

Scandinavian Sustainable Circular Construction

KLIMATEFFEKTIV ARKITEKTUR, KONSTRUKTION OCH MATERIALVAL

Ett kunskapspaket framtaget inom forskningsprojektet Scandinavian Sustainable Circular construction.

Datum: 2022-04-19

Författare: Anna Högberg, Gerda Ingelhag, Maria Perzon och Madelene Berg från Bengt Dahlgren Göteborg AB

INLEDNING	3
Syfte och målgrupp	3
Avgränsningar	4
BAKGRUND	6
Byggnaders klimatpåverkan och kommande lagkrav	6
Referensvärden klimatpåverkan från byggnader	8
LIVSCYKELPERSPEKTIV FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN	13
Livscykelperspektiv – LCA och LCC	13
LCA - koldioxidekvivalenter	14
LCA - funktionell enhet och nyckeltal	14
LCA - metoder	14
LCA - systemavgränsningar	15
Klimatdata och EPD	15
Resurssammansättning	17
Klimatberäkning under designprocessen	18
KRAVSTÄLLNING KLIMAT	22
Hinder och möjligheter	22
Kravställning vid upphandling	22
Klimatbudget	26
Kompetens beställare	27
BYGGNADSDESIGN FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN	28
Designstrategier reduktion	30
Designstrategier substitution	42
MATERIALVAL FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN	48
Återbrukat material	48
Återvunnet material	53
Biobaserade och naturliga material	57
Klimatförbättrade material	65
Användning av ”nya” material	68
REFERENSER	69

INLEDNING

Detta kunskapspaket har möjliggjorts genom projektet "S2C - Scandinavian Sustainable Circular Construction" (1) som är ett forskningsprojekt inom EU-Interreg som ska främja hållbart byggande. Projektet drivs med medel från Interreg/ÖKS och Västra Götalandsregionen. Projektet har svenska, danska och norska parter och ett praktikfall (byggprojekt) i varje land:

- Aalborg Kommune
- Agder Fylkeskommune
- Energikontor Väst/Innovatum Progress AB
- Netværk for Bæredygtig Erhvervsudvikling NordDanmark
- Hjørring Kommune
- Universitetet i Agder
- Göteborgs Stad
- Alexandersoninstitutet

Kunskapspaketet "Klimat effektiv byggnadsdesign" har tagits fram av Anna Högberg, Gerda Ingelhag, Madelene Berg och Maria Perzon på Bengt Dahlgren AB. Kunskapspaketet är framtaget på uppdrag av Hanna Ljungstedt på lokalförvaltningen Göteborgs Stad och Peter Berg på Energikontor Väst.

Följande personer har givit värdefull input och bidragit med granskning av utvalda texter i kunskapspaketet:

- Paula Femenías, Chalmers – klimat effektiv design ur arkitektens synvinkel
- Emma Östlund, ETTTELVA Arkitekter – klimat effektiv design ur arkitektens synvinkel
- Frida Tjernberg, Byggnadstekniska Byrån BTB – klimat effektiv design ur konstruktörens synvinkel
- Johanna Andersson, IVL Svenska Miljöinstitutet - återbruk för klimat effektivitet

Workshopdiskussion med hållbarhetsstrateger och hållbarhetschefer inom både offentliga beställare, fastighetsutvecklare och entreprenörer har gett värdefullt underlag till kapitlet om kravställning.

Syfte och målgrupp

S2C-projektet syftar till att skapa en transformation av byggandet med utgångspunkt i den offentliga beställaren för byggande och förvaltning av byggnader för pedagogisk verksamhet. Även att generellt bidra till ett klimatneutralt samhälle, som är fritt från klimatpåverkande utsläpp. Genom ökad kunskap skapas ett hållbart samhälle.

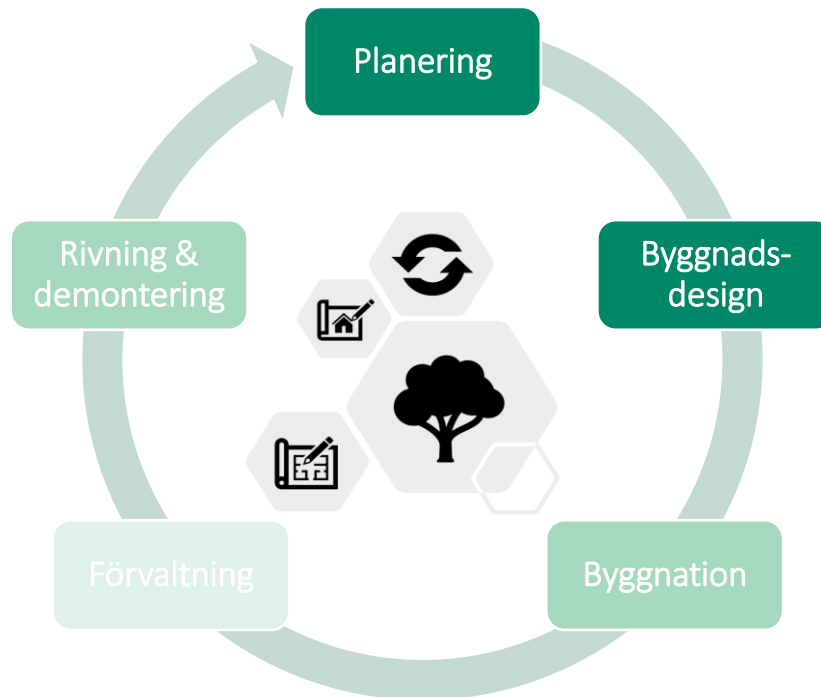
Projektet ska bidra till kunskapsutveckling genom flertalet kunskapspaket inom olika områden. Denna rapport svarar för ett kunskapspaket, som syftar till att beskriva hur arkitektur och utformning, konstruktionslösningar och materialval på olika sätt kan minska byggnaders klimatpåverkan från hela livscykeln.

Primär målgrupp för kunskapspaketet är offentliga byggande beställarorganisationer i Skandinavien. Men kunskapspaketet syftar också till att ge en ökad kunskapsutveckling till bygg- och fastighetsbranschen i stort.

Avgränsningar

Denna kunskapssammanställning begränsas till att fokusera på utsläpp av växthusgaser från uppförandet av byggnaden. Den berör inte andra hållbarhetsaspekter så som utsläpp som bidrar till försurning eller övergödning eller andra miljö- och hälsofarliga utsläpp och ämnen. Då fokus i kunskapssammanställningen är på uppförandet av byggnader så omfattas inte anläggningsarbeten och inte heller förberedande markbearbetning för uppförande av byggnaderna.

Fokus för denna sammanställning ligger på att beskriva processer och lösningar som implementeras främst under tidiga skeden och designprocessen av byggnaden (Figur 1). Visst fokus kommer även finnas på byggproduktionsprocessen och rivning av befintliga byggnader när det gäller att arbeta med cirkulära materialflöden. Klimatpåverkan till följd av driften av byggnaden omfattas inte i denna sammanställning utan kan ses i ett separat kunskapspaket.



Figur 1: Kunskapspaketets berörda områden med huvudfokus på planering och byggnadsdesign. Även delar av byggnation, rivning och demontering samt förvaltningsskedet med avseende på hantering av cirkulära materialflöden tas upp (2).

Denna kunskapssammanställning kommer ha huvudfokus på skedena planering och projektering/byggnadsdesign men kommer även att täcka in delar av byggnation, rivning och demontering samt förvaltningsskedet med avseende på hantering av cirkulära materialflöden. Inom ramen för forskningsprojektet S2C har ytterligare kunskapspaket tagits fram inom områdena:

- Energianvändning i drift- och förvaltningsskedet, ansvarig organisation för kunskapspaketet är AFRY.
- Energieffektiv byggarbetsplats, ansvarig organisation för kunskapspaketet är CIT Energy Management (3).
- Utformning av pedagogiska gårdar och hur naturvärden/ekosystemtjänster kan värderas och bevaras, ansvarig organisation för kunskapspaketet är Enviroplanning och Kaminsky arkitekter.
- Kompetenser och arbetssätt till stöd för hållbart byggande, ansvarig organisation för kunskapspaketet är White arkitekter.

BAKGRUND

Byggnaders klimatpåverkan och kommande lagkrav

Bostäder och lokaler står för cirka 33 % av Sveriges totala energianvändning och 21 % av de totala inhemska utsläppen av växthusgaser enligt Boverket (exklusive importvaror). Siffror från bygg- och fastighetssektorn var 17,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter, varav 5,8 miljoner ton kommer från importvaror (4).

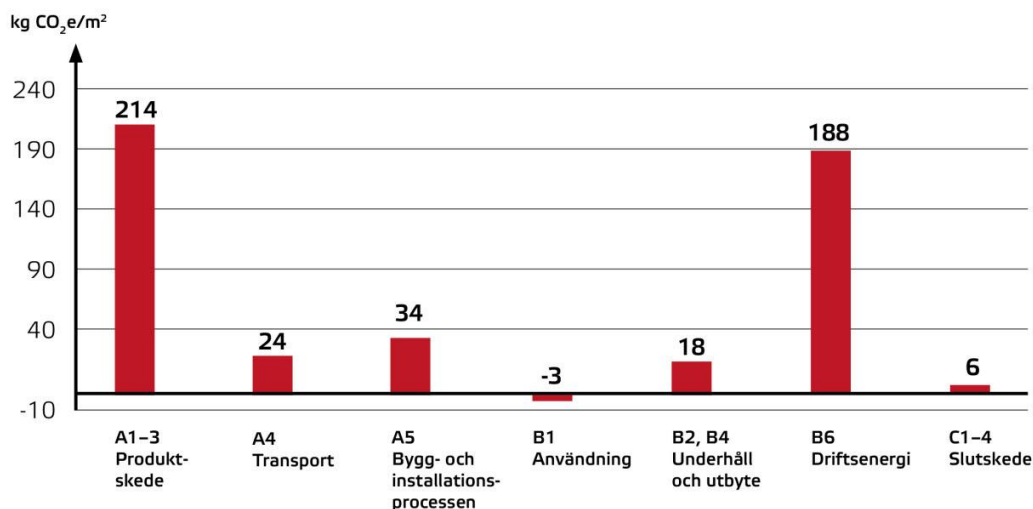
Bygg- och fastighetssektorns utsläpp av växthusgaser från uppvärmning har halverats de senaste 20 åren, medan utsläpp kopplade till byggmaterial och byggproduktion i det närmaste legat på en konstant nivå, under samma period. Stora satsningar på energieffektiva byggnader och en omställning av energisystemet i Sverige till en större andel förnybara källor för el- och värmeproduktion har ökat fokus på klimatpåverkan från produktionen av byggnader, inklusive materialet vi bygger in. Genom medvetna val av vid byggnadsdesign samt ett skifte mot mer hållbara byggmaterial finns stor potential att minska klimatpåverkan från byggnation (5).

Det finns en europeisk standardiserad beräkningsmetod, "SS-EN 15978, Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda", för att beräkna klimatpåverkan från byggnader. Enligt denna metod delas byggnadens livscykel upp i olika skeden: produktskede (A1-A3), byggskede (A4-A5), driftskede (B1-B7) och slutskede (C1-C4).

Tabell 1 Sammanställning av livscykelkedan enligt SS-EN 15978

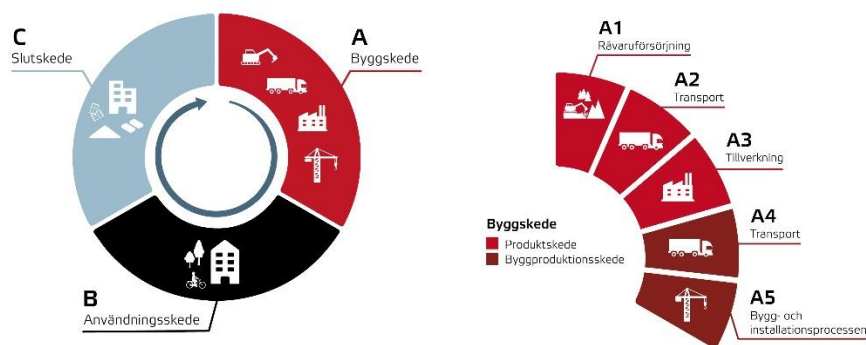
A1-3 Produktskede			A4-5 Byggskede		B1-7 Driftskede							C 1-4 Slutskede				D
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 - Byggproduktion	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport	C3 - Avfallshantering	C4 - Sluthantering	Fördelar och belastningar utanför systemgränsen	

Hur ser då fördelningen av klimatpåverkan ut för en byggnad idag? I Figur 2 nedan kan ses ett exempel på utsläpp av växthusgaser från ett flerbostadshus med en beräkningsperiod på 50 år. Ur grafen framgår att de största utsläppen av växthusgaser från en byggnad ur ett livscykelperspektiv uppstår dels i produktskedet, från byggmaterial och utsläpp under byggproduktionen, dels från driftenergin när byggnaden används. Minimering av utsläpp från byggproduktionen samt från driftenergin hanteras i separata kunskapspaket.



Figur 2: Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem (6).

Mot bakgrund av detta införde Sverige den 1 januari 2022 en ny lag om klimatdeklaration för byggnader (7). Den nya lagen innebär att byggherren ska redovisa den klimatpåverkan som uppstår under byggskedet, A1-A5, inför slutbesked av byggnaden och klimatdeklarationen ska registreras hos Boverket. Lagstiftningen innehåller i dagsläget inga krav på maximal tillåten klimatpåverkan, men förslag på datum för införande av gränsvärde ligger till 2027 (8). Se Figur 3 för beskrivning av omfattningen av livscykelkedan enligt Boverkets lagkrav.



Figur 3: Illustration från Boverket på omfattning av klimatdeklarationen markerat med rött A1-A5 (9).

I flera andra nordiska länderna pågår också utredningar för att eventuellt införa liknande krav framöver (10). I Tabell 2 nedan ses en sammanställning av status för införande av lagkrav i de nordiska länderna.

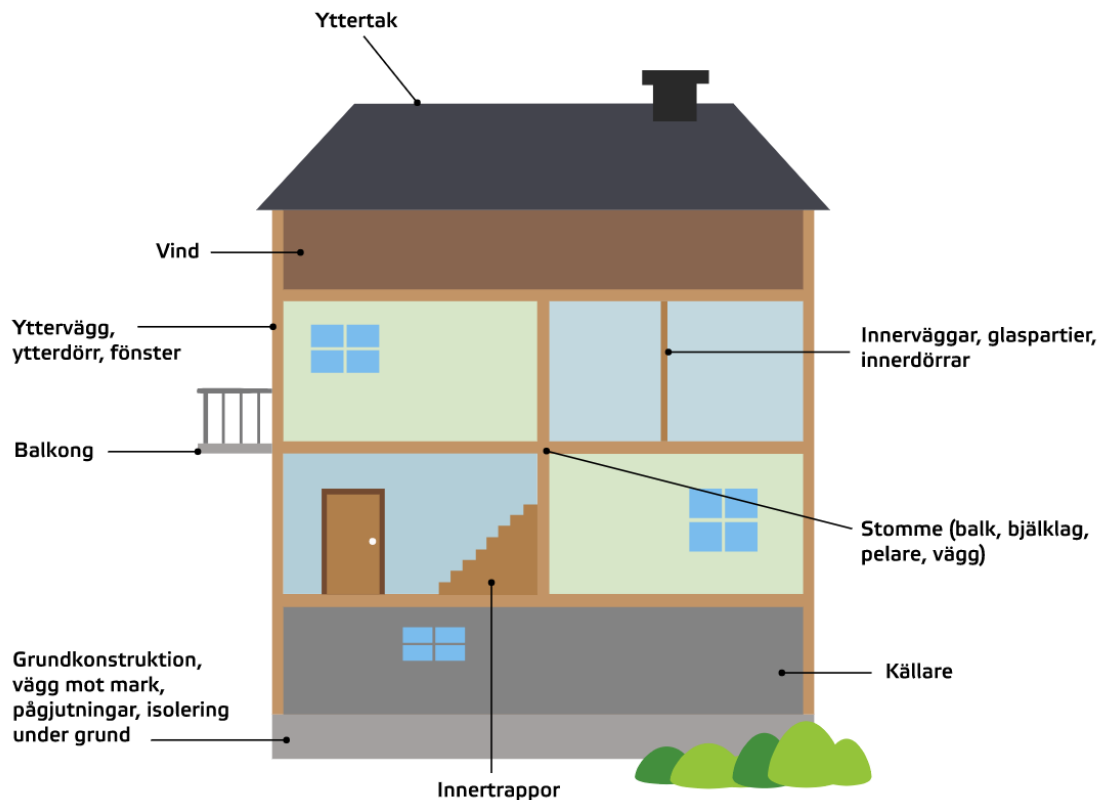
Tabell 2: Sammanställning av status för införandet av lagkrav i de nordiska länderna (10).

	<i>Danmark</i>	<i>Finland</i>	<i>Island</i>	<i>Norge</i>	<i>Sverige</i>
Klimatkrav för byggnader (politiskt beslut)	<i>Gränsvärden</i>	<i>Gränsvärden</i>	-	-	-
	<i>Klimatdeklaration</i>	<i>Klimatdeklaration</i>	-	<i>Klimatdeklaration</i>	<i>Klimatdeklaration</i>
Status – lagkrav börjar gälla:	<i>Jan 2023</i>	<i>Under utveckling</i>	-	<i>Jan 2022 (på remiss)</i>	<i>Jan 2022</i>
Planerad introduktion av gränsvärden	<i>2023/2025 Byggnader över 1000 m² 2023, alla byggnader 2025</i>	<i>Innan 2025</i>	<i>Under utredning</i>	<i>Under utredning</i>	<i>2027 (ev tidigare)</i>
LCA verktyg som krav i lagförslaget	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>	<i>Nej</i>
Utvecklat av	<i>Housing and planning authority (Bolíg - og Planstyrelsen)</i>	<i>Ministry of the environment (Ympäristöministeriö)</i>	<i>Housing and construction authority (Húsnæðis- og mannvirkjastofnun)</i>	<i>Norwegian Building Authority (Direktoratet for byggkvalitet)</i>	<i>National Board of housing, Building and Planning (Boverket)</i>

Referensvärden klimatpåverkan från byggnader

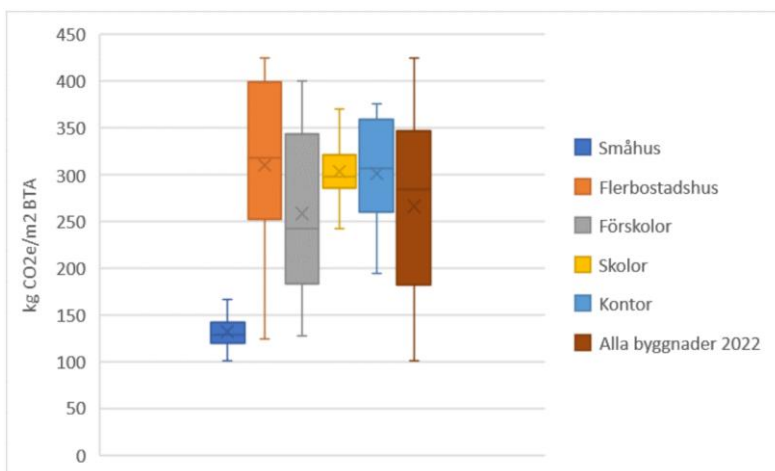
Under 2021 gav Boverket i Sverige ett uppdrag till Kungliga Tekniska Högskolan att ta fram referensvärden för klimatpåverkan som är representativa för byggandet idag (11).

Referensvärden har beräknats för samma systemgränser som gäller enligt reglerna om klimatdeklaration för byggnader som träder i kraft 1 januari 2022, det vill säga för byggskedet (modul A1–A5) och byggdelarna klimatskärm, bärande konstruktionsdelar och icke-bärande innerväggar klimatdeklaration. Till 2027 är förslaget att inkludera ytterligare byggdelar som installationer, fast inredning och ytskikt (9) (12).



Figur 4: Illustration över de byggdelar som ingår i klimatdeklaration (13).

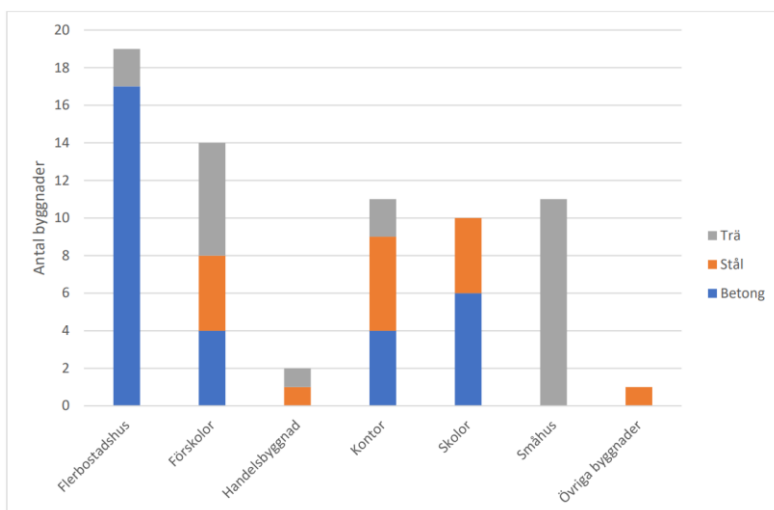
Referensvärdena som presenteras nedan i Figur 5 redovisas för byggnadstyperna småhus, flerbostadshus, kontor, förskolor och skolor (11). De uttrycks i enheten koldioxidekvivalenter per kvadratmeter BTA. De byggnader som analyserats i studien inkluderar 19 flerbostadshus, 14 förskolor och runt tio vardera av kontor, småhus respektive skolor.



