadskivor	0,86	0,0345	1,07
6000000003	Glasull, lösull, väggar	0,96	0,0345	1,01
6000000004	Glasull, lösull, bjälklag	0,9	0,0345	1,01
6000000005	Glasull, lösull, vindsbjälklag	0,9	0,0345	1,01
6000000006	Glasull, ljudisolering	1,19	0,0345	1,07
6000000007	Sågad vara, u 16%, barrträ	0,06904	0,0158	1,1
6000000008	Elektricitet, nationell elmix	0,01024	0	1
6000000010	Diesel, reduktionsplikt (2020)	0,07504	0	1
6000000011	Diesel, fossil	0,09504	0	1
6000000012	Bensin, reduktionsplikt (2020)	0,08896	0	1
6000000013	Bensin, fossil	0,09304	0	1
6000000014	Fjärrvärme, nationell mix	0,0244	0	1
6000000015	Gipsskiva, vindskiva	0,266	0,0232	1,12
6000000016	Gipsskiva, brandskiva	0,256	0,0232	1,12
6000000017	Diesel, HVO100	0,00704	0	1
6000000018	Gipsskiva, våtrumskiva	0,26	0,0232	1,12
6000000019	Gipsskiva, golvskiva	0,23704	0,0232	1,12
6000000020	Gipsskiva, standardskiva	0,22704	0,0232	1,12
6000000021	Gipsskiva, hårdskiva	0,222	0,0232	1,12
6000000022	Fibergipsskiva med cellulosafiber	0,396	0,0795	1,12
6000000023	Plywood	0,358	0,042	1,1
6000000024	OSB	0,358	0,0645	1,1
6000000026	Fabriksbetong, husbyggnad C20/25	0,09768	0,0039	1,03
6000000027	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C20/25	0,07304	0,0039	1,03
6000000028	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C25/30	0,07704	0,0039	1,03
6000000029	Fabriksbetong, husbyggnad C25/30	0,10312	0,0039	1,03
6000000030	Fabriksbetong, husbyggnad C28/35	0,1092	0,0039	1,03
6000000031	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C28/35	0,08192	0,0039	1,03
6000000032	Fabriksbetong, husbyggnad C30/37	0,11568	0,0039	1,03
6000000033	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C30/37	0,08672	0,0039	1,03
6000000034	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C32/40	0,08864	0,0039	1,03

ResursID	Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor
6000000035	Fabriksbetong, husbyggnad C32/40	0,11808	0,0039	1,03
6000000036	Fabriksbetong, husbyggnad C35/45	0,1304	0,0039	1,03
6000000037	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C35/45	0,09784	0,0039	1,03
6000000038	Fabriksbetong, husbyggnad C40/50	0,1404	0,0039	1,03
6000000039	Fabriksbetong, husbyggnad C40/50	0,1404	0,0039	1,03
6000000040	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C40/50	0,10528	0,0039	1,03
6000000041	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C45/55	0,1136	0,0039	1,03
6000000042	Fabriksbetong, husbyggnad C45/55	0,15144	0,0039	1,03
6000000043	Fabriksbetong, husbyggnad C50/60	0,16304	0,0039	1,03
6000000044	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C50/60	0,12232	0,0039	1,03
6000000045	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C55/67	0,13224	0,0039	1,03
6000000046	Fabriksbetong, husbyggnad C55/67	0,17624	0,0039	1,03
6000000047	Fabriksbetong, husbyggnad C60/75	0,18352	0,0039	1,03
6000000048	Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C60/75	0,1376	0,0039	1,03
6000000049	TT-plattor, TT,TT/F och STT/F	0,21904	0,045	1
6000000050	TT-plattor, TT,TT/F och STT/F, klimatförbättrad	0,16504	0,045	1
6000000051	Vägg/Ytterskiva	0,18304	0,045	1
6000000052	Vägg/Ytterskiva, klimatförbättrad	0,13704	0,0324	1
6000000053	Innervägg, V, klimatförbättrad	0,11704	0,045	1
6000000054	Innervägg, V	0,156	0,045	1
6000000055	Halvsandwichväggar, VI	0,25304	0,045	1
6000000056	Halvsandwichväggar, VI, klimatförbättrad	0,19	0,045	1
6000000057	Sandwichväggar, W, klimatförbättrad	0,17504	0,045	1
6000000058	Sandwichväggar, W	0,23304	0,045	1
6000000059	Hålbjälklag, HD/F	0,136	0,045	1
6000000060	Hålbjälklag, HD/F, klimatförbättrad	0,102	0,0324	1,1
6000000061	Massivplattor, RD, RD/F	0,18304	0,045	1
6000000062	Massivplattor RD, RD/F, klimatförbättrad	0,13704	0,045	1
6000000063	Plattbärlag, PLE	0,184	0,045	1
6000000064	Plattbärlag, PLE, klimatförbättrad	0,138	0,045	1
6000000065	Skallvägg, VS	0,184	0,045	1
6000000066	Skallvägg, VS, klimatförbättrad	0,138	0,0324	1
6000000067	Pelare RP, OP	0,238	0,045	1
6000000068	Pelare RP, OP, klimatförbättrad	0,17904	0,045	1
6000000069	Balkar B, slakarmerad	0,198	0,045	1,1
6000000070	Balkar B, slakarmerad, klimatförbättrad	0,14904	0,045	1

ResursID	Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor
6000000071	Balkar B, förspännd	0,192	0,045	1
6000000072	Balkar B, förspännd, klimatförbättrad	0,144	0,045	1
6000000073	Balkonger och trappor, klimatförbättrad	0,15704	0,045	1
6000000074	Balkonger och trappor	0,20904	0,045	1
6000000075	Loftgångsplatta	0,21904	0,045	1
6000000076	Loftgångsplatta, klimatförbättrad	0,164	0,045	1
6000000077	Prefabricerad armerat betongelement, övrigt	0,198	0,045	1
6000000078	Prefabricerad armerat betongelement, övrigt, klimatförbättrad	0,14904	0,045	1
6000000079	Betongtakpannor	0,18	0,0495	1,05
6000000080	Betongtakpannor, klimatförbättrad	0,13504	0,0495	1,05
6000000081	Tegeltakpannor	0,216	0,0495	1,05
6000000082	Tegelsten	0,25096	0,0495	1,05
6000000083	Tegelsten, hårdbränd	0,43504	0,0495	1,05
6000000084	Kalksandsten	0,126	0,0645	1,05
6000000085	Lättklinkerblock, <11% cement (650-700 kg/m3)	0,194	0,027	1,05
6000000086	Lättklinkerblock, 10-14 % cement (700-770 kg/m3)	0,192	0,027	1,05
6000000087	Lättklinkerblock, 15-17 % cement (700-770 kg/m3)	0,21904	0,027	1,05
6000000088	Lättklinkerblock, 18-14 % cement (700-770 kg/m3)	0,258	0,027	1,05
6000000089	Lättklinkerkulor	0,25904	0,027	1,02
6000000090	Murbruk A (CS IV)	0,19904	0,0345	1,05
6000000091	Mur- och putsbruk B (CS III)	0,16704	0,0345	1,05
6000000092	Puts- och murbruk C (CS II)	0,162	0,027	1,05
6000000093	Putsbruk C (CS II), pumpbar	0,162	0,0324	1,1
6000000094	Kalkbruk D (CS I)	0,122	0,027	1,05
6000000095	Putsbruk B (CS III), fiberförstärkt tvåskiktsbehandling	0,24	0,027	1,05
6000000096	Gasbetongblock	0,43096	0,0795	1,05
6000000097	Gasbetongelement, 5% armering	0,558	0,0345	1,05
6000000098	Avjämningsmassor < 17% cement	0,156	0,027	1,05
6000000099	Fiberförstärkta avjämningsmassor < 22 % cement	0,214	0,0324	1,1
6000000100	Avjämningsmassor < 30% cement	0,308	0,027	1,05
6000000101	Avjämningsmassor < 22 % cement	0,176	0,0324	1,1
6000000102	Snabba avjämningsmassor < 60% cement	0,34904	0,027	1,05
6000000103	Fönster, trä/aluminium, sidhängt, 3-glas	2,3	0,042	1
6000000104	Fönster, trä, sidhängt, 3-glas	2	0,042	1
6000000105	Fönster, trä, inåtgående, 3-glas	1,7	0,042	1

ResursID	Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor
6000000106	Fönster, trä/aluminium, inåtgående, 3-glas	2	0,042	1
6000000107	Fönster, trä, vridfönster, 3-glas	2,1	0,042	1
6000000108	Fönsterdörr, trä/aluminium, vridfönster, 3-glas	2,2	0,042	1
6000000109	Fönster, trä, fast, 3-glas	1,7	0,042	1
6000000110	Fönster, trä/aluminium, fast, 3-glas	2,2	0,042	1
6000000111	Fönsterdörr, trä, fönsterdörr, halvglasad, 3-glas	1,9	0,042	1
6000000112	Fönsterdörr, trä/aluminium, halvglasad, 3-glas	2,5	0,042	1
6000000113	Fönsterdörr, trä, fönsterdörr, helglasad, 3-glas	2	0,042	1
6000000114	Fönster, trä/aluminium, helglasad, 3-glas	2,2	0,042	1
6000000115	Ytterdörr, stål, massiv	2	0,042	1
6000000116	Ytterdörr, rostfritt stål, massiv	4,55	0,042	1
6000000117	Innerdörr, stål, massiv	2,58	0,042	1
6000000118	Ytterdörr, trä, massiv	4,55	0,0324	1
6000000119	Tamburdörr, trä, massiv	1,03	0,042	1
6000000120	Innerdörr, laminerat trä, massiv, ljud och brandklassad	0,31	0,042	1
6000000121	Innerdörr, slät eller spegeldörr, oklassad	0,18	0,042	1
6000000122	Planglas	1,16	0,0345	1,2
6000000123	Stenull, skivor och rullar	1,28	0,0345	1,07
6000000124	Stenull, putsskiva	1,29	0,0345	1,07
6000000125	Stenull, fasadskiva	1,29	0,0345	1,07
6000000126	Stenull, markskiva	1,28	0,0345	1,07
6000000127	Stenull, takskiva	1,28	0,0324	1,1
6000000128	Stenull, lösull, vindsbjälklag	1,28	0,0345	1,01
6000000129	Stenull, lösull, golvbjälklag	1,28	0,0345	1,01
6000000130	Stenull, lösull, vägg	1,28	0,0345	1,01
6000000131	EPS, expanderad polystyren, tryckhållfasthetsklass 80	3,2	0,0345	1,07
6000000132	XPS, extruderad polystyren	3,6	0,0324	1,1
6000000133	Fenolbaserad isolering	2,2	0,0345	1,05
6000000134	Cellulosafiber, primär råvara, lösull	0,4	0,0345	1,01
6000000135	Träfiber, primar råvara, lösull	0,19304	0,0345	1,01
6000000136	Träfiber, primar råvara, skivor	0,29696	0,0345	1,07
6000000137	Cellulosafiber, oanvänt papper, lösull	0,5	0,0345	1,01
6000000138	Cellulosafiber, återvunnet papper, lösull	0,16	0,0345	1,01
6000000139	Ytpapp	0,56	0,0345	1,05
6000000140	Underlagspapp	0,68	0,0345	1,05
6000000141	Takspapp, enskiktstätning	0,65	0,0345	1,05

ResursID	Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor
6000000142	Takshingle	0,4	0,0345	1,05
6000000143	Innomhusfärg, vattenburen akryl	2,2	0,0345	1,04
6000000144	Utomhusfärg, vattenburen akryl	2,5	0,0345	1,04
6000000145	Silikatfärg	1,2	0,0345	1,04
6000000146	Expoxifärg för innomhusgolv	4,1	0,0345	1,04
6000000147	Slammfärg, typ Falu rödfärg	0,6	0,0345	1,04
6000000148	Fogmassa, silikon	7,08	0,0345	1,04
6000000149	Fogmassa, silikon	3,25	0,0345	1,04
6000000150	Konstruktionsstål, obearbetad, primär	2,52	0,0795	1,05
6000000151	Konstruktionsstål, obearbetad, skrotbaserad	0,9	0,0795	1,05
6000000152	Lättreglar av stål, primar	2,41	0,027	1,02
6000000153	Tunnplåt för beklänad, primär	2,59	0,0795	1,05
6000000154	Armeringsstål, obearbetad, skrotbaserad	0,596	0,0795	1,09
6000000155	Spännarmering, stål, skrotbaserad	1	0,0795	1,05
6000000156	Rostfri stålarmering, 72% skrotbaserad	3,8	0,0795	1,05
6000000157	Rostfria vattenrör, 86 % skrotbaserad	3,6	0,0795	1,05
6000000158	Rostfri plåt, 65 % skrotbaserad	3,4	0,0795	1,05
6000000159	Aluminiumprofiler, primar	6	0,0495	1,05
6000000160	Aluminiumprofiler, Aluminiumprofiler, skrotbaserad	1,7	0,0495	1,05
6000000161	Aluminiumplåt, primar	10	0,0495	1,05
6000000162	Kopparplåt, 51 % skrotbaserad	1,98	0,0795	1,05
6000000163	Kopparplåt, 97 % skrotbaserad	0,5	0,0795	1,05
6000000164	Kopparrör, 51 % skrotbaserad	2,38	0,0795	1,05
6000000165	Kopparrör, 100 % skrotbaserad	0,64704	0,0795	1,05
6000000166	Kopparwire, primär	4,24	0,0795	1,05
6000000167	Korslimmat trä, u 12%, barrträ	0,096	0,0345	1,05
6000000168	Limträ, u 12%, gran	0,106	0,0345	1,05
6000000169	Formskiva	0,644	0,0645	1,1
6000000170	Tegelsten, dubbelbrännd	0,43504	0,0495	1,05
6000000173	Cellulosafiber, oanvänt papper, skivor	0,6	0,0345	1,01
6000000174	Återanvänd byggprodukt	0	0,0045	1

Tabellen nedan visar de klimatdata som används för de resurser som inte fanns i Boverkets klimatdatabas, den spillfaktor som antagits och källan för dessa. Dessa används i beräkningarna av byggdel 2-6. BM står för värden från Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg vid tidpunkten för genomförande av studien, dvs. våren 2021. KD= klimatdeklaration.

