



SVENSK BETONG

Vägledning Klimatförbättrad betong



Utgåva 2



Svensk Betong

Innehåll

Vägledning Klimatförbättrad betong Utgåva 2	3
Vägledningens omfattning - läsinstruktion	3
Sammanfattning	3
Betongen, klimatet och samhällsbyggandet	4
Kort om betongens klimatpåverkan	5
Vad är klimatförbättrad betong	5
Vad är en klimatoptimerad byggnad	6
Betongen i cirkulärt byggande	6
Klimatneutral betong är målet	7
Omvärlden – lagkrav, regelverk, målsättningar	7
<i>Lag på klimatdeklarationer</i>	7
<i>Trafikverket</i>	8
<i>Miljöcertifieringssystem</i>	8
Klimatdata och EPD:er	8
<i>EPD</i>	8
<i>Livscykelperspektivet</i>	8
<i>EPD-verktyg och verifikat</i>	9
Viktigt att tänka på om EPD och klimatdata	9
Att klimatoptimera en byggnad – tekniken och processen	10
Att ställa klimatkrav	11
Råd vid klimatoptimering av en betongbyggnad	11
Resurseffektiv konstruktion	11
Rätt betong på rätt plats	11
För att minska överanvändning av cement	13
Klimatförbättrad betong	14
<i>Ny betongstandard öppnar nya möjligheter</i>	14
<i>Klimatförbättrad fabriksbetong och prefabricerade betongprodukter</i>	14
Fabriksbetong	16
Prefabricerade betongprodukter	18
Från ord till handling	20
Kravställande i projekt driver utveckling	20
Framgångsfaktorer i projekt där kraftigt reducerad klimatpåverkan uppnåtts	21
Vi blickar framåt	21
Ordlista med några begrepp som är bra att känna till:	22
Referenser	23



Vägledning klimatförbättrad betong utgåva 2

I samverkan med Fossilfritt Sverige och inom ramen för samarbetet med Betonginitiativet har *Färdplan klimatneutral betong* tagits fram [1]. Betongbranschens målsättning är att betong för husbyggnation år 2023 ska nå en halverad klimatpåverkan, jämfört med den betong som användes år 1990. År 2030 ska klimatneutral betong finnas på marknaden och år 2045 ska all betong som används i Sverige vara klimatneutral. Det kräver ett långsiktigt arbete med utveckling och implementering av ny teknik och utveckling av processer. Samtidigt är det viktigt att fokusera på åtgärder som kan vidtas och ge effekt inom en snar framtid. För att främja omställningen, och som ett led i att öka användningen av klimatförbättrad betong, har Svensk Betong tagit fram *Vägledning Klimatförbättrad betong* som beskriver hur betongbyggnader kan klimatoptimeras. Denna skrift är den andra utgåvan, den första utgåvan publicerades 2019 [2].

Vägledningens omfattning – läsinstruktion

Vägledningen är inriktad på produktionsskedet, A1-A3, och innehåller endast råd om hur betongens klimatpåverkan kan minskas i den delen av livscykeln. Det är dock viktigt att ha i åtanke att de val som görs under produktionen har stor påverkan på byggnadens klimatpåverkan under hela dess livscykel. Inte bara i produktionsskedet utan även i drift- och slutskedet, exempelvis avseende energiförbrukning och behov av renovering och utbyten av material. Olika material möter olika funktionskrav, och dess klimatpåverkan uppkommer också i olika skeden under livscykeln. Klimatpåverkan från transporter, A4, samt produktion på byggarbetsplats, A5, behandlas således inte i vägledningen. Detsamma gäller klimatpåverkan från drift- och slutskedet. Vid klimatoptimering är det ändå helt avgörande att beakta hela livscykelperspektivet.

Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2 har tagits fram gemensamt av tillverkare av fabriksbetong och prefabricerade betongprodukter inom branschföreningen Svensk Betong. Den ger en övergripande beskrivning av de olika möjligheter att reducera betongens klimatpåverkan i produktionsskedet som finns inom dagens teknik. Vägledningen är avsedd att användas som ett stöd i arbetet med att klimatoptimera en betongbyggnad.

För ytterligare information, utbildningsinsatser & material, beställning av tryckta exemplar etc. kontakta info@svensketong.se.

Sammanfattning

Användningen av klimatförbättrad betong ökar och antalet klimatoptimerade betongbyggnader likaså. Det finns verktyg för att beräkna klimatpåverkan från material och byggnader. Tillgången på såväl råvaror som produkter med reducerad klimatpåverkan ökar starkt. Kunskaper sprids och medvetenheten ökar, samtidigt som styrningen av klimatförbättrande åtgärder löpande förbättras i hela byggprocessen. Nya erfarenheter och kvalitetssäkrade data tillkommer. Samtidigt utvecklas kravställande och standarder i en riktning som skapar nya möjligheter och driver utvecklingen framåt.

Med anledning av stark utveckling inom betongområdet har *Vägledning Klimatförbättrad betong* uppdaterats med en utgåva 2. Det i syfte att fortsatt ge byggbranschen ett viktigt stöd för utveckling av klimatoptimerade betongbyggnader. Den andra utgåvan lyfter på ett utförligare sätt fram betydelsen av att se klimatoptimering av vår byggda miljö i ett större perspektiv där alla aktörer i hela byggprocessen bidrar och medverkar till att sätta klimatförbättringar i fokus. Vid design och kravställande i tidigt skede; konstruktion, föreskrivning av betongkvalitet och val av betongsammansättning, vid tillverkning av fabriksbetong och prefabricerade element samt vid produktion på byggarbetsplatsen. Att bygga med lägre klimatpåverkan handlar om att nyttja betongens egenskaper på ett optimalt sätt. Det kan ske genom att optimera mängden betong i byggnaden och/eller att föreskriva och använda en betongkvalitet som möter såväl funktions- som klimatkrav.

Vägledningen beskriver och förklarar viktiga faktorer och åtgärder för att klimatoptimera en betongbyggnad ur ett helhetsperspektiv, såväl avseende teknik som processer. Den visar hur stor klimatreduktion som är möjlig för olika betongsorter och för olika betongprodukter. Underlag baseras på gällande standarder och regelverk och ger även inblick i hur kravställande avseende klimatpåverkan är utformad idag. Den svenska tillämpningsstandarden för betong har uppdaterats under 2021. Det innebär stora möjligheter till ökad klimatreduktion, vilket framgår av de uppdaterade tabellerna i vägledningen.