Figur 5: Referensvärdena redovisas i form av medelvärde, medianvärde samt övre och undre kvartil. X:en i lådorna visar medelvärde, linjen i mitten av lådorna visar medianvärdet, och övre och undre delen av lådorna

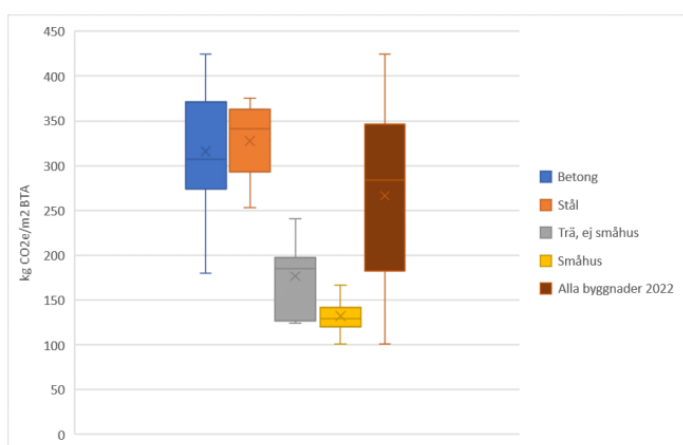
visar den övre och undre kvartilen. Resultatet är uttryckt i kilo koldioxidekvivalenter per kvadratmeter BTA, för de systemgränser som gäller enligt reglerna om klimatdeklaration för byggnader när de träder i kraft 2022 (11).

För att ge en bakgrund till vilka konstruktionstyper som analyserats så beskrivs stommaterialet för de olika byggnaderna i studien med nedanstående stapeldiagram, Figur 6 och Figur 7.



Figur 6: Antal byggnader av respektive byggnadstyp samt byggnadernas huvudsakliga stomtyper (11).

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.



Figur 7: Klimatpåverkan modul A1-A5 utifrån stomtyp. Systemgräns enligt klimatdeklaration 2022 (11).

En analys gjordes i studien av hur klimatpåverkan förändras om ett antal material byts ut mot alternativ med lägre klimatpåverkan, Tabell 3. Det som byttes ut var betongprodukter, konstruktionsstål och aluminium. I studien konstaterades att klimatpåverkan kan i genomsnitt minska med 12 % genom utbyte till de klimatförbättrade produkttyperna.

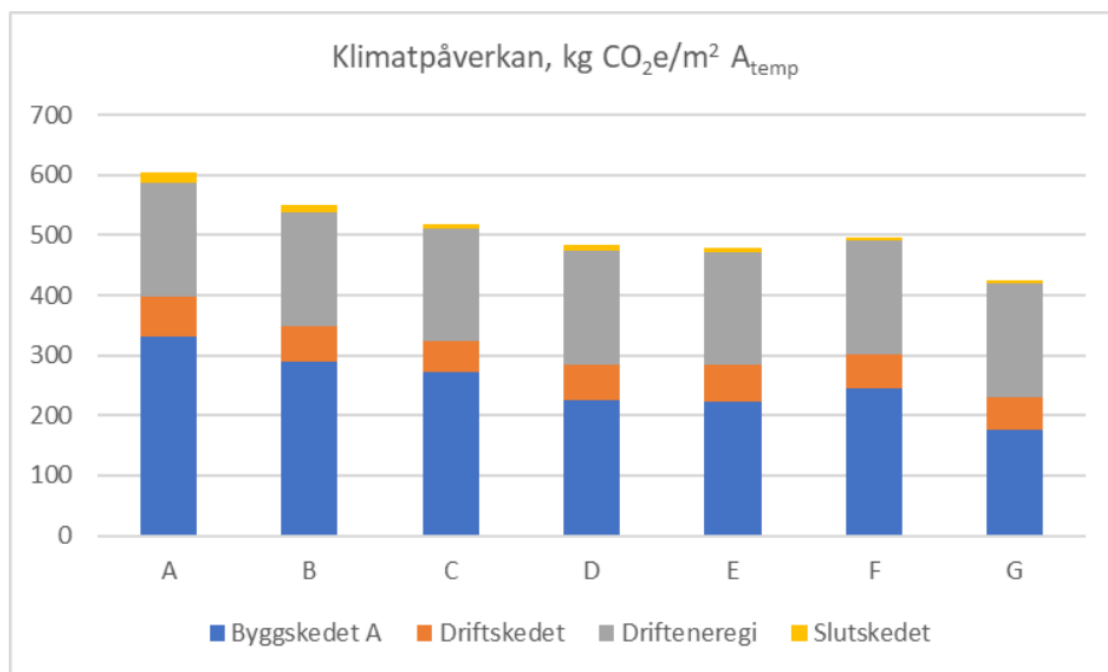
Förbättringspotentialen för byggnaderna varierar dock avsevärt, från 2 till 25 %.

Tabell 3: Reduktionspotential genom förbättrade materialval (enligt systemgräns i klimatdeklaration 2027) stomtyper (11).

	Betongstomme	Stålstomme
Flerbostadshus	12-18 %, genomsnitt 14 %	Saknas i studien
Kontor	11-18 %, genomsnitt 15 %	14-22 %, genomsnitt 18 %

Från FoU-projektet "Klimatpåverkan av nyproducerade flerbostadshus med jämförande LCA-analyser för ett flerbostadshus som typhus" togs en rapport fram med jämförelser av klimatpåverkan från flerbostadshus med olika stomsystem. Totalt har sex stomsystem analyserats där det konstateras att det finns stora potentialer att minska klimatpåverkan från byggskedet, oavsett vilken konstruktionslösning som väljs, Figur 8. Det som har bytts ut i respektive beräkning är alltså bara stomsystemet, fasad och taklösning är densamma i alla beräkningarna. Den klimatberäkning som gjorts i denna rapport följer den systemgräns för byggdelar som gäller enligt lagkravet på Klimatdeklaration för alla nybyggnader, men med tillägg av schabloner för de byggdelar som ligger utanför den systemgränsen (6) (14).

- A. Platsgjuten betong med kvarsittande form, bärande yttervägg
- B. Platsgjuten betong, lätta utfackningsvägg
- C. Prefab betong, bärande yttervägg i betong
- D. Volymelement med trä
- E. KL-trä i stomme och yttervägg
- F. Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, lätta utfackningsvägg
- G. Träbaserade byggelement med lättbalkar



Figur 8: Klimatpåverkan GWP-GHG för referenshuset Blå Jungfrun för olika bygglattformar under 50 år (14).

Klimatpåverkan från byggskedet (från råvaruuttag till färdig byggnad) presenteras i Tabell 4 nedan i fallande skala från stomsystemet med störst påverkan till stomsystemet med lägst påverkan.

Tabell 4: Klimatpåverkan från byggskedet för olika stomsystem (från råvaruuttag till färdig byggnad) (14).

	kg CO ₂ /m ² BTA (A1-A5)
A) Platsgjuten betong med kvarsittande form, bärande yttervägg	296
B) Platsgjuten betong, lätta utfackningsvägg	259
C) Prefab betong, bärande yttervägg i betong	242
F) Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, lätta utfackningsvägg	213
D) Volymelement med trä	200
E) KL-trä i stomme och yttervägg	192
G) Träbaserade byggelement med lättbalkar	150

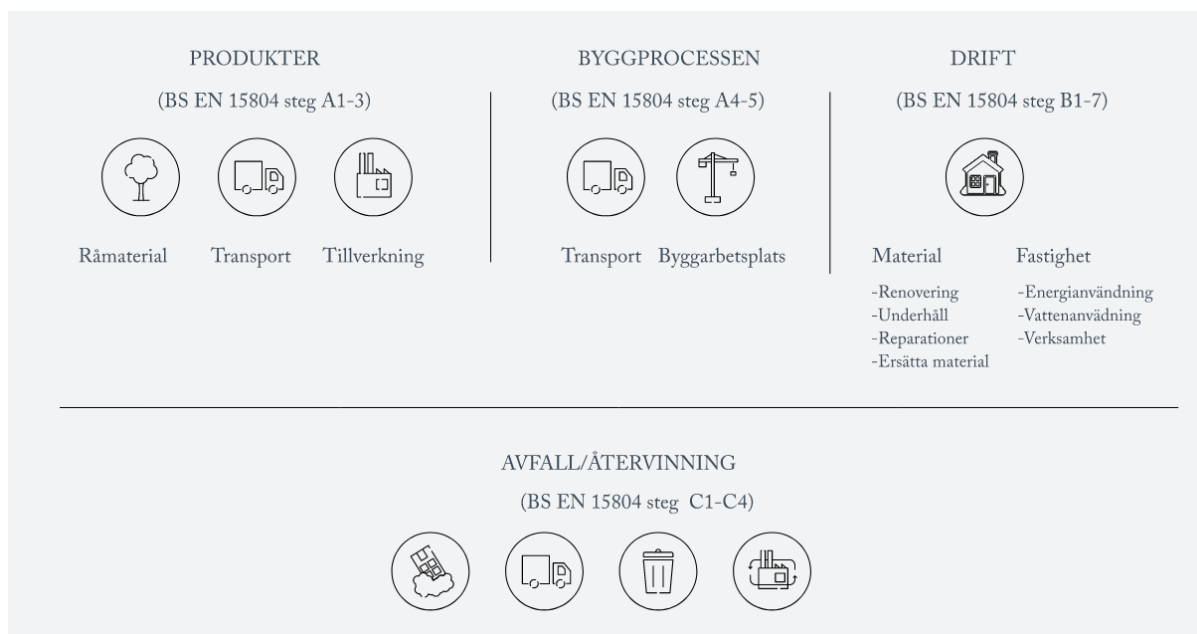


LIVSCYKELPERSPEKTIV FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN

Ett livscykelperspektiv med tillämpning av LCA- och LCC-metodik blir allt viktigare i arbetet med att minska byggnaders klimatpåverkan. I livscykelberäkningar ser vi resultatet av de faktiska konstruktionerna, de valda materialen och deras användning komma samman. Denna del av kunskapspaketet ska svara på och ge förslag till hur livscykelperspektivet kan bidra till arbetet med att minska klimatpåverkan.

Livscykelperspektiv – LCA och LCC

Byggnadens livscykel består av olika delsteg, där produktskedet (A1-A3) innefattar all påverkan fram tills produkten lämnar fabriken. Byggproduktionsskedet (A4-A5) innefattar transport av varor till byggplatsen och uppförandet av byggnaden. Användningsskedet (B1-B7) innefattar byggnadens användningsskede, med underhåll, reparationer, drift m.m. Slutskedet (C1-C4) innefattar rivning, transport, deponering m.m.



Figur 9: Livscykelkedan enligt den europeiska standarden BS EN 15804. Illustration från (5).

Två begrepp som används för att beskriva livscykelperspektiv är LCA och LCC. LCC innebär en beräkning av den totala livscykelkostnaden för en produkt. I en LCC sammanställs den initiala investeringskostnaden samt framtida kostnader och intäkter för produkten. En livscykelanalys, LCA, innebär en analys av en produkts totala miljöpåverkan från alla steg under hela livscykeln. Den internationella standarden ISO 14044 ligger som grund för hur en LCA ska genomföras. I en LCA beaktas den miljöpåverkan som uppkommer i samtliga steg från råvaruutvinning, tillverkningsprocesser och transporter till användning och sluthantering. Den uppkomna miljöpåverkan redovisas utifrån olika miljöindikatorer, exempelvis klimatpåverkan, ekotoxitet, marknära ozon och försurning. I bygg- och fastighetsbranschen är det idag vanligast att en LCA

begränsas till att hantera enbart klimatpåverkan, vilket även är fokus i denna kunskapssammanställning (15).

För att beräkna LCA och LCC för byggnader finns standardiserade europeiska beräkningsmetoder:

- LCA för en byggnad: "SS-EN 15978, Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda".
- LCA för en byggprodukt: "SS-EN 15804, Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler".
- LCC för en byggnad: "SS ISO 15686, Byggnader och byggnadsverk – Livslängdsplanering" och "SS-EN 16627, Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders ekonomiska prestanda – Beräkningsmetoder".

LCA - koldioxidekvivalenter

Koldioxid är den vanligaste växthusgasen och klimatpåverkan för produkter redovisas vanligtvis i koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv). Det finns många andra gaser som bidrar till växthuseffekten (t.ex. metan, vattenånga, lustgas etc.) och påverkan från dessa gaser viktas mot påverkan från koldioxid för att få mätetalet koldioxidekvivalenter. Vissa gaser har en högre påverkan på klimatet än koldioxid, till exempel har 1 kg metan lika stor effekt på växthuseffekten som 25 kg koldioxid, 1 kg metan räknas då som 25 CO₂-ekv.

LCA - funktionell enhet och nyckeltal

För att kunna jämföra olika byggnader med varandra är det viktigt att byggnaderna har samma grundläggande funktion, vilket i LCA-termer beskrivs som funktionell enhet. Det är vanligt att hänvisa till uppfyllelse av Boverkets byggregler vid beskrivning av funktion på byggnader och det är också viktigt att jämföra klimatpåverkan med samma nyckeltal. Vid redovisning av klimatpåverkan från en byggnad anges ofta klimatpåverkan per area som nyckeltal, tex bruttoarea eller A_{temp}. Klimatpåverkan redovisas alltså som kg CO₂-ekv/m²(bruttoarea/A_{temp}), där boverkets byggregler uppfylls. Enligt gällande klimatdeklaration ska klimatpåverkan redovisas per bruttoarea (BTA).

LCA - metoder

Val av metod för LCA bör anpassas efter vilket syfte som studien har. Två vanliga typer av LCA-metoder är konsekvens LCA och bokförings LCA. En konsekvensbaserad LCA svarar på frågor så som "Vad händer om ..." och syftar till att undersöka vilken påverkan olika val eller förändringar ger. En bokförings LCA syftar till att svara på frågor som "Vilken miljöpåverkan kan kopplas till en produkt" (16). Bokförings LCA är den vanligaste metoden för beräkning och jämförelse av klimatpåverkan av byggnader och är även den metod som LCA-standarden SS-EN15978:2011 Hållbarhet för byggnadsverk utgår ifrån.

För återbrukade produkter kan denna fråga vara lite extra viktig. För produkter som återbrukas nollas den klimatpåverkan som annars uppstår vid en produkts utvinning av råvaror och tillverkningsprocess. Däremot beaktas klimatpåverkan som kan uppstå vid rekonditionering, transporter och lagerhållning av produkten. Vidare kan återbrukade produkter ha andra

drifteffekter, så som ökat behov av underhåll eller en sämre energiprestanda. Produkter som tillgängliggörs för återbruk, exempelvis vid ombyggnation eller rivning, får bara tillgodoräkna sig en utebliven klimatpåverkan från avfallshantering. En handledning för hur klimateffekterna av återbruk kan beräknas finns framtagna (17).

LCA - systemavgränsningar

Vid upprättandet av en LCA-beräkning för en byggnad är det viktigt att definiera vilka systemavgränsningar som gäller för den specifika byggnaden. Detta är dels för att möjliggöra jämförelser av klimatpåverkan mellan olika byggnader och för att på ett transparent sätt redovisa för avgränsningar och dataluckor i beräkningen. Följande parametrar bör anges vid redovisning av en LCA beräkning:

- **Livscykelkedan** – vilka livscykelkedan ingår i beräkningen? Beskrivs utifrån livscykelkedorna i den europeiska standarden BS EN 15804.
- **Byggdelar** - vilka delar av byggnaden ingår i beräkningen? Det finns flera system för att ange byggdelar, exempelvis BSAB-systemet och SBEF:s byggdelstabell.
- **Livslängd** – hur lång livslängd antas byggnaden ha? Vanligt är att anta en livslängd på 50 år (NollCO₂ och Boverkets lagkrav om klimatdeklaration antar 50 år), men även 100 år förekommer.
- **Täckningsgrad** – hur stor andel av byggnadens klimatpåverkan har beräknats med faktiska uppgifter? Täckningsgraden visar hur väl LCA beräkningen speglar den uppförda byggnaden. Täckningsgraden beräknas genom division av summan av kostnaden (eller mängden) för alla byggprodukter som kunnat mätas och som det finns klimatdata för med summan av kostnaden (eller mängden) för alla byggprodukter (12).

AVGRÄNSNINGAR ENLIGT LAGEN OM KLIMATDEKLARATION

Ett exempel på avgränsningar kan ses i den svenska lagen om klimatdeklaration för byggnader (9).

- **Livscykelkedan** – livscykelkedan A1-A5 ingår i lagen om klimatdeklaration.
- **Byggdelar** – bärande konstruktionsdelar i stomme och grund, klimatskärm och innerväggar ingår i lagen om klimatdeklaration.
- **Livslängd** – en antagen livslängd på 50 år för byggnaden ingår i lagen om klimatdeklaration.
- **Täckningsgrad** – täckningsgrad skall beräknas men ingen nivå på täckningsgrad är angiven i klimatdeklarationen.

Klimatdata och EPD

Det finns två olika typer av klimatdata; generiska och specifika klimatdata. Den generiska klimatdata som Boverket publicerat och som finns tillgänglig i Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg speglar byggprodukter med svenska förhållanden. Specifika klimatdata

speglar till skillnad från generisk data en produkts verkliga klimatpåverkan. Specifika data bör vara tredjepartsgranskad och inhämtad från en tredjepartsgranskad EPD.

Miljöpåverkan för en produkt eller produktgrupp kan redovisas i tillverkarens Environmental Product Declarations (EPD:er eller miljövarudeklaration) (18). Som en del av miljöpåverkan redovisas klimatpåverkan i enheten kg koldioxidekvivalenter (växthusgaser) per funktionell enhet. EPD:er upprättas enligt standarden ISO 14025 (Miljömärkning och miljödeklarationer) samt de produktspecifika reglerna för byggprodukter och byggnadsverk EN 15804.

En EPD kan redovisa miljöpåverkan för hela livscykeln eller begränsas till produktskedet som en följd av brist på data. Produktskedet motsvarar miljöpåverkan som uppstår från råvarubrytning till att produkten är färdig att lämna fabriken steg, A1-A3.

En EPD kan vara framtagen för en specifik produkt eller en hel produktgrupp. EPD:er för den sistnämnda baseras på generiska data, det vill säga antagna data som vanligtvis med god marginal är på den säkra sidan. Det ska alltså löna sig för tillverkare att ta fram en produktspecifik EPD. För att säkerställa att uppgifterna i en EPD är korrekta så granskas de av en oberoende part. Med specifika EPD:er är det möjligt att jämföra två produkter med samma funktion ur till exempel klimatsynpunkt. Det kan dock förekomma variationer i kvalitét vid jämförelse av EPD:er. Detta då det trots specifika standarder fortsatt finns ett stort utrymme för tolkningar och möjligheter att variera systemgränser. En viktig aspekt att kontrollera är att de EPD:er som jämförs utgår från samma Product category rules (PCR) – alltså riktlinjer om avgränsning, metodval och dataunderlag för en viss kategori av produkter.

Var hittar man generiska klimatdata?

- Boverkets klimatdatabas (måste användas vid upprättande av en klimatdeklaration), se källhänvisning (19)
- Finsk klimatdatabas, se källhänvisning (20)
- Tysk klimatdatabas, se källhänvisning (21)

Klimatberäkningsverktyg kan innehålla egna generiska klimatdata, dock har vissa avgift för att få tillgång till verktygen. Exempel på verktyg:

- Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg 1.0, se källhänvisning (22)
- OneClick LCA, se källhänvisning (23)
- Prodikt, se källhänvisning (24)
- Anavitor, se källhänvisning (25)
- Plant, se källhänvisning (26)
- Bidcon, se källhänvisning (27)

Var hittar man specifik klimatdata / EPD:er?

- EPD Norge, se källhänvisning (28)

- The International EPD System, se källhänvisning (18)
- Leverantörers hemsidor
- Klimatberäkningsverktygen kan innehålla specifika klimatdata. Se lista ovan.

Resurssammanställning

För att genomföra klimatberäkningar för en byggnad krävs identifiering av ingående resurser.

MATERIAL

För beräkning av klimatpåverkan från material krävs sammanställning av totala mängder material och sammansatta produkter. Detta kan fås antingen från:

- Kostnadskalkyler
- Projekterade mängder - BIM-modell eller uppskattning från projektör
- Inköpta mängder – tex uppföljning via fakturastatistik
- Materialloggbok med angivna mängder

För att kunna koppla resursen till relevant klimatdata är det önskvärt att få mängderna sammanställda i kg (alt m^3) då klimatdata ofta är uttryckt som koldioxidekvivalenter per kg eller m^3 material. Det är dock vanligt att mängder i kalkyler och modeller redovisas i andra enheter (så som m^2 , löpmeter eller styck av en sammansatt produkt) och då krävs enhetsomvandling.

Mängder från kalkyler, projektering, inköp, BIM-modeller			Mängd (kg)
Fönster	40 m^2	→	xx kg
Kabel	200 m	→	xx kg
Regel 45x45	50 m	→	xx kg
Betong	1000 m^3	→	xx kg

Figur 10: Schematisk bild över omvandling av mängder som ofta krävs vid sammanställning av materialresurser (5).

TRANSPORTER

Vid användning av LCA-verktyg, liknande de som nämns ovan, finns ofta generiska transportsценарion inlagda för produkter med generiska klimatdata. Där anges transportsätt, bränsletyp och transportavstånd. Vid användning av klimatdata från EPD:er finns även där angivet ett transportsценарion baserat på den produktens normala upptagsområde. I de fall där uppföljning av faktiska transporter ska genomföras går scenarion att justera i beräkningsverktygen.

Under projektet förskolan Hoppet, uppförd av lokalförvaltningen i Göteborgs Stad, följdes merparten av transportererna upp av entreprenören (29). Erfarenhet från det arbetet var vikten av att ha löpande transportuppföljningar där miljösamordnare, logistikchef och transportplanerare deltog samt att stämma av löpande med underentreprenörer. Kravdokument och informationsdokument togs även fram i tidigt skede för att säkerställa att samtliga på byggarbetsplatsen hade fått information kring kravställningen (30).