Namn	A1-A3 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor	Källa
Green Roof	0,025631068	0,004601942	1,05	ZinCO GBmbH (2020). "Heather with Lavender" Green Roof System (EPD-ZIC-20200082-CCA1-EN). Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU).
Foamglas T4	1,32	0,0168	1,05	Pittsburgh Corning Europe NV (2015). Foamglas T4+ (EPD-PCE-2013258-IBA2-EN). Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU).
Foamglas S3	1,39	0,0168	1,05	Pittsburgh Corning Europe NV (2015). Foamglas S3 (EPD-PCE-20150040-IBA1-EN). Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU).
Nordic Brass	1,46	0,0495	1,05	Aurubis Finland Oy (2017). Nordic Brass (EPD-AUR-20160216-CBA1-EN). Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU).
PCI Epoxigrund 390	5,99	0,0251	1,05	PCI Augsburg GmbH (2013). PCI Epoxigrund 390 (EPD-PCI-20130104-IBE1-DE). Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU).
Crushed stone construction aggregate products	0,00254	0,00157	1,05	Franzefoss Pukk AS (2018). Crushed stone construction aggregate products, Oslo and Bærum (NEPD-1537-527-EN). The Norweigian EPD Foundation.
Natural stone phyllite schist	0,161	0,0227	1,05	Minera Skifer AS (2018). Natural stone phyllite schist, natural cleft/brushed/honed surface, sawn/cut edge, Otta (NEPD-1585-609-EN). The Norweigian EPD Foundation.
Hasopor foam glass	0,043167	0,0168	1,05	Hasopor AB (2017). Hasopor foam glass 10-60 mm (Cellular glass aggregate) (S-P-01088). EPD International AB.
Byggpanel plåt och mineralull	1,286231884	0,05615942	1,05	IVL:s databas
Ingjutenplast (IVL LCR)	1,9	0,042	1,05	IVL:s databas
Plastprodukter av nylon/polyamid (PA) (IVL LCR)	1,9	0,042	1,05	IVL:s databas

Namn	A1-A3 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor	Källa
Plastprodukter övrigt ospecificerat, polyolefin (PP/PE) (IVL LCR)	1,9	0,042	1,05	IVL:s databas
Trappor av trä (IVL LCR)	0,095833333	0,0345	1	IVL:s databas
Naturgrus, sand, grus, singel och kullersten (IVL LCR)	0,001476572	0,000384415	1,05	IVL:s databas
Sockelelement, grund I, U, L	0,980099976	0,01925	1,03	IVL:s databas
Bränd kalk (IVL LCR)	1,51	0,0345	1,05	BM
Cement, standard portlandscement (torrbruk) (IVL LCR)	0,81865	0,0345	1,05	BM
Sand (IVL LCR)	0,0015	0,00975	1,05	BM
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 10% armering (IVL LCR)	0,314	0,027	1,02	BM
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 15% armering (IVL LCR)	0,342	0,027	1,02	BM
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 5% armering (IVL LCR)	0,285	0,027	1,02	BM
Lättklinkerisolerblock med expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)	0,393	0,027	1,05	BM
Lättklinkerisolerblock med polyuretan (PU) (IVL LCR)	0,433	0,027	1,05	BM
Fibercementskivor (IVL LCR)	0,413	0,0645	1,1	BM
Cementspånskiva (typ Cetris, VST) (IVL LCR)	0,69	0,0645	1,1	BM
Porös board (impregnerad) typ Asfaboard, 230 kg/m3	0,22	0,042	1,1	BM
Porös board, isoleringsskiva (våt process), 230 kg/m3	0,41	0,0645	1,05	BM
Skivmaterial övrigt, MDF (IVL LCR)	0,618220097	0,0345	1,05	BM
Putsskiva av returglas (IVL LCR)	0,255	0,0345	1,05	BM
Steni Fasadskiva	1,531	0,0345	1,05	BM
Gasol (butan/propan) till byggarbetsplatsen (utv till förbränning) (IVL LCR)	0,068	0,0345	1,05	BM
Eldningsolja till byggarbetsplatsen (utv. till förbränning) (IVL LCR)	0,08998	0,0345	1,05	BM
Tätningslist, allmänt (EPDM) (IVL LCR)	0,645	0,042	1,05	BM

Namn	A1-A3 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medel-värde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor	Källa
Elförzinkad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	1,472284	0,0345	1,05	BM
Galvad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	1,472284	0,0345	1,05	BM
Aluminiumdörrar, -glasparter (IVL LCR)	5,679	0,027	1	BM
Plexiglas (Polykarbonat)	7,759	0,0345	1,05	BM
EPS cement/betong, 450 kg/m3	1,162	0,0495	1,02	BM
Polyuretanisolering, skivor av PIR/PUR (IVL LCR)	2,9	0,0345	1,05	BM
Träullsplatta (IVL LCR)	0,471	0,0345	1,05	BM
Sågad Ceder från Nordamerika, branskyddsimpregnerad	1,726	0,0645	1,1	BM
Sågad Ceder från Nordamerika	0,67	0,0645	1,1	BM
Tryckimpregnerat virke, NTR A (IVL LCR)	0,152	0,0158	1,1	BM
Tryckimpregnerat virke, NTR AB	0,144	0,0158	1,1	BM
Lättbalk av trä och hård board (IVL LCR)	0,167	0,0645	1,05	BM
Fanérträbalk (LVL), typ Kerto (IVL LCR)	0,204244102	0,0645	1,05	BM
Kallasfalt, strykbar (IVL LCR)	5,38	0,0345	1,05	BM
Papp och kartong, övrigt (IVL LCR)	0,331	0,0345	1,05	BM
Plastfolier (IVL LCR)	1,809	0,042	1,05	BM
Anläggningsbetong (vct 0,45, C32/40)	0,169	0,0039	1,03	BM
Anläggningsbetong (vct 0,40, C35/45)	0,179	0,0039	1,03	BM
Ospecificerad anläggningsbetong (430 kg bindemede/m3)	0,179	0,0039	1,03	BM
Uppreglat golvsystem med spånskiva och stålreglar (typ Granab)	0,68	0,01875	1,05	BM
Ospecificerad husbyggnadsbetong	0,15144	0,0039	1,03	Mappning har gjorts mot den betongkvalitet i Boverkets klimatdatabas (fabriksbetong, husbyggnad C45/55) som motsvarar BM:s värde för modul A1-A3.
Konstruktionsstål, 50/50 primär/skrotbaserad	1,7	0,0795	1,05	Beräknad från Boverket. Observera att det är detta värde som används i grundberäkningarna för allt konstruktionsstål.

I tabellen nedan visas vilka transportscenarier som ligger bakom den klimatpåverkan för modul A4 som används i beräkningarna.

Olika transportscenarier som används			
Lokaltransport med lastbil (km)	Långväga transport med lastbil (km)	Klimatpåverkan modul A4 (kg CO2eq/kg)	Källa
40	400	0,0345	Från Boverket
40	70	0,00975	Beräknad med hjälp av värden längst ner i tabellen
40	150	0,0158	Från Boverket
0	250	0,01875	Beräknad med hjälp av värden längst ner i tabellen
40	300	0,027	Från Boverket
40	500	0,042	Från Boverket
40	600	0,0495	Från Boverket
40	800	0,0645	Från Boverket
35	0	0,0039	Från Boverket
Använda emissionsfaktorer för att beräkna ytterligare transportscenarion ovan:			
0,000075	Emissionsfaktor för 1km "långväga transport med lastbil" (kg CO2e/kg*km)		
0,0001125	Emissionsfaktor för 1km "lokaltransport med lastbil" (kg CO2e/kg*km)		

Tabellen nedan visar de klimatdata som används för de resurser som inte fanns i Boverkets klimatdatabas, den spillfaktor som antagits och källan för dessa. Dessa har använts i beräkningarna av **byggdel 7**. BM står för värden från Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg och ”finska” är från den finska klimatdatabasen (co2data.fi) vid tidpunkten för genomförande av studien, det vill säga våren 2021.

Namn	**A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)**	**A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)**	**Spill-faktor**	**Källa**
Fibercementskivor (IVL LCR)	0,413	0,0645	1,1	BM
Skivmaterial övrigt, MDF (IVL LCR)	0,6182201	0,0324	1,05	BM
Elförzinkad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	1,472284	0,0324	1,05	BM
Galvad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	1,472284	0,0324	1,05	BM
Kallasfalt, strykbar (IVL LCR)	5,38	0,0324	1,05	BM
Papp och kartong, övrigt (IVL LCR)	0,331	0,0324	1,05	BM
Plastfolier (IVL LCR)	1,809	0,042	1,05	BM
Ceramic tile for floors	0,55	0,0495	1,1	Finska
Ceramic tile for walls	0,64	0,0495	1,1	Finska
Flooring, parquet	0,78	0,0324	1,05	Finska
Flooring, polyamide textile	5,4	0,0495	1,05	Finska
Flooring, vinyl flooring, PVC-based	2,4	0,0495	1,05	Finska

Namn	A1-A3 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	A4 Medelvärde (kg CO2 eq./kg)	Spill-faktor	Källa
Mirror glass	1,7	0,0345	1,03	Finska
Duschväggar i glas	0,69444444	0,0324	1	Femenías et al., 2016
Beräknad torkmatta	4,758	0,0324	1,05	Beräknad från ingående material
Spackel	0,7816	0,0345	1,04	Beräknad i annat projekt
Genomsnittliga utsläpp skåpinredning	1,3	0,0324	1	Medelvärde från Finska
Plastprodukter av nylon/polyamid (PA) (IVL LCR)	1,9	0,042	1,05	IVL:s databas
Plastprodukter övrigt ospecificerat, polyolefin (PP/PE) (IVL LCR)	1,9	0,042	1,05	IVL:s databas
Gatsten, kansten el. huggen, kilad och klippt sten från Indien, Kina(båt) (IVL LCR)	0,252	0,0231	1,05	IVL:s databas
Bänkskiva, hötryckslaminat (typ HGP) (IVL LCR)	0,6182201	0,0324	1	IVL:s databas
Diskbänkar, tvättbänkar, utslagsbackar av rostfritt stål (IVL LCR)	2,08948911	0,0324	1	IVL:s databas
Diskmaskin (IVL LCR)	3,188	0,0324	1	IVL:s databas
Fönsterbänk, importerad natursten (IVL LCR)	0,0319725	0,0495	1	IVL:s databas
Kyl/sval och frys (IVL LCR)	2,528	0,0324	1	IVL:s databas
Lineoleummatta (IVL LCR)	1,327	0,0495	1,05	IVL:s databas
Spis med ugn (IVL LCR)	2,528	0,0324	1	IVL:s databas
Spisfläkt (IVL LCR)	2,439	0,0324	1	IVL:s databas
Trälim/vitlim, PVAC (IVL LCR)	1,80931583	0,0345	1,04	IVL:s databas
Tvättmaskin (IVL LCR)	2,528	0,0324	1	IVL:s databas
Byggbeslag mässing (IVL LCR gamla data)	0,652	0,0324	1,05	IVL:s databas
Kopplingar, mässing (IVL LCR)	4,77	0,0795	1,05	IVL:s databas
Mässing, VVS-produkter (IVL LCR)	0,652	0,0795	1,05	IVL:s databas
Rörkoppling, galvat stål (IVL LCR)	1,795	0,0795	1,05	IVL:s databas
Skåp-, låd- och möbelbeslag (IVL LCR)	4,8204	0,0324	1	IVL:s databas

Bilaga 3. Beskrivning av hur schablonvärden för A5 Energi tagits fram

Inledning

För såväl detta projekt som SBUF-projektet Byggnaders klimatpåverkan – Referensbyggnader för svenska förhållanden (Dahlgren et al., 2021) , fanns behovet att dels klargöra vad som borde ingå i beräkningen av modul A5 samt ta fram värden för klimatpåverkan för denna del som kan anses vara representativa för dagens byggande. Då det inte har varit tydligt hur denna del faktiskt ska hanteras i en klimatkalkyl eller –deklaration tidigare, inleddes arbetet med att föra en dialog om dels systemgränser för modul A5.2-A5.5 och dels vad som skulle kunna användas som representativa värden i Sverige till dess att vi har bättre data baserat på uppmätta värden. Som underlag för diskussionen användes det arbete som genomfördes i det tidigare SBUF-projektet LCA för fem byggsystem (Erlandsson et al., 2018).

Systemgränser för modul A5 Energi

I samråd med FoU-projektet Byggnader klimatpåverkan – Referensbyggnader för svenska förhållanden (Dahlgren et al., 2021) och Boverkets parallella utveckling av en handbok kopplat till regelverket för klimatdeklarationer., bestämdes att kalla denna del A5 Energi och vad den skulle inkludera. A5 Energi omfattar därmed enligt Boverkets handbok ”klimatpåverkan från all användning av el, värme och bränslen på byggarbetsplatsen, exempelvis för:

A5 Energi omfattar enligt Boverkets handbok ”klimatpåverkan från all användning av el, värme och bränslen på byggarbetsplatsen, exempelvis för:

- byggarbetsplatsens fordon, maskiner och verktyg
- uppvärmning och drift (inklusive ventilation, belysning, hiss och liknande) av tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader inklusive byggnaden under produktion
- övriga energivaror, som gasol och diesel för värmare, uttorkning och dylikt, köpt el, fjärrvärme med mera”

Det beslutades därmed att inte inkludera mer än just energivaror och bränslen kopplade till arbeten på byggarbetsplatsen och exkludera andra potentiella resursflöden såsom temporära enklare byggnader, exempelvis för produktion av prefabelement på byggplats, stängsel, temporära vägar och liknande. Anledningen var främst svårigheterna att i dagsläget få fram schablonvärden kopplat till sådana flöden som också är väldigt projektspecifika.

Boverkets handbok konstaterar vidare: ” För att förenkla beräkningarna kan exempelvis all el och fjärrvärme samt bränslen för lokal generering av värme och kraft ingå från tidpunkten för etablering av byggprojektet. Det innebär även att man kan ta med el och eventuell fjärrvärme under markarbetesfasen. För att underlätta behöver inte beräkningen av modul A5 energi avgränsas till de byggdelar som gäller för klimatdeklarationen i övrigt utan här kan alla byggprodukter ingå, inklusive installationer. Den energi som går åt för avetablering tas däremot inte med, eftersom det innebär en risk att beslutet om slutbesked försenas på grund av att klimatdeklarationen kommer sent.”

Framtagande av schablonvärden för A5 Energi

I arbetet med att ta fram schablonvärden för A5 Energi för projektets räkning (samt som ska kunna användas till dess mer av uppmätta värden finns tillgängliga) ombads deltagande entreprenörer i SBUF-projektet Referensbyggnader för svenska förhållanden dels ge synpunkter på de antaganden som låg bakom de värden som användes i det tidigare SBUF-projektet LCA av fem byggsystem (Erlandsson et al., 2018), och dels inkomma med egna värden de använder internt. Två företag delade

med sig av uppmätta värden från projekt under 2017-2020 (25 respektive 11 byggnader) baserat på i första hand fakturor. Det kan framhållas att det finns osäkerheter i dessa underlag som beror på projektspecifika förutsättningar. Exempelvis kan ibland underentreprenörer stå för sitt eget bränsle till sina maskiner och värmeverk och om de betalar för bränslet själva ingår inte dessa mängder i entreprenörernas värden. Likaså, om beställaren har betalt för energin som redan finns kopplat till fastigheten syns inte heller denna energianvändning i värdena. Det tredje företaget delade med sig av erfarenhetsvärden som används vid kalkylering av kostnader för arbetena på byggplatsen. Värdena inkom i olika enheter men sammanställdes sedan i samma enheter så att möjlighet till jämförelse fanns. Tabellen nedan visar dessa mängduppgifter samt de värden som användes tidigare i SBUF-projektet om fem byggsystem (motsvarar någorlunda noggrann kalkyl för typbyggnaden som studerades). Den visar också medelvärden för alla de 36 byggnaderna med uppmätta värden som arbetsgruppen hade tillgång till inom ramen för denna studie (referensvärdesuppdraget). I samtliga fall är det en övervikt för flerbostadshus, som tabellen nedan representerar.