Möjligheten att tillverka och använda klimatförbättrad betong varierar mellan olika tillverkningsenheter beroende på förutsättningar; som geografisk placering och klimat, tillgång till råvaror etc. Varje ny byggnad har således sina egna specifika förutsättningar som utgör utgångspunkten för vilka klimatförbättrande åtgärder som är möjliga och effektiva.



Betongen, klimatet och samhällsbyggandet

Alla byggnader har en påverkan på klimat och miljö; från byggmaterial, byggproduktion, transporter, energiförbrukning under driftskedet, reparationer, rivning, avfall etc. Miljöpåverkan sker på olika sätt. Klimatet är en faktor, men även andra som exempelvis biodiversitet är viktiga att beakta. Möjligheten att återbruka och återvinna hela eller delar av byggnaden är en egenskap som är avgörande för att uppnå cirkularitet; en förutsättning för resurseffektivt samhällsbyggande. Det är alltid viktigt att se en byggnad ur ett helhetsperspektiv och att ta hänsyn till samlad miljöpåverkan under hela livscykeln.

För en mängd konstruktioner är betong det enda material som kan möta kvalitets- och beständighetskraven. Betong formar vår byggda miljö med sina unika egenskaper som lång livslängd, lågt underhållsbehov och kvalitet som håller över tid. Sverige har de senaste 10 åren haft en stark befolkningsökning som kräver samhällsutveckling med nya bostäder, infrastruktur, skolor samt anläggningar för vatten och avlopp. För utveckling av vind- och vattenkraft krävs betong, liksom för möjligheten att färdas via spårbunden trafik. Vi behöver också betong i gruvor vid utvinning av viktiga mineraler för exempelvis batteriframställning, som i sin tur behövs i omställningen till fossilfria transporter. Många färdplaner inom en rad branscher är beroende av betong för att nå sina mål.

Att minska betongens koldioxidutsläpp under produktionskedet innebär en stor potential till minskad klimatpåverkan

inom samhällsbyggande. Det inte minst med tanke på de stora mängder betong som behövs i vårt samhälle. Inom cementindustrin pågår ett omfattande långsiktigt arbete med införande av ny CCS-teknik, *Carbon Capture and Storage*, för att fånga in, transportera och lagra koldioxid. Samtidigt arbetar betongbranschen aktivt med en mängd olika insatser för att främja klimatomställningen genom att minimera utsläppen så mycket som möjligt med befintlig teknik.

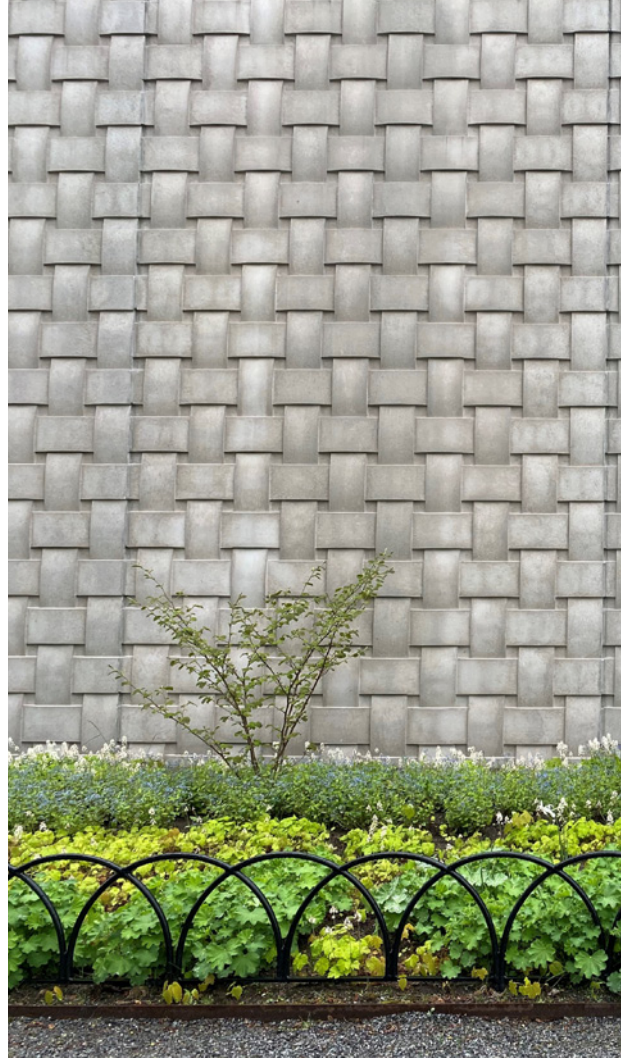
Vi kan konstatera att arbetet med att minska betongens klimatpåverkan i produktionskedet går snabbt framåt. Idag finns möjligheter att skapa betongbyggnader där klimatpåverkan reducerats i en storleksordning som var helt omöjlig att åstadkomma för bara några år sedan. Upp till 50 procent lägre klimatpåverkan, jämfört med om byggnaden producerats "som vanligt" är möjligt idag. Genom att arbeta med ett helhetsperspektiv och att använda flera möjliga åtgärder kan ännu större reduktion uppnås. Användning av klimatförbättrad betong är avgörande, men även val av en resurseffektiv konstruktionslösning samt rätt betong på rätt plats har stor påverkan. Och vilja, kunskap, samarbete och engagemang hos byggprocessens aktörer är det som avgör potentialen. Att klimatoptimera en betongbyggnad handlar inte bara om teknik, utan lika mycket om samverkan kring optimering genom hela byggprocessen. En ny betongstandard innebär ytterligare ökade möjligheter, vilket beskrivs längre fram i vägledningen.

Kort om betongens klimatpåverkan

I vägledningen har vi, som nämnts ovan, avgränsat oss till att beskriva betongens klimatpåverkan med fokus på hur koldioxidutsläppen från produktionsskedet kan minskas. Det som en konsekvens av att betongens klimatpåverkan uppkommer vid produktionen. Senare i livscykeln tar betongen i stället upp koldioxid genom en kemisk process som kallas karbonatisering. Ungefär 15 procent av den koldioxid som släpps ut vid produktionen, tas på detta sätt upp under byggnadens drift- och slutskede [3].