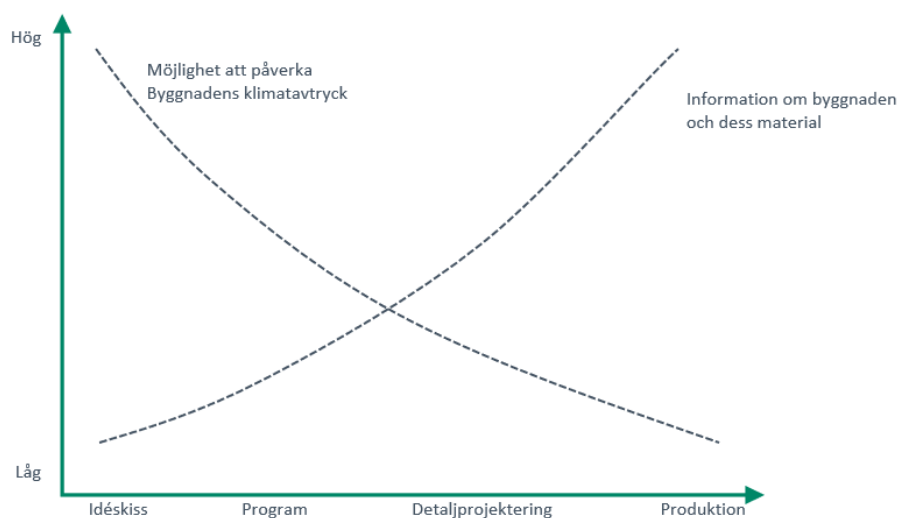
ENERGIANVÄNDNING PÅ BYGGARBETSPLATSEN

En separat kunskapssammanställning av energianvändning på byggarbetsplatsen, energieffektiva maskiner och utrustning på marknaden och goda exempel kring olika entreprenörers arbete med energieffektiva byggprojekt har tagits fram inom Scandinavian Sustainable Circular Construction (3). I denna föreslås en vägledning för energiarbetet genom byggprojektets faser. För varje fas beskrivs identifierade aktiviteter och krav som kan ställas vid upphandling för att upprätta ett energieffektivt byggskede. Dessutom finns övergripande beskrivning för vilken mätning som behövs för att kunna följa upp energianvändning på byggarbetsplatsen och hur en mätplan kan utformas. Sist presenteras tre byggprojekt och energianvändningen i byggskedet för att få inblick i hur energianvändningen i byggskedet varierar för olika byggkoncept.

Klimatberäkning under designprocessen

Klimatberäkningar i byggprojekt kan genomföras i olika skeden under byggprocessen och dessa beräkningar genomförs med olika syften samt med olika typer av beräkningsunderlag (Figur 13).

I tidiga skeden i byggprocessen finns stor potential att påverka byggnadens klimatavtryck samtidigt som informationen om byggnadens material och system är väldigt låg. Detta beskriver svårigheten med att utföra LCA-analyser som är tillförlitliga i tidiga skeden. Dock är det viktigt att tidiga analyser genomförs, särskilt då kostnaden för förändring i tidiga skeden även den är låg.

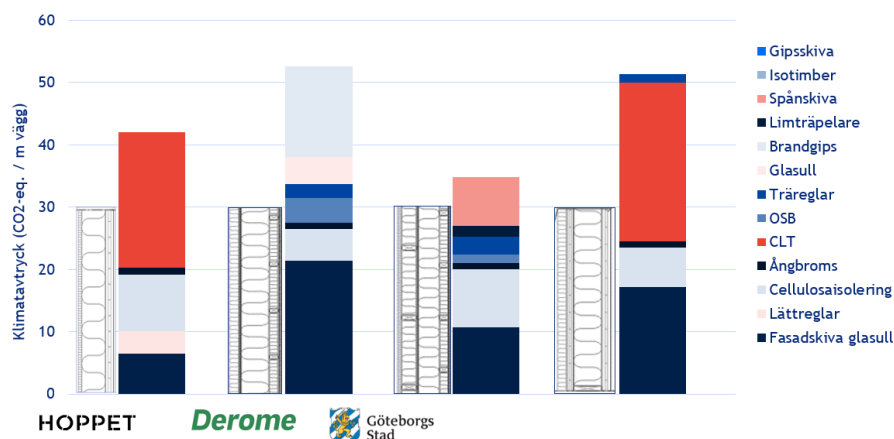


Figur 11: Graf över förhållandet mellan möjligheterna att påverka byggnadens klimatavtryck och tillgänglig information om byggnaden (31).

Beräkningarna i tidigt skede görs oftast med generiska data. Det är inte säkert att det finns materialmängder tillgängliga, men uppskattningar kan göras baserat på likvärdiga projekt eller från grova kalkyler (5).

I projektering kan klimatberäkningar användas som stöd i system- och produktval, där material jämförs baserat på generisk och/eller specifik data för likvärdiga produkter. Leverantörer kan också jämföras med varandra, både med avseende på transportavstånd och bränslen men också beroende på var produkter tillverkas och vilken energimix som finns där.

Ett sätt att jobba systematiskt med klimatberäkning är att jämföra tvärsnitt av material, vilket kan ses i nedanstående jämförelse av väggtyper som utfördes i lokalförvaltningen i Göteborgs förskoleprojekt Hoppet (32). Viktigt är dock att alla alternativ som jämförs uppfyller samma funktionskrav med avseende på exempelvis brand, fukt, energi, ljud och hållfasthet. Även väggens beständighet och livslängd bör beaktas.



Figur 12: Jämförelse av väggtyper i projektet Hoppet (32).

I produktion bör klimatkrav ställas vid utbyten av material, så att inte likvärdiga material men med högre klimatpåverkan köps in. Beräkningen bör uppdateras vid eventuella utbyten och förändringar. Under byggskedet handlar det också om att beakta klimatpåverkan från själva byggarbetsplatsen där det blir viktigt att optimera energianvändningen och se över maskinparken med avseende på utsläpp från bränslen.

Beräkning i färdig byggnad kan göras på faktiskt inköpta materialmängder. I detta skede har beslut redan tagits om system- och materialval, varför beräkningen inte kan användas för att jämföra val utan i stället kan användas i syfte att undersöka vilken klimatprestanda en byggnad slutligen fick.



Figur 13: Schematisk bild över klimatberäkning genom ett projekts olika skeden i byggprocessen (5).

För att få ytterligare stöd i arbetet med klimatberäkning och klimatförbättrande åtgärder genom byggprocessen finns följande vägledningar och guider:

- *Vägledning för att minska klimatpåverkan i byggprojekt* (IVL Svenska Miljöinstitutet) som beskriver en arbetsprocess i 5 steg (33)
 - Förbered organisationen för projektens klimatarbete.
 - Planera och utför insamling av underlag.
 - Beräkna projektens klimatpåverkan
 - Utvärdera klimatpåverkan och förbättra projekten
 - Återför erfarenheter mellan projekt och aktörer.
- Guide för klimateffektivt byggande med erfarenheter från projektet Hoppet av Lokalförvaltningen Göteborgs stad och Bengt Dahlgren (5).

KRAVSTÄLLNING KLIMAT

Allt fler företag och organisationer sätter upp klimatmål för sin verksamhet och sina byggprojekt. Efterfrågan på klimateffektivt byggande är därmed stor. En viktig pusselbit är att kunna krävställa klimatpåverkan och cirkularitet vid upphandling.

Hinder och möjligheter

Genom tidiga och tydliga kravställningar finns det stora möjligheter till klimateffektivt byggande. Ju tidigare klimatfrågan kommer in i ett projekt, desto mindre påverkan har den på projektets slutkostnad.

Samtidigt är ekonomin det största hindret för få fart på det koldioxidsnåla byggandet världen över enligt en studie där hinder och möjligheter för byggande som minskar klimatpåverkan kartlagts (34). Framför allt är det byggherrarna som ser ökande kostnader som problematiska, medan de som ska bo i nya energisnåla hus är mer positiva.

Upphandlingsmyndigheten har identifierat nio framgångsfaktorer för att främja minskad klimatpåverkan vid offentlig upphandling av bygg-, anläggnings- och fastighetsentreprenader (35).

1. Tydliga beslut och stöd från ledningen: strategi och styrdokument.
2. Samverkan internt och externt.
3. Samarbeta i beställarnätverk.
4. Intra bygg- och anläggningsbranschens och leverantörens perspektiv.
5. Ta vara på transformativa och innovativa lösningar inom byggbranschen.
6. Integrera klimatarbetet i projekteringsprocessen.
7. Planera för en energieffektiv fastighetsdrift.
8. Uppföljning av ställda krav.
9. Proaktiv inköpsorganisation hos byggentreprenören.

Kravställning vid upphandling

Svensk offentlig upphandling omsätter cirka 800 miljarder kronor årligen. Det motsvarar närmare en femtedel av Sveriges BNP. När offentlig upphandling används strategiskt finns stora möjligheter att driva på utvecklingen till ett mer hållbart samhälle genom att efterfråga socialt och miljömässigt hållbara produkter och tjänster och samtidigt använda leverantörers innovationsförmåga för att utveckla nya lösningar (36). Bygg, fastigheter och mark står för närmare 40 % av klimatpåverkan till följd av offentliga inköp (37). Klimatpåverkan till följd av offentliga inköp uppgick 2019 till 23,5 miljoner ton CO₂-e. Inköpskategorin bygg, fastighet och mark står för 9,2 miljoner ton CO₂-e eller 39 % av den totala påverkan.

I dagsläget är hållbarhetskrav sällan avgörande i byggupphandlingar. En kartläggning av 181 byggupphandlingar visar att mindre än 10 % hade social och miljömässig hållbarhet som urvalskriterium (38).

Upphandlingsmyndigheten har tagit fram förslag på nya klimatkrav som kan användas vid upphandling av byggtreprenader och konsulter till projektering (39). Målgruppen är offentliga fastighetsägare och byggherrar, som upphandlar konsulter för tidiga skeden eller totalentreprenader och utförande entreprenader. I klimatkraven som tagits fram finns förslag på procentuell minskning av klimatpåverkan i tre nivåer: 10 %, 25 % respektive 45 %. Ambitionerna måste skärpas stegvis framöver för att klara av klimatmålen.

Upphandlingsmyndigheten har föreslagit en uppsättning olika kravställningar (37):

1) Kompetens- och resurskrav Klimatansvarig. Klimatansvarig är en person som är ansvarig för att styra planering, utförande och dokumentation av klimatarbetet i projektet (dokumenterad utbildning eller 1 års erfarenhet).

2-4) Klimatkrav - minskning utan krav på högst tillåtna klimatpåverkan. Minska objektets klimatpåverkan genom aktiva val och klimatberäkningar samt ta fram en handlingsplan.

5) Högst tillåtna klimatpåverkan. Förslag på nivåer kommer längre fram.

6) Säkerställande av klimatkrav i betonghantering. Det är viktigt att se över betongkvaliteten, som ej får ändras till varianter med högre klimatpåverkan, samt tydligt visa i tidplanerna för efterbehandlingstiden då betongen brinner.

Även privat upphandling är givetvis viktig för att minska klimatpåverkan i byggbranschen. Från diskussion med hållbarhetsstrateger och hållbarhetschefer inom både offentliga beställare, fastighetsutvecklare och entreprenörer framkom att det som krävs för att göra klimatprestanda mer styrande vid upphandling är:

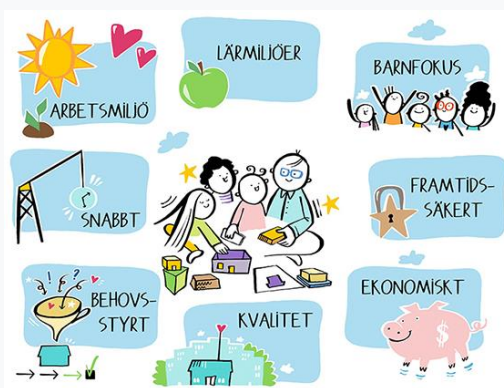
- Att sätta max-tak på klimatpåverkan
- Att ställa klimatkrav anpassat för olika konstruktionslösningar
- Att ställa krav på att entreprenör ska redovisa hur de ska arbeta med klimatpåverkan från byggarbetsplatsen.
- Att införa bonus- och vite system kopplat till klimatpåverkan. Framför allt bonus anses gynnsamt i ett första skede innan större erfarenhet av att arbeta med klimatpåverkan finns.

Det är även viktigt att kunskapen ökar hos entreprenörerna och att få ut kunskapen på bredden i organisationen. Eftersom kravställningen från byggherrar varierar i hög grad så råder stor osäkerhet idag när det gäller att lämna anbud på nya tekniker, speciellt om det ligger vite.

Från en intervjuserie efter avslutad byggprocess för lokalförvaltningen Göteborg Stads förskola Hoppet framgår det att samverkansentreprenad var en stor nyckelfaktor till det lyckade resultatet. Flera discipliner lyfter det som en bidragande orsak till att stämningen och lösningsförmågan i projektet var så god (30).

EXEMPELPROJEKT – Ramavtal nyckelfärdiga förskolebyggnader, Adda

Ett ramavtal finns framtaget för att köpa permanenta nyckelfärdiga förskolebyggnader till ett fast pris. Det finns möjligheter att anpassa de upphandlade förskolorna utifrån behov. Leverantörerna har ett åtagande om att beräkna och årligen minska konceptförskolornas klimatpåverkan under byggskedet. Detta ökar kunskaperna kring byggnadernas klimatprestanda och möjliggör mer klimatsmarta val (121).



Figur 14 14: Bildkälla (121).

EXEMPELPROJEKT – Högasten, Helsingborgshem

Helsingborgshem har tagit fram och testat ett nytt sätt att ställa krav där man får en fördel när man lämnar anbud om man har ett förslag som innebär låg klimatpåverkan. I en upphandling för nybyggnation på Högasten. Entreprenörerna kan till exempel minska klimatpåverkan från byggprojekt genom att minska mängden material, använda återbrukat material eller vara noggranna med vilka material man placerar på olika platser (120).



Figur 15 15: Högasten, bildkälla (120).

CIRKULÄR UPPHANDLING

Ökat återbruk och cirkularitet är viktigt då det minskar avfallet och klimatpåverkan, bidra till en positiv samhällsutveckling samt leder till kostnadsbesparingar, ökad sysselsättning och minskat uttag av råvaror (40).

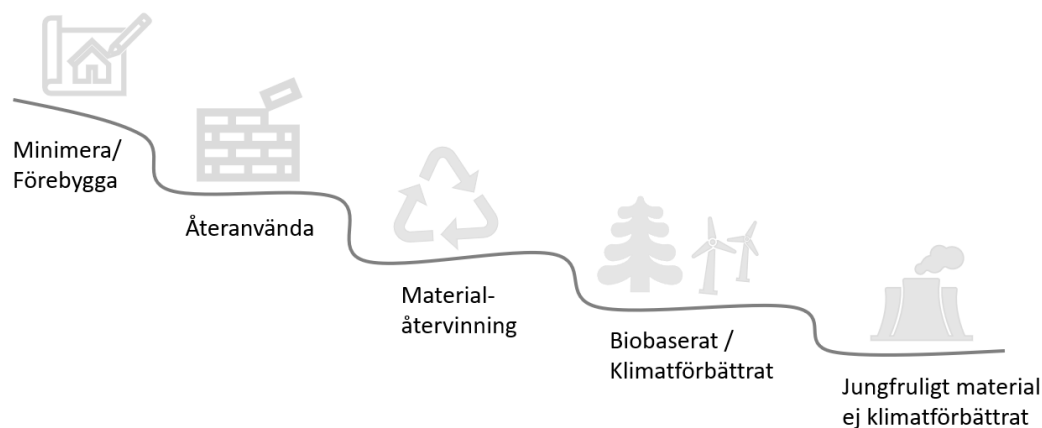
För att öka återbruk och cirkularitet i byggsektorn kan detta kravställas separat vid upphandling. Då cirkulariteten i dagsläget oftast är låg i projekten är det inte säkert att det påverkar klimatsiffrorna och därmed påverkas av upphandling med klimatkrav. Vid utbyte av en produkt med låg klimatbelastning till en återbrukad sådan ger inte heller utbytet en särskilt stor klimatminskning.

Cirkulära Göteborg har tagit fram rekommendationer till offentliga upphandlare i bygg- och rivningsprojekt (41). Nedan finns några exempel på cirkulära principer som kan implementeras redan idag:

- Utforma interna projekteringsriktlinjer och anvisningar med cirkulära principer
- Upphandla konsulter med kunskap och erfarenhet inom återbruk
- Ställ krav på demonteringsplaner vid ny- och ombyggnation
- Genomför materialinventeringar vid ombyggnads- och rivningsprojekt
- Ta fram riktlinjer och ställ krav på digital informationslagring i alla projekt
- Ställ krav på cirkulär avfallshantering och materialhanteringsplan
- Ställ inte krav på specifika tekniska lösningar vid funktionsupphandling och involvera byggaktörer i tidig dialog
- Säkerställ uppföljning av krav genom vite och bonussystem
- Ställ krav på livscykelanalyser
- Använd återbrukskonsult vid nybyggnad, ombyggnad och rivning
- Ställ krav på samarbete mellan byggtreprenör och återbruksaktörer

För att få ytterligare stöd i kravställningen inför rivning finns förslag på krav framtagna som kan ställas vid rivning och flytt, med syfte att ta tillvara material och produkter som kan återbrukas (42). Ännu mer stöd finns i förslag till AF-texter avseende upphandling av materialinventering, rivning och avfallshantering finns i bilagorna till Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning 2019 (43).

För att ytterligare motivera val av produkter utifrån cirkularitetspotential och miljöpåverkan bör valen utgå från avfallstrappan med tillägg att nytillverkade produkter som är i första hand återbrukbara och i andra hand återvinningsbara i nästa led bör prioriteras.



Figur 16: Tolkning av avfallstrappan ur ett cirkulärt perspektiv för byggprodukter (44).

Klimatbudget

En guide för att lyckas med en klimatbudget har tagits fram inom Byggtmaningen Klimatbudget (45). Guiden är uppdelad i följande moment:



1. Beräkna utsläppen!

Beräkna utsläppen i ett referensprojekt eller ett kommande projekt. Beräkningen bör minst omfatta produktionen av byggnaden (råvaruuttag, transport till fabrik, tillverkning av produkt/material, transport från fabrik till byggarbetsplats och själva byggproduktionen). Även byggnadens energianvändning, sannolika renoveringar och underhåll, eller andra utsläpp som organisationen har inflytande över kan inräknas. Det är även viktigt att definiera vilka livscykelkedan och byggdelar som ingår samt att hitta rätt klimatdata kring produkternas utsläpp.

2. Sätt en budget!

Sätt en klimatbudget för att reglera ditt projekts utsläpp. Utgå gärna från något av de övergripande klimatmål som organisationen redan står bakom, till exempel nationella eller lokala färdplaner eller certifieringssystem. Börja gärna med att sätta en projektunik budget för ett pilotprojekt för att sedan skala upp den till hela projektverksamheten. Sätt gärna stegvisa mål framöver i tiden.

3. Uppnå din budget!

Analysa din beräkning och ta beslut som minskar projektets klimatpåverkan så att du håller din klimatbudget. Enligt de 28 byggföretag som under hösten 2021 deltog i Byggtmaningen Klimatbudget, kan så mycket som 10–15 % av klimatutsläppen minskas utan att öka kostnaderna. Se till att sprida lärdomar och resultat inom och utom organisationen. Följ upp resultatet och uppdatera klimatbudgeten med eventuella ändringar under byggprojektets gång.

Kompetens beställare

Från diskussioner med hållbarhetsstrateger och hållbarhetschefer inom både offentliga beställare, fastighetsutvecklare och entreprenörer framkom att vad de anser krävs för att göra klimatprestanda mer styrande vid upphandling är:

- Upphandling enligt LOU är en utmaning när det gäller att bygga klimateffektivt. Vissa organisationer har egna upphandlare men dessa behöver få djupare kunskap om klimatfrågan för att kunna styra rätt i upphandling.
- Det är viktigt att någon i organisationen har detaljkunskapen kring hur klimatpåverkan kan minskas och kan stötta upp med expertis ute i projekten. Som organisationens expert är det dock svårt att hinna stötta i många parallella projekt. Det är därför effektivare om en expert får fokusera på några få projekt.
- Alla i organisationen behöver ha grundläggande kunskaper. Alla i organisationen behöver inte vara experter, men viktigt att få ut kunskapen på bredden. De som arbetar praktiskt måste ha med sig frågan hela tiden, på det sättet är det enklare att påverka i en liten organisation. Svårt att nå ut i större organisationer.

BYGGNADSDESIGN FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN

Cirka 60 % av all klimatpåverkan på global nivå bedöms härstamma från utvinning av material och tillverkning av produkter. Sett till bygg- och fastighetsbranschen så kan produktskedet, A1-A3, stå för ca 40 % av klimatpåverkan från en byggnads livscykel (6). Materialflödet är dock något som fortsätter efter den arkitektoniska grundutformningen är klar och byggnaden är uppförd. Bostadsinnehavare vill uppdatera till bättre materialval och utrustning eller har nya livsförutsättningar som ger upphov till nya behov. Klimatpåverkan från de ägardrivna inre renoveringarna över 50 år kan representera så mycket som 20 % av den klimatpåverkan som lägenheten hade när den var nybyggd (46).

Ett ökat fokus inom byggbranschen borde därför ligga på att minska den "inbyggda" klimatpåverkan från material och själva uppförandet av byggnader. Det finns enligt en artikel om design och konstruktionsstrategier från Malmqvist et al två övergripande principer för att reducera den inbyggda klimatpåverkan (artikeln har studerat olika fallstudier för att nå minskad klimatpåverkan) (47):

- Reduktion – reducera mängden material och komponenter som används genom hela byggnadens livscykel (förutsatt att samma funktion i byggnaden kvarstår).
- Substitution – byta ut material och komponenter mot andra med lägre klimatpåverkan men med kvarstående funktion.

Ovan resonemang är i enlighet med ovan tolkning av avfallstrappan ur ett cirkulärt perspektiv för byggprodukter (44), där material först ska minimeras och sedan bytas ut.

Ett annat sätt att kategorisera strategier är att dela in dem med avseende på när under byggnadens livscykel som reduktionen av klimatpåverkan sker. På så vis går det att skilja på strategier som redan har påverkat den inbyggda klimatpåverkan vid överlämnandet av en ny byggnad mot de som kommer att påverka i klimatavtrycket under användningsskedet och slutskedet (47).



En sammanställning av strategier från artikeln har gjorts med hänseende till omfattningen på detta kunskapspaket, Tabell 5. Då detta kunskapspaket inte fokuserar på energianvändning under varken driften av byggnaden eller under byggproduktionen så har eventuella strategier kopplat till detta valts bort (47).

Tabell 5: Översikt över designstrategier för att minska klimatpåverkan från byggnadsdesign och material. Urval av strategier från (47).