Sammanställning av uppmätta respektive antagna mängder energivaror och bränslen för schablonvärden för modul A5 Energi.

	Företag 1- 25 projekt	Företag 2- 11 projekt	Medel för projekten från företag 1 och 2	Företag 3	Företag 3- test FBH	SBUF-projektet 5 byggsystem	Enheter
El	35	52	40	37	68	91	kWh/m2 BTA
Fjärrvärme	27	37	29	69	67	67	kWh/m2 BTA
Diesel	9	17	14	28	27	30	MJ/m2 BTA
Gasol	46	25	44	-	-	72	MJ/m2 BTA
Eldningsolja	-	110	-	3	-	29	MJ/m2 BTA

Närmare förklaring, utifrån den för projektet tillgängliga informationen, kring vilka energikrävande aktiviteter värdena i tabellen ovan omfattar framgår av tabellen nedan.

Energikrävande aktiviteter som värdena i tabellen ovan omfattar				
	Företag 1	Företag 2	Företag 3	SBUF-projektet 5 byggsystem
El	Medelvärde för uppmätta projekt. Drift bodar, kran, verktyg, belysning, etc.	Medelvärde för uppmätta projekt. Drift bodar, kran, verktyg, belysning, etc. Antal bodar i projekten: mellan 0-22 st. Byggtid i projekten: mellan 16-31 mån.	Erfarenhetsvärden. Drift bodar, kran, verktyg, belysning, etc.	Erfarenhetsvärden Drift och värme för 5 arbetsbodar och 5 kontorsbodar, bygghiss, tornsvängkran samt el för belysning, redskap etc
Fjärrvärme	Medelvärde för uppmätta projekt. Byggvärme, både vv och värme i huset inkl uttorkning till viss del	Medelvärde för uppmätta projekt. Byggvärme, både vv och värme i huset inkl uttorkning till viss del	Erfarenhetsvärden. Värdet speglar fjv för uttorkning betong	Erfarenhetsvärden vv och uppvärmning under byggtiden i huset. Provisorisk fjv-anläggning
Diesel	Medel uppmätt för projekt där dieselmängd är mätt. Bränsle för maskiner och fordon på byggplats i farmartank	Medel uppmätt för projekt där dieselmängd är mätt. Bränsle för maskiner och fordon på byggplats i farmartank	Erfarenhetsvärden. Drift mobilkran, hjullastare, servicetransporter, dieselolja i farmartank	Erfarenhetsvärden Drift hjullastare snöröjning/sandning, teleskoptruck för byggtransporter på plats
Gasol	Medel uppmätt för projekt där gasolmängd är uppmätt. Strålnings-värme för uttorkning av betong	Medel uppmätt för projekt där gasolmängd är uppmätt. Strålnings-värme för uttorkning av betong	Erfarenhetsvärden Saknas, strålningsvärme kalkyleras som fjärrvärme istället	Erfarenhetsvärden Strålningsvärme för uttorkning av betong och putsarbeten
Eldningsolja	Saknas	Enbart 1 projekt där eldningsolja använts för uppvärmning av fasaden för murningen	drift koko-verk innan annan värme finns på plats	drift koko-verk innan annan värme finns på plats
Medelvärde BTA som värden representerar	9252 m2	6652 m2	2500 m2	2480 m2

Baserat på denna sammanställning, diskussioner i arbetsgruppen och med SBUF-projektet, samt de tidigare intervjuerna och erfarenheterna i (Erlandsson et al., 2018) valdes att ansätta vad som skulle kunna anses som rimliga schablonmängder, se tabellen på nästa sida. Diskussion fördes om värden skulle differentieras för olika byggnadstyper och utföranden, såsom storlek och antal våningar vilket kan tänkas förlänga byggtiden. Men med tanke på att det är många faktorer som i verkligheten påverkar klimatpåverkan för A5 Energi, valdes i slutändan att enbart variera värden för ett fåtal fall, det vill säga för småhus samt andra byggnader med eller utan hög prefabriceringsgrad. Värdena i tabellen nedan har använts i projektet för flertalet byggnader, det vill säga alla som inte är småhus och som inte har hög prefabriceringsgrad. För byggnader med hög prefabriceringsgrad gjordes följande antaganden. För el och fjärrvärme antogs 2/3 av schablonmängderna nedan baserat på att byggtiden på plats blir kortare. Antagandet baseras på de intervjuer med tillverkare av prefabricerade byggsystem som genomfördes i det tidigare SBUF-projektet LCA av 5 byggsystem (Erlandsson et al., 2018), se tabellen sist i denna bilaga. För dieselanvändning antogs samma mängd då det i diskussionerna framkom att det är andra skäl, till exempel utrymme, som avgör om tornkran (som drivs på el) eller mobilkran (som drivs på diesel) används, än prefabriceringsgrad. För gasol antogs att detta inte används då platsgjutning av bjälklag inte sker. För eldningsolja däremot, antogs samma värde för byggnader med eller utan hög prefabriceringsgrad på grund av att i de flesta fall gjuts en bottenplatta av betong, då detta kan behövas oavsett hur stommen reses senare.

Som synes valdes att ansätta schablonmängder generellt baserat på de högsta värdena i bilagans första tabell. En anledning är att de uppmätta värdena enligt tidigare resonemang sannolikt är något underskattade. En annan är att de flesta av de uppmätta projekten avser byggande i södra delen av Sverige, där värme för uttorkning kan bli betydligt lägre än i norra Sverige. För gasol valdes dock ett lägre värde främst utifrån att det i SBUF-projektet LCA för 5 byggsystem användes för putsarbeten också och inte enbart för uttorkning av betong som gjuts på plats.

Det är en ganska stor variation på olika uppmätta värden och det beror sannolikt delvis på att projekt ser olika ut, de löper över olika tidssäsonger och hur byggvärme och uttorkning löses varierar från projekt till projekt. När det gäller byggarbetsplatsens maskiner kan en skillnad mellan de uppmätta värdena och de kalkylerade erfarenhetsvärdena vara att även maskiner/transporter som inte ”tankar på plats” kommer med i de uppmätta värdena. De föreslagna schablonmängderna har också stämts av med de deltagande entreprenörerna i SBUF-projektet Referensbyggnader för svenska förhållanden.

Ansatta schablonmängder av olika energivaror för beräkning av modul A5 Energi i projektet samt använda klimatdata för energivaror.

Energivara	Schablon-mängd	Enhet schablon-mängd	Klimatdata för energivara	Enhet klimatdata	Källa klimatdata
El	68	kWh/m2 BTA	0,037	Kg CO2e/kWh	Boverket
Fjärrvärme	69	kWh/m2 BTA	0,088	Kg CO2e/kWh	Boverket (testversion feb 2021)
Diesel	30	MJ/m2 BTA	0,075	Kg CO2e/MJ	Boverket
Gasol	46	MJ/m2 BTA	0,084	Kg CO2e/MJ	IVL:s databas 2017
Eldningsolja	29	MJ/m2 BTA	0,082	Kg CO2e/MJ	IVL:s databas 2017

Uppskattad byggtid för typbyggnaden i SBUF-projektet LCA av 5 byggsystem (Erlandsson et al., 2018) (antal månader) för de fem studerade byggsystemen.

	Byggsystem 2 (låg prefabgrad)	Byggsystem 3 (hög prefabgrad)	Byggsystem 4 (hög prefabgrad)	Byggsystem 5 (hög prefabgrad)	Byggsystem 1 (låg prefabgrad)
Etablering	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Bottenplatta	1	0,5	1	1	1
Stomme exklusive tak och puts	3,5	1,5	1,5	1,5	3,5
Resterande arbeten och färdigställande	7,5	7	5	7	7,5
Total byggtid	12,5	9,5	8	10	12,5

För uppförande av småhus utnyttjades de schablonvärden som tagits fram under 2021 i FoU-projektet KlivPå Småhus[1] som utgångspunkt. I det projektet intervjuades småhustillverkare och en beräkningssnurra har tagits fram baserat bland annat på det arbete som gjordes i (Erlandsson et al., 2018). Schablonvärdena omfattar dels el för drift av en byggbod, värmefläktar i byggnaden under uppförande, verktyg och belysning, samt diesel för drift av mobilkran och grävmaskin. Samma mängdning användes i vår studie med undantag av grävmaskinen som används för markarbeten. Eftersom markarbeten inte ingår i klimatdeklarationens systemgräns togs denna bort. 235 kWh el/m^2 BTA samt 29 MJ diesel/m2 BTA användes slutligen för schablonvärdena för småhus. Mängden el kan vara i högsta laget men ska enligt de deltagande småhustillverkarna i KlivPå småhus-projektet vara rimligt. Schablonvärdena representerar vidare en byggtid på 6 månader för ett småhus om 200 m^2.

[1] https://www.e2b2.se/forskningsprojekt-i-e2b2/design-och-byggprocess/klivpa-smahus/

Samma klimatdata för el och diesel som ovan användes. För el, fjärrvärme och diesel användes de ursprungliga värdena i testversionen av Boverkets klimatdatabas då de beräknats fram. För gasol och eldningsolja användes samma värden som i (Erlandsson et al., 2018) från IVL:s databas.

För såväl schablonvärdena för småhus samt de värden som användes i (Erlandsson et al., 2018), och som till viss del utnyttjats också för beräkning av våra referensvärden här har uppskattningar om energianvändning för olika fordon hämtats från (Erlandsson, 2013) samt att en byggbod kräver 1000 kWh/m2 och år i medeltal för drift och en kontorsbod 400 kWh/m2 och år i medeltal.

Bilaga 4. Beskrivning av hur schablonvärden för invändiga ytskikt och inredning (byggdel 7) tagits fram

En del bearbetning av de resurssammanställningar som använts för beräkning av schablonvärdena genomfördes. I ett första steg säkerställdes att enbart resurser som var hemmahörande i byggdel 7 inkluderades i beräkningen. Ett exempel på resurser som hamnat fel var gipstak på stålreglar som bör ligga under byggdel 64 (Skanska, 2014) men som många gånger funnits med under byggdel 74 (ibid).

Tabellen på nästa uppslag visar en sammanställning av de projekt som använts för att ta fram schablonvärdena för olika byggnadstyper. Bredast underlag fanns för flerbostadshus medan för skolor, småhus och förskolor fanns många projekt med resurssammanställningar för byggdel 7 men dessa kom från få uppgiftslämnare. För skolor och småhus från två uppgiftslämnare och förskolor bara en vilket kan påverka resultatet. För kontor fanns tre olika projekt från två uppgiftslämnare men den ena hade endast golv och tak mängdade och för övriga byggnader fanns endast en idrottshall.

Vad gäller den klimatdata som använts i beräkningarna har i första hand medelvärdesdata från Boverkets klimatdatabas använts och därefter data från Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) enligt tidigare använd prioriteringsordning. Däremot saknar dessa två i många fall lämpliga resurser för många av de produkter och material som används i byggdel 7 varför ytterligare datakällor behövde användas. I första hand användes medelvärdesdata från den finska databasen[2] som har fler alternativ än den svenska när det kommer till dessa typer av material. Därefter nyttjades data från IVL:s databas och i sista hand har några få resurser behövts kompletteras från andra datakällor. Bilaga 2 visar den klimatdata som använts för beräkningarna, utöver klimatdata från Boverkets databas. Framtagandet av klimatdata för modul A4 och spillfaktorer i modul A5 har gjorts på samma sätt som för andra byggdelar (se avsnitt 4.2.3 och 4.2.4).

Utöver den emissionsfaktor som används har även enhetsomvandlingsfaktorerna stor påverkan på resultatet. En stor del av underlaget var redan mängdat i kg men där en omvandling gjorts har de densiteter/omvandlingsfaktorer som tagits fram tidigare i projektet använts för de resurser som finns i BM:s och Boverkets databaser. För de finska resurserna fanns lämplig omvandlingsfaktor i databasen och för resterande har uppskattningar gjorts utifrån produktdatablad, tabeller från tillverkare för att beräkna materialåtgång, osv. Sägas ska också att det för vitvaror finns emissionsfaktorer (kg CO2-ekv/kg) i IVL:s databas. Där finns en stor mängd olika styckevikter för olika vitvaror och för att välja lämpliga omvandlingsfaktorer så beräknades dessa genom att dividera klimatpåverkan per vitvara enligt Femenias et al. (2016) med IVL:s emissionsfaktor. Slutligen kommer många av resurssammanställningarna från kalkylprogrammet Sektionsdata. Där specificeras egna omvandlingsfaktorer och beslutet togs att i dessa fall använda dem och inte ändra mängderna i resurssammanställningar om inte de faktorer som hade använts var uppenbart konstiga eller omvandling saknades.

Beräkningarna av klimatpåverkan för de olika projekten följer samma metodik som tidigare beskrivits för övriga byggdelar. Undantaget är att det inte funnits möjlighet att begära ut uppgifter kring täckningsgrad för denna byggdel från uppgiftslämnarna och det är mycket möjligt att en del material saknas i några av projekten. Arbetsgruppen har istället själva granskat och om det vid en granskning av underlaget säkerställts att de viktigaste delarna funnits med, så har det bedömts vara tillräckligt bra för att användas. En del listade resurser har också fallit bort på grund av att deras mängdning inte kunnat omvandlas till vikt eller det inte funnits någon lämplig miljöresurs att mappa mot på grund av att produkten till exempel innehållit flera olika material. I majoriteten av fallen rör detta produkter under byggdel 77 eller 78 (se tabellen nedan). Det ska också sägas att det finns fall där mängdningarna av de material som ingått har bedömts vara i överkant varför en tanke funnits att dessa kan kompensera något för de produkter och material som saknas eller har exkluderats. En av uppgiftslämnarna har också indikerat att deras underlag för vissa av byggnaderna är bristfälligt

[2] Co2data.fi

eftersom schabloner har använts för att mängda materialen. Resultaten från dessa har i en del fall legat något högre men ändå inkluderats i beräkningarna av ovan nämnda anledning.

Utifrån den beräknade klimatpåverkan för de använda projekten togs schabloner för alla olika byggnadstyper fram. Medelvärden beräknades på tvåsiffrig byggdelsnivå eftersom alla projekt inte hade kompletta sammanställningar för hela byggdel 7 och därefter summerades dessa till ett slutligt schablonvärde. Några resultat exkluderades för att dessa bedömdes orimliga. Dessa är rödmarkerade i tabellen nedan som visar delresultaten för A1-A3. Underlaget ser detsamma ut även för modul A4 och A5 Spill (A5.1).