En viktig aspekt är därför att se varje byggnad ur ett helhetsperspektiv, utifrån dess specifika förutsättningar och krav på funktion, kvalitet, ekonomi och miljö. Klimatpåverkan bör således betraktas i förhållande till byggnadens funktion och livslängd och uttryckas i utsläpp av kg CO₂_{ekv} per funktion och livslängd; exempelvis kg CO₂_{ekv} per m² BOA och år. Betongens koldioxidutsläpp; per m³, kg eller byggprodukt, är dock enbart en del i den information som behövs för att klimatoptimera en byggnad i sin helhet.

Betong tillverkas av krossat stenmaterial, vatten, bindemedel och små mängder tillsatsmedel. Klimatpåverkan från tillverkningen av den betong som används idag kommer till största delen från cementklinkern. Den är huvudbeståndsdel i cement, tillverkas av kalksten och fungerar som bindemedel i betong. Med hjälp av livscykelanalys, LCA-metodik, kan det med hög tillförlitlighet beräknas att mer än 90 procent av koldioxidutsläppen från betong kommer från cementklinkern. Resterande del kommer från övriga delmaterial,



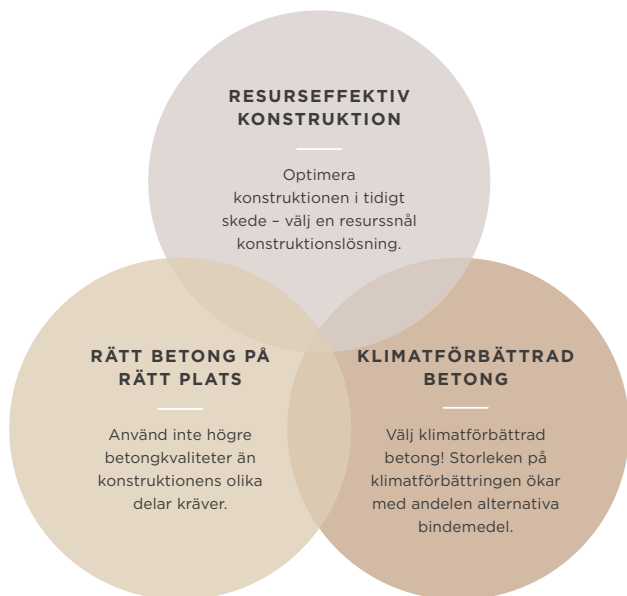
transporter och produktionsprocesser. Vi ser idag en stor potential i användningen av klimatförbättrad betong, där delar av cementen ersätts med alternativa bindemedel, som flygaska eller mald granulerad masugnsslagg, GGBS. Dessa kan dock inte ersätta cementklinkern fullt ut. Det innebär att kalkstensbaserad cement fortsatt kommer att vara en viktig råvara för tillverkning av betong under överskådlig tid.

Inom cementindustrin pågår ett intensivt arbete för att utveckla cement med betydligt lägre klimatpåverkan än dagens. De bindemedel som används idag har i genomsnitt cirka 20 - 30 procent lägre klimatpåverkan än de som användes år 1990, vilket är det basår som används för officiell statistik om utsläpp av växthusgaser [4]. Det innebär motsvarande minskning för betong.

Mer information om betongens klimatpåverkan finns i Svensk Betongs rapport Betong och klimat [5] samt Betonghandbok Material, kapitel 35 [6].

Vad är klimatförbättrad betong

Klimatförbättrad betong innebär att utifrån en specificerad exponerings- och hållfasthetsklass, optimera betongen för att reducera de koldioxidutsläpp den genererar. Det gäller såväl för fabriksbetong, som för prefabricerade betongprodukter och handlar framför allt om att optimera betongens sammansättning. Även transporter och tillverkningsprocess har betydelse, liksom valet av exponerings- och hållfasthetsklass. I klimatförbättrad betong ersätts en del av cementklinkern med alternativa bindemedel med lägre klimatpå-



Figur 1. Genom att arbeta med ett helhetsperspektiv och att använda flera möjliga åtgärder; klimatförbättrad betong, resurseffektiv konstruktionslösning samt rätt betong på rätt plats kan största möjliga reduktion uppnås.

verkan och de vanligaste tillsatsmaterialen är flygaska eller slagg, GGBS, som är restprodukter från andra industriella processer. Mer information finns i avsnittet *Klimatförbättrad betong*.

Vad är en klimatoptimerad byggnad

Arbetet med att minska en betongbyggnads klimatpåverkan handlar inte bara om att välja en betong med lägre klimatpåverkan. Redan i planeringen är det viktigt att välja en resurseffektiv konstruktionslösning, som minimerar mängden betong i förhållande till funktion. Nästa steg är att välja rätt betong på rätt plats, vilket innebär att välja en betong som inte har högre prestanda än vad konstruktionen kräver. Därefter väljs en klimatförbättrad betong - en betongsort där tillverkaren genom aktiv optimering av betongens sammansättning reducerat dess klimatpåverkan. Potentialen är stor om hela värdekedjan bidrar så att alla dessa åtgärder används och optimeras.