Principer för att reducera "inbyggd" klimatpåverkan

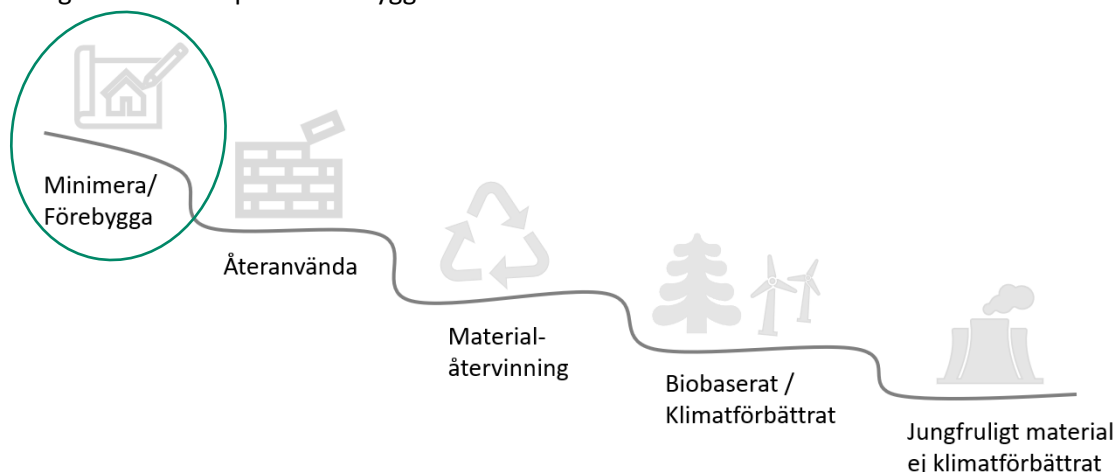
Designstrategi	Reduktion	Substitution	Klimatpåverkan		
Bevara befintliga byggnader	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Optimering av byggnadsform	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Lättviktskonstruktion	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Materialoptimering	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Optimering av yta	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Design med återbruk		X	Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Design med återvunnet innehåll		X	Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Design med biobaserade material		X	Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Design med innovativa material		X	Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Hållbara material över tid	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Anpassningsbar design	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Demonteringsbar design	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet
Design för återvinning	X		Byggskede	Användningsskedet	Slutskedet

Genom att använda olika designstrategier finns stora möjligheter att minska klimatpåverkan från en byggnad, både klimatpåverkan från byggnadens produktionsskede och klimatpåverkan som uppstår under en byggnads livscykel. Designstrategierna som presenterades i Tabell 5 beskrivs mer ingående i nedan kapitel, fördelat på två huvudkapitel utifrån de två principerna för att minska inbyggd klimatpåverkan - reduktion och substitution.

Designstrategier reduktion

Reduktion av användandet av material och komponenter kan göras med hjälp av olika strategier under en byggnads livscykel. Dels genom att försöka utnyttja det byggnadsbestånd som redan finns, dels genom att försöka minimera mängder och välja lätta konstruktionslösningar. Dessutom designa en byggnad med lång livslängd som är flexibel och anpassas till olika funktioner med val av material med lång livslängd. Även slutskedet behöver beaktas genom att konstruera en byggnad som möjliggör återanvändning och återvinning av material och produkter.

Sett till de olika stegen i avfallstrappan ingår samtliga strategier inom reduktion i det första steget med fokus på att förebygga och minimera material.



Figur 17: Tolkning av avfallstrappan ur ett cirkulärt perspektiv för byggprodukter (44).

UTNYTTJA BEFINTLIGA BYGGNADER

Då klimatpåverkan från produktionen av nya byggnader är stor måste bevarande, anpassning och nya användningsområden för det befintliga byggnadsbeståndet prioriteras för att minska klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn i stort. Genom att förlänga byggnaders livslängd och bevara hela eller delar av byggnader minskas behovet av nyproduktion.



Trafikverket har tagit fram en arbetsstrategi för att säkerställa resurshushållning för en hållbar samhällsutveckling som innebär en fyrstegsprincip, Figur 18 (48).



Figur 18: Trafikverkets fyrstegsprincip för att säkerställa resurshushållning (48).

Första steget i strategin innebär att alltid först överväga andra lösningar som minskar behovet av en byggnad/infrastruktur. Andra stegen innebär att genomföra åtgärder som bidrar till mer effektiv användning av det befintliga byggnadsbeståndet/infrastrukturen. Om behov kvarstår bör tredje steget vara att bygga om och som sista steg om inte behovet tillgodosetts i de tre stegen innan ska nya byggnader/infrastruktur uppföras (48).

Långsiktig användning och återtänk vad gäller hela byggnader är en nyckelfaktor i det klimatneutrala byggandet. För att nå ett cirkulärt samhälle på riktigt behöver fokus lyftas från den enskilda fastigheten till de tidiga planeringsbesluten.

ETTELVA Arkitekter har tagit fram en idéskrift för att vägleda kommuner och privata stadsutvecklare till klimatsmarta och värdeskapande val genom planeringens olika skeden (49). Förslaget är att detta görs genom följande fem steg:

1. Vad finns idag? Inventera behov och byggnadsbestånd.
2. Återtänk. Bevara och bedöm återbrukbarheten.
3. Utveckla utifrån cirkulära möjligheter och beskriv kumulativa värden.
4. Identifiera hanteringsprinciper: Bevara // Utveckla// Demontera// Återbruka i ny design// Sälj vidare för återbruk// Återvinn.
5. Skapa din vision, gestaltning och plan med gammalt och nytt.

För att avgöra om renovering och fortsatt bruk av byggnaden är det mest resurseffektiva alternativet jämfört med nybyggnation bör klimatpåverkan för hela livscykeln analyseras. Särskilt med hänsyn till klimatpåverkan från driften av byggnaden. Den förväntade livslängden av byggnaden är även en viktig parameter att utreda vid jämförelse med ett nyproduktionsprojekt. Ytterligare ett perspektiv som bör beaktas ur hållbarhetssynpunkt är att säkerställa att hälsofarliga och miljöfarliga ämnen inte lämnas kvar i byggnaden. Även parametrar så som sammanhang, stadsbild, kopplingar, siktlinjer och anpassningsbarhet är viktiga beslutsunderlag.

EXEMPELPROJEKT - NEO Davidshall, Riksbyggen i Malmö

Riksbyggen har byggt om det före detta polishuset i Malmö till bostäder och Brf NEO Davidshall blev 2021 utsedd till Årets Miljöbyggnad. Davidshall byggdes på 1930-talet i Malmö och då användes byggnaden som Polishus, vilket det fortsatt att göra fram till 2014 då Riksbyggen tog över det både K- och Q-märkta huset och omvandlade fastigheten till bostäder. Genom hela projektet har stor vikt lagts vid att behålla det unika husets själ och byggnadsmaterial har återanvänts när de nya bostäderna har skapats (134).



Figur 19: Bildkälla (134).

OPTIMERING AV BYGGNADSFORM

Kan formen av en byggnad påverka den inbyggda klimatpåverkan och vilken form är mest klimateffektiv? Det finns ett fåtal analyser som genomförts för att undersöka om formfaktor (omslutande area i relation till antal kvadratmeter i byggnaden), geometri eller antal våningar på en byggnad kan påverka materialåtgången och på så vis också den inbyggda klimatpåverkan.



Enligt en analys som genomförts i studien *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader* (11) undersöktes om byggnader med högre formfaktor också hade högre klimatpåverkan per kvadratmeter BTA, vilket hade kunnat förväntas eftersom materialåtgången förväntas vara högre. Analysen visade dock inget sådant sammanhang men rapporten lyfter ett behov av att utreda frågan närmare. En analys gjordes även inom samma rapport på om det finns ett samband mellan ökad total area i BTA och klimatpåverkan per BTA. Det fanns ett visst samband mellan ökande klimatpåverkan per BTA och ökande total area för byggnaden. Dock konstaterades att variationen mellan de analyserade byggnaderna var väldigt stor och det gick inte att säga om det var ett orsakssamband eller inte (11).

I SBUF rapporten *Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden* (50) genomfördes en geometrisk studie för att undersöka hur klimatpåverkan förändras med byggnadens geometri. En ca 20 % differens mellan klimatpåverkan från en kvadratisk geometri

och rektangulär geometri kunde konstateras. En rektangulär byggnad ger generellt högre klimatpåverkan på grund av mer fasad per kvadratmeter. Även förändring i klimatpåverkan med avseende på antal våningsplan undersöktes i rapporten och det konstaterades att ett högt hus har ca 50 % lägre klimatpåverkan än ett lågt hus och brytpunkten gick vid omkring 5 våningar. Efter 5 våningar minskar klimatpåverkan betydligt mindre per våning (50).

MATERIALOPTIMERING

Genom att optimera och på så vis reducera materielmängder går det att både minska klimatpåverkan och materialkostnader.



Det kan göras genom att slimma konstruktionen, välja måttanpassade dimensioner, tidig brukardialog, utreda om beställarens kravställningar styr i rätt riktning samt rätt material på rätt plats. För att underlätta arbetet kan det vara bra att först utreda vilka delar/konstruktioner som har störst klimatpåverkan (oftast stommen och grundläggningen, dock beroende på vilket materialtyp som valts). För dessa delar är det viktigast att lägga kraft på optimeringen. Under produktionen är det även viktigt att krävställa en väderskyddad hantering av material på byggplatsen för att undvika att material blir förstört

Slimmad konstruktion - vid val av konstruktionslösning är det viktigt att ta hänsyn till klimatpåverkan från materialen i byggnaden och försöka välja en konstruktion som är så resurseffektiv som möjligt. Att aktivt arbeta med att slimma konstruktionen och försöka undvika överdimensionering är ett effektivt tillvägagångssätt för att både göra kostnadsbesparingar och minska klimatpåverkan. För att optimera konstruktioners dimensioner behövs noggrann information om byggnadens förutsättningar i form av användning, laster och materialval. Det krävs också att tid avsätts i projekteringskedet samt att beställaren tydliggör vikten av optimering. I vissa fall står krav på optimering i direkt konflikt med andra krav, exempelvis flexibilitet. Där krävs styrning från beställare för att tydliggöra hur styrande optimeringen får bli för framtida användning. I samband med detta bör hänsyn tas till behov av flexibilitet inför eventuella framtida anpassningar av byggnaden. Exempelvis kan en överdimensionerad stomme i vissa fall behöva användas för att i framtiden kunna bygga på fler våningar.

Måttanpassat - det är viktigt att vara noggrann vid planering av materialanvändning, dels att det i produktion beställs i rätt mängd, dels att designen anpassas efter standarddimensioner på material. Isolering, armering samt skivmaterial som exempelvis gips och plywood är exempel på produkter som ofta kapas och anpassas på plats och därmed ger upphov till mycket spill. Ett annat tillvägagångssätt är att se över möjligheten att använda prefabricerade byggprodukter och konstruktionslösningar för att minimera mängden spill samt att välja leverantörer där spill och eventuellt överskott av material kan skickas tillbaka. Prefabricerade element kan återanvändas på ett enklare sätt vid eventuell till- eller ombyggnation.

Brukardialog - genom en tidig samverkan med de som ska nyttja byggnaden kan onödiga funktioner undvikas och en optimering utifrån brukarens behov genomföras. Exempelvis kan en rimlig omfattning av mängden installationer, såsom antal badrum, antal el- och datoruttag,

behov av larm planeras. I samband med detta bör hänsyn tas till behov av flexibilitet inför eventuella framtida användningsområden för byggnaden för att undvika att det vid byte av brukare behöver göras komplettering av funktioner som valdes bort i samråd med den ursprungliga brukaren.

Beställarens tekniska kravställningar - under projektering bör beställarens tekniska kravställningar och anvisningar utvärderas genom att se över dem utifrån ett minimering- och optimeringsperspektiv. Finns det anvisningar och funktionskrav som motverkar mål om låg klimatpåverkan? Kan dessa förändras eller kan funktionen tillgodoses på ett annat sätt? Kan tex placering av fönster minska behovet av armaturer?

Rätt material på rätt plats - det är viktigt att se över vilket material som används var, så att rätt material används där det verkligen behövs. I utrymmen som inte har högt ställda estetiska krav kan eventuellt material med lägre estetisk kvalitet användas eller så kan materialposter helt minimeras bort. Aspekter som behöver tas hänsyn till vid val av material är även städbarhet och reparerbarhet. Ett exempel kan vara att undvika extra ytskikt på golv i utrymmen så som teknik- och installationsutrymmen. Ett annat exempel kan vara att utreda vilken grundläggningsteknik som innebär lägst klimatpåverkan (till exempel cellglasplatta av återvunnet glas, klimatförbättrad betong, kryppgrund i trä) och då bara använda standardbetong i grundläggningen på den del av byggnaden där det finns utökade kvalitetskrav.

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborgs Stad

Hoppet är en förskola där Lokalförvaltningen har försökt så långt som det är möjligt att bygga en byggnad med fossilfria material och metoder – från råvaruuttag till byggarbetsplats och drift (29). Stort fokus i projektet var på att optimera materialmängder både genom att ha en dialog med brukarna av byggnaden, arbeta med leverantörer som tar tillbaka produktionsspill samt att noggrant välja rätt material på rätt plats (5). I materialkapitlet återfinns exempel från Hoppet.



Figur 20: Bildkälla Felix Gerlach.

ANPASSNINGSBAR DESIGN

Anpassningsbar design bidrar till minskad klimatpåverkan i användningsskedet genom att minska behovet av ombyggnation.



Ett sätt att möjliggöra fler användningscykler av byggnader är att säkerställa att gestaltningen skapar rätta förutsättningar för förändrad användning av utrymmen över tid. Studien *Dwelling in time, Studies on life course spatial adaptability* (51) samt studien *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder* (46) beskriver nya behov av boendelösningar och lägenhetsutformningar som kan anpassas efter de boendes förändrade livsförutsättningar över tid. Idag finns dock en avsaknad av anpassningsbarhet i bostadsbyggandet, vilket innebär en ökad sannolikhet för omfattande ombyggnationer under byggnadens livscykel samt kortare livslängd av byggnader i stort.

Följande arkitektoniska grepp är viktiga att beakta för att öka den rumsliga anpassningsbarheten (51):

- Generalitet - innebär en utformning av ytor som är anpassade för många olika användningsområden och funktioner. Genom att effektivt utnyttja de ytor som finns i byggnaden och till exempel utreda potentialen för att ha rum med multifunktioner kan den effektiva golvytan optimeras.
- Flexibilitet - innebär en utformning av en flexibel planlösning som ger möjlighet att anpassa till exempel en lägenhet utefter specifika önskemål. Ett exempel kan vara möjligheten att ha flyttbara väggar.
- Elasticitet - innebär en planlösning som kan utökas eller minskas vid behov. Exempelvis genom ytor som kan nyttjas av flera boendeenheter i ett flerbostadshus.

Ett tillgängligt verktyg som kan användas som stöd i utformandet av cirkulära byggnader är CIX (52). Verktöget utgår från den cirkulära ekonomins grunder och visar hur olika val får effekt på byggnadens cirkularitet – hur stor del består av återbrukat, återvunnet och biobaserat material och hur många åtgärder som har vidtagit för att skapa en anpassningsbar byggnad med lång livslängd (53).

I sitt examensarbete *Life cycle assessment of multi-family housing designed for flexibility -A study on the climate impact of flexibility and how to account for it in a life cycle assessment* summerar Sandra Moberg olika designstrategier för ökad flexibilitet under en byggnads livscykel (54).

EXEMPELPROJEKT – Brf Viva, Riksbyggen i Göteborg

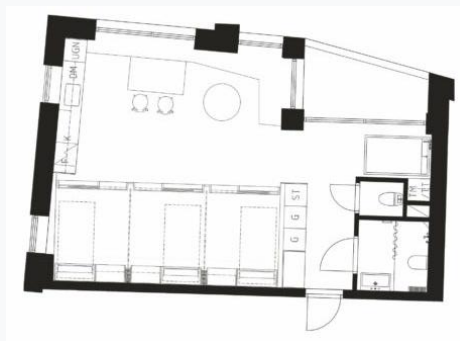
Riksbyggens bostadsprojekt Brf Viva är en del av Positive Footprint Housing – en plattform och ramverk för hur bostadsområden kan uppföras miljömässigt, socialt och ekonomiskt hållbart. I Brf Viva har ett antal olika innovationer testats ur ett hållbarhetsperspektiv, allt från klimatförbättrad betong i konstruktionen, innovativa mobilitetslösningar till energilagring med återanvända bussbatterier (135). Det har även applicerats en anpassningsbar lägenhetsstrategi som innebär att de boende kunde variera antalet rum i varje lägenhet. Brf Viva var således ett av projekten som analyserades i Anna Braides studie som nämns i avsnittet ovan. Projektet kommer att följas upp under ett antal år framöver för att identifiera fördelar och nackdelar med olika hållbarhetsåtgärder (51).



Figur 21: Bildkälla (135).

EXEMPELPROJEKT – Drömlägenheten, White Linköping

White har tillsammans med Stångåstaden utvecklat konceptlägenheten Drömlägenheten, som visades i samband med Bomässan 2017 i Linköping. Antalet rum kan variera efter behov med hjälp av flyttbara väggar, möbler som kan gömmas undan och smarta detaljer vilket gjorde att lägenheten på 55 kvadratmeter kunde växlas från en etta till en femma. I lägenheten ska anpassningarna vara enkla och utformades med tillgänglighet i åtanke. Takhöjd och golvdjup gör plats för de anpassningsbara delarna så att de boende kan ändra layouten helt enligt sina egna behov (146).



Figur 22 Bildkälla (147)

EXEMPELPROJEKT – Gårdstensdalen, Gårdstensbostäder

Gårdstensbostäder i Göteborg ska bygga ett generationshus där lägenhetens storlek kan justeras utefter hur familjesituationen ser ut (140). Tanken är att planlösningen ska vara flexibel och kunna förändras över tid. Det handlar om att två tvåor på ett enkelt sätt ska kunna bli en fyra. Och att lägenheterna sedan kan delas upp igen efter att hyresgästen flyttat ut och nästa hyresgäst har helt andra behov. Lägenheterna ska kunna expandera både i ett horisontellt samt vertikalt plan, säger Henrik Jarledal, affärsutvecklare Framtiden Byggutveckling. Tanken är även att enskilda lägenheter ska kunna kopplas samman genom en utvändigt, privat trappa om exempelvis en familj vill ha kort avstånd till släktingar i en grannlägenhet. Mål är att projekteringen ska starta innan sommaren 2022.



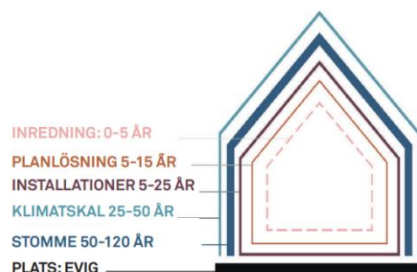
Figur 23: Bildkälla Qpg Arkitektur.

OPTIMERING AV YTA

Ett sätt att minska det inbyggda klimatavtrycket är att försöka undvika överdimensionerad yta, vilket även kan minska energianvändning i driftsskedet. Samtidigt kan en alltför kompakt arkitektur kan leda till en minskad flexibilitet och anpassningsbarhet i byggnaden över tid som i sin tur kan innebära en ökad klimatpåverkan från ombyggnation i ett senare skede. Genom att fokusera på funktion, komfort och kvalitet både i designad layout och framtida anpassningar och på kvaliteter såsom rymd, ljus och möjlighet till avskildhet kan behovet av yta optimeras (55).

HÅLLBARA MATERIAL ÖVER TID

Det är viktigt att använda material och konstruktionslösningar som håller länge samt åldras på ett hållbart sätt för att öka antal användningscykler hos materialen. Högre kvalitet och mer långlivad estetik på materialen leder förhoppningsvis till lägre frekvens av utbyte av produkterna under byggnadens livslängd. Detta är extra viktigt för delar av byggnaden som sällan byts ut. För delar av byggnaden där produkter förväntas bytas ut på grund av ändrade önskemål kan återbrukbarhet vara en ännu viktigare aspekt. Att välja material som ger en lägre frekvens av underhåll kan också minska påverkan från ett material i ett livscykelperspektiv. Mer robusta lösningar som håller över tid kan innebära en ökad klimatpåverkan i byggskedet men sett från en byggnads hela livscykel ge en totalt lägre klimatpåverkan eftersom byggnadens livslängd ökas. Det är dock viktigt att värdera behovet av att reducera klimatpåverkan inom en kortare tidsram för att lyckas vända utvecklingen innan 1,5-gradersmålet överskrids.



Figur 24: Byggnadens lager med respektive livslängd. Hämtad från Slutrapport Cirkularitetsindex 2020. Bilden är anpassad från Steward Brands *How Buildings Learn* och i förlängningen från Frank Duffy's tidiga arbete (56).

LÄTTVIKTSKONSTRUKTION

Ett sätt att minska resursuttagen av material och på så vis minska klimatpåverkan från byggnaden är att arbeta med olika former av lättviktskonstruktion. Det finns olika former av lättviktskonstruktioner – så som träkonstruktion eller ihåliga betong eller stålkonstruktioner.

Från analyserade norska och tjeckiska studier i rapporten *Design and construction strategies for reducing embodied impacts from buildings – Case study analysis* av Malmqvist et al så kunde konstateras att det fanns stora reduktionspotentialer med ihåliga betongstrukturer. Avgörande var dock att säkerställa att övriga funktionskrav, så som hållfasthet, också uppfylldes och att planeringen av en sådan lösning behövde ske i tidigt skede (47).

Från analysen av stommsystem i projektet Blå Jungfrun som presenterades under Bakgrundskapitlet kunde det ses att ett träbalksystem med lättbalkar var det systemet som hade lägst klimatpåverkan vid jämförelse av stommsystem i ett flerbostadshus. Klimatpåverkan för lättbalksystemet var ungefär hälften så hög jämfört med en tung platsgjuten stomme (som hade den högsta klimatpåverkan av de analyserade stommsystemen) (14).

EXEMPEL – Träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering

I resultaten som presenterades i bakgrundskapitlet där IVL har undersökt klimatpåverkan från ett 'trä-resurseffektivt' byggnadskoncept för ett flerbostadshus, i förhållande till ett betongkonstruktioner, träregelsystem eller ett massivträbyggande baserat på korslimmat trä. Den analyserade byggnaden består av byggnadselement som i sin tur är uppbyggda av lättbalkar av trä från Masonite Beams. Byggsystemet innebär ett hus som byggs industriellt med prefabricerade element där elementtillverkning sker i fabrik. Miljöpåverkan för det analyserade byggsystem har den lägsta klimatpåverkan för alla de byggplattformar som analyserats hittills (14).