För de flesta av småhusen fanns ingen information för byggdel 76, 77, 78 men eftersom dessa kändes lätta att uppskatta gjordes en egen mängdning som klimatpåverkan beräknades från. Resultaten visas i de gulmarkerade rutorna. Dock gjordes bedömningen att mängdningen för byggdel 77/78 var i underkant eftersom inte garderober och liknande kunnat mängdas och därför räknades medelvärdet upp med 1 kg CO2-e/Atemp. Tre värden för Atemp är också orangemarkerade eftersom dessa beräknats manuellt då det saknades information från uppgiftslämnaren vid tidpunkten för framtagandet av schablonerna.

Underlaget för idrottshallen, som var det enda projektet under övriga byggnader, bedömdes inte vara tillräckligt för att sätta en schablon (speciellt då mängdningarna för byggdel 72 verkade bristfälliga och resultatet för golven stack ut mycket). Därför togs beslutet att använda samma schablon som för skolorna. Slutligen hade handelsbyggnaderna inga underlag för byggdel sju och denna schablon bestämdes istället till 75 % av värdet för kontorsbyggnaderna. Resonemanget bakom det beslutet var att denna typ av byggnader kan tänkas ha mindre av ljudabsorbenter, skåpintredning i pentrys samt fina ytskikt. Dessa byggdelar bidrog påtagligt till klimatpåverkan för byggdel 7 för kontorsbyggnader. Samtidigt kan man tänka sig att om det handlar om livsmedelsbutiker finns mer av kyl- och frysdiskar, men frågan är om det är att betrakta som fast inredning. Som synes finns behov av mer data här för att ta fram bättre schablonvärden för dessa byggnadstyper.

Alla beräknade resultat (i kg CO2-eq/Atemp) för de olika projekt som legat till grund för schablonerna. rumskomplettering. Siffrorna Byggdel 72=ytskikt golv och trappor, Byggdel 73= ytskikt vägg, Byggdel 74=ytskikt tak/undertak, Byggdel 75=målning, Byggdel 76=vitvaror, Byggdel 77/78=skåpssnickerier och 72-77/78 avser tvåsiffrig byggdelsindelning enligt Skanska (2014).

ByggnadsID	BTA	Atemp	Antal lgh	72	73	74	75	76	77//78
FBH12	7905	7537	86	5,0	3,2	Finns ej	0,8	Finns ej	Finns ej
FBH19	13248	10838	*Ingen info*	9,8	6,4	0,3	1,3	Finns ej	13,8
FBH8	***7362***	***6647***	***87***	*7,5*	*3,0*	*Finns ej*	*1,7*	*9,4*	*9,4*
FBH18	5661	5194	65	10,1	3,1	0,2	0,4	8,4	15,3
FBH17	8485	7812	87	15,8	6,9	0,2	0,5	6,8	10,8
FBH14	3337	3100	38	14,8	8,0	0,4	0,5	7,5	10,6
FBH11	8072	7316	92	16,3	7,9	0,3	0,4	7,6	12,7
FBH9	2532	2178	30	14,3	8,2	0,4	0,5	8,4	17,8
FSK10	1848	1690		6,5	4,0	3,5	Finns ej	6,3	13,7
FSK1	2001	1792		9,7	2,5	3,2	1,5	7,5	12,7
FSK8	1195	942		10,1	1,7	3,8	1,8	6,2	14,6
FSK9	1590	1411		12,9	3,8	3,3	0,8	7,7	14,6
FSK3	1492	1387		10,8	2,7	3,5	0,8	9,7	16,5
FSK6	1000	880		11,6	7,8	3,8	0,8	8,3	13,4
FSK5	1410	1209		8,9	4,7	10,3	1,5	5,8	15,8
KON5	16600	16082		10,4	Finns ever	2,2	Finns ej	Finns ej	Finns ej
KON10	16425	16102		9,7	1,1	0,0	0,3	0,4	3,3
KON12	35206	33712		14,5	5,2	0,0	0,3	0,3	3,1
SKO5	25997	25126		12,3	1,1	0,2	0,4	Finns ej	2,9
SKO9	4500	4240		5,7	0,1	0,0	0,3	1,6	11,5
sko11	5946	5542		8,5	0,1	0,0	0,3	1,0	9,5
SKO8	5800	5367		9,1	3,4	2,8	1,1	2,5	2,4
SKO3	10072	9716		5,0	1,4	0,0	0,5	Finns ej	16,7
SKO4	5105	4830		8,0	13,2	9,3	0,8	1,8	8,7
SMÅ1	206	177		8,3	3,4	0,0	Finns ej	5,7	4,9
SMÅ8	150	132		7,8	3,7	0,0	Finns ej	7,7	5,9
SMÅ4	209	143		9,2	4,0	0,0	Finns ej	7,0	5,6
SMÅ5	167	145		9,1	4,3	0,0	Finns ej	6,9	5,6
SMÅ3	6802	4805	35 bostäd	13,9	3,7	0,0	0,6	4,9	17,4
ÖVR1	3892	3786		22,4	2,5	0,0	0,1	0,4	7,6

Bilaga 5. Beskrivning av hur schablonvärden för tekniska installationer (byggdel 8) tagits fram

Här följer något mer detaljerad information om hur schablonvärdena togs fram för byggdel 8 – tekniska installationer. I tabellerna nedan presenteras samtliga värden som använts i denna rapport för de olika delmodulerna som beräknats samt uppdelat för olika typer av tekniska installationer.

Framtagande av schablonvärden för modul A1-A3

Nedbrutna samt använda schablonvärden för modul A1-A3

Klimatpåverkan (kg CO2e/m2 Atemp)							
	FBH	SMÅ	KON	SKO	FSK	HAN	ÖVR
Vent A1-A3	4,0	7,1	19,6	4,0	4,0	19,6	4,0
VS A1-A3	3,4	2,0	6,2	3,4	3,4	6,2	3,4
El A1-A3	3,0	2,1	7,7	3,0	3,0	7,7	3,0
Hiss A1-A3	6,8	-	6,9	6,8	-	3,4	3,4
TOTAL A1-A3	**17,3**	**11,1**	**40,4**	**17,3**	**10,4**	**36,9**	**13,9**
Brand A1-A3 för trästomme	**1,5**	**1,5**	**2,8**	**1,5**	**1,5**	**2,8**	**1,5**

Vent, el, VS

Mängdningar har utnyttjats från flerbostadshus, kontor och småhus för schablonvärdena för vent och VS och delvis för el. Eftersom mängdningarna är gjorda av olika personer och vid olika tillfällen gick det inte i detalj att säkerställa att de har samma omfattning men arbetsgruppen har dels stämt av med olika uppgiftslämnare och dels gjort några korrigeringar för att schablonvärdena för vent, el och VS (värme, vatten, sanitet) i möjligaste mån ska täcka samma komponenter och funktion. Ibland har också funnits behov av att göra viss justering då ambitionen var att schablonvärdena skulle kunna vara representativa för vanligaste utförande för de olika byggnadstyperna som studeras. Följande komponenter ingår i värdena generellt:

- Vent: ventilationskanaler (inklusive kanalisolering) och ventilationsaggregat. För kontors- och handelsbyggnader även luftbehandlingssystem, kylaggregat och komponenter kopplat till detta. (För småhus ingår här även klimatpåverkan för värmepump och värmegolv).
- El: elkablar, fasta belysningsarmaturer, kabelstegar.
- VS: rör för vatten/avlopp, värme och radiatorer (beroende på typisk lösning), rörisolering

Detaljer kring skillnader som arbetsgruppen är medvetna om framgår i beskrivningarna för respektive byggnadstyp nedan.

Flerbostadshus

Schablonvärden baseras på mängdning gjord för typplan i kvarteret Blå Jungfrun (Liljenström et al., 2015) för ventilationsrör, ventilationsaggregat, elledningar samt rör för VS. Då det mängdade flerbostadshuset Blå Jungfrun inte innehöll radiatorer har ett värde om 1,44 kg CO2e/m2 Atemp lagts till (vilket ingår i schablonvärdet för flerbostadshus vent ovan). Värdet för radiatorer är detsamma som används för schablonvärdet för kontor, då tillgång fanns till mängdning och beräkning av denna del separat för två kontorshus. Mängdningarna av flerbostadshuset Blå Jungfrun bedöms vara någorlunda noggranna gjorda men tyvärr är de inte helt dokumenterade. För vent och VS är bilden att de viktigaste komponenterna ingår och behandlas någorlunda likartat som de mängdningar schablonvärdena för kontor baserades på. För el antogs att fasta belysningsarmaturer samt kabelstegar inte mängdats i samma utsträckning för flerbostadshus, som för kontoren. 1 kg CO2e/m2 Atemp lades därför på det värde som fanns från mängdningen av flerbostadshuset Blå Jungfrun.
Vid genomgången upptäcktes en felaktig formel i de gamla beräkningarna som innebar att värdet för ventilationssystemet hade räknats för högt tidigare. Detta har nu åtgärdats och några klimatdata ändrades också för att vara mer kompatibla med beräkningarna för småhus och kontor nedan.

Kontor

Tre någorlunda noggranna mängdningar för kontorshus kunde utnyttjas. Baserat på dessa beräknades medelvärden för klimatpåverkan för vent, el och VS. Dessa medelvärden används som schablon för kontor i rapporten. Spridningen var ganska stor mellan de tre mängdningarna vilket både kan bero på något olika omfattning av vilka komponenter som tagits med, men också faktiska skillnader i utförande. Då resultaten ändå visade på någorlunda likartade storleksordningar bedömdes det vara tillräckligt bra för beräkningarna i denna rapport. Men det ska framhållas att det finns ett behov av att arbeta vidare med att ta fram bättre schablonvärden för dessa installationstyper.
Ett av de mängdade kontoren hade adsorbtionskyla som jämfört med kylning med kylbafflar drar upp klimatpåverkan en del. Här gjordes en justering och kylning med kylbafflar ansattes istället då det antogs att det är den vanligaste tekniken idag.

Värdena för de tre kontorsbyggnaderna presenteras i tabellen nedan, samt jämförelse med beräknat värde från nyligen genomförd fallstudie i Schweiz (Kiamili et al., 2020). El hade inte mängdats för kontor B och här har samma värde som kontor A (som i övrigt mängdats på likartat sätt) ansatts.

Kontor	Vent/kyla	El	VS	Sprinkler	Hiss		Totalt	Enhet
Kontor A	17,5	7,2	7,3	1,5	7,4		**40,8**	kg CO2e/m2 Atemp
Kontor B	15,6	7,2	3,7	2,5	7,4		**36,3**	kg CO2e/m2 Atemp
Kontor C	25,5	8,7	7,7	4,6	6,0		**52,5**	kg CO2e/m2 Atemp
Kiamali et al 2020	x		x			x	**43,0**	kg CO2e/BTA
Schablon Kontor	**19,6**	**7,7**	**6,2**		**6,9**		**40,4**	**kg CO2e/Atemp**
				2,8	**för byggnader med trästomme**			

Småhus

Baserat på uppgifter från det parallella SBUF-projektet antogs att en frånluftsvärmepump i kombination med vattenburen värme i hela plattan är den mest representativa tekniska lösningen för småhus idag. För att få en känslighetsanalys så gjordes även en beräkning för ett FTX-system, som bedömdes vara en realistisk alternativ lösning.

Relativt sett är klimatpåverkan från varmvattenberedare (VVB) och värmepump (VP) signifikanta och är också den stora skillnaden gentemot installationslösningen som används för flerbostadshus. Villan har en uppvärmd inneryta på 150 m2 och har ett plan. Underlag för ventilationssystemets kanaler

samt golvvärme baseras på underlag till denna Fiskarhedenvilla som kallas Glimre[3]. En frånluftsvärmepump F730 från Nibe valdes[4], med 180 l VV. Den väger 207 kg och det ansattes att den består till 10% av koppar samt 90% stål. Värmegolvet består av 20x2 PEX-rör (3.8 m/m2) ingjutna i betongplattan. Till detta lades 8 kg för en fördelare.

Samma uppgift per m2 för el används som för Blå Jungfruns ursprungliga mängdning (dvs. exklusive det påslag som beskrivits ovan under flerbostadshus), dvs 2.1 kg CO2e/m2 Atemp, samt rören i VS, dvs. 1.9 kg CO2/m2 Atemp. Notera att data för stål har ökats i dessa beräkningar, mot ursprungliga värdet som användes i (Liljenström et al., 2015), till 2.5 kg CO2e/kg (allt annat lika). Den totala klimatpåverkan för lösningen med värmepump blir då 10,8 kg CO2e/m2 Atemp.

Känslighetsberäkningen görs för en FTX-lösning med aggregatet "Nordic Flexit S2" med elektrisk värmning, 679 W, som väger 56 kg. Till detta kommer en VV Compact (emaljerad) från Nibe på 200 l[5]. VP-lösningens F-systems ventilationskanaler har en klimatpåverkan på 1.1 kg CO2e/m2. Nästan det dubbla värdet antogs för FTX dvs 2 kg CO2e/m2. I övrigt görs samma antagande som ovan. Denna tekniska lösning får då en total klimatpåverkan på 11.2 kg CO2/m2.

Fiskarheden säljer lika många villor i en som 1.5/två plan. Det antogs därmed att beräkningarna för enplansvillan ger ett konservativt värde för en 1.5/två plan, men ändå inte överdrivet konservativ. Med tanke på det relativt mindre bidraget från el och VS och avsaknad av en resurssammanställning valdes att inte göra beräkningar för dessa anpassade för Fiskarhedens villa utan det bedömdes att uppgifterna från en lägenhet är representativa.

Det parallella, TMF (Trä- och Möbelföretagen)-drivna projektet KlivPå Småhus har också räknat mer på klimatpåverkan från tekniska installationer för fler utföranden, efter att arbetet ovan slutfördes. Se vidare slutrapport från det projektet.

Hiss

Schablonvärdena som presenteras är per m² Atemp vilket inte alls är självklart då de består av två komponenter. Dels står hisskorgen i sig för en stor del av belastningen och antalet hissar, som beror av en byggnads geometri (storlek, form), kan variera. Dels tillkommer materialresurser kopplat till hissen per våningsplan, varför antalet våningar har betydelse för hissens påverkan. Schablonvärdena baseras på mängdningar för dels ett flerbostadshus och dels två kontorsbyggnader. Det visade sig att klimatpåverkan per m2 Atemp för flerbostadshuset hamnade mycket nära medelvärdet av kontorsbyggnaderna. Schablonvärdet för flerbostadshuset baseras på en mängdning utifrån en EPD av märket Kone Monospace för en fallstudiebyggnad med två hissar och 7 våningar i (Larsson et al., 2016). De värden som använts och fördelats på detta flerbostadshus är 7040 kg CO2e per hisskorg samt tillkommande hissdetaljer motsvarande 940 kg CO2e per våningsplan och hiss. För kontor, studerades mängdningar gjorda för två kontorshus med 10 respektive 12 våningar och ett medelvärde användes till slut för dessa.