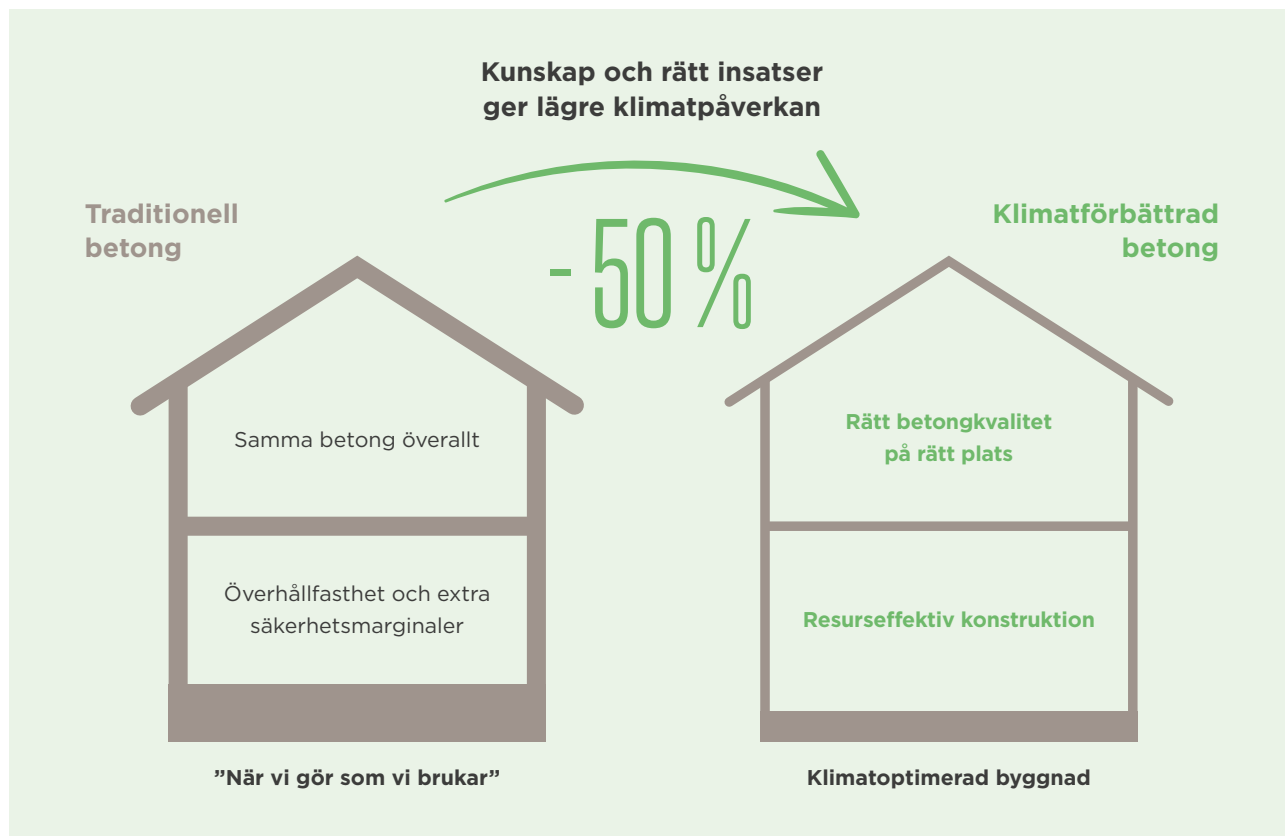
Det finns idag kunskap om effektiva åtgärder och klimatförbättrad betong på marknaden; nu handlar det om att ta steget fullt ut och gå från ord till handling. En klimatförbättrad betongbyggnad måste vara ett förstahandsval redan i planeringsskedet. Ambitionerna måste finnas i hela bygg-

processen, genom projektering och produktion. Det kräver aktiv samverkan i hela värdekedjan, som omfattar beställare, föreskrivande led, entreprenör och betongleverantör. Och på betongleverantörerna vilar ett ansvar att erbjuda klimatförbättrad betong, samt stödja dess användning med kunskap.

Betongen i cirkulärt byggande

Efter driftskedet, eller när kraven på byggnadens funktion förändras, kan betongen tack vare sin beständighet och långa livslängd fortsatt möta ett behov genom återanvändning eller återvinning. Att bevara och återanvända en betongstomme för nya ändamål innebär besparingar i råmaterial, klimatpåverkan, tid och ekonomi. Stommar kan även vara konstruerade med möjlighet till nedmontering av delar för återanvändning i en ny byggnad, ett exempel är parkeringsgarage med prefabricerade betongelement. Även marksten i betong kan med fördel återanvändas.

Betong som rivs och krossas kan få nytt liv som fyllnadsmaterial, bärlager och dylikt. Krossad betong, från rivningsmassor och från överbliven färsk eller härdad restbetong på fabriker och byggarbetsplatser, kan även återvinnas vid tillverkning av ny betong. Den ersätter då jungfrulig ballast och det sker redan idag. Upp till 5 procent av ballasten får



Figur 2: Ett exempel på skillnaden i klimatpåverkan från en "vanlig" och en klimatoptimerad byggnad där man arbetat aktivt med en resurseffektiv konstruktion, rätt betong på rätt plats samt klimatförbättrad betong.

alltid vara återvunnen enligt dagens regelverk och under vissa förutsättningar kan andelen av den grova ballasten ökas till 50 procent, exponeringsklass X0, eller 30 procent, exponeringsklass XC1-XC4, XF1, XA1, XD1 och XS1 [7].

Klimatneutral betong är målet

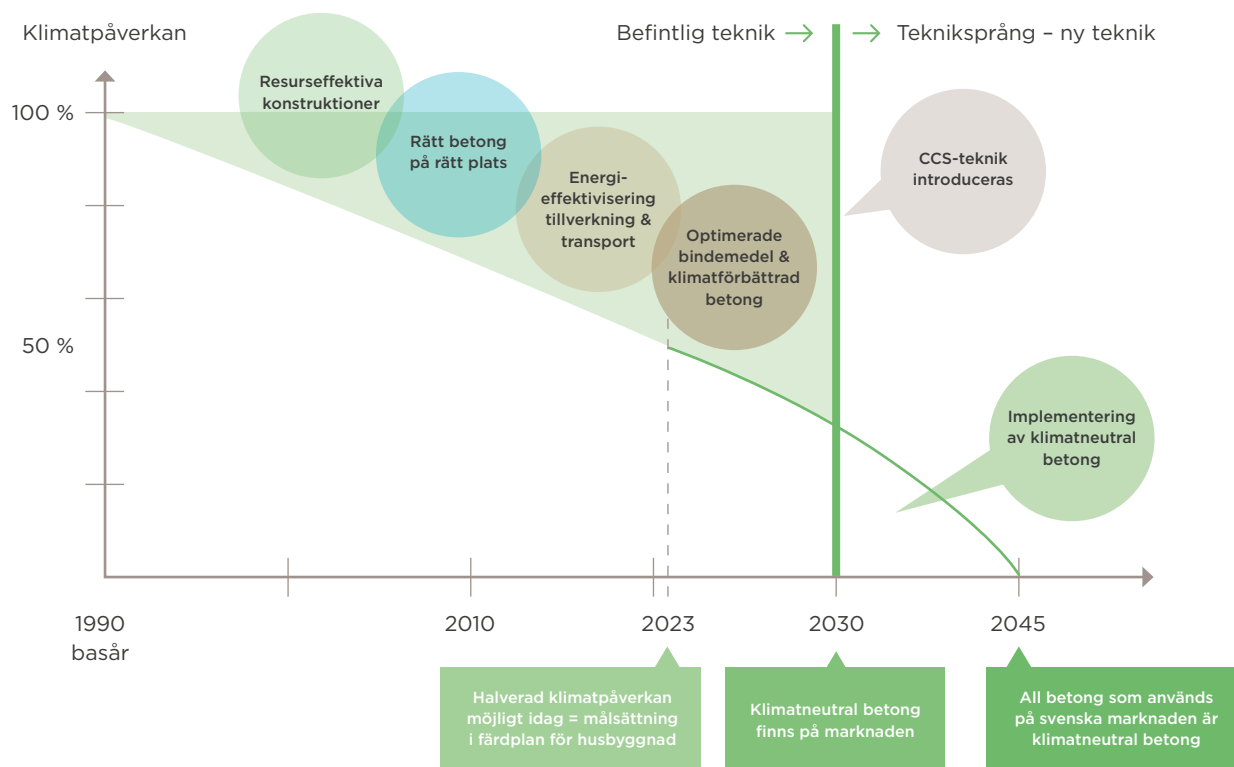
Forskning och utveckling pågår för att på sikt helt eliminera betongens klimatpåverkan. Enligt Betongbranschens *Färdplan för klimatneutral betong* [1] är målet att det år 2030 ska finnas klimatneutral betong på den svenska marknaden och att all betong som används i Sverige ska vara klimatneutral år 2045. För att nå målsättningen krävs ny teknik och inom cementindustrin pågår ett intensivt arbete. Bland annat utvecklas användningen av teknik för CCS; processer för att fånga in, transportera och lagra den koldioxid som genereras vid cementtillverkningen. Tekniken testas nu bland annat i Norge. Cementa siktar på att fabriken i Slite på Gotland ska bli världens första klimatneutrala cementfabrik [8]. Arbetet har startats med att planera för en anläggning där upp emot 1,8 miljoner ton koldioxid kan fångas in årligen. Enligt planen ska byggnation startas 2026 och vara i drift 2030.