Figur 25 Lättviktskonstruktion från Masonite Beam (14)

DEMONTERINGSBAR DESIGN (DESIGN FOR DISASSEMBLY)

Demonteringsbar design bidrar till minskad klimatpåverkan i främst i slutskedet, men även i användningsskedet vid ombyggnationer.



Enligt avfallstrappan är målet att först och främst minimera och förebygga avfall, men om det inte är möjligt så är nästa steg att återanvända (57). För att möjliggöra återanvändning av produkter och material i byggnader krävs en enkel och anpassad demontering av produkter i byggnadens slutskede. Genom att byggnader designas avsiktligt för att demonteras kan klimatpåverkan i byggnadens slutskede minimeras och återbrukade produkter kan tillgängliggöras för att minska klimatpåverkan i uppförande av nya byggnader.

För att få de bästa förutsättningarna för ett cirkulärt byggande är det viktigt att i varje byggnad registrera vilka produkter och material som är inbyggda och att det arbetet fortsätter under byggnadens användningsfas. Genom att samla information, som ofta lagras i digitala databaser, på alla inbyggda produkter, dess placering, skick och tidigare användning (om de återbrukats innan) möjliggörs enklare demontering och återbruk som bidrar till minskad klimatpåverkan i framtida byggnation (58).

För att designa för demontering krävs en förståelse för hur rivningsprocesserna ser ut och en plan för vad olika material och produkter kan användas till i en andra användningscykel. Nytt montage bör kunna ske utan att göra större ingrepp i produktens funktion (59).

EXEMPELPROJEKT – HSB Living Lab, Chalmers Campus Göteborg

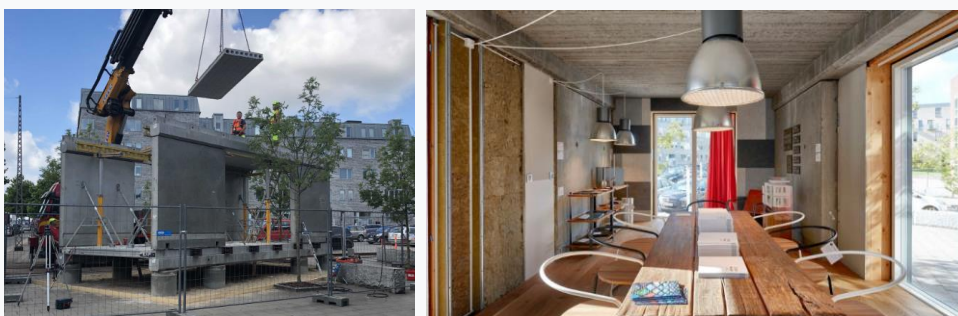
HSB Living Lab står på Chalmers Campus Johanneberg i Göteborg. Huset är byggt i moduler och på ett tillfälligt bygglov. Så efter 10 år kommer hela huset att flyttas någon annanstans. HSB Living Lab är en byggnad, ett boende och samtidigt ett laboratorium – och en arena för forskning och samverkan. Modulärt byggande på tillfälliga bygglov är en del av projektet och forskningen. Husets alla delar och sektioner är utbytbara, allt för att göra byggnaden så tillgänglig för forskning som möjligt. Arkitekturen visar att byggnaden är i ständig förändring – moduler och installationer är tydligt synliga, fasader kan bytas mot ut mot solceller och huset kan snabbt ändra form (141).



Figur 26 HSB Living Lab (141)

EXEMPELPROJEKT – Circle House, arkitekt Fællestegnestuen, Århus

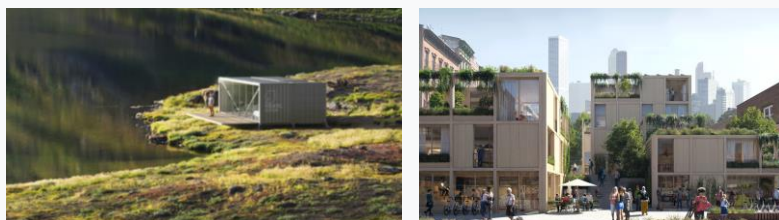
Circle House-projektet består av 60 offentliga bostäder i Lisbjerg utanför Århus, som beräknas stå klara 2023. Förutom att fungera som bostäder är Circle House ett skalbart demonstrationsprojekt som kan ge byggbranschen ny kunskap om upplevelsen av att bygga cirkulärt. Byggnaden ritas av Fællestegnestuen som är ett samarbete mellan 3XN Architects, Lendager Group och Vandkunsten. Circle House består av en rad byggsystem som kan monteras, demonteras och sättas ihop i andra byggnader samtidigt som deras ekonomiska och estetiska värden hålls intakta. Målet är att 90 procent av de material som används för byggnaderna ska kunna återanvändas utan att förlora i värde (142).



Figur 27 Ett demonstrationsbyggnad i Circle House projektet, det verkliga bostäderna är under byggnation. Bildkälla: Casper Østergaard Christensen, presentation seminarium 2022-03-16

EXEMPELPROJEKT – Effekt arkitekter, Köpenhamn

- POSHTEL POPUP är ett designsystem som är skalbart och kan passa olika sammanhang, storlekar och behov. Den bygger på ett cirkulärt konstruktionskoncept, där alla delar kan monteras, demonteras, återanvändas och återvinnas (143).
- Urban Village Project är en modell för att utveckla hållbara, prisvärda och beboeliga hem för människor som bor i städer runt om i världen. Ett modulärt träbyggnadssystem utformat för demontering, som kan prefabriceras, plattpackas och snabbt monteras på plats (143).



Figur 28 Poshtel popu till vänster och Urban village till höger (143)

EXEMPELPROJEKT – Tillfällig saluhall blir paddehall, Wallenstam

När Östermalms saluhall skulle renoveras byggde Stockholm stad en tillfällig hall för att verksamheten skulle hållas igång. Hallen är ca 2000 m² och byggd av prefabricerade moduler nästan helt i trä som är snabba att montera och demonterbara. När renoveringen av saluhallen var klar såldes hallen till Wallenstam som monterade ner hallen för att ge den nytt liv som paddehall och restaurang i Mölnlycke.



Figur 29 Tillfällig saluhall, foto Felix Gerlach

DESIGN FÖR ÅTERVINNING (DESIGN FOR RECYCLING)

Design för återvinning bidrar till minskad klimatpåverkan i främst i slutskedet, men även i användningsskedet vid ombyggnationer.



När demontering inte är möjlig och återbruk inte är ett alternativ så berör nästa steg på avfallstrappan återvinning av material (60).

Design för återvinning:

- Vid materialval - ta hänsyn till hur olika produkter och material är sammansatta för att vara kompatibla för återvinning. Möjliggöra enkel separation av material (tex undvika lim).
- Välja material med hög andel återvunnet innehåll
- Kravställa mekaniska kopplingar
- Tydlig uppföljning i loggbok
- För dialog med avfallsentreprenörer kring designen för att säkerställa att material går att återvinna.

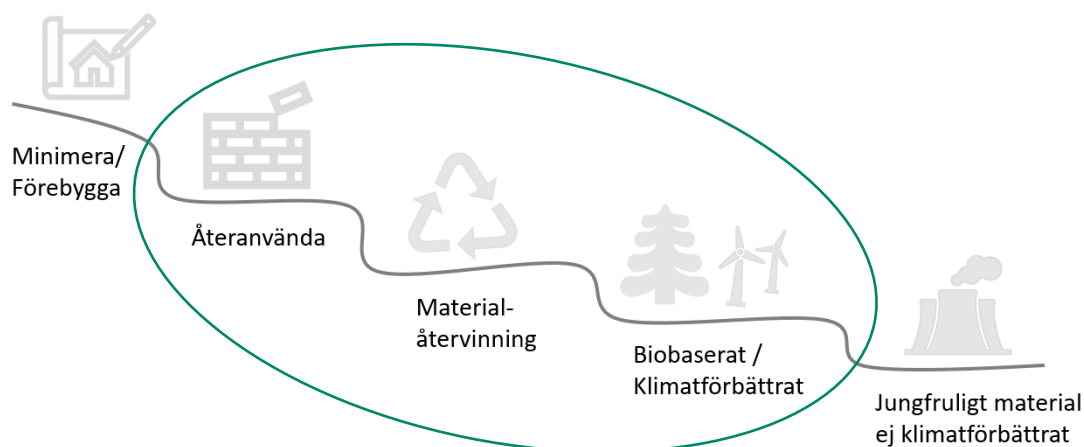
Viktigt att beakta utsläpp från transporter till återvinningsanläggningar och uppbearbetningsprocesser när bedömning av klimatbesparing görs (61).

Designstrategier substitution

Materials substitution bidrar till minskad klimatpåverkan i byggskedet. Det finns flera alternativ till materials substitution för minskad klimatpåverkan och ökad cirkularitet; återbruk, biobaserade material och innovativa material.



För att ytterligare motivera val av produkter utifrån cirkularitetspotential och miljöpåverkan bör valen utgå från avfallstrappan med tillägg att nytillverkade produkter som är i första hand återbrukbara och i andra hand återvinningsbara i nästa led bör prioriteras. Strategierna för substitution kopplar an till de tre inringade stegen i avfallstrappan nedan.



Figur 30: Tolkning av avfallstrappan ur ett cirkulärt perspektiv för byggprodukter (44).

DESIGN MED ÅTERBRUK

Återbruk innebär att produkter återanvänds, alltså att befintliga produkter i sin helhet tas från en byggnad och sätts in i en annan, antingen vid ombyggnation eller nybyggnation. Detta minskar behovet av resurser och energi för att tillverka nya produkter. Här finns utmaningar men också stora möjligheter, självklart som en del av klimatomställningen men även ekonomiskt.

Ett sätt att i byggnadens designskede skapa förutsättningar för återbruk är att under detaljprojekteringen föreskriva produkters egenskaper snarare än exakta mått (44) (62). Detta ger en större frihet att under produktionsprocessen kunna anpassa byggnaden efter de återbrukade produkter som finns tillgängliga just då. En erfarenhet som framkom under intervjuer i projektet Hoppet var att det skulle kunna vara en möjlighet att arkitekten lägger mindre tid på detaljprojektering för att i stället i större utsträckning delta under

byggproduktionen och på så vis ta beslut rörande byggnadens utformning på plats (30). Likväl som designen behöver hållas öppen för beslut i senare skeden så bör hela designprocessen ske mer agilt (agilt innebär ett iterativt arbetssätt med löpande utvärdering och anpassning för förändringar). Genom att utgå ifrån det som finns tillgängligt snarare än att köpa in det som är designat.

För att designa med återbruk krävs också en förståelse för vilka produkter som lämpar sig att återbruka och var insatsen för att använda återbruk lönar sig ur ett både ett klimat- och kostnadsperspektiv. Mer information om detta finns under återbruk i kapitlet om material. Det är även viktigt att förvaltningen involveras tidigt i projektet för att säkerställa att produkterna fungerar utifrån ett driftperspektiv.

För att åstadkomma cirkulära materialflöden krävs ett arbetssätt som skiljer sig från den typiska processen med projektering, byggnation och drift. I vilken ordning momenten genomförs beror på förutsättningarna för projektet och vilket aktörsperspektiv som utgås från. Beskrivningen nedan ska därför inte ses som steg som följer på varandra utan som moment som alla kan ingå i återbruksprocessen. Det krävs steg som avgör vilka produkter som kan återbrukas, eventuella åtgärder som krävs för att kunna återbruka dem och sedan en process för få dem till det nya projektet och byggnaden. Följande arbetsmoment ingår i återbruksprocessen (63) (64):

- Inventering
- Övergripande faktainsamling
- Bedömning av potential för återbruk
- Detaljinventering av varor med stor potential
- Komplettering med kvalitetsangivelser
- Framtagande av återbruksplan
- Demontering / hantering
- Rekonditionering / ombyggnation
- Transport / lagerhållning
- Projektering
- Återförsäljning
- Installation

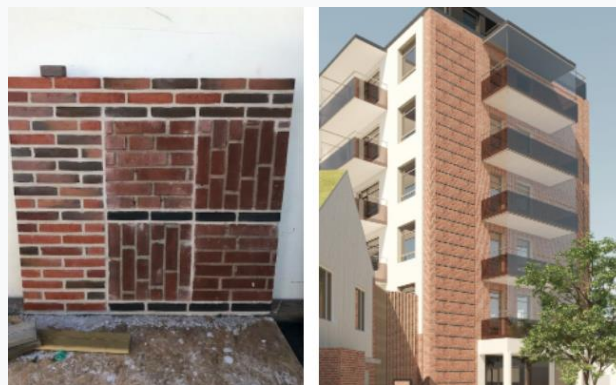
Återbruk innebär nytänkande och att våga ompröva och anpassa processer, men det finns en ökande kunskapsvolym att använda med såväl rapporter, guider, verktyg som praktiska erfarenheter. Nedan ges länkar och tips till några av dessa.

- Guide för att komma igång med återbruk (65)
- Rapporter kring återbruk och cirkulärt byggande (66)

- CCBUILD. En samverkansplattform som drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet i samverkan med än mängd parter. Inom ramen för detta finns en stor mängd kunskap samlad samt ett nätverk för utbyte av kunskap och erfarenheter (67)
- Det finns flera guider framtagna både inom och utom CCBUILD som stöd i arbetet med återbruk. Bland annat guider för inventering, upphandling, demontering och beräkning samt återbruksguide för kontor och projekteringsguide för återbruk av dörrar (68).

EXEMPELPROJEKT – Stadskvarteret, Helsingborgshem Helsingborg

Helsingborgshem började under 2020 riva tre flerfamiljshus på Grönkullagatan, där det nya Stadskvarteret ska ta plats. I samband med detta gjordes en kartläggning kring möjligheten att återbruka produkter. Ett exempel vad som återbrukas är en av de tidigare tegelfasaderna, som kommer användas på de nya kvarterets fasader. Ett annat exempel är betongelement som har demonterats och ska testas och återbrukas inom ramen för EU-projektet ReCreate. (145)



Figur 31: Fasad i mönstermurning på en av Stadskvarterets fasader. Bildkälla (145)

EXEMPELPROJEKT – Handelshögskolan och Språkskrapan, Akademiska Hus Göteborg

Akademiska Hus har genomfört pilotprojekt med fokus på återbruk i samband med rivning och nybyggnation av en byggnad vid Handelshögskolan och ombyggnation av Språkskrapan intill Humanisten för Göteborgs universitet. Projekten bidrar till viktiga lärdomar inom återbrukets utmaningar och möjligheter. Bland de byggprodukter som återbrukats i projekten vid Handelshögskolan och Språkskrapan återfinns tegel, marksten, fasadsten, stengolv, virke, innerdörrar, glaspartier, tvättställ, armaturer och ventilationskanaler och don. (146)



Figur 32: Pilotprojekt inom återbruk Handelshögskolan och Språkskrapan. Bildkälla (146)

DESIGN MED ÅTERVUNNET INNEHÅLL

Användandet av återvunna material för att producera nya produkter bidrar till att minska klimatutsläppen från byggande. Mer information om olika typer av byggmaterial med återvunnet innehåll kan hittas under materialkapitlet senare i rapporten. Design med återvunnet innehåll skiljer sig oftast inte från design med motsvarande jungfruligt innehåll. Det är dock viktigt att säkerställa att produkter med återvunnet innehåll uppfyller samma funktions- och kvalitetskrav som produkter av jungfruligt material.

DESIGN MED BIOBASERADE OCH NATURLIGA MATERIAL

Biobaserade material bidrar till att minska klimatutsläppen från byggande. Mer information om olika typer av biobaserade byggmaterial kan hittas under materialkapitlet senare i rapporten.

Vid design med biobaserade material är det viktigt att tänka att säkerställa att funktionskrav uppfylls (44), så som:

- Fuktsäkerhet
- Brandsäkerhet
- Akustik

Byggnadshöjder kan vara utmanande vid träbyggnation då träbjälklag ofta bygger mer i höjd än motsvarande lösningar i stål och betong. Detta är något som bör tas hänsyn vid i detaljplanarbete för att säkerställa att rätt förutsättningar finns för att välja hållbara byggtekniker i senare skeden (44).

Vad gäller brandsäkerhet kan byggnader med sprinklersystem ofta ha synligt trä medan byggnader där sprinklersystem saknas generellt kräver skydd av träkonstruktionen, till exempel gipsinklädnad

EXEMPELPROJEKT – Strandparken, Sundbyberg

Strandparken i Sundbyberg består av ett åtta våningshus med trästomme och en fasad i cederträspån, som tack vare dess naturliga motstånd mot röt- och svampangrepp gör det väl lämpat som beklädnad. (144)



Figur 34 Strandparken. Bildkälla (144)

EXEMPELPROJEKT – Sara Kulturhus, Skellefteå

Sara Kulturhus i Skellefteå är världens högsta byggnad i trä, räknat i antal våningar, som invigdes hösten 2021. Till projektet har det levererat färdiga fabriksproducerade volymer, som producerats strax utanför Skellefteå. (133)



Figur 33: Sara Kulturhus. Bildkälla (133).

DESIGN MED KLIMATFÖRBÄTTRADE MATERIAL

Om inte återbruk, användandet av material med hög återvinningsgrad eller biobaserade alternativ är möjliga finns även andra klimatförbättrade material och systemlösningar för att minska klimatpåverkan. Viktiga parametrar som har justerats för dessa material är ofta dess koldioxidutsläpp under tillverkningen och hur material ter sig under dess livslängd. Ett exempel är klimatförbättrad betong som beskrivs mer utförligt i materialkapitlet (69).

EXEMPELPROJEKT – Kungsbacka badhus, Kungsbacka

Klimatförbättrad betong har använts i Kungsbacka badhus, där den bidrog till ett minskat klimatavtryck på 30 %. Projektet genomfördes tillsammans med Kungsbacka kommun, Betonmast och HA Bygg och startades våren 2018. En dialog har haft mellan Thomas Betong, C-lab, Thomas Concrete Groups laboratorium för forskning och utveckling. (132)

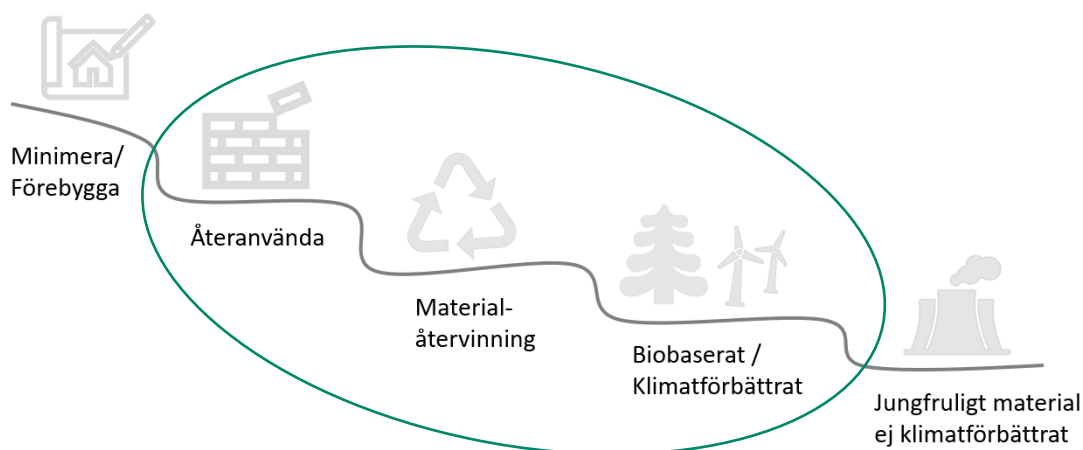


Figur 35: Klimatförbättrad betong har använts i Kungsbacka badhus. Bildkälla (132).

MATERIALVAL FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN

I följande kapitel beskrivs olika typer av hållbara byggmaterial, som bidrar till att minska en byggnads klimatbelastning.

Prioritering vid val av ett byggmaterial skulle kunna liknas vid avfallstrappan, alltså i vilken ordning ett byggmaterial bör väljas. I första hand bör användning av byggmaterial minimeras och förebyggas och i andra hand bytas ut mot produkter som redan finns tillgängliga i befintliga byggnader och kan återbrukas. Därefter är det intressant att utreda möjligheterna för att använda material som har en hög andel återvunnet innehåll. Om ändå ett jungfruligt material behöver användas, så välj med fördel förnybara material som bidrar till en låg klimatbelastning eller material där materialets tillverkningsprocess har optimerats med avseende på klimatpåverkan. Detta eftersom energikrävande processer med fossilt ursprung också ger upphov till en klimatpåverkan. Ett tillägg som bör göras är att nyttillverkade produkter som i första hand är återbrukbara och i andra hand återvinningsbara i nästa led bör prioriteras.



Figur 36: Tolkning av avfallstrappan ur ett cirkulärt perspektiv för byggprodukter (44).

Verktyget CIX kan användas som ett verktyg för att illustrera andelen cirkulära material i en byggnad eller ett projekt (52).

Återbrukat material

Cirkulära flöden av produkter och material har på senare tid fått allt större fokus i byggbranschen, då bygg- och rivningsavfall står för en tredjedel av Sveriges avfallsmängder och det blir allt viktigare att ta till vara och återcirkulera material för att minska branschens klimatbelastning. Totalt försvinner, enligt uppgifter från Centrum för cirkulärt byggande, CCBuild, material till ett värde av 19 miljarder kronor årligen ur den svenska ekonomin till följd av dagens linjära materialflöden i våra byggnader (70). En annan studie visar att marknaden där återbruksrelaterade tjänster skulle kunna uppstå skulle kunna omfatta 15 miljarder kronor i regionen under 2021 (71). Dessutom skulle enbart återbruk av interiöra byggprodukter i kontor kunna spara 3 300 ton koldioxidekvivalenter årligen. För att summera är potentialen att

utnyttja material som redan finns i den urbana miljön stor och cirkulära produkt- och materialflöden bidrar till att minska både miljöpåverkan och kostnader.