I detta projekt fanns alltså inte möjlighet att variera värdet för antalet hissar eftersom projektet saknade information om byggnadernas geometrier. Det bedömdes därför inte heller angeläget att differentiera klimatpåverkan för hiss per byggnad baserat på antal våningar, då värdena ändå var så pass osäkra. Istället bygger schablonvärdena alltså på de tre byggnaderna ovan och antalet våningar i dessa. Det rekommenderas i andra sammanhang att utnyttja schablonvärden per hiss och per våning.

[3] https://fiskarhedenvillan.se/valj-ditt-hus/husmodeller/glimre/
[4] https://www.nibe.eu/assets/documents/26114/639671-7.pdf
[5] https://www.nibe.eu/assets/documents/28556/639624-6.pdf

Sprinkler (brand)

Mängdning och beräkning av passiv sprinkler gjordes för flerbostadshus i (Larsson et al., 2016). Detta värde har utnyttjats här igen. För kontorshusen fanns mängdningar gjorda och medelvärde beräknades för dessa byggnader, se tabellen ovan under rubriken Kontor. I samråd i projektgruppen valdes att enbart ansätta värdet för sprinkler för de byggnader som hade trästomme.

Schablonvärden för övriga byggnadstyper

Det kan konstateras att det fortfarande krävs mer detaljerade studier av klimatpåverkan av tekniska installationer för såväl de byggnadstyper som behandlats ovan, som andra byggnadstyper. För tillfället bedöms de värden som presenterats ovan ändå ligga i rätt storleksordningar. För de byggnadstyper där arbetsgruppen inte haft några mängdningar att tillgå har schablonvärdena varierats för de olika typerna av tekniska installationer baserat på diskussioner i arbetsgruppen och kompletterande frågor som ställts till erfaren installationsledare hos WSP. Här följer närmare beskrivning av på vilka grunder dessa antaganden har gjorts:

- Skolor: Samma värden som för flerbostadshus har föreslagits då inga tydliga anledningar till att vissa delar borde ligga högre eller lägre än för flerbostadshus bedömts finnas. Det diskuterades klimatpåverkan från ventilationssystemet skulle kunna ligga något högre än för flerbostadshus på grund av högre krav men tills vidare valdes att inte föreslå det.

- Förskolor: På samma sätt föreslogs här att använda samma värden som för flerbostadshus, med skillnaden att det valdes att exkludera värdet för hiss för denna byggnadstyp på grund av att de generellt är lägre.

- Handelsbyggnader: Dessa byggnader kan ha ganska olika karaktär. I byggnadsurvalet finns bara tre byggnader, där en av dem är en större livsmedelsbutik och de andra två enklare stålhallar. För byggnader med livsmedelsförsäljning finns generellt ett stort behov av installationer och det valdes i slutändan här att ansätta samma värden som för kontorsbyggnader, med undantag för att värdet för hiss halverades utifrån resonemanget om att denna byggnadstyp generellt kan förväntas ha betydligt färre våningsplan än kontorsbyggnader.

- Övrigt: I urvalet fanns också en idrottshall med. Här fanns inte anledning att anta att det generellt förekommer mycket av tekniska installationer, förutom om det inryms någon specialverksamhet, såsom badanläggning. Det valdes därför att gå på värdena för flerbostadshus. Även här valdes att halvera värdet för hiss baserat på att det generellt antas vara lägre byggnader.

Använda schablonvärden för modul A4 och A5 Spill (A5.1)

Schablonvärden för modul A4 och modul A5 Spill (A5.1) har baserats på den mängdning av olika materialresurser som gjordes inom ramen för SBUF-projektet för vent, VS, hiss och sprinkler (kontor B ovan) samt av el för flerbostadshuset Blå Jungfrun. För enkelhets skull ansattes samma transportscenario och samma spillandel för samtliga materialresurser i beräkningen. Det ”näst högsta” transportscenariet i Boverkets klimatdatabas valdes, det vill säga 0,0645 kg CO2e/kg för beräkning av modul A4, vilket motsvarar 800 km långväga lastbilstransport och 40 km kortväga lastbilstransport. Visserligen appliceras det ”högsta” transportscenariot på många av de materialresurser som kan kopplas till byggdel 8 (0,0795 kg CO2e/kg). Men ”det näst högsta” scenariet valdes för att på så sätt kompensera för att det finns en del produkter där inhemsk tillverkning dominerar. För beräkning av klimatpåverkan för modul A5 Spill ansattes 5% för samtliga materialresurser. Baserat på detta beräknades (med motsvarande klimatdata som för modul A1-A3) därefter modul A5 Spill.

För att därefter kunna differentiera de beräknade värdena för modul A4 och A5 Spill enligt ovan, i enlighet med de använda schablonvärdena för A1-A3 för de olika byggnadstyperna, beräknades en kvot mellan värdet för A1-A3 för kontor B (och för el för flerbostadshus) och var och en av de andra byggnadstyperna. Med hjälp av denna kvot kunde värdena differentieras att i stort följa de differentierade värdena för A1-A3 för de olika byggnadstyperna. I tabellen nedan presenteras de använda schablonvärdena för respektive teknisk installationsdel, för modul A4 och modul A5 Spill. Klimatpåverkan för modul A4 och A5 Spill för sprinkler (gäller enbart byggnader med trästomme i denna studie) exkluderades, för att förenkla och då denna klimatpåverkan har liten betydelse i sammanhanget.

	Klimatpåverkan (kg CO2e/m2 Atemp)						
	FBH	SMÅ	KON	SKO	FSK	HAN	ÖVR
Vent A4	0,09	0,16	0,45	0,09	0,09	0,45	0,09
VS A4	0,09	0,05	0,17	0,09	0,09	0,17	0,07
El A4	0,07	0,04	0,19	0,07	0,07	0,19	0,11
Band A4			0,10				
Hiss A4	0,16		0,17	0,16		0,08	0,08
Totalt A4	**0,41**	**0,26**	**1,07**	**0,41**	**0,25**	**0,89**	**0,34**
Vent A5 Spill	0,45	0,10	0,870835	0,45	0,45	0,87	0,18
VS A5 Spill	0,13	0,27	0,276378	0,13	0,13	0,28	0,11
El A5 Spill	0,12	0,12	0,359014	0,12	0,12	0,36	0,12
Band A5 Spill	0,01		0,12625				
Hiss A5 Spill	0,30		0,308589	0,30		0,15	0,15
Totalt A5 Spill	**1,01**	**0,49**	**1,94**	**1,01**	**0,70**	**1,66**	**0,55**

Solceller

Det antogs att en solcellsmodul producerar 175 kWh/m2 och år baserat på en tumregel om 150-200 kWh/m2 och år i Sverige beroende på breddgrad, lutning, placering och effekt som utgår från professionella beräkningsverktyg. Antalet m2 solceller har därefter beräknats och multiplicerats med en klimatdata om 188 kg CO2e/m2 solcell[6] (Good, 2016) och som omräknat stämmer med det uppdaterade värdet för monokristallina Si-solceller som IPCC använder (41 g CO2e/kWh, sett till en livslängd på solcellerna om 30 år). Värdet som använts ligger visserligen lägre än det generiska värdet i

[6] Good, C. (2016). Photovoltaic-thermal systems for zero emission residential buildings. PhD thesis. Trondheim: NTNU.

Finlands databas, men ungefär mittemellan detta värde och värdet i en av de redovisade EPD:erna som Finlands värde bygger på.

För beräkning av modul A4 för solceller har ett transportscenario ansatts om lastfartyg från Kina samt ett scenario från Boverkets databas om landtransport i Sverige 150 km med lastbil (1 MJ/ton km) och 40 km lastbil (1,5 MJ/ton km). För transporten med lastfartyg har ett generiskt värde om 0,0115 kg CO2e/tonkm från EcoInvent använts samt en transportsträcka om 6000 km. En omräkning gjordes därefter utifrån generiskt värde i finska databasen om en vikt av 12,2 kg/m2 solcell. Klimatpåverkan för modul A5.1 har ansatts till 0, då det är rimligt att anta att spillet är minimalt.

Bilaga 6. Detaljer kring insamling av data, databearbetning och klimatberäkning samt dess kvalitetssäkring

Denna bilaga innehåller mer av detaljer kring insamling och bearbetning av dataunderlag samt kvalitetssäkring av dataunderlag och beräkningar. Rapportförfattarna valde att lägga med dessa texter i denna bilaga då den innehåller mycket lärdomar kring utmaningar med klimatberäkningar samt metoder för att kvalitetssäkra underlag och beräkningar. Boverket har kunnat nyttja mycket av detta i sin process att ta fram sin handbok för klimatdeklarationer samt utvecklingen av tillsyn kopplat till regelverket för klimatdeklarationer och det kan också vara av intresse för de många aktörer som kommer att arbeta vidare med klimatdeklarationer framöver.

Steg för att identifiera uppgiftslämnare och genomföra beräkning.

Processen för att identifiera de projekt som ligger till grund för studien beskrivs ovan i figuren. I varje steg har flera potentiella projekt fallit bort.

Identifiering av projekt att inkludera i studien

En av de största utmaningarna i projektet var att få tillgång till och bearbeta underlag för många verkliga byggnader. Detta har krävt betydande insatser av ett stort antal aktörer som i liten eller ingen utsträckning givit direkt nytta för deras egen verksamhet. Trots detta har många aktörer valt att bidra med värdefull input i arbetet.

Förfrågning om underlag skedde dels genom att kontakta de entreprenörer som deltar i SBUF-projektet ”Klimatpåverkan från byggnader – Referensbyggnader för svenska förhållanden” samt de aktörer som ingår i det projektets externa referensgrupp. En första fråga om data lyftes med denna grupp i samband med den workshop som hölls med dem 16 september 2020.

WSP:s medarbetare har spritt frågan till sina kontakter. Projektgruppen har också gått ut brett och frågat sina kontakter, via nätverk som BeBo, Belok, LÅGAN och regionala nätverk för fastighetsägare och entreprenörer. De av Sveriges 30 största entreprenörer i Sverige, som bedömdes ha byggprojekt inom de valda byggnadstyperna, kontaktades. Branschorganisationer, utvecklingsprojekt (LFM30, Allmännyttans Klimatkrav till rimlig kostnad) och Sveriges kommuner och regioner (SKR) har också kontaktats för att förmedla förfrågan till relevanta parter. LinkedIn har använts som en spridningskanal. Förutom entreprenörer och fastighetsföretag har även andra aktörer som kan tänkas vara intresserade av frågan kontaktats, till exempel leverantörer av stålhallslösningar och företag med många hallbyggnader även om detta inte är deras huvudverksamhet (tex aktörer inom handel och logistik). Slutligen gjorde Boverket en förfrågan till medelstora entreprenörer med ett utskick till ca 8000 e-postadresser.

En förhoppning, då arbetet startades var att det skulle gå att använda kostnadskalkyler gjorda av WSP:s kalkylavdelning, som har över 6000 gjorda kalkyler. Projektets urvalskriterier innebar dock att enbart två kalkyler visade sig användbara (efter godkännande av kund). Detta berodde till stor del på att kalkylerna var gjorda för beställare, i program- eller systemhandlingsskede, det vill säga i ett för tidigt skede för att vara möjliga att använda i projektet.

Dialog om projektkrav

Då utredningens krav på underlagsdata har varit relativt omfattande, för att säkerställa kvaliteten, krävdes det i de flesta fall ett eller flera inledande möte/möten för att beskriva urvalskriterier och kvalitetskrav samt vägleda uppgiftslämnare om var efterfrågad information ofta kan hittas.

Utgångspunkten var att be om ”typiska byggnader” samt efterfråga brett både avseende aktörer och i landet. Det blev dock tydligt att det än så länge i första hand är de aktörer som har erfarenhet av LCA-beräkningar samt som är föregångare inom detta område, som har haft intresse och möjlighet att bidra med efterfrågat byggnadsunderlag. Bedömningen är att eftersom frågan fortfarande är förhållandevis ny för de flesta, är det väldigt få aktörer som redan nu har börjat integrera mer av livscykeltänkande i utformningen för de inkluderade byggnaderna. Byggnaderna i projektet projekterades dessutom ofta för några år sedan. Föregångarna har ofta börjat titta på mer klimatvänliga produktval, men synliggörs inte i referensvärdena från detta projekt då dessa baseras på generiska klimatdata, dvs svenskt medelvärde Det innebär därför att vår bedömning är att detta urval inte innebär någon snedvridning av resultatet.

Under datainsamlingens gång behövde reflekterades återkommande över de strikta krav på byggnadsunderlaget som hade ställts, för att samtidigt säkerställa att projektet kunde få fram tillräckligt med byggnadsunderlag. Under senare delen av datainsamlingen gjordes därför ett avsteg från att använda kalkyler som underlag och det var då det konstaterades att en byggherre hade så pass välutvecklade BIM-modeller som ansågs vara så kompletta att de kunde nyttjas. Att kräva en sen kostnadskalkyl har begränsat urvalet i stor grad då många intresserade byggherrar inte har haft tillgång till beräkningsunderlag från de senare skedena av projekten. Studiens underlag kommer därför i stor utsträckning från entreprenörer. Som nämnts har många beställarorganisationer varit intresserade av att bidra, men saknar underlag från kalkyler i tillräckligt sent skede. De största entreprenörerna i Sverige har gjort ett stort och värdefullt arbete med att stötta projektet med underlag, medan få mindre entreprenörer visat intresse. I de fall beställare har visat intresse har de ofta hänvisat vidare till sina entreprenörer efter en genomgång av vilken information som funnits inom beställarorganisationen. Ett stort intresse har kommit från företag med industriell trähusproduktion, där kunskapen om ingående material är stor.

En stor utmaning i arbetet har varit att kunskapen om klimatberäkningar ofta är koncentrerad till ett fåtal personer hos de vidtalade företagen och organisationerna och för insamling av underlag krävs ofta fler personers engagemang. Detta arbete har också haft mycket specifika krav på underlaget, som få har stött på tidigare (tex kostnadskalkyl som källa, uppskattning av täckningsgrad, byggnader med endast en typ av verksamhet).

Målsättningen var att de resurssammanställningar som ställs samman var så kompletta som möjligt. Genom att utgå från kostnadskalkyler möjliggjordes uppskattningar av täckningsgrad. Projektet erhöll dock inte uppgifter om kostnader, utan uppskattningarna gjordes av uppgiftslämnarna.