Omvärlden – lagkrav, regelverk, målsättningar

Som ett led i arbetet med att uppnå det nationella målet om netto-noll utsläpp år 2045 har både myndigheter samt offentliga och privata aktörer börjat införa klimatkrav. Betongbranschen välkomnar alla krav som driver utvecklingen framåt ur ett helhetsperspektiv, det vill säga krav som beaktar byggnaders hela livscykel och som är baserade på funktion.

Lag på klimatdeklarationer

Från och med januari 2022 finns det i Sverige ett lagkrav på klimatdeklaration för byggnader [9]. Initialt ställs krav på beräkning och redovisning av byggnaders klimatpåverkan under byggskedet, modul A1-A5. Endast nya byggnader omfattas; mer information om vilka byggnader finns i Boverkets Handbok [9]. Att livscykeln begränsas till byggskedet får som konsekvens att betongens karbonatisering inte medtas. Det medför att ett betydande koldioxidupptag, i storleksordningen cirka 15 procent, inte medräknas. Vid användning och tolkning av klimatdeklarationer är detta viktigt att beakta, då redovisade resultat inte ger en fullständig eller jämförbar bild av byggnaders totala klimatpåverkan under dess livscykel. Enligt Boverkets förslag på färdplan och gränsvärden, kommer en nivågräns att införas 2027. I samband med det kommer deklarationen även att utökas för att inkludera en större del av byggnadens livscykel [10].



Figur 3: Figuren visar en översikt över åtgärder som krävs för att uppnå målen enligt Färdplan för klimatneutral betong. För att uppnå klimatneutral betong krävs CCS-teknik.

I samband med införandet av den nya lagen på klimatdeklaration av byggnader, tillhandahåller Boverket en klimatdatabas med indata för beräkning av klimatpåverkan i byggskedet [11]. Klimatdatabasen innehåller både typiska och konservativa data för betong och betongvaror. Typiska data är förankrade i branschen och avser data representativa för betong och betongvaror som används på marknaden. Det är viktigt att ha i åtanke att det finns variationer mellan olika tillverkare, tekniska krav, tillverkningsföresättningar och platser i landet som kan påverka möjligheten att nå nivåerna i tabellen. Här blir EPD:er viktiga vid jämförelser mellan olika alternativ. De konservativa data som finns i Boverkets klimatdatabas är typiska data som räknats upp med en faktor 1,25. Enligt Boverkets anvisningar ska det konservativa värdet användas i klimatdeklaration för en byggnad enligt det lagkrav som införs 2022, förutom då det finns en EPD för den specifika inbyggda produkten. Användning av konservativa värden i Boverkets klimatdatabas innebär i de flesta fall att klimatdeklarationen av byggskedet för en betongbyggnad kommer att redovisa en betydligt högre klimatpåverkan än den verkliga. Mer information om EPD och verifikat finns i avsnittet *Klimatdata och EPD:er* nedan. Data i Boverkets databas kan inte direkt jämföras med data i tabellerna i denna vägledning, då de inte refererar till samma år. Mer information framgår av texter i anslutning till tabellerna.

Trafikverket

Trafikverket började redan 2016 att ställa klimatkrav på leverantörer. I investeringsprojekt på över 50 miljoner, där entreprenaden planeras att avslutas 2020 eller senare, ställs krav på klimatkalkyl i olika skeden [12]. I dessa projekt ställs också krav på förbättringar jämfört med ett definierat utgångsläge. Leverantörer kan även premieras för goda lösningar, som uppnår högre klimatprestanda än ställda krav. Från 2018 ställs även klimatkrav på armeringsstål, konstruktionsstål, betong, cement och drivmedel i investeringsprojekt mindre än 50 miljoner samt i alla underhållsentreprenader. Klimatkrav ställs också på räls och sliprar till växlar.

Trafikverket kräver EPD, tredjepartsgranskad och registrerad hos programoperatör, som verifikat för att enskilda material uppfyller kraven. EPD:er framtagna med en granskad och godkänd LCA-modell accepteras också [13], ett alternativ som är möjligt att applicera på betong med en så kallad Dotter-EPD. Mer information om EPD och verifikat finns i avsnitt *Klimatdata och EPD:er* nedan.

Miljöcertifieringssystem

För byggnader som miljöcertifieras ställs krav på klimatpåverkan. I Miljöbyggnad, som är det vanligaste miljöcertifieringssystemet för byggnader i Sverige, premieras åtgärder för att minska klimatpåverkan från produktion av byggvaror i grund och stomme [14]. Även andra miljöcertifieringssystem, som LEED [15] och BREEAM [16] premierar användning av

LCA-metodik och EPD som verifikat. I miljömärkningssystemet Svanen [17] premieras cement- och betonganvändning med minskad klimatpåverkan. Alla dessa system har varit i funktion under ett antal år och det finns en mängd certifierade betongbyggnader. Ytterligare ett system, NollCO₂, infördes 2020 [18]. Att certifiera en byggnad enligt NollCO₂ kräver att hela byggnadens klimatpåverkan redovisas under dess livscykel och balanseras med klimatåtgärder till netto-noll klimatpåverkan. Kontorshuset Hyllie Terrass i Malmö är ett exempel på en betongbyggnad som certifieras i NollCO₂.