Återbruk kan ha olika betydelser i olika sammanhang men i denna kunskapssammanställning syftar återbruk på återanvändning av produkter i sin helhet (om än med viss uppbehandling eller anpassning). En inventering i samband med rivning eller ombyggnation gör det möjligt att identifiera eventuella värden i de befintliga materialen, vilka i stället för att blir till avfall eller återvinning kan återbrukas. För att detta ska bli möjligt krävs nya logistikkedjor, handelsplatser för återbrukade produkter och att återbruk involveras redan i designfasen i samband med om- och nybyggnation (72).

Återbruk innebär en omställning från dagens linjära materialflöden och kommer kräva anpassningar och förändringar i hur bygg- och fastighetsbranschen arbetar. Sådana omställningar innebär självklart utmaningar. Några sådana som ofta lyfts fram i branschen idag är (62) (73):

- Nuvarande vanor och beteenden
- Ökad tidsåtgång och kostnad
- Kunskapsbrist
- Tillgång till återbrukade produkter
- Kvalitet, försäkringar och garantier
- Risk för miljö- och hälsofarliga ämnen

Några generella rekommendationer för att nå ett ökat återbruk har identifierats (64):

- Skapa förutsättningar för erfarenhetsutbyte och kunskapsbyggande
- Underlätta samverkan
- Systematisera arbetssätten både på projekt- och organisationsnivå
- Underlätta och skapa praktiska förutsättningar

Prioritering av återbrukade produkter

Viktiga bedömningskriterier för att bedöma möjlighet till återbruk av en produkt är:

- Kvalitet
- Livslängd
- Miljö- och klimatnytta
- Ekonomisk besparing
- Estetiska värden
- Historiska och kulturhistoriska värden

- Byggbarhet
- Lagkrav
- Risk för farliga ämnen
- Efterfrågan

Bedömning är subjektivt och idag saknas vedertagen praxis i vilken skala och hur dessa olika förslag på kriterier ska bedömas. De olika kriterierna kan vara motstridiga och prioritering behöver oftast göras mellan dem. En fördel är om olika typer av aktörer är med och utvärderar och prioriterar tillsammans.

Här är det möjligt att läsa mer om återbrukspotential för olika byggnadsmaterial samt eventuella risker med hänsyn till farliga ämnen i äldre produkter:

- Byggåterbruksguiden (74)
- VCOB (75)

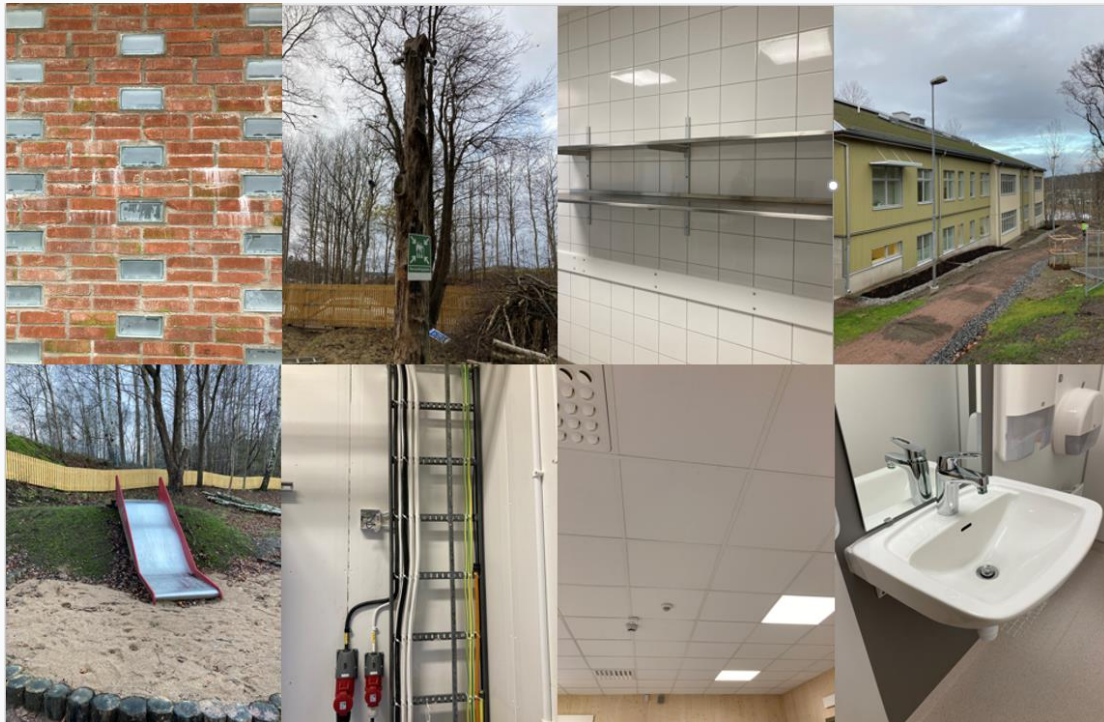
För att komma i gång med återbruk och fokusera på de produkter och material som har störst klimatbesparingspotential kan det vara bra att fokusera på följande produkter (76):

- Stora produktvolym, tunga material, till exempel markprodukter, stomme och grund
- Produkter av material som har omfattande utsläpp vid utvinning tillverkning, till exempel plast, metall och elektronik
- Produkter som byts ut ofta och därmed är vanliga flöden, till exempel kontorsinteriörer

Börja även med det som är enkelt. Använd det du själv har eller som finns i projektet. Skapa förutsättningar internt exempelvis genom en egen digital produktbank. Samverka med andra aktörer lokalt i staden eller regionen. Tänk även på att interiöra produkter är lättare och mindre komplexa att återbruka än exempelvis stommaterial (77).

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

I Hoppet finns ett antal återbrukade produkter såsom fasadtegel, lekutrustning, akustikplattor, handfat, kabelstegar, lyktstolpar och rostfria hyllor (29).



Figur 37: Återbrukade produkter i förskolan Hoppet (foto: Maria Perzon).

Användningsområden

Nedan exemplifieras byggprodukter som kan återbrukas (utan inbördes rangordning):

- Innerdörrar; trä respektive stål
- Undertaksplattor
- Tegelstenar, tegelpannor
- Golv såsom textil- och plastmattor
- Glaspartier
- Dörrhandtag och dörrtillbehör
- Marksten och övrigt kring utemiljö
- Växter
- Brandlarmsutrustning
- Kök och väggfast inredning

- Betong
- Stålbalkar
- Stenull
- Trä
- Fyllnadsmassor

Fler exempel på byggvaror att återbruka finns även på:

- En guide från VCOB, Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet (78)
- Guide för climateffektivt byggande (5)
- Byggutmaning: Återbruk – Handbok för dig som vill återbruka mera (65)
- Återbruka byggnader: 10 Byggmaterial att Återanvända efter Rivning (79)

Vad gäller återbruk av produkter med brandtekniska egenskaper är det av stor vikt att säkerställa deras funktion (80). Vid demontering är det också viktigt att beakta att de kan återmonteras igen, så att monteringsanvisningar som gäller för produkten kan följas. Vidare måste utredas i vilken omfattning brandegenskaperna kan anses vara kända hos produkten, ofta kan detta behöva utredas i samband med dimensionering med återbrukade produkter.

Att återbruka installationer innebär särskilda utmaningar men har samma potentiella fördelar för klimat och ekonomi som andra byggprodukter (63). En sådan utmaning är att tekniska installationer även är en viktig del av funktionen i en byggnad och dess energiförsörjning. Därför kommer frågor som kapacitet, livslängd, energi- och vattenanvändning in som viktiga punkter just för installationer. För att skapa verkligt hållbara lösningar är det därför viktigt att man vid beslut om att återbruka en installationsprodukt även väger in funktion och eventuell skillnad i driftenergi jämfört med att köpa in en ny produkt.

Följande installationsprodukter uppfyller riktlinjerna för återbruk och har samtidigt en låg tröskel för att kunna återbrukas (63):

- Apparatskåp
- Belysningsarmaturer
- Ventilationskanaler
- Passiva ventilationsdon
- WC-stolar
- Tvättställ
- Blandare
- Radiatorer
- Kylbafflar

- Fläktluftvärmare / fläktkonvektorer
- Fläktluftkylare
- Kabelstegar

Det finns även idag mycket andrahandsmaterial, felbeställningar och överbeställningar som inte kommer ut på marknaden, men som kan nyttjas på ett effektivare sätt. Om denna typ av material bör räknas som återbrukat bör dock utvärderas djupare.

Marknadsplatser

Inom CCBUILD har en cirkulär marknadsplats tagits fram. CCBUILDs plattform kan användas för att inventera och värdera byggvaror, interiör och möbler, och för cirkulär materialhantering inom organisationen. CCBUILDs digitala plattform ger stöd både för internt återbruk – inom projekt eller organisationer – och för externt återbruk genom publicering på CCBUILDs gemensamma marknadsplats. Organisationer kan publicera sina tillgängliga eller snart tillgängliga produkter. Plattformen erbjuder även digitalt stöd för cirkulär produkthantering i form av en produkt databas med kvalitetskriterier och nyckeltal som underlättar bedömning av produkters potential för återanvändning, tex klimatbesparing jämfört med nyinköp (81). Plattformen har i dagsläget tre olika applikationer: en produktbank för överblick av eget innehav, ett inventeringsstöd, samt en gemensam marknadsplats.

- I CCBUILDs digitala tjänster finns samlat: produktbank, inventeringsapp, marknadsplats och värdeanalys (82). Dessa kan stötta arbetet med övergång till cirkulära flöden.

Nedan exemplifieras fler marknadsplatser för återbrukade produkter:

- Kompanjonen (83)
- Brattöns återbruk (84)
- Loopfront (85)
- Genby (86), som är Danmarks största marknadsplats för återbrukade byggvaror

Återvunnet material

Material med återvunnet innehåll syftar i kunskapsmanställningen på nya produkter som tillverkas från återcirkulerade materialflöden. Byggsektorn är den bransch som har störst krav på sig att öka återvinning av material och produkter. Genom återvinning minskas uttaget av jungfruligt material och det ger även en energibesparing.

Begreppen Recycling, Upcycling och Downcycling används ofta i återvinningsmanstäng. Upcycling innebär att ett material återvinns till det bättre, alltså att det ökar i värde i varje återvinningssteg. Downcycling däremot innebär att materialet minskar i värde för varje återvinningssteg. (87)

För papper och glas är återvinningsgraden hög medan för plast är den betydligt lägre (88). Trä har också en hög återvinningspotential, men trots detta varken återbrukas eller återvinns trä från byggproduktion i särskilt stor utsträckning idag. Krossad betong och stål kan också återvinnas, vilka ofta bidrar till en betydande klimatpåverkan från materialen i ett byggprojekt.

Byggmaterial kan också återvunnas genom tillverkning av restprodukter från byggarbetsplats eller fabrik. Ett sådant exempel är isolering av stenull, som går att materialåtervinna till 100 % (89).

Andelen återvunnet innehåll i en produkt varierar och kan till exempelvis kontrolleras i något av de miljöbedömningssystem för material som finns på marknaden, så som Sunda Hus (90), Byggvarubedömningen (91) och Basta (92), i EPDer samt i produktdatablad.

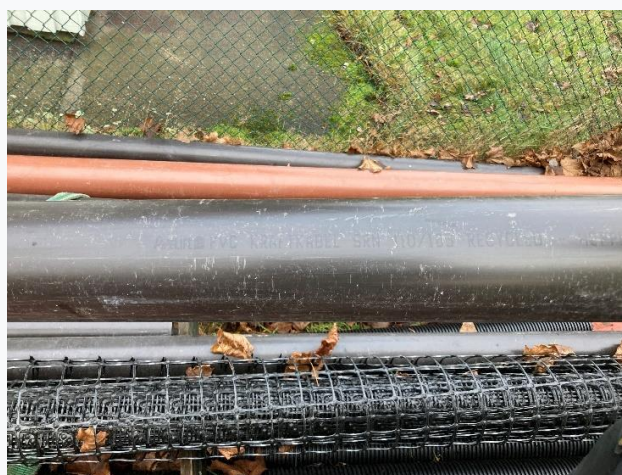
ÅTERVUNNEN PLAST

Genom att ta emot golvspill, återvinna PET-flaskor, gamla fiskenät, industriavfall med mera kan nya byggmaterial tillverkas så som golv- och väggmattor. Ett exempel på en sådan aktör är Tarkett, som arbetar med återvinning av plastgolv. De arbetar exempelvis med gamla plastgolv som kan återanvändas som råvara till nya golv samt återvinnig av installationsspill (93). Även fönster- och dörrpartier av återvunnen PVC (polyvinylklorid) förekommer. Återvunnen plast kan också förekomma inom vissa komponenter för elinstallationer (94).

Isolering finns som återvunnen EPS (expanderad polystyren) och PUR (polyuretan). Råvaran kan antingen bestå av avfall från byggarbetsplatser eller förpackningsmaterial från livsmedelsbutiker och industrier. För att läsa mer om återvunnen plast såsom egenskaper, tillverkningsprocess och användningsområden, se Naturvårdsverkets rapport "Plast i byggsektorn" (94).

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

Återvunnen installationsspill i markrör till förskolan Hoppet.



Figur 38: Markrör till förskolan Hoppet i återvunnet material (foto: Maria Perzon).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Golv- och väggmattor
- Elinstallationer
- Isolering

ÅTERVUNNET GLAS

Idag finns det också byggelement som består av återvunnet glas på marknaden, vilka kan ersätta isolerade betonglösningar i vissa applikationer (husgrund, vägg- och källarväggar samt tak- och terrasselement). Förutom egenskaper som stabilitet, lätt och ett tåligt isoleringsmaterial är materialet obrännbart, vatten- och diffusionstät, tryckhållfast och har långvarig värmeisoleringsförmåga.

Under rätt förutsättningar är det möjligt att ersätta en betongplatta med en i FOAMGLAS från Koljern, som i projektet Hoppet i Göteborg (29). I följande referens går det att läsa mer om Hoppets grund i återvunnet cellglas (95). En grund i FOAMGLAS kan reducera klimatpåverkan med 50 % från materialen jämfört med en konventionell betongplatta. Vidare väger lösningen 90 % mindre, vilket påverkar transport till byggarbetsplatsen.

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad
Grund i återvunnet cellglas installeras på förskolan Hoppet.



Figur 39: Hoppets grund av FOAMGLAS/Koljern (foto: Lokalförvaltningen).

Det pågår också pilotprojekt idag som arbetar för att återvinningslösningar för planglas, som omhändertas från rivningsprojekt och blir nytt i stället för att deponeras (96).

Det finns också glasull på marknaden som består av hög andel återvunnet material.

Exempel på möjliga användningsområden:

- Grund
- Isolering
- Väg- och källarväggar
- Tak- och terrasselement

ÅTERVUNNEN BETONG

Den svenska betongbranschens målsättning på kort sikt är att koldioxidutsläppen ska halveras inom fem år för att sedan på längre sikt tillverka klimatneutral betong ur ett livscykelperspektiv. För att detta ska bli möjligt krävs det att betong som redan framställts utnyttjas som råvara. Det finns två typer av betong som kan återvinnas; rivningsbetong och restbetong. Rivningsbetong innebär demonterad betong som kommer från infrastruktur som vägar och broar eller från byggsektorn som ombyggnation eller husrivning. Restbetong är det som blir över vid tillverkning av exempelvis prefabricerade väggar, rör och pelare eller som returneras (97).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Fyllnadsmaterial
- Ballast
- Restmaterial i betong

ÅTERVUNNET STÅL

Stål är världens mest återvunna material och i byggsektorn återvinns idag ca 90 %. Användning av återvunnet stål minskar klimatpåverkan med 50 % jämfört med tillverkning från malm. Det är möjligt att återvinna stål hur många gånger som helst utan att kvaliteten försämras. Idag finns det leverantörer som redovisar klimatpåverkan från sina återvunna stål-produkter i exempelvis EPD:er eller endast redovisar andel skrotbaserat innehåll (98).

Exempel på användningsområden:

- Pelare
- Balkar
- Armering
- Övriga stålprodukter

Biobaserade och naturliga material

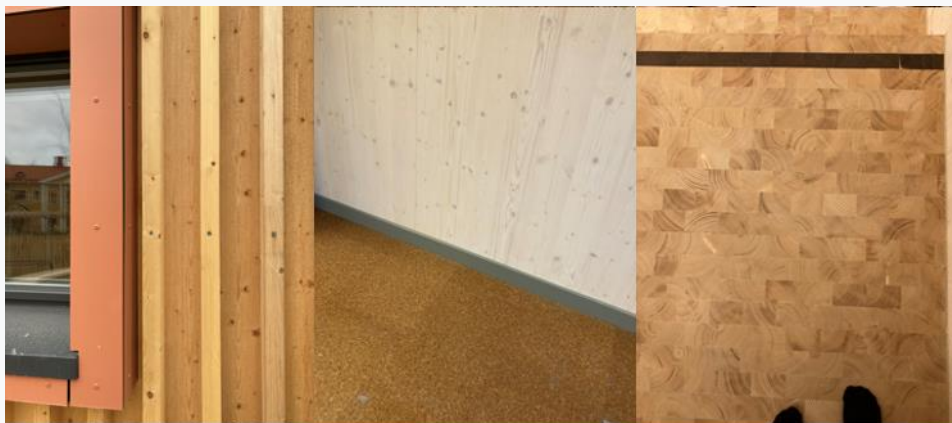
Biobaserade material innebär material från förnybara, kolbaserade biologiska råvaror med låg miljöpåverkan, som kommer från skog, lantbruk eller havet. Ett biobaserat material skiljer sig från andra byggmaterial då det kan brytas ned i ett biologiskt kretslopp. Jämfört med exempelvis cement- och ståltillverkning så kräver ett biobaserat material generellt en begränsad bearbetning vid produktion. Detta bidrar till det biobaserade materialets låga klimatpåverkan (99).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Stomme
- Fasader
- Isolering
- Tak
- Innerväggar
- Golv

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborgs Stad

I Hoppet finns ett antal biobaserade material såsom stomme, fasad, kubbgolv och korkmatta (29).



Figur 40: Utvalda biobaserade material i Hoppet, fasad, korkmatta och kubbgolv (foto: Maria Perzon).

Det finns idag olika typer av biobaserade isoleringsmaterial på marknaden, såsom träfiber, cellulosa, hampa, ålgräs, jute, lin, kork, vass, bomull, fårull med flera. Generellt sett har dessa material en låg klimatpåverkan eftersom de baseras just på biobaserade råvaror. Vidare har de en viss fuktkapacitet då de kan ta upp fukt ifrån luften till skillnad från glasull och stenuull. Fukten påverkar de biobaserade isoleringsmaterialens värmeisoleringsförmåga jämfört med till

exempel isolering i mineralull. I studien ingick träfiberisolering och hampafiberisolering som biobaserade isoleringsmaterial. (99).

TRÄ

Idag är det möjligt att bygga både stora och höga byggnader med trästomme, vilket har möjliggjorts genom utveckling av trämodulbyggande och teknik som är baserad på korslimmat trä (KL-trä). Det är möjligt att bygga allt från småhus till stora sjukhus, som visat sig har goda förutsättningar kring tidigare osäkerheter om brand, ljud och vibrationer och bärförmåga (100).

Lättbyggnadsteknik

I lättbyggnadsteknik används regler och bjälkar av massivt virke eller sammansatta profiler som I-balkar, fackverk, limträ tillsammans med mineralull, skrivmaterial och membran för lufttäthet och fuktskydd. Jämfört med småhus så skiljer sig väggens uppbyggnad i ett flerbostadshus där kraven på brandmotstånd och ljudisolering ökar med antal våningsplan, vilket ofta hanteras genom ökad användning av skivmaterial (101).

Massivträteknik

Massivträskiva är en träskiva bestående av ihoplimmade trästycken i skikt. En flerskiktig massivträskiva betecknas ofta som korslimmade träskivor (KL-skivor). Denna består av två yttre skikt med inbördes parallella fiberriktningar och minst ett inre skikt med fiberriktningen vinkelrät mot dess yttre skikt. Det är främst väggar och bjälklag som ett byggsystem av massivträ utgörs av och lämpas sig för många olika typer av byggnader exempelvis flerbostadshus (102).

De senaste åren har produktionen av KL-trä i Sverige ökat och det finns numera fler än en aktör på marknaden. Flertalet av dessa har tagit fram leverantörsspecifika EPD:er för sina produkter, vilket möjliggör jämförelse av klimatpåverkan. Det finns även stomlösningar i massivträ där 50 % av träet sågas bort för att öka isoleringsförmågan.

Volymelement

Redan i projekteringsfasen bör val av stomsystem med volymelement göras, då det styr planlösning och val av teknisksystem. Det är möjligt att bygga flervåningshus upp till sex våningar med volymelement och det finns begränsningar i vilka öppningar som kan göras i de bärande elementen.

Konstruktionen består av bjälklag och en separat undertakskonstruktion, vilket bidrar till relativt tjocka bjälklag. Ett system med massiva träkomponenter är uppbyggda av en massivbjälklagsplatta av massivträ kombinerat med en undertakskonstruktion av lättbyggsystem.

Det är bland annat transportsätt från fabrik till byggarbetsplats som avgör storlek på volymelementen. Mellanlagring på byggarbetsplats bör undvikas och varje lyft och nedsättning innebär en risk för sprickor i ytskikt (103).

En studie har jämfört klimatpåverkan från olika bärande träbyggnadssystem genom att studera tvärsnittet. I utredningen ingick bärande ytterväggar med bärande element i laminerat fanérvirke (Laminated Veneer lumber - LVL), konstruktionsvirke, lättviktsregel och KL-trä. För bjälklag ingick konstruktioner med bärande element av LVL och lättviktsbalk. Resultatet pekar på att för bärande ytterväggar så har tvärsnittet med KL-trä har lägst klimatpåverkan. För bjälklag har tvärsnittet med lättviktsbalk lägst påverkan i flest miljöpåverkanskategorier. Vidare pekar resultatet på att det framför allt är isolering och gips som står för majoriteten av tvärsnittets miljöpåverkan i samtliga miljöpåverkanskategorier. (104)



Figur 41 Exempel på jämförda träkonstruktioner från examensarbetet (104).