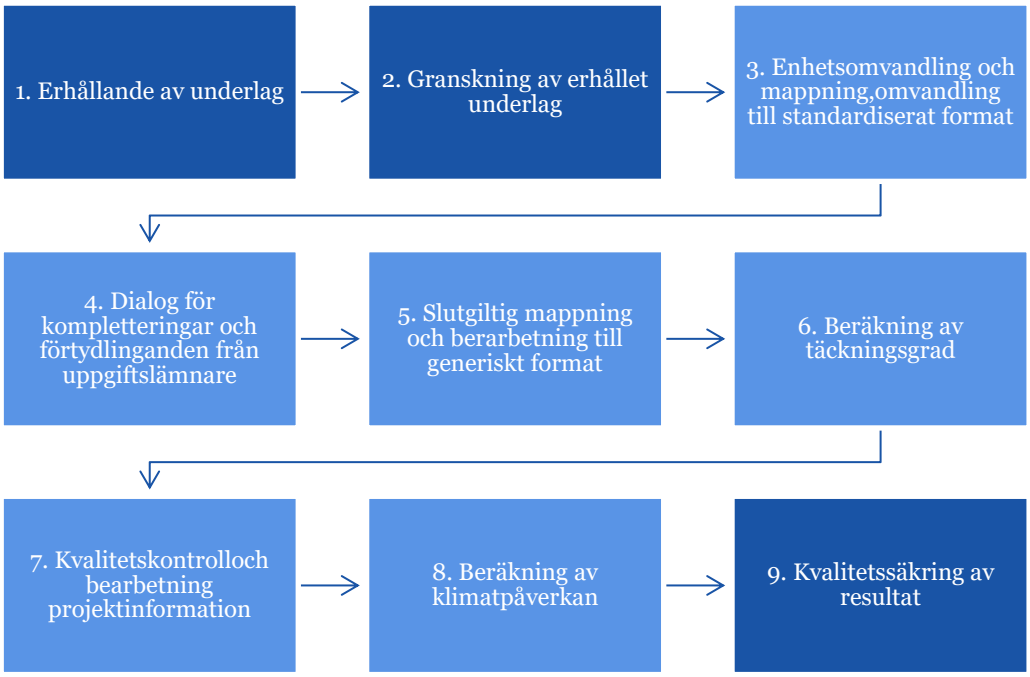
I checklistan nedan framgår vilka krav projektet ställde på underlaget för resurssammanställningarna. I de fall uppgiftslämnare kunde visa på alternativa vägar att uppnå samma goda kvalitet, har även detta underlag inkluderats.

Möten har genomförts med i princip samtliga uppgiftslämnare, som också har fått ta del av nedanstående checklista i urvalet av lämpliga byggnader.

•CHECKLISTA FÖR RESURSSAMMANSTÄLLNING
•1. Byggnaden är någon av nedanstående byggnadstyper
•- Kontor
•- Handelsbyggnad
•- Skola
•- Förskola
•- Flerbostadshus eller småhus
•2. Byggnaden har ett dominerande användningsområde (max 20 % annat, tex butik i bottenplan av kontor)
•3. Slutbevis för byggnaden är max fem år gammalt, eller ännu ej utfärdat.
•4. Resurssammanställning (material och energi) är baserad på en kostnadskalkyl eller annan källa som gör att det går att identifiera hur stor del av resurserna som inte gått att mängda (täckningsgrad)
•5. Resurser är mängdade för merparten av byggnaden, minst följande byggdelar, enligt SBEF, 2 Husunderbyggnad (minimum 23-29), 3 Stomme, 4 Yttertak, 5 Fasader , 6 Stomkomplettering
•6. Materialmängder för ovanstående byggnadsdelar ska vara kalkylerade med noggrannhetsnivå kostnadsberäkning och enbart i liten utsträckning utgå från schabloner.
•7. Byggnadsdel 2, 3, 4, 5 innehåller inte stora UE-poster som inte är mängdade.
•8. Det går att redovisa vilka byggnadsdelar som ingår i kalkylen.
•9. Det går att redovisa hur stor andel av kostnaderna för resurser (material och energi) som inte är materialmängdade (s.k. täckningsgrad).

Checklista för att identifiera lämpliga underlag för klimatberäkning.

Figuren nedan beskriver hur projektet därefter har arbetat med att bearbeta och kvalitetssäkra underlagsdata från uppgiftslämnarna. Som synes har en stor del av hanteringen av underlaget haft som syfte att säkerställa god kvalitet på beräkningsunderlaget. Då området är relativt nytt för många aktörer, har många underlag inte levererats helt kompletta och korrekta till projektet. När så har varit fallet har dessa oftast haft sitt ursprung i en redan genomförd klimatberäkning.



Schematisk beskrivning av databearbetning för att ta fram kvalitetssäkrat och rimlighetskontrollerat underlag för en byggnad inom utredningen. Ljusblåa delar inkluderas i steget ”bearbetning och beräkning” i figuren först i bilaga 6.

Granskning av erhållet underlag

Underlag till resurssammanställning har erhållits på flera olika format och huvudkällan har i princip alltid behövt kompletteras med ytterligare information. Ett flertal projekt har klimatberäknats av den som lämnar uppgifter och i dessa fall erhölls en färdigbearbetad resurssammanställning.

De underlag som kommer från Sektionsdata och Bidcon har ofta kunnat levereras så att de kan läsas in direkt i BM. Exporter ur kalkylmjukvaran MAP har krävt omfattande bearbetning. De företag som arbetar med småhus och/eller industriell trähusproduktion har levererat underlag i Excel och enbart ett fåtal underlag har varit på ytterligare annat format.

Underlag i form av exporter från LCA-mjukvara har erhållits i Excelformat. Det gäller exporter från BM, Anavitor och One Click LCA. Ca tre fjärdedelar av underlagen som erhölls har sitt ursprung från en kalkylmjukvara.

Vid export av en resurssammanställning från en kalkylmjukvara finns det ofta ett antal UE-poster som enbart anges som en kostnad. Detta beror bland annat på att det fram till idag inte funnits behov av information om material för dessa kostnader. Med en framsynt kravställning vid upphandling av underentreprenörer torde detta problem minska.

I projektet innebär detta att underlagen från kostnadskalkylerna i regel har behövt kompletteras med separat information om mängder för UE-poster. Det kan till exempel röra sig om prefabstomme och fasader.

Vid mottagandet av underlaget gjordes en initial kontroll enligt en egenkontrollista, som tagits fram av projektet. Denna kontrollerade dels att underlaget uppfyllde checklistan ovan för urval av projekt, och dels att underlaget uppfyllde nedanstående övergripande kvalitetspunkter:

- Det finns resurser i samtliga byggdelar som ska ingå i klimatberäkningen och dessa ser vid en första grov kontroll rimliga ut - speciellt fokus på stomme och grund.
- Resurserna har byggdelar angivna enligt SBEF (alt. system som är översättningsbart till SBEF).
- Resurssammanställningen är på ett format som kan bearbetas av projektet.
- Projektinformationen är komplett ifylld.

De vanligaste felkällorna som upptäcktes var:

- Felaktig/saknad byggdelsindelning för resurser. Industriella trähusproducenter arbetar enligt andra indelningar (moduler/planelement) och därför ska dessa byggdelsindelningar tolkas med försiktighet.
- Stora dataluckor i form av tex UE-poster, dvs dessa var inte mängdade i underlaget
- Enheter som inte gick att omvandla till vikt, t.ex. förp, omg och st.
- Resurser som inte gick att koppla till klimatdata, tex *snyggare trappräcke, regel* (utan att ange material)*, innervägg, trappa* samt sammansatta produkter som inte har en motsvarande generisk resurs att mappa mot.
- Dubbelräkning, dvs resurser ligger både med i resurssammanställning från kalkylmjukvara och separat mängdning.

Flera byggnader fick uteslutas ut studien då de inte uppfyllde de mycket högt ställda kraven i studien, i andra fall innebar granskningen att uppgiftslämnarna kunde komplettera med information och bygganden inkluderas i studien.

Enhetsomvandling och mappning samt omvandling till standardiserat format

Projektets arbete med underlagen för mappning och enhetsomvandling bestod av ett team på fyra personer som hade regelbundna avstämningar för att säkerställa mappningar av god kvalitet och dokumentation av antaganden.

Vid projektstart fanns enbart möjlighet att importera kalkylmjukvaruexporter i BM, varför underlag från andra källor med nödvändighet behövde hanteras på annat sätt. Projektet utvecklade därför ett Excelverktyg för att effektivisera och kvalitetssäkra denna hantering. Verktyget innehåller bland annat en sammanställning av densiteter för vanliga material. En import- och exportfunktion i BM från och till Excel har utvecklats av IVL i dialog med projektet och en BETA-version har funnits sedan slutet av hösten 2020. Då hade det dock visat sig att speciellt det tidskrävande steget enhetsomvandling gjordes snabbare i Excelverktyget, varför det har använts i hög grad.

För enhetsomvandling och mappning i projekten har alltså två vägar använts beroende på vad som varit lämpligt för respektive projekt.

1. Mappning och enhetsomvandling i BM
2. Mappning och enhetsomvandling utanför BM, m.h.a. ett egenutvecklat verktyg i Excel.

Båda metoderna har inneburit att resurssammanställningarna har omvandlats till ett standardiserat format, det som kan fås ur en BM-export.

För att kunna beräkna klimatpåverkan från en produkt måste den ha en enhet som går att beräkna klimatpåverkan genom (anges i vikt i Boverkets klimatdatabas). Detta görs genom enhetsomvandling. I arbetet med enhetsomvandling har ett antal antaganden behövts göras vilket redovisas i Bilaga 7. Ett antagande värt att nämna redan här är hanteringen av stålstomme för några förskolor och en skola (FSK5, FSK6, FSK8, FSK9 och SKO4). För dessa har stålstommen inte varit mängdad utan mängder från andra mängdade förskolor/skolor har använts för att ta fram en antagen vikt per kvadratmeter. Detta är ett tydligt avsteg från metodiken och skulle kunna ha påverkan på resultaten. Det har därför analyserats hur detta kan påverka resultatet. Det bedöms inte påverka någon av de slutsatser som dras i detta arbete. Vid vidare bearbetning av underlaget behöver detta dock tas i beaktande.

I studien har resurser i första hand mappats mot de generiska resurserna i Boverkets klimatdatabas. Det kan dock nämnas att då merparten av mappningsarbetet genomfördes, fanns ännu inte klimatdatabasen på plats. Istället gjordes mappningen mot det resursregister som fanns i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM). Genom en översättningsnyckel ersattes mappningen senare i projektet med klimatdatabasens resursregister. I de fall där en resurs i BM hade flera möjliga översättningar i Boverkets databas, diskuterades frågan inom projektgruppen för att välja den mest lämpliga resursen. För ett antal materialresurser som inte fanns i klimatdatabasens resursregister, mappades istället mot data från IVL:s interna databas samt EPD:er. I Bilaga 2 finns använda klimatdata sammanställda. Se också avsnitt 4.2.1.

I vissa fall har det varit svårt att bedöma vilken miljöresurs som ska väljas för en viss materialresurs och i dessa fall har frågan diskuterats av den grupp som bearbetade underlaget. För att säkerställa likartade och korrekta enhetsomvandlingar har dessutom en lista på vanliga densiteter och andra relevanta mått tagits fram inom projektet i samråd med konstruktör. Beslut avseende antaganden, enhetsomvandligar, mappningar och avgränsningar diskuterades och dokumenterades löpande inom mappningsteamet för att säkerställa konsistenta mappningar samt dokumenterade antaganden. Alla principbeslut, antaganden och icke-standardmappningar och enhetsomvandlingar dokumenterades för spårbarhet genom hela processen. Dessa återfinns i bilaga 7.

De resurser som mappningsteamet inte kunde mappa listades därefter och en återkoppling skedde med uppgiftslämnaren ett uppföljningsmöte, för att se om ytterligare information kunde erhållas. Dessa poster utgjordes av UE-poster, ej tolkningsbara resursnamn, sammansatta och svårdefinierade produkter som saknade EPD och var för tidskrävande att dela upp i olika material, för svår enhetsomvandling, mm. De, av dessa resurser, som inte gick att reda ut och därefter måste exkluderas ur klimatberäkningen, blev alltså dataluckor (se Bilaga 7).

En rad byggnader har fått förkastas på grund av att de inte har underlag som är tillräckligt kompletta avseende material, eller har resurssammanställningar som inte varit möjliga att enhetsomvandla och/eller mappa så att klimatberäkning varit möjlig.

Efter att mappningen var avslutad genomfördes ett arbete att sammanställa täckningsgrad för respektive byggnads resurssammanställning. Uppräkning av klimatpåverkan baserat på täckningsgrad beskrivs i avsnitt 4.2.2.

Insamling och kontroll av projektinformation

Projektinformationen (avsnitt 4.4.2) insamlades vanligen genom att uppgiftslämnarna själva fyllde i projektinformationen i en Excelmall. I ett fåtal fall har projektgruppen fått tillgång till underlag för att ta fram projektinformationen. En kvalitetssäkring av projektinformationen är svår att göra, men två samband har kontrollerats:

- Är förhållandet Atemp/BTA rimligt?
- Är omslutande area rimligt i förhållande till BTA?

Den projektinformation som efterfrågats finns normalt sett framtagen i den vanliga byggprocessen och i andra sammanhang, till exempel olika typer av areamått. Däremot finns utrymme för tolkning när det kommer till olika varianter av byggtekniker, varför projektinformationen samlades i fritext för dessa delar. En gemensam tolkning gjordes sedan av denna information för att kunna kategorisera underlaget på ett bra sätt för fortsatta analyser. Framför allt kan nämnas att informationen användes för att kategorisera byggnaderna i olika huvudsakliga stomtyper, fasadtyper, bjälklagstyper, kategorier för antal våningar, m.m. I denna process gjordes också avstämning mot SBUF-studien *Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden* och dess resultat angående förekommande konstruktionslösningar för stomme, fasad, tak, etc. Se mer om kategorisering av stomtyper i avsnitt 4.4.2.

Klimatberäkning, rimlighetsbedömning och analyser

Beräkningen av klimatpåverkan från byggnaderna gjordes uppdelat per byggnad, byggdel och produkttyp i en grundberäkningsfil. Utifrån denna grundberäkning gjordes sedan analyser. Rent praktiskt har dessa beräkningar och analyser gjorts i fyra Excelfiler:

Grundberäkning, medelvärdesdata Beräkning av klimatpåverkan per byggnad, byggdel och produkttyp. Dessa byggstenar summeras sedan ihop för kommande analyser, med olika systemgränser och indelningar.	**Fortsatt framtagande analysunderlag, medelvärdesdata** Resultaten från grundberäkningen används för en lång rad analyser.
Grundberäkning, viss klimatdata ersatt med klimatförbättrade produktval Kopia av ovanstående grundberäkningsfil, med skillnaden att klimatdata byts ut för ett urval av byggprodukter, för att analysera vilken minskning av klimatpåverkan som kan uppnås enbart med materialval.	**Fortsatt framtagande av analysunderlag, viss klimatdata ersatt med klimatförbättrade produktval** Kopia av ovanstående, med resultat från grundberäkning, men med ”klimatförbättrade produktval”

Grundberäkningsfilen innehåller följande delar:

1. Beräkning av klimatpåverkan per resurs, uppjusterat för täckningsgrad. För modul A1-A3, för A4 och A5 Spill. [kg CO2e]
2. Summering av klimatpåverkan per byggdel och produkttyp för varje byggnad och livscykeldel (modul A1-A3, A4, A5 Spill), tex klimatpåverkan A1-A3 för all platsgjuten betong i byggdel 3, byggnad FBH13. [kg2 CO2e/m2 BTA]
3. Beräkning av klimatpåverkan av byggdel 7 respektive 8 som schabloner [kg CO2e/m2 BTA].
4. Beräkning av klimatpåverkan från A5 Energi per byggnad [kg CO2e/m2 BTA].