Klimatdata och EPD:er

För att tidigt i byggprocessen få en uppfattning om en byggnads klimatpåverkan används ofta generiska, generella, klimatdata, exempelvis i olika beräkningsverktyg som BM [19]. I optimeringsinsatser senare i byggprocessen görs aktiva materialval som kräver specifika data från en EPD.

EPD

Fakta om olika betongprodukters specifika klimatpåverkan hämtas från tillverkarens miljövarudeklarationer, EPD, *Environmental Product Declaration*. Den miljöinformation som redovisas i en EPD är beräknad och redovisad enligt europeisk standard för byggprodukter, EN 15804, samt tredjepartsgranskad och godkänd. Granskning, godkännande, registrering och publicering av EPD:er utförs av så kallade programoperatörer, som exempelvis EPD International, EPD Norge eller tyska IBU. Från och med januari 2022 gäller en uppdaterad version av den europeiska standarden, EN 15804:2012+A2:2019. De båda versionerna skiljer sig åt; exempelvis avseende vilka moduler i livscykeln som ska deklarerar, krav på indata etc. Det bör uppmärksammas vid jämförelser av redovisade resultat i EPD:er framtagna enligt olika versioner av standarden.

Miljöpåverkan, som exempelvis utsläpp av koldioxid, redovisad i olika EPD:er är inte alltid direkt jämförbar. Det beror på att tillverkaren, d.v.s. ägaren av EPD:n, inom ramen för standarden väljer föresättningar, som exempelvis vilka indata som ska användas. En EPD kan vara beräknad med så kallade generiska, generella, data; medan en annan EPD baserats på specifika data, d.v.s. unika data för ett specifikt betongrecept tillverkat i en specifik fabrik. Bakgrunden och definitionen på de data som deklarerar framgår alltid av texten i EPD:n. Det är därför viktigt att ta del av texten innan redovisade data används i miljöberäkningar eller för jämförelser. Risken är annars stor att dessa inte är jämförbara med data i andra EPD:er eller inte representerar den miljöpåverkan som efterfrågas.

Livscykelperspektivet

I de flesta EPD:er som hittills tagits fram för fabriksbetong och prefabricerad betong redovisas endast produktionskedet A1-A3, men även transporter, A4, kan ingå. För prefabricerade betongprodukter redovisas numera även A5,

montage på byggsplats, samt C1-C4, moment i byggnadens slutskede. I allt fler nya EPD:er medtas även modul B1, driftsskedet, där betongens koldioxidupptag genom karbonatisering redovisas. Att betong tar upp koldioxid under driftsskedet är en välkänd och dokumenterad kemisk process [3] och det finns också en beräkningsmetod för koldioxidupptaget genom karbonatiering angiven i standarden SS-EN 16757 *Product Category Rules for concrete and concrete elements*. Eftersom LCA, livscykelanalys, bygger på en redovisning av klimatpåverkan under en hel livscykel är det högst relevant att koldioxidupptaget under driftsskedet, B1, ska medräknas på samma sätt som utsläppen under byggskedet, A1-A5.

EPD-verktyg och verifikat

Att ta fram EPD:er är kostsamt och det är inte heller alltid befogat. I många fall, exempelvis i utvecklingsarbete, kan det vara tillräckligt att klimatpåverkan beräknas enligt samma metodik som för en EPD. Fortfarande enligt europeisk standard och med ett godkänt verktyg, men utan tredjepartsgranskning eller registrering/publicering hos en programoperatör. I syfte att på ett kostnadseffektivt sätt ta fram produktspecifik miljöinformation för betong och betongelement har medlemmar i Svensk Betong sedan 2015 haft tillgång till ett kvalitetssäkrat klimatberäkningsverktyg, Svensk Betongs EPD-verktyg. Verktöget har varit tredjepartsgranskat, vilket innebär att beräkningar och indata varit kvalitetssäkrade på samma sätt som för en registrerad EPD. Skillnaden mot en registrerad EPD är att specifika mängder i receptet eller transportsätt inte är tredjepartsgranskade. Det är i stället tillverkarens ansvar att det är korrekt. En EPD framtagen på det sättet kallas ofta Dotter-EPD. En Dotter-EPD är alltid baserad på en så kallad Moder-EPD som är framtagen med samma verktyg och registrerad hos en programoperatör. Dotter-EPD framtagen med ett tredjepartsgranskat verktyg accepteras som verifikat av bland annat Trafikverket [13], av SGBC för certifiering i Miljöbyggnad [14] samt av Boverket som indata till klimatdeklarationen [20].

Vid årsskiftet 2021/2022 infördes en uppdaterad europeisk EPD-standard, EN 15804:2012+A2:2019. Det innebär att krav på indata, beräkningsmetodik och redovisning delvis är nya. Det innebär även att resultat i EPD:er, exempelvis beräknad klimatpåverkan, framtagna med olika versioner av standarden inte blir direkt jämförbara [21]. Då det är tillåtet att redovisa flera indikatorer för klimatpåverkan, möjliggörs ändå uppföljning av redovisade resultat, ett exempel är EPD Norges *PCR part A version 2, March 2021* [22] där indikatorn för klimatpåverkan GWP-GHG motsvarar den tidigare använda indikatorn GWP. För betong bedöms användningen av den uppdaterade standarden innebära, att den beräknade klimatpåverkan från en specifik betong eller betongprodukt ökar med någon procentenhet, vilket ska beaktas vid eventuella jämförelser.

I samband med dessa förändringar går Svensk Betong över till ett uppgraderat EPD-verktyg, IVL:s EPD-generator anpassad för betong. Även detta verktyg är tredjepartsgranskat och godkänt för att ta fram EPD och Dotter-EPD för fabriksbetong och betongvaror. Det innebär att den nya standarden uppfylls, samtidigt som hanteringen av EPD:er förenklas. Exempelvis kan data i en EPD enkelt överföras digitalt och utan handpåläggning hämtas in i beräkningsverktyg och modeller för byggnader.