Väggisolering

Träfiberisolering är ett annat exempel på användningsområden för trä, som kan tillverkas av exempelvis spillvirke av tall och gran. Träfiberisolering har både bra ljuddämpande och hygroskopiska egenskaper och dessutom återvinningsbart. (105)

Exempel på möjliga användningsområden

- Bärande konstruktioner
- Beklädnadsvirke, som in och utvändiga panelbrädor
- Snickerivirke för industriell tillverkning av exempelvis fönster, dörrar och inredningar
- Golv med mera
- Isolering

Hållbart skogsbruk

Det finns olika typer av förordningar, intyg och märkningar som kan tillämpas i projekt för att säkerställa användning av virke från ett hållbart skogsbruk.

EU:s timmerförordning syftar till att motverka handel med virke och träråvaror från olaglig avverkning på EU:s inre marknad, vilket både gäller importerade och svenska produkter (106).

Produkter som omfattas av CITES och produkter med FLEGT-licens är undantagna kraven i timmerförordningen. CITES kallas den överenskommelse som handlar om att skydda utrotningshotade arter och den biologiska mångfalden. (107)

En FLEGT licens vid import av trä- och pappersprodukter till EU bekräftar att träprodukten kommer från laglig avverkning eller import. Det är endast import av timmer och träprodukter från Indonesien licenssystemet gäller (108).

PEFC-märkningen visar att trä-produkten är tillverkad av skogsråvara som kommer från hållbart brukade skogar enligt PEFCs krav. PEFC står för The Programme for the Endorsement of Forest Certification och är en oberoende och icke-vinstdrivande global organisation, som utvärderar och godkänner nationella standarder för certifiering som uppfyller PEFCs internationella kriterier för hållbart skogsbruk (109).

FSC är ett globalt skogscertifieringssystem och står för Forest Stewardship Council, som har upprättats för skogar och skogsprodukter. Målet är att främja hållbart skogsbruk globalt, där både social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet beaktas. En viktig del i certifieringen handlar om spårbarheten, som att en slutkund kan följa timrets väg tillbaka till skogen (110).

PAPPER

Idag finns det regler av papper, som kan ersätta stålreglar, vilka i nuläget släpper ut 14 gånger mer koldioxid än papper. Dessa lättviktsreglar kan sedan återvinnas som vanlig kartong (111). Det första kommersiella projektet har bygg med pappersreglar från Wood Tube är Vasakronans Strömshuset, där reglarna nu är installerade (112).

EXEMPELPROJEKT – Strömshuset Vasakronan, Göteborg

Lättviktsreglar i papper installerade i Vasakronans Strömshuset i Göteborg.



Figur 42: Reglar i papper installerade i Strömshuset. Foto från (112).

Ett annat exempel på användningsområden för papper är cellulosaisolering, som tillverkas av retur tidningspapper. Cellulosaisolering har en lägre klimatbelastning än många andra isolermaterial. För att hämma mögeltillväxt och brandfarlighet tillsätts ofta kemikalier (105).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Reglar

- Cellulosaisolering

BIOBASERAD PLAST

All plast består av kol som beståndsdel, där fossilbaserad plast innehåller kol från olja och naturgas, medan biobaserad plast innehåller kol från förnybara källor. Användningen av biobaserad plast ökar i snabb takt, men det är fortfarande ovanligt i förhållande till den totala mängden plast som produceras.

Av de fem vanligaste plasterna inom byggsektorn finns fyra av dem som biobaserade. Det kallas för drop-in plaster och är PVC, PE, PP och PUR, varav EPS/PS saknas som biobaserad motsvarighet. Stor potential för biobaserad plast är användningen inom golv- och väggmattor och även inom fönster- och dörrprofiler (94).

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

I förskolan Hoppet har det till exempel använts biobaserade PVC-rör (130).



Figur 43: Biosubstituerad plast i markrör till förskolan Hoppet (foto: Maria Perzon).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Isolering
- Rör
- Fukt- och ångspärr
- Kablar

- Armaturer
- Lister
- Profiler

LERA

Fördelarna med lera är att den har en fuktbufferingsförmåga, lagrar värme, sparar energi, absorberar luftföroreningar, kan återanvändas, sparar transport- och materialkostnader, bevarar trä och skyddar mot högfrekvent strålning. Nackdelar är att lera inte är något standardiserat byggnadsmaterial (än), krymper när det torkar och är inte vattentätt. Lera finns i olika byggnadsformer, där bland annat lerputs med fördel kan användas på innerväggar, insidan av ytterväggar och fasader (99).

Ett annat alternativ är att forma stenar av lera, så kallade lerstenar. Dessa kan med fördel användas för att mura väggar. Det finns även en byggnadsmetod av lera som är stampade jordväggar, passande för innerväggar med kompletterande formverk. Mackelering är en metod då fet lerjord blandas med sand, grus, halm och vatten. Fungerar bra för bärande väggar. Sist men inte minst finns lerbaserade skivmaterial, som produceras i fabrik. Består oftast av en kombination av lera, sand och naturliga fiber.

Exempel på möjliga användningsområden:

- Byggskiva
- Puts på innerväggar
- Puts på ytterväggar
- Murning av väggar
- Innerväggsmaterial
- En hel byggnad

EXEMPELPROJEKT – Tecla, 3D-printad Lera

En innovation är att 3D-printa byggnader av lera från närområdet. Här finns ett exempelprojekt från Italien som inspiration (127).



Figur 44: Bildkälla (127).

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

En av komplementbyggnaderna till Hoppet har en lervägg (119) (29).



Figur 45: En av Hoppets komplementbyggnader med en vägg av lera (foto: Maria Perzon).

HAMPAKALK

Hampakalk kan med fördel användas till fasader med bärande byggnadsverk som komplement. Det finns ett antal certifierade hampakalktillverkare på marknaden idag. Materialegenskaperna styrs av mängden hampa och kalk. Ju större mängd hampa i materialet desto bättre värmeisoleringsförmåga och kalken bidrar till hållfastheten. I det stora hela är det den låga energiförbrukningen som bidrar till minskad klimatpåverkan (99).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Prefabricerad panel med bärande konstruktion

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

En av komplementbyggnaderna till Hoppet är byggd av hampakalk (119) (29).



Figur 46: En av Hoppets komplementbyggnader byggd av hampakalk (foto: Maria Perzon).

HALMBALAR

Halmbalar kan användas som byggnadsmaterial och delas upp i tre grupper: lastbärande halmbalar, lastbärande träregelkonstruktion med halmbalar och prefab byggelement. Eftersom halm är en förnybar råvara som mestadels betraktas som restprodukt och är resurseffektivt, är det ett gott exempel på byggnadsmaterial (99).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Lastbärande halmbalar
- Lastbärande träregelkonstruktion med halmbalar
- Prefabricerade byggelement

VASS

Vass fungerar mycket bra som taktäckningsmaterial och som byggnadsmaterial i fasader. Taklutningen ska vara minst 45 grader, så att takets lutning i kombination med vass geometri bidrar till att regnvattnet rinner längst med vasstråna. Det är god värmeledningsförmåga för

tak och fasade konstruerade med vass. Med rätt förutsättningar kan takets livslängd hamna på 20-40 år (99).

Exempel på möjliga användningsområden:

- I fasader
- Täckningsmaterial

MUSSELSKAL

Det skulle kunna öppna en dörr för byggsektorn att använda sig av musselskal som restprodukt i takt med en eventuell ökning av produktionen. Exempelvis skulle det kunna utnyttjas som isolering (113).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Isolering

Klimatförbättrade material

Utöver att arbeta med återbruk, återvunnet eller biobaserat innehåll, så är ett annat alternativ för minskad klimatpåverkan att använda sig av klimatförbättrade material.

KLIMATFÖRBÄTTRAD BETONG

Betongbranschen har som mål att det år 2030 ska finnas klimatneutral betong på marknaden och år 2045 ska all betong som används i Sverige vara klimatneutral (69).

För att minska klimatpåverkan på betong redan idag så är första steget att välja en resurseffektiv konstruktionslösning. Därefter bör det göras en analys för att välja rätt betong på rätt plats och slutligen att välja de klimatförbättrade varianterna av betong.

Klimatoptimering av en betongbyggnad kan delas in och beskrivas i tre delar (114):

- Val av resurseffektiv utformning av konstruktionen
- Val av rätt betong på rätt plats
- Val av en klimatförbättrad betongsort eller betongprodukt

Klimatförbättra innebär en aktiv optimering av betongens sammansättning för att reducera klimatpåverkan. Detta görs vanligtvis genom att använda alternativa bindemedel där cementen byts ut mot antingen flygaska eller slagg som är restprodukter i andra industriella processer. Enligt CMS (Content Management System) beräknas mer än 90 % av koldioxidutsläppen från betong komma från cementklinkern (bindemedel som finns i betong).

Vissa egenskaper hos betongen kan påverkas vid ett utbyte av bindemedlet, vilket kan få betydelse för gjutning, frostbeständighet och uttorkningstider (69). Det finns idag regelverk som styr hur mycket inblandning av alternativa bindemedel som tillåts, dock pågår ett revideringsarbete av dessa standarder. Svensk betong har tagit fram en beskrivning av klimatförbättrad betong i tre nivåer med 10, 25 respektive 40 % reduktion, enligt Figur 47 nedan.



Figur 47: Fyra nivåer av klimatförbättrad betong i enlighet med Svensk Betongs Vägledning för klimatförbättrad betong. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktionstekniska förutsättningar (114).

Det pågår projekt och det finns långtgående målsättningar inom cementindustrin att utveckla CCS (koldioxidinfångning och lagring av koldioxid) för att möjliggöra klimatneutral cementtillverkning på sikt.

Ett annat exempel på alternativa bindemedel är ett företag som testat att använda jordbruksrester, aska från spannmålsskal, för att reducera behovet av cement. Genom denna metod kan en ny sorts betong framställas och därmed minska klimatavtrycket med hälften (114).

Betong kan även ersättas av cellbetong, ihålig kärnbetong och flercellig lera. Detta bidrar till minskad klimatpåverkan i och med mindre energi, utsläpp och vikt (115).

Användningsområden:

- Ersätter konventionell betong

KLIMATFÖRBÄTTRAT STÅL

Ståltillverkaren SSAB har som målsättning att tillverka fossilfritt stål till år 2026. Genom att använda vätgas som ersätter den traditionella användningen av kol och koks vid malmbaserad ståltillverkning. På så sätt har en produkt skapats utan att använda fossila bränslen eller fossila råvaror och orsakar därmed inga koldioxidutsläpp. Denna process ska även dokumenteras i en

miljövarudeklaration (EPD) för att kunna klassas som fossilfri. Detta ska dock inte blandas ihop med grönt stål, där ingen officiellt erkänd definition finns och inga specifika kriterier (116).

Exempel på möjliga användningsområden:

- Ersätter konventionellt stål

INSTALLATIONSPRODUKTER

Det finns idag exempel på installationsprodukter som har lägre klimatpåverkan jämfört med en konventionell produkt. Ett sådant exempel är ventilationssystemet som huvudsakligen består av återvunnet glas från företaget Climate Recovery. Kanalsystemet innehåller ingen plåt utan endast hårt pressat isoleringsmaterial som både utvändigt och invändigt är klädda med aluminiumfolie. Enligt tillverkaren har denna kanalen upp till 70% lägre klimatpåverkan än en standard plåtkanal (117).

Ett exempel på projekt där kanaler i återvunnet glas har installerats är lokalförvaltningens förskolan Hoppet i Göteborg (118).

Klimatpåverkan från installationsprodukter kan också reduceras genom att välja återbrukade produkter och material med hög andel återvunnen råvara.

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

Ett exempel på projekt där kanaler i återvunnet glas har installerats är lokalförvaltningens förskolan Hoppet i Göteborg (118).



Figur 48: Climate Recoverys installeras på förskolan Hoppet (foto: Sören Håkanlind) (118).

Användning av ”nya” material

Det är en lång övergångsperiod till att den svenska byggsektorn ska kunna bli helt klimatneutral. Det krävs långsiktiga arbeten med utveckling och implementering av innovativa lösningar och tekniker. Samtidigt är det viktigt att fokusera på de åtgärder som redan idag kan vidtas för att snabba på den långa resan. Det finns idag flera byggmaterial och tekniker på marknaden som kan användas i projekt redan nu för att minska klimatpåverkan.

Ett bra exempel är förskolan Hoppet, där klimatpåverkan har reducerats med cirka 70 % för de stora systemvalen jämfört med en konventionell byggd förskola. Det är stommen som bidragit till den största minskningen genom att främst att byta ut pelare/balkar av stål till trä (32) (119).

EXEMPELPROJEKT – Hoppets förskola, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

Ett bra exempel är förskolan Hoppet, där klimatpåverkan har reducerats med cirka 70 % för de stora systemvalen jämfört med en konventionell byggd förskola. Det är stommen som bidragit till den största minskningen genom att främst att byta ut pelare/balkar av stål till trä (32) (119).



Figur 49: Förskolan Hoppet (foto: Maria Perzon).

REFERENSER

1. **S2C.** Scandinavian Sustainable Circular Construction. *S2C*. [Online] Nørresundby, 2022.
<http://www.s2c-eu.com>.
2. **Ingelhart, Gerda.** Illustration över kunskapspaketets berörda områden. Mölndal : Bengt Dahlgren AB, 2022.
3. **Nakos Lantz H, Edenhofer och Wahlström Å.** *Energieffektiv byggproduktion – Kunskapspaket och vägledning*. Göteborg : Göteborgs stad, 2021.
http://www.laganbygg.se/UserFiles/Projekt/Energieffektiv_byggproduktion-2021-11-23.pdf.
4. **Boverket.** Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn. [Online] 2021.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuellt-status/vaxthusgaser/>.
5. **Anna Högberg, Gerda Ingelhart.** *Guide för klimateffektivt byggande*. Göteborg : Bengt Dahlgren, 2021. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/55b6eb79-3158-4f5e-89e2-ae3e4f8e3d60/klimateffektivguide%28f%C3%A4rdiga_versionen%29.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-55b6eb79-3158-4f5e-89e2-ae3e4f8e3d60-nTnUr24.
6. **Malmqvist, Tove, Erlandsson, Martin and Francar, Nicolas .** *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus*. Göteborg : IVL Svenska Miljöinstitutet;C 344, 2018.
<https://www.ivl.se/publikationer/publikationer/minskad-klimatpaverkan-fran-flerbostadshus.html>.
7. **Riksdag, Sveriges.** *Lag (2021:787) om klimatdeklaration för byggnader*. Stockholm : Finansdepartementet, 2021. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2021787-om-klimatdeklaration-for-byggnader_sfs-2021-787.
8. **Boverket.** *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/>.
9. **Klimatdeklarationens omfattning.** *Klimatdeklaration - en handbok från Boverket*. [Online] Boverket, 2021. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>.
10. **K., Einarsson.** Boverket. *Status and current issues from authority*. [Online] Karlskrona, 2021. <https://www.lifecycenter.se/wp-content/uploads/5.-Kristina-Einarsson.pdf>.
11. **Malmqvist T, Borgström S, Brismark J och Erlandsson M.** *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*. Stockholm : Boverket, 2021.
12. **Boverket.** *Välkommen till handboken*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration>.

13. Byggdelar som ingår. [Online] Boverket, 2022.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/byggdelar-som-ingar/>.
14. Erlandsson M., Petersson D. & Jönsson JA. *Referensbyggnaden Blå Jungfrun med träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering*. Stockholm : IVL Svenska Miljöinstitutet, 2020.
<https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f47389d/1628417180047/FULLTEXT01.pdf>.
15. Emma Karlsson, Katarina Westerbjörk, Hanna Öberg och Sara Borgström. *LCA och LCC i tidiga skeden*. Stockholm : Sveriges Kommuner och Regioner, 2022.
<https://skr.se/download/18.583b3b0c17e40e30384af41e/1643292115464/LCA-och-LCC-i-tidiga-skeden.pdf>.
16. Baumann, Henrikke and Tillman, Anne-Marie. *The Hitch Hiker's guide to LCA : an orientation in life cycle assessment methodology and application*. 2004.
17. Gerhardsson H, Andersson J, Thrysin Å. *Återbrukets klimateffekter vid byggnation*. Stockholm : IVL Svenska Miljöinstitutet; C 562, 2020.
https://ccbuild.se/media/01fgus3f/%C3%A5terbrukets-klimateffekter-vid-byggnation_-handledning.pdf.
18. EPD International. *A short introduction to EPDs*. [Online] Stockholm, u.å.
www.environdec.com.
19. Boverket. *Boverkets klimatdatabas*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/>.
20. Syke. *Klimatdatabas*. [Online] Helsinki, u.å. <https://co2data.fi/>.
21. Ökobaudat. *Databassökning*. [Online] Stuttgart, 2021.
https://www.oekobaudat.de/no_cache/en/database/search.html.
22. IVL Svenska Miljöinstitutet. *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg*. [Online] Stockholm, 2022. <https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html>.
23. OneClickLCA. *Kom igång med Klimatdeklarationer*. [Online] Helsinki, 2021.
<https://www.oneclicklca.com/se/>.
24. Prodikt. *Vi gör det möjligt att bygga en bättre framtid*. [Online] Ängelholm, 2022.
<https://app.prodikt.com/#/main/>.
25. Anavitor. *Det är lätt att räkna grönt*. [Online] Malmö, u.å. <https://www.anavitor.se//>.
26. Plant. *Få koll på din materialanvändning*. [Online] Stockholm, u.å. <https://www.plant.se/>.

27. Elecosoft. *Bidcon Klimatmodu*. [Online] Skellefteå, 2021.
<https://www.elecosoft.se/programvaror/bidcon/bidcon-klimatmodul>.
28. Epd-norge. *Sök EPD efter kategorier*. [Online] Oslo, u.å. www.environdec.com.
29. Hoppet - ett innovationsprogram för fossilfri byggnation. [Online] Lokalförvaltningen Göteborgs Stad, 2017. <https://goteborg.se/wps/portal/enhets sida/hoppet-fossilfri-byggnation>.
30. Intervju, Projektdeltagare. Fossilfri förskola Hoppet, Lokalförvaltningen Göteborgs stad. Göteborg : Anna Högberg och Gerda Ingelhag, 2021.
31. *Life cycle assessment in the building design process – A systematic literature review*. Roberts, Matthew, Allen, Stephen and Coley, David. s.l. : Building and Environment, 2020, Vol. Volume 185. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132320306454>.
32. Anna Ryberg Ågren, Rebecca Calderon. *Klimatarbete Hoppet, Delrapportering systemskede*. Göteborg : Derome, 2021. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/fd40a939-15db-4e3a-b249-0427c4d87a13/Klimatarbete+i+Hoppet+-+Delrapportering+systemskede.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=RO OTWORKSPACE-fd40a939-15db-4e3a-b249-0427c4d87a13-nFiFszI.
33. Rasmus Andersson, Sandra Moberg, Hanna Gerhardsson, Jeanette Green. *Vägledning för att minska klimatpåverkan i byggprojekt*. s.l. : SBUF, 2021.
<https://www.ivl.se/download/18.556fc7e17c75c84933b2f1/1635413808468/FULLTEXT01.pdf>.
34. IVL Svenska Miljöinstitutet. *Koldioxidsnålt byggande – ny omvärldsstudie visar hinder och möjligheter*. [Online] Stockholm, 2021. <https://www.ivl.se/toppmeny/press/pressmeddelanden-och-nyheter/nyheter/2021-12-03-koldioxidsnalt-byggande---ny-omvarldsstudie-visar-hinder-och-mojligheter.html>.
35. Upphandlingsmyndigheten. *Lyckas med upphandling i byggprojekt*. *Upphandlingsmyndigheten*. [Online] Upphandlingsmyndigheten, Februari 14, 2022. [Cited: Februari 28, 2022.] <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/nyheter/2022/lyckas-med-upphandling-i-byggprojekt>.
36. Upphandlingsmyndigheten. *Om offentlig upphandling*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-offentlig-upphandling/>.
37. Upphandlingsmyndigheten. *Klimatkrav för nybyggnad av hus*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/nyheter/2021/klimatkrav-for-nybyggnad-av-hus2>.
38. Azal A, Semnani S. *Hållbarhetskrav i offentliga upphandlingar*. Luleå : Luleå tekniska universitet, 2021. <http://tu.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=6563&pid=diva2%3A1568342>.

39. Upphandlingsmyndigheten. *Lokaler nybyggnad*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/kriterier/bygg-och-fastighet/lokaler-nybyggnad>.
40. Göteborgs stad. *Samarbete för ett cirkulärt Göteborg 2030*. [Online] Göteborg, 2021.
https://goteborg.se/wps/wcm/connect/e7dc463a-d120-4142-9cb4-edd0d59f8edf/Slutrapport+Samarbete+f%C3%B6r+ett+cirkul%C3%A4rt+G%C3%B6teborg+2030_f%C3%B6rstudie.pdf?MOD=AJPERES.
41. Göteborgs stad. *Dags att bygga och riva cirkulärt*. [Online] Göteborg, 2020.
<https://goteborg.se/wps/wcm/connect/739f9135-eb3-4f18-8420-ef6ca7e13922/Guide+med+rekommendationer.pdf?MOD=AJPERES>.
42. Colligio. *Upphandling i byggsektorn – Krav på användande av återbrukade och återanvända produkter och material*. Falun : Colligio, 2019. <https://ccbuid.se/media/jvqb15a0/upphandling-i-byggsektorn-en-f%C3%B6rstudie.pdf>.
43. Byggföretagen. *Resurs- och avfallshantering*. [Online] Stockholm, u.å.
<https://byggforetagen.se/foretagsservice/amnen/resurs-och-avfallshantering/>.
44. Gerda Ingelhag, Anna Högberg, Maria Perzon. *Egna erfarenheter av arbete med klimateffektivt byggande*. Mölndal : Bengt Dahlgren AB, 2022.
45. Lönn-Lundbäck A, Selberg P. *Byggutmaning: Klimatbudget – en guide för dig som vill minska byggprojektets klimatutsläpp*. Göteborg : Byggföretagen i väst, Johanneberg Science Park, 2022.
<https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/Byggutmaningen%20Klimatbudget.pdf>.
46. Femenias P, Holmström C, Jonsdotter L, Thuvander L. *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder*. Stockholm : E2B2; Rapport 2016:02, 2016.
https://www.e2b2.se/library/2310/39703-1-slutrapport-2016_2-arkitektur-materialfloeden-och-klimatpaaverkan-i-bostaeder.pdf.
47. *Design and construction strategies for reducing embodied impacts from buildings – Case study analysis*. Malmqvist, Tove, et al. s.l. : 166 pp. 35–47., 2018.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817321576>.
48. Trafikverket. *Fyrstegsprincipen*. Trafikverket. [Online] Trafikverket, 12 10, 2021. [Cited: 03 24, 2022.] <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings-och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/>.
49. Östlund, Emma. *Idéskrift för ökat återbruksfokus i planeringens olika skeden*. Stockholm : ETTELVA Arkitekter, 2022. Publiceras inom kort på:
<https://ccbuid.se/kunskapsbank/guider/>.