Grundberäkningsfilen innehåller många beräkningar och är därför relativt tung att hantera. Den genomför till exempel flera beräkningar per resurs (nära 40 000 st.). Först när grundberäkningen var

gjord kunde resultaten för de olika byggnaderna jämföras med varandra och därmed identifiera avvikande värden. Då uppdelningen av klimatpåverkan var relativt detaljerad (per byggdel och produkttyp, tex isolering i fasad) gick det många gånger att identifiera en resurs som gav upphov till ett avvikande värde. De avvikande värdena diskuterades med uppgiftslämnarna och en rad felaktigheter kunde åtgärdas och avvikande, men korrekta värden bekräftas.

För att kvalitetssäkra beräkningarna gjordes löpande stickprov och kontroller av beräkningarna gjorts i alla steg och ett stickprov av beräkningsresultatet har också jämförts med beräkningar i BM. Beräkningsresultaten granskades avseende rimlighet och för att identifiera eventuella felaktigheter i underlaget eller dess hantering.

Följande punkter har granskats:

- Är byggnadens totala vikt/m2 BTA rimlig?
- Är den totala klimatpåverkan per kvm BTA rimlig?
- Är respektive produkttyps vikt/kvm BTA rimlig?
- Är spillmängden rimlig?
- Finns alla byggdelar och produkttyper med och är mängderna avvikande?
- Är kvoten armering/platsgjuten betong rimlig?

47 % av byggnadernas beräkningar passerade granskningen av punkterna ovan.

De framtagna värdena för klimatpåverkan per produkttyp och byggdel (till exempel platsgjuten betong i byggdel 3, stomme, FBH3) har använts för att identifiera avvikande värden. Vid denna jämförelse passerade enbart 33% av beräkningarna utan frågetecken, vilket är en anmärkningsvärt hög siffra då många underlag kom från redan genomförda klimatberäkningar och därmed borde ha kvalitetskontrollerats i den processen.

Avvikelser utreddes i samråd med uppgiftslämnare och en rad felaktigheter har justerats. I vissa fall har uppgiftslämnaren bekräftat att uppgifterna är korrekta, trots att de avviker från övriga byggnaders värden. Ofta finns en förklaring i någon byggandsegenskap.

De typer av fel som uppkom vid kvalitetskontrollen av klimatberäkningarna framgår av tabellen nedan, samt i hur många fall respektive feltyp förekom. Notera att fel som upptäckts i den initiala granskningen av beräkningsunderlaget, dvs innan klimatberäkning inte är inkluderat i denna sammanställning.

Typ av felkällor som upptäckts vid kvalitetskontrollen, antal byggnader med detta fel. Notera att en byggnad kan ha mer än en typ av fel.

Omvandlingsfaktor	Mappning mot klimatdata	Ytor	Byggdelsindelning	Materialmängder/ saknade material
7	8	6	6	3

Bilaga 7 Antaganden vid enhetsomvandling och mappning

Produkter i de erhållna resurssammanställningarna var till övervägande del enkla att mappa mot en generisk resurs i BM. Ibland fanns det däremot flera alternativ som skulle kunna passa. För att säkerställa likartad och kvalitetssäkrad mappning och enhetsomvandling gjordes gemensamma överväganden för dessa produkter. Nedan listas dessa produkter, som alltså är en mycket liten del av den totala mängden resurser. Beslut om antaganden i listan gjordes dels gemensamt via diskussioner i grupp och dels efter att ha rådfrågat expertis, oftast kunnig inom byggprojektering. Samtliga projektmedarbetare som arbetade med mappningen gjorde antaganden enligt listan. De mappningar som förekom i mer än ett projekt listas i tabellen nedan.

Tabell över mappningar och antaganden som använts i studien när mappningen inte har varit självklar.

Resurs enligt underlag	Mappas mot generisk resurs i BM	Kommentar
Betong, ej identifierad	Ospecificerad husbyggnadsbetong	Hämtas t.ex. från Klimatförbättrad betong
Betongprefab övrig (IVL LCR)	Övrig armerad betongprefab, ospecificerad (C45/55, 5% arm.) (IVL LCR)	
Lättbetongelement (armerad) (IVL LCR)	Lättbetongblock (IVL LCR)	
30 stålslipad överbetong	Husbyggnadsbetong allmän	Står det inte vad det är för betongklass väljer vi alltid husbyggnadsbetong allmän.
200 vibrogolv C40/50 v-tät (E3.5252000)	Betong C40/50	
Floor 4150 Fine Flow Tj 20	Golvavjämning	
Undergolv betong klass C avjämnad yta. Kategori "Platta på mark"/ Betong C eller liknande	111 - Ej miljöpåverkande byggresurs (IVL LCR)	
Armering, ej identifierad	Armering, skrotbaserat (IVL LCR)	
Fönster	Trä/aluminium (oftast använd). Trä/trä	Schablon från area till vikt från IVL
Entrépartier	Aluminiumdörrar,-glaspartier (IVL LCR)	
Ytterdörr	Ytterdörrar, trä (IVL LCR)	
Innerdörrar trä	Ytterdörrar, trä (IVL LCR)	
Plastlaminerad dörr/glasfiberdörr	Mappas inte. Finns ingen motsvarande resurs i BM	
Invändiga glaspartier	Planglas (IVL LCR)	
Fasadtegel	Mark och murtegel	
Skiffer (i fasad)	Vi mappar inte denna	
Prefab balkonger	Balkonger och trappor	
Prefab balkonger inkl räcke	Balkong och trappor	
Grönt tak	EPD #EPD-ZIC-20200082-CCA1-EN	Finns ett flertal EPDer för grönt tak som alla inkluderar olika delar samt ger olika utsläpp. Vi har använt samma EPD till alla projekt med grönt tak.

Resurs enligt underlag	Mappas mot generisk resurs i BM	Kommentar
De delar som tillhör det gröna taket, inte regeluppbyggnaden av taket, isolering osv.	Green roof system EPD (EPDn täcker jordlager, dränerande lager och fibermatta/filter sheet över och under detta).	Vi bedömer det som att arean är det viktiga att den blir överrensstämmande. Använd därför den area som är specad i kalkylen och sedan den densitet som EPD:n har, 103 kg/m2, för att ta fram den vikt som ska läggas in i BM för resursen.
50 trekantlist/45x120 snedsågad/45x95 kortling	Furu/gran hyvlad och sågad	
Organowood	Tryckimpregnerat trä	
Panel	Furu/gran, hyvlad och sågad	
Ecophone Focus etc (undertaksskivor)	Ljudabsorbent, bullerskiva, akustiktak- vägg, typ mineralull IVL LCR	
Fuktskyd (tätduk/tätmembran osv)	Plastfolie	
Radonduk	Plastfolie	
När det bara står reglar	Lista ut mha densitet/Fråga projektet.	
Takskena SK 160/60	Stålregel	
Väggregel R160	Stålregel	
Balkar, pelare stål	Kontruktionsstål obelagd (IVL LCR)	
Stålbalk HSQ för HD-27	Konstruktionsstål	
Steel sheets	Plåtdetaljer, förzinkad (IVL LCR)	
Color coated steel sheets and coils	Plåtdetaljer, målad	
Hot rolled steel sheets and coils	Plåtdetaljer, förzinkad (IVL LCR)	
Steel hot rolled	Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)	
Takdetaljer som ej är takskydd (hängrännor, gesimsrännor, hängskivor, krönbeslag, stuprör, ståndskivor)	Plåtdetaljer förzinkade	
Förz-lackad bandbeklädnad	Takplåt förzinkad	
Spikningsplåt	Tunnplåt ogalvad	
Takluckor	Tunnplåt, aluzinkbelagd	Finns många varianter på takluckor. De flesta är nog i plåt och behandlade/rostfria på något sätt.
Ståltrappa vfz (med gallerdurksteg och stålhandledare)	Konstruktionsstål galvad	

Resurs enligt underlag	Mappas mot generisk resurs i BM	Kommentar
Rak ståltrappa / Spiraltrappa stål	Konstruktionsstål galvad	
Ståldetalj (stålbalk/stålpelare)	Kontruktionsstål obelagd (IVL LCR)	
Armerat flytspackel i fall	Avjämning. Mappas mot spackel	
Polyethylene foam	Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)	
våningshög fasadskiva-30	Glasull fasadskiva	
Mineralull; sprutad och olika boards	Stenull	Lika miljöbelastning för glasull och stenull i BM. Många går dessutom att göra globala så det blir lika!
XPS med fiberduk	XPS	Mappa mot XPS. Kommer inte göra någon skillnad om vi gör en sammansatt produkt.
Glasroc	Gipsskiva utan kartong, våtrum	
Utegips	Gipsskivor, kartonggipsskivor ospecificerat (IVL LCR)	
Promatect H (Kalciumsilikatskiva)	Fibercementskiva	
Aquapanel våtrum	Cementspånskiva	
trossbottenboard oljehärdad	Träfiberskivor, HDF, hård board (IVL LCR)	
Board t=6,4 mm, oljehärdad	Träfiberskivor, HDF, hård board (IVL LCR)	
Asfaboard	Träfiberskivor, HDF, hård board (IVL LCR)	
Tätskikt	Underlagspapp bitumen / Plastfolie	Är det i tak mappa mot: "Underlagspapp, bitumen". Är det i väggar mappa mot "Plastfolie".
VU typ 111> 100 - < 1000 m2	Underlagspapp bitumen	
100 Paroc I-element H=650	Mappas inte, finns ingen motsvarande resurs.	Densitet cellplast är 20 kg/m3, det är 13 mm fiberarmerad betong på ena sidan av elementet och resten är cellplast. Densiteten för hela skivan 282 kg/m3 (18,33 kg/m och skivan är 650 mm hög och 100 mm tjock). Detta gör att 6,2 % av vikten är cellplast och 93,8 % är betong som då får en densitet på 2035 kg/m3).
Makadam tvättad (C1.6102000)	Mappas inte, finns ingen motsvarande resurs.	
Expand fogband Volclay RX-101	42 - Tätningslist, allmänt (EPDM) (IVL LCR)	
Glasfiberarmerad puts	Puts (IVL LCR)	
Trappor av betong (IVL LCR)	Trappor och balkonger (IVL LCR)	

Tabell över projektspecifika antaganden, som alltså gäller enskilda byggnader.

PROJEKTSPECIFIKA ANTAGANDEN	
Antagande/avgränsing	**Motivering**
För förskolor finns ett antal komplementbyggnader. Det är tex cykelförråd, leksaksskjul, utesovplats, pergola mm. Dessa utesluts ur klimatberäkningen.	Det spelar antagligen marginell roll för klimatpåverkan per kvadratmeter om dessa inkluderas eller inte
Förskolor/skola där stålstomme inte mängdats utan enbart angetts som 1 omgång stålstomme (gäller FSK5, FSK6, FSK8, FSK9 och SKO4). Mängder för stålstomme, från andra mängdade förskolor/skolor har använts för att ta fram en antagen vikt per kvadratmeter.	Dessa byggnader hade fått förkastas om mängd för stålstomme inte hade kunnat tas fram.
För vissa underlag som varit mycket detaljerade har fönster och dörrar inte mappats för de ingående byggnadsdelarna utan den totala vikten för fönster respektive dörrar summeras utanför BM och läggs in manuellt.	Tidsbesparande och resultatet skiljer sig troligen inte nämnvärt
Hur hanterar vi inredning (kök/bad/skohyllor mm)?	Ej använt i enskilda byggnader, men för att ta fram schabloner.
Hur hanterar vi resurssammanställningar som omfattar mer än en byggnad?	Det brukar vara ok men bedöms från fall till fall. Klimatpåverkan per BTA bedöms inte påverkas av om det är en eller flera huskroppar.
I FBH2 fanns ett antal resurser i byggdel 4 med uppenbart felaktiga mängder (orimliga tjocklekar). Då detta upptäcktes i ett väldigt sent skede, då tid för dialog inte fanns, har dessa mängder justerats till rimliga tjocklekar, med hjälp av konservativa antaganden**.**	Då ytorna var kända och konservativa antaganden gjordes fanns ingen risk att klimatpåverkan för dess resurser underskattades. Utan denna justering hade hela bygganden fått uteslutas ur underlaget.
I KON9 saknades information om byggdel 6. Ett medelvärde för övriga kontor har tagits fram och med en detta använts som schablon för KON9. Använda värden[kg CO2e/m2 BTA] var: - **18,8 för A1-A3** - **2,14 för A4** - **1,1 för A5 Spill**	Utan denna justering hade hela bygganden fått uteslutas ur underlaget.

Där resursernas angivna mängd behövde omvandlas till vikt (kg) användes i första hand densiteter från resurssammanställningen. Där sådant inte fanns användes följande lista med schabloner för densitet, vikt per yta och vikt per styck mm. Underlag för listan kommer till stor del från schabloner i LCA-programvaran One Click och från EPDer.

Tabell med densiteter för material som använts när underlaget saknade dessa uppgifter.