Viktigt att tänka på om EPD och klimatdata

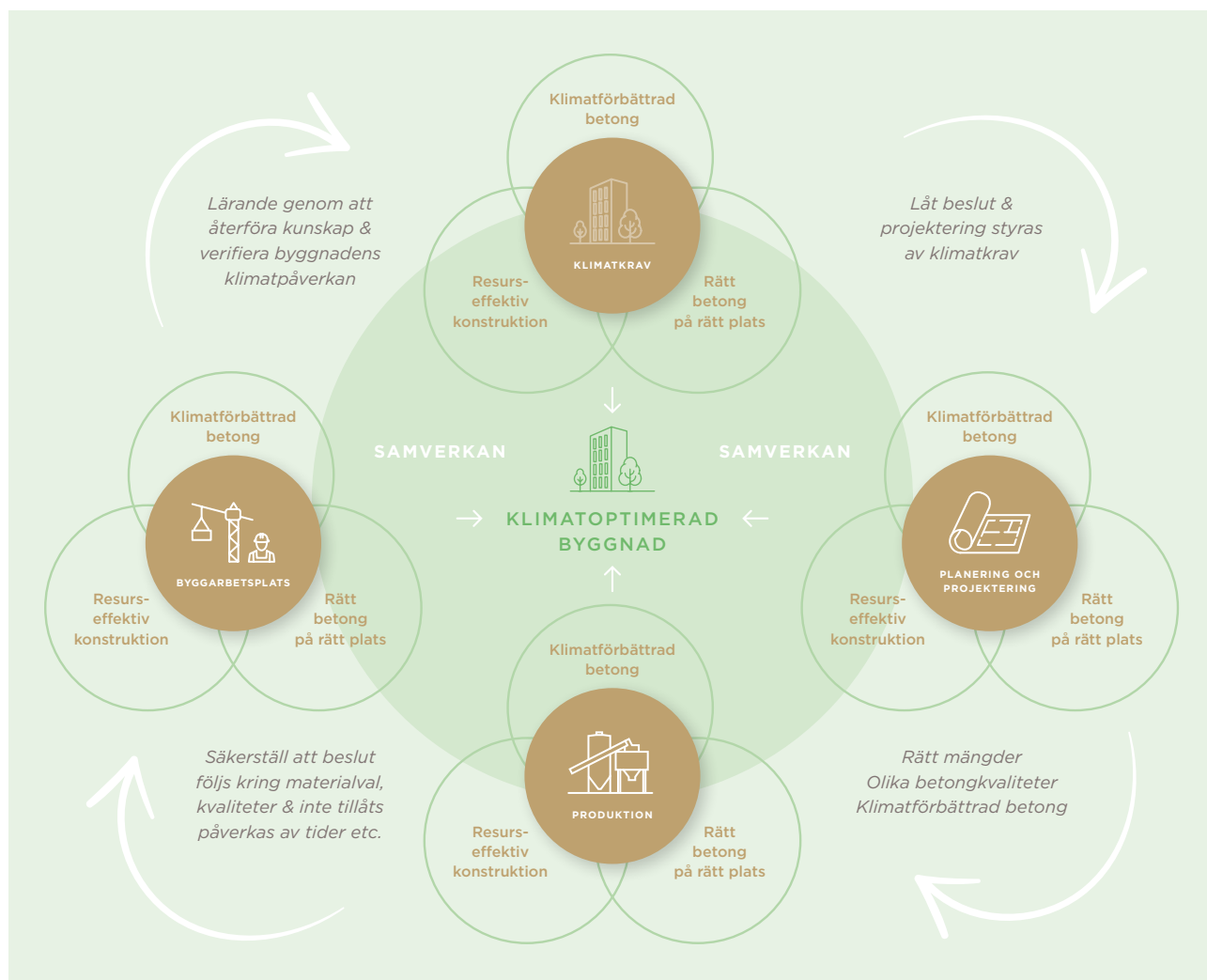
- EPD:er är inte alltid jämförbara även om de följer samma standard. Produkter kan exempelvis ha olika funktion som gör att sammansättningen skiljer sig åt - de kan vara baserade på data med olika noggrannhet etc. Det är inte möjligt att använda eller tolka data i en EPD utan att ta del av texten som beskriver förutsättningarna.
- En Dotter-EPD är en EPD som inte är tredjepartsgranskad, men som tagits fram med ett tredjepartsgranskat verktyg. Via en Dotter-EPD kan en miljödeklaration tas fram på kort tid och till en begränsad kostnad, fortfarande med samma miljöinformation och kvalitet som en registrerad EPD. Förfarandet möjliggör för tillverkare att leverera klimatdata med hög kvalitet på ett tids- och kostnadseffektivt sätt.
- Utvecklingen går snabbt; krav och villkor för EPD som verifikat ändras och uppdateras löpande. Det är alltid viktigt att kontrollera kravställarens gällande villkor, vilka oftast finns publicerade på organisationens webbplats.



Att klimatoptimera en byggnad – *tekniken och processen*

Det finns många möjliga åtgärder för att minska betongens klimatpåverkan i produktionsskedet, utan att påverka byggnadens funktion eller livslängd. Vi kan konstatera att utvecklingen av material och teknik går snabbt. Idag finns det rent tekniskt möjligheter att skapa betongbyggnader där klimatpåverkan reducerats till en nivå som var helt omöjlig

att nå för bara några år sedan. Med den nationella betongstandarden SS 137003:2021 ökar möjligheterna ytterligare. För att genomföra en klimatförbättring är dock hanteringen i byggprocessen minst lika viktig som tekniken. Samarbete mellan olika aktörer har visat sig vara en avgörande framgångsfaktor.



Figur 4: Figuren beskriver cykeln för klimatförbättring av betongbyggnader, bestående av åtgärder inom både teknik och arbetssätt genom hela byggprocessen.

Att ställa klimatkrav

Grunden för att klimatoptimera en byggnad läggs i tidigt skede genom att fastställa en tydlig målsättning och krav på byggnadens klimatpåverkan. Hela livscykeln ska då beaktas; från ingående material, transporter och byggprocess, till energiförbrukning och behov av utbyten under förväntad livstid och slutligen återanvändning eller rivning. För att uppnå cirkulärt byggande blir möjligheten att återvinna och framför allt återanvända byggnaden helt avgörande. Vi måste tänka cirkulärt och grunden för detta läggs redan i planeringen av en ny byggnad.

När en övergripande plan för byggnadens klimatoptimering tagits fram, där krav och åtgärder för olika delar i den specifika byggnadens livscykeln identifierats, inleds processen med att optimera konstruktionen och den betong som ska användas.