50. Dahlgren, Fredrik , et al. *Byggnaders klimatpåverkan - Referensbyggnader för svenska förhållanden*. Stockholm : SBUF, 2021. <https://www.sbuf.se/Projektsida?project=a733cfc7-3065-4d36-b371-024cb9802e70>.
51. Braide, Anna. *Dwelling in time - Studies on life course spatial adaptability*. Göteborg : Chalmers Tekniska Högskola, 2019. https://research.chalmers.se/publication/509729/file/509729_Fulltext.pdf.
52. CIX. *Det bästa verktyget för cirkulärt byggande- helt gratis*. [Online] Göteborg, 2021. <http://www.hallbarbyggnation.se/>.
53. Östlund E, Borseman H, Brick K, Högberg A, Ljungstedt H et al. *Slutrapport/Cirkularitetsindex/2020*. Göteborg : Ettelva Arkitekter, 2020.
54. Moberg, Sandra. *Life cycle assessment of multi-family housing designed for flexibility – A study on the climate impact of flexibility and how to account for it in a life cycle assessment*. Göteborg : Chalmers tekniska högskola, 2021.
55. Kronander , Louise and Rydsjö, Petter. *LCA I SKISSKEDET - Hur arkitekter kan jobba med livscykelanalys*. s.l. : Efem arkitektkontor, 2020.
56. Brand, S. *How buildings learn: What happens after they're built?* London: Phoenix : s.n., 1997.
57. Naturskyddsföreningen. *Avfallstrappan*. [Online] Göteborg, 2022. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/>.
58. Göteborgs Stad. *Dags att bygga cirkulärt*. [Online] Göteborg, 2020. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/d0600675-8e9c-4522-9984-4783c65d9a07/Slutrapport+Upphandlingskrav+f%C3%B6r+cirkul%C3%A4ra+f%C3%B6r+och+rivningsprocessen.pdf?MOD=AJPERES>.
59. c2ccertified. *Design for Disassembly & Recovery*. [Online] Kalifornien and Amsterdam, 2022. <https://www.c2ccertified.org/news/article/what-is-design-for-disassembly>.
60. Graaf, Anna. White arkitekter. *Så kan arkitekten göra byggbranschen cirkulär*. [Online] Göteborg, 2020. <https://whitearkitekter.com/se/nyheter/kampanj-intervju/>.
61. Material economics. *Ett värdebeständigt svenskt materialsystem*. [Online] Stockholm, u.å. <https://materialeconomics.com/new-publications/ett-vardebestandigt-svenskt-materialsystem>.
62. Perzon M, Zita A. *Egen erfarenhet från Innovationsprojekt Återbruk*. Mölndal : Bengt Dahlgren AB, 2022.

63. Andreas Karlsson, Andreas Rattfelt, Philip Eerola, Samuel Bladh, Maria Perzon. *Återbruksguiden för installationer*. Göteborg : Bengt Dahlgren, 2022. Publiceras inom kort på: <https://ccbuild.se/kunskapsbank/guider/>.
64. White Arkitekter, Bengt Dahlgren, Wingårdhs och Lokalförvaltningen Göteborgs Stad. *Inventering för återbruk*. Göteborg : White Arkitekter, Bengt Dahlgren, Wingårdhs och Lokalförvaltningen Göteborgs Stad, 2021.
65. Lönn-Lundbäck, Anna. *Byggutmaning: Återbruk – Handbok för dig som vill återbruka mera*. Göteborg : Byggföretagen i väst, 2022. <https://ccbuild.se/media/q3vjv5xq/handbok-i-praktiskt-%C3%A5terbruksarbete.pdf>.
66. CCBUILD. *Rapporter*. [Online] Göteborg, 2022. <https://ccbuild.se/kunskapsbank/rapporter/>.
67. CCBUILD. *Centrum för cirkulärt byggande*. [Online] Göteborg, 2022. <https://ccbuild.se/>.
68. CCBUILD. *Guider*. [Online] Göteborg, 2022. <https://ccbuild.se/kunskapsbank/guider/>.
69. Betong, Svensk. *Klimatförbättrad betong*. Stockholm : Svensk Betong, 2019. https://cms.betongarhallbart.se/wp-content/uploads/2019/05/klimatforbattrad-betong_webb.pdf.
70. AB, Material Economics Sverige. *Ett värdebeständigt svenskt materialsystem*. <https://materialeconomics.com/new-publications/ett-vardebestandigt-svenskt-materialsystem> .
71. Martina Wennesjö, Hanna Gerhardsson, Sandra Moberg, Carina Loh Lindholm, Johanna Andersson. *Etablering av en storskalig marknad för återbruk i bygg- och fastighetssektorn - Återbruksrelaterade tjänster för att främja en storskalig återbruksmarknad i Göteborgsregionen* . Stockholm : IVL Svenska Miljöinstitutet, 2021. <https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f4728c7/1628413455856/FULLTEXT01.pdf>.
72. Andersson J, Moberg S, Gerhardsson H, Loh Lindholm C. *Potential, effekter och erfarenheter från återbruk i bygg- och fastighetssektorn*. Stockholm : IVL Svenska Miljöinstitutet, 2021. <https://www.ivl.se/download/18.182a90c917b9f528bf17f31/1631266000401/FULLTEXT02.pdf>.
73. H Gerhardsson, C L Lindholm, J Andersson, A Kronberg, M Wennesjö and F Shadram. *Transitioning the Swedish building sector toward reuse and circularity. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020, Vol. 588, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/588/4/042036>.
74. Jurate Miliute-Plepiene, Dämien Johann Bolinius, Hanna Unsbo, Erik Emilsson, Carina Loh Lindholm, Maria Ahlm och Ragnhild Berglund. *Byggåterbruksguiden*. Malmö : Avfall Sverige, 2021. https://ccbuild.se/media/3etbdqx5/bygg%C3%A5terbruksguiden_220117.pdf.

75. VCOB. *Hvilke byggematerialer kan du genbruge, genanvende eller materialenyttigøre på anden vis?* Taastrup : Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2017.
76. Miljöinstitutet, IVL Svenska. *Klimatpåverkan från återbrukade byggmaterial – hur räknar jag?* IVL Svenska Miljöinstitutet : Göteborg, 2021.
<https://www.ivl.se/toppmeny/evenemang/210615-klimatpaverkan-fran-aterbrukade-byggmaterial---hur-raknar-jag>.
77. Andersson, Johanna. *Egen erfaring fra Återbruk Väst och CCBuild*. Göteborg : IVL Svenska Miljöinstitutet, 2022.
78. VCOB. *Materialeatlas*. [Online] Taastrup, u.å. <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/materialeatlas/>.
79. Amanda Borneke. *Återbruka byggnader: 10 Byggmaterial att Återanvända efter Rivning*. [Online] Göteborg, 2020. <https://www.amandaborneke.com/post/%C3%A5terbruka-byggnader-10-byggmaterial-att-%C3%A5teranv%C3%A4nda-efter-rivning>.
80. Margaret McNamee, Therése Göras, Cecilia Wetterqvist, Karolina Lundh, Per Blomqvist och Susanne Blomqvist. *Hållbar hantering av byggavfall*. Lund : SBUF, 2021.
<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/9841bb5e-3e1b-4295-9daa-ed79f524dc67/FinalReport/SBUF%2014009%20Slutrapport%20H%C3%A5llbar%20hantering%20av%20byggavfall%20%C3%A5terbruk%20av%20brandklassade%20produkter.pdf>.
81. CCBUILD. *Vardeanalys*. [Online] Göteborg, 2022. <https://www.ccbuild.se/digitala-tjanster/vardeanalys>.
82. CCBUILD. *Digitala tjänster*. [Online] Göteborg, 2022. <https://www.ccbuild.se/digitala-tjanster>.
83. Kompanjonen. *Produkter*. [Online] Höganäs, 2022.
<https://www.kompanjonen.se/produkter/>.
84. Brattöns återbruk. *Senaste produkterna*. [Online] Göteborg, u.å.
<https://www.brattonsaterbruk.se/>.
85. Loopfront. *Återanvändning av byggmaterial – enkelt och lönsamt*. [Online] Stockholm, 2021.
<https://www.loopfront.com/sv/produkt>.
86. Genbyg. *Søg blandt produkter*. [Online] Kastrup, u.å. <https://genbyg.dk/>.
87. Sustainasearch. *VAD ÄR DOWNCYCLING?* [Online] 2020. <https://sustainasearch.com/vad-ar-downcycling/>.

88. Avfall Sverige. *Materialåtervinning*. [Online] Malmö, 2022.
<https://www.avfallsverige.se/avfallshantering/avfallsbehandling/materialatervinning/>.
89. Ragnsells. *En hållbar lösning för stenu*. [Online] Stockholm, 2020.
<https://www.ragnsells.se/vara-tjanster/material/stenu/>.
90. Sunda Hus. *Trygghet för fastighetsägare*. [Online] Linköping, 2022.
<https://www.sundahus.se/> .
91. Byggarubedömningen. *Vi gör det enklare att bygga hållbart*. [Online] Stockholm, 2019.
<https://byggarubedomningen.se/> .
92. Basta. *Sök bland 170 000 miljövärderade artiklar*. [Online] Stockholm, 2022.
<https://www.bastaonline.se/> .
93. Tarkett. *Återvinning – att hushålla jordens resurser*. [Online] Göteborg, 2022.
https://proffs.tarkett.se/sv_SE/node/atervinning-av-plast-linoleum-och-textilgolv-4105.
94. Fråne A, Johansson H, Berglund R, Kellner M och Moyes J. *Plast i byggsektorn- en kartläggning av biobaserade och återvunna alternativ*. Stockholm : IVL Svenska Miljöinstitutet, Statistikmyndigheten SCB, 2021.
95. Derome. *Kan vi ersätta betongplattan som grund?* [Online] Varberg, 2020.
<https://www.derome.se/om-derome/innovation-forskning/hoppet/senaste-nytt/ersatta-betongplattan>.
96. Samarbete möjliggör cirkulära lösningar för planglas. [Online] Ragnsells, 2021.
<https://www.ragnsells.se/det-vi-gor/inspireras/samarbete-mojliggor-cirkular-losning-for-planglas/>.
97. G, Sunnemark Winsnes G och Tinnerstedt G. *Återvinning av betong – för en cirkulär materialanvändning*. Uppsala : Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, 2020.
https://stud.epsilon.slu.se/15525/14/winsnes_sunnermark_g_tinnerstedt_g_200513.pdf.
98. MVR. *Återanvändning av stål i byggandet*. [Online] Stockholm, 2022.
<https://mvr.se/teknik/ateranvandning-av-stal-byggandet/>.
99. P., Strandberg-de Brujin. *LFM30:s klimatbudget metoddokument, Biobaserade byggnadsmaterial och cirkulärt byggande – en kunskapssammanställning*. Lund : Lunds Universitet, 2021.
100. Gustafsson A, Falk M, Olsson J, Brandson D, Sjöström J, Sandberg K, et al. *Sjukhusbyggnader i trä*. Skellefteå : RISE, 2019. https://www.tracentrum.se/media/2418/shs-rapport-sjukhus_ver-final.pdf.

101. Svenskt trä. *Generell beskrivning av lättbyggnadsteknik*. [Online] Stockholm, 2020. <https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/lattbyggnadsteknik/generell-beskrivning-av-lattbyggnadsteknik/>.
102. Svenskt trä. *Generell beskrivning av massivträteknik*. [Online] Stockholm, 2020. <https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/massivtrateknik/generell-beskrivning-av-massivtrateknik/>.
103. Svenskt trä. *Volymelement – projekterings- och produktionsaspekter*. [Online] Stockholm, 2020. <https://www.traguiden.se/planering/planera-ett-trabygge/byggsystem/volymelement/volymelement-projekterings--och-produktionsaspekter/>.
104. Askemar, Hanna. *Miljöpåverkansanalys av bärande träbyggnadssystem*. Borås : Högskolan i Borås, 2019. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/a4c299a4-6112-4f31-8c67-9eeb378e82ee/Milj%C3%B6p%C3%A5verkansanalys+av+b%C3%A4rande+tr%C3%A4byggnadssystem_HA_2019.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=a4c299a4-6112-4f31-8c67-9eeb378e82ee.
105. Miljö och utveckling. *Byggmaterial för mer hållbara val*. [Online] 2021. https://miljo-utveckling.se/byggmaterial-for-mer-hallbara-val/?utm_campaign=Veckobrev&utm_medium=Email&utm_source=Newsletter&utm_link_id=QJvEt16tTDO.
106. Timmerförordningen. [Online] Skogsstyrelsen, 2022. <https://www.skogsstyrelsen.se/lag-och-tillsyn/timmerforordningen/>.
107. Virke av hotade träslag – CITES. [Online] Jordbruksverket, 2021. <https://jordbruksverket.se/vaxter/handel-och-resor/hotade-vaxter-och-produkter-av-hotade-vaxter---cites/virke-av-hotade-traslag>.
108. FLEGT-licenser vid import av trä- och pappersprodukter. [Online] Skogsstyrelsen, 2021. <https://www.skogsstyrelsen.se/lag-och-tillsyn/flegt-licenser/>.
109. Vi verkar för ett hållbart skogsbruk. [Online] PEFC, 2022. https://pefc.se/det-har-ar-pefc/vi-verkar-for-ett-hallbart-skogsbruk?gclid=Cj0KCQiA09eQBhCxARIsAAyRiynt2hRksgMlqDkRCsP-C2PXbmcooenCvmKPDU0sxp8hPr1tVNBowWoaAiKzEALw_wcB.
110. FSC & PEFC - HÅLLBART SKOGSBRUK. [Online] Swedoor, 2022. <https://www.swedoor.se/arkitektradgivaren/fsc-pefc-hallbart-skogsbruk>.
111. Wood Tube. *Från stål till papper*. [Online] Säffle, 2022. <https://www.woodtube.se/>.

112. Strömshuset först ut att bygga med regler av papp. [Online] Vasakronan, 2021. <https://vasakronan.se/aktuellt/stromshuset-forst-ut-att-bygga-med-reglar-av-papp/>.
113. Smedberg, Josua. *En rättvis byggnad – social och ekologisk hållbarhet genom byggnation med lokala material*. Göteborg : Chalmers tekniska högskola, 2015. <https://odr.chalmers.se/handle/20.500.12380/213565>.
114. Svensk Betong. *Vägledning Klimatförbättrad betong, utgåva 2.0*. s.l. : Svensk Betong, 2022. https://www.svenskbetong.se/images/pdf/SvenskBetong_-_V%C3%A4gledning_Klimatf%C3%B6rb%C3%A4ttrad_betong_Utg%C3%A5va_2_-_Digital.pdf.
115. ByggVesta. *ByggVesta producerar hållbar betong med restprodukter från jordbruket*. [Online] Stockholm, 2021. <https://www.mynewsdesk.com/se/byggvesta/pressreleases/byggvesta-producerar-haallbar-betong-med-restprodukter-fraan-jordbruket-3144472>.
116. Programme, Energy in Buildings and Communities. *Strategies for reducing embodied energy and embodied carbon*. s.l. : IEA EBC Annex 57, 2016. https://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_57_Guideline_for_Designers_Part_2.pdf.
117. SSAB. *Allt du behöver veta om SSAB:s fossilfria stål*. [Online] Luleå, 2022. <https://www.ssab.se/fossilfri/faqs-the-big-questions-answered>.
118. Climate Recovery. *Climate Recovery*. [Online] 2022. <https://climaterecovery.com/our-installations/>.
119. VVS Forum. *Fossilfritt bygge kräver nytänk av installatörerna*. [Online] 2021. <https://www.vvsforum.se/2021/04/fossilfritt-bygge-kraver-nytank-av-installatorerna/>.
120. Hållbart Samhällsbyggande. *Förskolan Hoppet testar kryppgrund av pålavkap*. [Online] 2022. <https://hallbartsamhallsbyggande.se/forskolan-hoppet-testar-kryppgrund-av-palavkap/>.
121. Helsingborgshem. *Vårt miljöarbete*. [Online] Helsingborg, 2022. <https://www.helsingborgshem.se/om-oss/hallbarhet/vart-miljoarbete>.
122. Adda ett företag inom SKR. *Förskolebyggnader 2018*. [Online] Stockholm, 2021. <https://www.adda.se/upphandling-och-ramavtal/vara-ramavtal-och-upphandlingar/ramavtal-och-avtalskategorier/bygg-och-fastighet/forskolebyggnader>.
123. IEA. *Strategies for Reducing Embodied Energy and Embodied GHG Emissions – Guideline for Designers and Consultants – Part 2*. Copenhagen : International Energy Agency , 2016.
124. —. *Guideline for Design Professionals and Consultants Part 1*. Switzerland : International Energy Agency, 2016.

125. Miliute-Plepiene J, Bolinius D J, Unsbo H, Emilsson E,.
126. IVL Svenska Miljöinstitutet. *Klimatpåverkan från återbrukade byggmaterial – hur räknar jag?* [Online] Göteborg, 2021. <https://www.ivl.se/toppmeny/evenemang/210615-klimatpaverkan-fran-aterbrukade-byggmaterial---hur-raknar-jag>.
127. B., Johansson. *Arkitektens återbruksmetodik*. Stockholm : White Arkitekter, 2018.
128. Tecla house 3D-printed from locally sourced clay. [Online] Dezeen, 2021. <https://www.dezeen.com/2021/04/23/mario-cucinella-architects-wasp-3d-printed-housing/>.
129. <https://ccbuild.se/media/q3vjv5xq/handbok-i-praktiskt-%C3%A5terbruksarbete.pdf>.
130. Braide, Anna. *Dwelling in time Studies on life course*. s.l. : Chalmers University of Technology , 2019.
131. Rise. *Klimatsmart bygge med rör av återvunnen plast*. [Online] 2020. <https://www.ri.se/sv/press/klimatsmart-bygge-med-ror-av-atervunnen-plast>.
132. Repipe-demo. [Online] RISE, 2019. <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/repipes-demo>.
133. Thomas Betong. *Klimatförbättrad betong i Kungsbacka badhus*. [Online] 2021. <https://thomasbetong.se/senaste-nyheter/klimatfoerbaettrad-betong-i-kungsbacka-badhus> .
134. Derome. *Sara Kulturhus*. [Online] 2022. • https://www.derome.se/om-derome/innovation-forskning/sara-kulturhus?gclid=EAIaIQobChMIzOK6kOHg9gIVQbTVCh1ujgRVEAAYASAAEgJD8vD_BwE .
135. Riksbyggen. Riksbyggens Brf NEO Davidshall i Malmö finalist i Årets Miljöbyggnad. *Mynewsdesk*. [Online] Riksbyggen, 10 27, 2021. [Cited: 03 25, 2022.] <https://www.mynewsdesk.com/se/riksbyggen/pressreleases/riksbyggens-brf-neo-davidshall-i-malmoe-finalist-i-aarets-miljoebyggnad-3139789>.
136. —. Brf Viva i Göteborg - Referensprojekt. *Riksbyggen*. [Online] Riksbyggen, 2022. [Cited: 03 25, 2022.] <https://www.riksbyggen.se/kommun/referensprojekt/bostadsratter-Riksbyggen/vastra-gotaland/brf-viva-referensprojekt/>.
137. Femenias P, Holmström C, Jonsdotter L, Thuvander L. *Arkitektur, materialflöden och klimatpåverkan i bostäder*. Stockholm : E2B2; Rapport 2016:02, 2016.
138. Stad, Lokalförvaltningen Göteborgs. Hoppet - ett innovationsprogram för klimatteffektivt byggande. [Online] Göteborgs Stad, 2022. <https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/hoppet-klimatneutralt-byggnation>.

139. Martin Erlandsson, Daniel Petersson and Jönsson, Jan-Anders. *Referensbyggnaden Blå Jungfrun med träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering - en klimatdeklaration för hela byggnaden och livscykeln*. s.l. : IVL Svenska Miljöinstitutet, på uppdrag av Norrlands Trähus och Masonite Beams, 2020.

<https://www.ivl.se/publikationer/publikationer/referensbyggnaden-bla-jungfrun-med-trabaserade-element-med-lattbalkar-och-cellulosaisolering---en-klimatdeklaration-for-hela-byggnaden-och-livscykeln.html>.

140. Här är boendet som kan växa och krympa. *Göteborg Direkt*. [Online] 2022.

<https://www.goteborgdirekt.se/nyheter/har-ar-boendet-som-kan-vaxa-och-krympa/repvcg!yWTVhTZqU67SrvNjqpjaHQ/>.

141. Synliga träprodukter till byggprojekt. *Strandparken*. [Online] 2022.

<https://www.moelven.com/se/inspiration-och-koncept/synliga-traprodukter-till-byggprojekt/strandparken/>.

142. Helsingborgshem. Projekt Återbruk. [Online]

<https://www.helsingborgshem.se/byggprojekt/projekt-aterbruk>.

143. HSB Living Lab. Om byggnaden. *HSB Living Lab*. [Online] HSB Living Lab, 2022.

[Cited: 03 30, 2022.]

144. 3XN. Circle House. *3XN*. [Online] 3XN, 2022. [Cited: 03 30, 2022.]

<https://gxn.3xn.com/project/circle-house>.

145. Effekt. Effekt Work. *Effekt*. [Online] Effekt, 2022. [Cited: 03 30, 2022.]

<https://www. effekt.dk/work?featured=true>.

146. Pilotprojekt ger nya lärdomar för mer återbruk inom Akademiska Hus. [Online] 2021.

<https://www.akademiskahus.se/aktuellt/nyheter/2021/12/pilotprojekt-ger-nya-lardomar-former-aterbruk-inom-akademiska-hus/>.

147. White. Drömlägenheten. *White arkitekter*. [Online] White arkitekter, 2017. [Cited: 03 25,

2022.] <https://whitearkitekter.com/se/projekt/dromlagenheten-dream-home/>.