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
Aluminiumdörrar, -glasparter (IVL LCR)		35	69			
Aluminiumprofil (IVL LCR)	2700					
Anläggningsbetong (vct 0,40, C35/45)	2400					
Anläggningsbetong (vct 0,45, C32/40)	2325					
Armering, galvad (IVL LCR)	7850					
Armering, skrotbaserat (IVL LCR)	7850					
Armeringsnät mm (IVL LCR)	7850					
Betong, anläggning C32/40	2325					
Bränd kalk (IVL LCR)	3370					
Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)	20					
Cellplast, extruderad polystyrene (XPS) (IVL LCR)	25					
Cellulosaisolering	50					
Cement, standard portlandscement (torrbruk) (IVL LCR)	2800					
Cementspånskiva (typ Cetris, VST) (IVL LCR)	1350					
D, D/F massivbjäklagsplattor (IVL LCR)	2600					
Elförzinkad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	7850					
EPS cement/betong, 450 kg/m3	450					
Fanérträbalk (LVL), typ Kerto (IVL LCR)	495					
Fasadfärg utomhus, alkyd (IVL LCR)	1200					
Fasadputs (IVL LCR)	250					
Fibercementskivor (IVL LCR)	1300					
Fönster, tre glas, trä-/aluminium (IVL LCR), ca 35 kg/m2		35				
Fönster, trä, tre glas (IVL LCR), ca 35 kg/m2		35				
Formplywoodskivor (IVL LCR)	500					

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m3 u=16% (IVL LCR)	440					
Galvad spik, skruv och beslag (IVL LCR)	7850					
Gipsskivor utan kartong, våtrum (IVL LCR)	800				0,0125	
Gipsskivor, Brand	820					
Gipsskivor, kartonggipsskivor ospecificerat (IVL LCR)	720					
Glasull (IVL LCR)	75					
Glasull fasadskiva	58					
Golvavjämning, flytspackel	1450					
Halvsandwichvägg V/I (350 mm) (IVL LCR)	1150	400				
HD/F hålbjälklag (IVL LCR)	1400					
Högvärdigt armeringsstål, spännarmering (primärstål)	7850					
Högvärdigt armeringsstål, spännarmering (skrotbaserad process)	7850					
Husbyggnadsbetong (C30/37, vct 0,58)	2325					
Husbyggnadsbetong (vct 0,37, C50/60)	2400					
Husbyggnadsbetong (vct 0,40, C45/55)	2400					
Husbyggnadsbetong (vct 0,45, C40/50)	2400					
Husbyggnadsbetong (vct 0,50, C35/45)	2400					
Husbyggnadsbetong (vct 0,55, C32/40)	2325					
Husbyggnadsbetong (vct 0,60, C28/35)	2400					
Husbyggnadsbetong (vct 0,68, C25/30)	2350					
Husbyggnadsbetong (vct 0,79, C20/25)	2200					
Kallasfalt, strykbar (IVL LCR)	900					
Konstruktionsstål, galvad (IVL LCR)	7850					
Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)	7850					
Korslimmat trä (KL-trä av gran) (IVL LCR)	440					
Lamellglas (IVL LCR)	2500					

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
Lättbalk av trä och hård board (IVL LCR)	420					
Lättbetongblock (IVL LCR)	550					
Lättklinker (Leca), lösa kulor (IVL LCR)	320					
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 10% armering (IVL LCR)	1000					
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 15% armering (IVL LCR)	1200					
Lättklinkerbalk/-element (Leca), 5% armering (IVL LCR)	800					
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL LCR)	600					
Lättklinkerisolerblock med expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)	410					
Lättklinkerisolerblock med polyuretan (PU) (IVL LCR)	410					
Limträbalk (IVL LCR)	430					
Ljudabsorbent, bullerskiva, akustiktak, -vägg, typ mineralull (IVL LCR)	100	2,1			0,02	Utgår ifrån Ecophon Focus 20 mm
Mark och-murtegel (IVL LCR)	1600					
Massivyttervägg V (IVL LCR)	2600					
Mur- och putssand (IVL LCR)	1600					
Oarmerade prefabbetong såsom takpannor, murblock, marksten (IVL LCR)	2350					
OSB-skivor (Flakeboard), 600 kg/m3	600					
Ospecificerad anläggningsbetong (430 kg bindemedel/m3)	2400					
Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m3)	2400					
Ospecificerad klimatförbättrad anläggningsbetong (430 kg bindemede/m3)	2380					
Ospecificerad klimatförbättrad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m3)	2370					

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
Övrig armerad betongprefab, ospecificerad (C45/55, 5% arm,) (IVL LCR)	2600					
Papp och kartong, övrigt (IVL LCR)	70					
Pelare (P) och balkar (B) (IVL LCR)	2600					
Planglas (IVL LCR)	2500					
Plastfolier (IVL LCR)	900					
Plåt- och stålfärg utomhus, alkyd TS 70% (IVL LCR)	1200					
Plåtdetaljer, aluzink (IVL LCR)	7900					
Plåtdetaljer, förzinkade (IVL LCR)	7900					
Plåtdetaljer, målad (IVL LCR)	7900					
Plåtreglar, elförzinkade (IVL LCR)	7900					
Plattbärlag (filigran) (IVL LCR)	2600					
Plexiglas (Polykarbonat)	1180					
Plywoodskivor (IVL LCR)	500					
Polyuretanisolering, skivor av PIR/PUR (IVL LCR)	40					
Porös board (impregnerad) typ Asfaboard, 230 kg/m3	230					
Porös board, isoleringsskiva (våt process), 230 kg/m3	230					
Putsskiva av returglas (IVL LCR)	65					
Rostfritt stål, ospecificerat (IVL LCR)	7900					
Sågad Ceder från Nordamerika	450					
Sågad Ceder från Nordamerika, brandskyddsimpregnerad	450					
Sand (IVL LCR)	1800					
Sandwichvägg W (425 mm) (IVL LCR)	1410	550				
Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)	2600					
Skivmaterial övrigt, MDF (IVL LCR)	700					
Spånskiva (IVL LCR)	670					
Ståldörrar, brandklassad (IVL LCR)		36	80			

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
Stålreglar (IVL LCR)	7900					Lättare: 0,8 kg/m, tyngre: 2 kg/m, Se ”Enhetsomvandl, Stålreglar” för mer info.
Steni Fasadskiva	2000					
Stenull (IVL RR)	50					
Takplåt, aluzink (IVL LCR)	7900				0,0005	Tjocklek att använda om ingen info finns. Ytvikten beror dock på om plåten är veckad eller ej, det har vi inte tagit hänsyn till.
Takplåt, förzinkad (IVL LCR)	7900				0,0005	Tjocklek att använda om ingen info finns. Ytvikten beror dock på om plåten är veckad eller ej, det har vi inte tagit hänsyn till.
Takplåt, målad (IVL LCR)	7900					
Takskyddsanordningar (IVL LCR)	7900					
Taktegel (IVL LCR)	1700	30				
Tätningslist, allmänt (EPDM) (IVL LCR)	400			0,16		Om inga mått, antar 2*2 cm
Träfiberskivor, HDF, hård board (IVL LCR)	900					
Trappor och balkonger (IVL LCR)	2600				0,2	Om ingen info kring tjocklek på olika element men area finns.
Träullsplatta (IVL LCR)	300					
Tryckimpregnerat virke, NTR A (IVL LCR)	440					
Tryckimpregnerat virke, NTR AB	440					
Tunnplåt, aluzinkbelagd (IVL LCR)	7900					
Tunnplåt, galvad (IVL LCR)	7900					
Tunnplåt, obelagd (IVL LCR)	7900					
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)		1,5			0,003	Tjocklek varierar 2-4 mm.
Uppreglat golvsystem med spånskiva och stålreglar (typ Granab)		5				
Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)		1,5				
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2		24	60			
ÖVRIGA ANTAGANDEN ENHETSOMVANDLING						
Invändiga glaspartier/glasdörrar		?			0,012	Hittat lite olika: 10-13 mm, 10-25 mm, 10-20

RESURS IVL	Densitet kg/m3	kg/m2	kg/st	kg/m	Tjocklek (m)	Kommentar
						mm. En säger 10,38 vanligast. Gett förslag!
Fasadtegel		140,4				En tegelsten är 228 mm lång, 108 mm bred och 54 mm hög och fogarna är som regel 12 mm breda. Åtgången är 63 st. per m2 fasad, men för att räkna med spill vid inpassning och hantering rekommenderar vi att man räknar med 66 st. per m2. Räknar alltså vikten per m2 som 66*storleken på en*densiteten.
Standardstorlek dörr						9*21
Fibercementplatta, vågform Cembrit					0.008	Fibercementplatta, vågform Cembrit

Bilaga 8. Fördjupning om två tidigare studier om referensvärden för miljöpåverkan för byggnader

Referensvärden baserat på 60 danska byggnader (Zimmermann et al., 2020)

Syfte och relevans för Boverkets uppdrag

Danska byggforskningsinstitutet SBI publicerade 2020 en rapport i vilken de föreslår referensvärden för klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv för nya byggnader i Danmark, på uppdrag av den nationella myndigheten Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (TBST). Syftet med uppdraget var att skapa kunskap om byggnaders miljöpåverkan och utveckla referensvärden för LCA för byggnader som kan användas för t.ex. lagstiftning, gemensam branschvägledning, DGNB-certifiering eller i upphandling. Projektet liknar i mångt och mycket Boverkets projekt om referensvärden och har haft i princip samma syften. Skillnader är framför allt dels att de danska referensvärdena speglar också delar av användnings- och slutskedena samt att de utgått från en annan typ av byggnadsunderlag och inte justerat värdena i relation till dagens byggande i Danmark.

Byggnadsunderlag

Underlaget för de föreslagna referensvärdena utgörs av genomförda byggnads-LCA:er för 60 danska byggnader, byggda under perioden 2013 till 2021. Underlagen baseras på byggnader med DGNB-certifiering – 37 st (där LCA är ett krav) samt andra byggnads-LCA:er utförda av projektgruppen på SBI. Framför allt har det kompletterats med småhus som inte varit föremål för DGNB-certifiering. Fem byggnadstyper ingår i studien (enfamiljshus – 11st, radhus – 12 st, flerbostadshus – 11 st, kontor – 22 st, övriga byggnader – 4st (skola, sjukhus och multifunktionella byggnader) med huvudfokus på bostadshus och kontorsbyggnader.

Beräkningarna baseras på ritningsdata. Det framgår inte tydligt av rapporten vilket/a skeden av projekteringsprocessen byggnadsdatan speglar. I studien har projektgruppen försökt få till en spridning avseende olika byggnadstyper, energiklasser, stommaterial, solceller eller ej, osv.

Systemgränser och miljödata

Studien har genomförts så att referensvärdena speglar metodiken i det öppna danska verktyget LCAByg, som delar av projektgruppen också utvecklat. Beräkningarna har genomförts baserat på de miljödata som är kopplade till verktyget LCA-byg, och som i mångt och mycket bygger på data från den tyska databasen Ökobau.

De livscykelmoduler som beräknats är A1-A3, B4 och C3-4. Beräkningar är gjorda för såväl 50 som 80 års referensstudietid.

Förslag på referensvärden – från underlag till färdiga data

De förslag på referensvärden som lämnas i rapporten baseras på median-, övre respektive nedre kvartil vilket därmed kan ge vägledning om ett begränsat antal olika ambitionsnivåer.

Analys har genomförts avseende generella mönster vad gäller klimatpåverkan för om olika referensstudietider används (50 respektive 80 år), olika byggnadstyper och byggnadsutformning, solceller, rådande energikrav samt komplementbyggnader. Analysen av detta material pekar inte i några tydliga riktningar varför författarna kommit fram till att föreslå att inte differentiera referensvärden avseende mer än för olika referensstudietider, samt med en möjlig uppdelning mellan

driftenergi (modul B6) och material (modul A1-A3 + B4 + C3-4). Se figuren nedan. Författarna påtalar dock att referensvärdena kan behöva justeras i takt med att fler byggnader undersöks.

Referensvärden baserat på 130 byggnader i Norge (Kjendseth Wiik et al., 2020)

Syfte och relevans för Boverkets uppdrag

Forskningscentret ZEN (Zero Emission Neighbourhoods) Research Centre publicerade 2020 en rapport i vilken de sammanställer LCA-beräkningar (avseende klimatpåverkan) för 130 norska byggnader samt föreslår referensvärden för klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv för nya byggnader i Norge. Syftet med projektet var att samla ihop data för norska byggnader för att kunna etablera vetenskapligt förankrade referensvärden för utsläppsnivåer kopplat till byggnaders materialanvändning. Referensvärdena ska, enligt författarna, kunna nyttjas i branschvägledning och i pågående arbeten och certifieringssystem såsom FutureBuilt och BREEAM, men också i relation till eventuell reglering. Ett arbete har också gjorts av teknikkonsulten Asplan Viak att sammanställa en delmängd av byggnaderna på uppdrag av Oslo kommuns bygg –och anläggningsavdelning för byggnader i Oslo med omnejd (Fuglseth et al., 2020). På samma sätt som det danska arbetet ovan påminner dessa arbeten också mycket om Boverkets projekt. Här finns också ett ännu tydligare fokus på klimatpåverkan kopplat till materialanvändning i byggnaderna. Arbetet baseras dock på redan genomförda klimatberäkningar, framför allt från spjutspetsinitiativ vilket innebär att underlaget inte är särskilt representativt för dagens byggande i Norge.

Byggnadsunderlag

Underlaget för de föreslagna referensvärdena utgörs av genomförda klimatberäkningar i ett livscykelperspektiv för norska byggnader, byggda under perioden 2009-2020. Underlagen kommer från ett antal olika projekt och forskningscentrum: Futurebuilt,, Framtidens Byer og Framtidens Bygg, Zero Emission Building (ZEB) respektive Neighbourhood (ZEN) centre. 14 st av byggnaderna är ombyggnadsprojekt. Följande byggnadstyper ingår i studien (bostadshus - 36st, kontor – 25 st, förskolor – 15 st, skolor – 39 st, övriga byggnader – 18 st (bibliotek, museum, sporthall, hotell, m.m). Författarna uppskattar att ungefär hälften av byggnaderna har haft höga miljöambitioner då de har ingått i olika spjutspetsprojekt där det ställts uttalade krav om att reducera klimatpåverkan med exempelvis 40% både kopplat till energianvändning och materialproduktion.

Det framgår inte tydligt av rapporten vad för underlag som utnyttjats för att göra resurssammanställningar men för de flesta byggnader har beräkningar genomförts för olika skeden – designskede, projektspecifik referensbyggnad och as-built (som nog ska förstås som bygghandling).

Systemgränser och miljödata

Studien utnyttjar redan genomförda LCA-beräkningar från olika håll. Det innebär att olika verktyg och metoder använts såsom de egenutvecklade verktygen hos NTNU och Asplan Viak, manuella beräkningar med hjälp av BIM, klimagasregnskap, OneClick LCA, med flera. Både generiska data från exempelvis Ecoinvent och miljövarudeklarationer (EPD) har dessutom använts. Alla beräkningar har anpassats till samma funktionella enhet, som beskrivs som 1m2 uppvärmd bruksarea under 60 år, men har i övrigt inte modifierats för att vara mer harmoniserade vad gäller beräkningsmetodik.

Beräkningarna kan därför också spegla olika livscykelmoduler men de som sammanställts för deras referensvärden är modul A1-A3 samt B4.

Förslag på referensvärden – från underlag till färdiga data

De förslag på referensvärden som lämnas i rapporten baseras på median-, övre respektive nedre kvartil vilket därmed kan ge vägledning om ett begränsat antal olika ambitionsnivåer.

Analyser fokuserar framför allt på beräkningar gjorda i de olika faserna och för olika byggdelar. Majoriteten av projekten saknar beräkningar för installationer men det finns för ett urval så denna fråga diskuteras i rapporten. Flera analyser syftar också till att diskutera det variabla beräkningsunderlaget. De har gjort statistiska analyser i form av t- och ANOVA-tester. Dessa analyser visar inga signifikanta skillnader mellan olika byggnadstyper varför författarna föreslår att inte differentiera referensvärden för olika byggnadstyper baserat på denna studies underlag.