Funktionen, i såväl utförande som i färdig konstruktion, måste säkerställas i alla val som görs. För att uppnå så låg klimatpåverkan som möjligt blir det en iterativ process, där konsekvenser av olika val och dess inverkan på helheten löpande måste utvärderas och beaktas. De olika stegen beskrivs närmare i avsnitten nedan.

Metodik och verktyg för att på ett enkelt och tillförlitligt sätt beräkna betongens klimatpåverkan finns på marknaden, liksom teknik för förbättringar. Det som ytterligare krävs för

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

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

att lyckas är viss anpassning av arbetssätt i alla led i byggprocessen och avgörande är aktiv samverkan mellan beställare, byggherre, arkitekt, konstruktör, betongtillverkare och entreprenör. Det krävs övergripande synsätt och kunskap om hela byggprocessen. Det krävs också förståelse för att ändringar i en del av värdekedjan kan få konsekvenser, som i sin tur kan innebära utmaningar och omställningar för andra aktörer. Ju tidigare i processen som krav på begränsad klimatpåverkan ställs, desto större möjlighet att åstadkomma en förbättring som genomförs i praktiken och får avsedd effekt.

Erfarenheter visar att klimatkrav och uppföljning måste integreras i byggprocessen för att bli effektiva och genomförda. Det fungerar inte att hantera klimatoptimeringen "separat".

Råd vid klimatoptimering av en betongbyggnad:

- Tydliga och kommunicerade klimatkrav och ansvar integrerat genom hela byggprocessen.
- Faktabaserade åtgärder genom klimatberäkningar; det finns enkla och bra beräkningsverktyg som är fritt tillgängliga.
- Involvera betong- eller prefableverantören så tidigt som möjligt.
- Uppföljning av åtgärder för klimatreduktion av betongen i olika skeden; vem som gör vad och att samarbeten fungerar.
- Slutlig utvärdering i samband med klimatdeklaration av byggnaden. Lär av erfarenheter och uppmärksamma lyckade projekt.

Resurseffektiv konstruktion

Genom resurseffektiv design, materialoptimering och konstruktionslösningar som utnyttjar betongen effektivare och optimerar utifrån funktion är det möjligt att minska klimatpåverkan från en konstruktion. Dessa insatser ger en direkt reduktion då en mindre mängd betong behöver tillverkas och transporteras. Potentialen varierar beroende på projektets förutsättningar, men bedöms kunna uppgå till upp till 30 procent [23].

Rätt betong på rätt plats

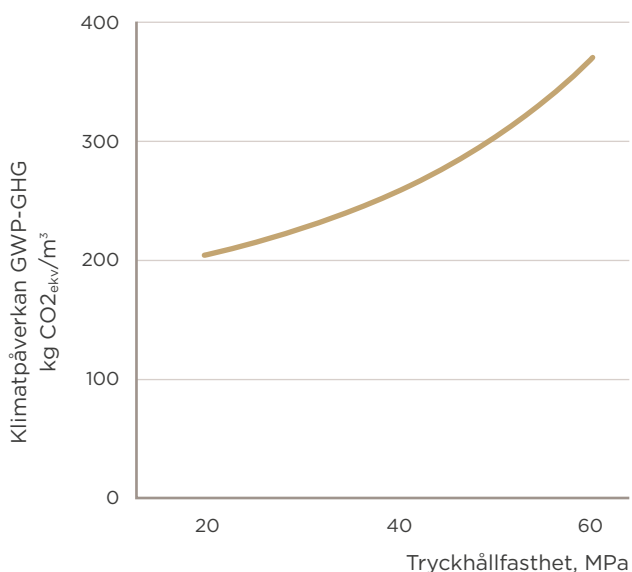
Vi kan konstatera att ur klimatsynpunkt kan överanvändning av cement betraktas som slöseri med koldioxidutsläpp. För minskad klimatpåverkan måste vi använda cement på ett resurseffektivt sätt. Varje betongleverans eller prefabricerad betongprodukt med högre cementinnehåll än vad som egentligen krävs för betongens funktion i färdig byggnad "kostar" stora mängder koldioxidutsläpp. Rätt betong ur klimatsynpunkt är den betong som uppfyller ställda krav på

funktion och beständighet i aktuell konstruktion – varken mer eller mindre.

Det är alltid funktionskrav som styr betongens sammansättning. Konstruktören utgår från hållfasthetskrav för att konstruktionen ska klara både den bärighet och beständighet som krävs och att betongen ska bibehålla sina egenskaper utan att påverkas av miljöfaktorer. Byggnadens och betongens omgivande miljö beskrivs med så kallade exponeringsklasser. Baserat på dessa grundläggande krav görs valet av betongkvalitet enligt gällande europisk och nationell standard. Betongens egenskaper vid produktionen, som exempelvis gjutegenskaper och formrivningstider, påverkas också av betongens sammansättning. Det är därför viktigt att man vid klimatreducerande åtgärder, genom en dialog mellan berörda parter, säkerställer att arbetsplatsen planerat för användning av den betong som specificerats. Det kan till exempel finnas behov av enkla men viktiga åtgärder vid hantering av betongen på arbetsplatsen för att säkerställa dess funktion och kvalitet.

Med utgångspunkt från föreskrivna krav på hållfasthets- och exponeringsklass, samt andra tillkommande krav, väljer tillverkaren av fabriksbetong eller prefabricerade betongelement en betongsammansättning. Att den levererade betongen uppfyller ställda krav säkerställs genom att all betong för byggnader och anläggningar i Sverige är tillverkningskontrollerad och certifierad.

Oavsett om betongen levereras som prefabricerad produkt eller som fabriksbetong som gjuts på byggsplatsen är be-



Figur 5. Figuren visar principiellt hur betongens klimatpåverkan ökar med hållfastheten till följd av ökat innehåll av cementklinker. Kurvan är baserad på beräknade data för betongsorter använda som referenser för klimatförbättrad betong vilka redovisas i Tabell 1.

65 procent lägre klimatpåverkan med nya golvlösningar

Genom samverkan mellan golvleverantör och betongtillverkare finns nu lösningar som möjliggör mattläggning utan höga uttorkningskrav på betongen. Lösningen bygger på att i stället för så kallad snabbtorkande betong, använda klimatförbättrad betong med upp till 65 procent lägre klimatpåverkan. Det görs i kombination med löslagda mattor, där lim inte används. Lösningen möjliggör mattläggning tidigt i uttorkningsförloppet, redan vid 93 procents relativ fuktighet, RF, vilket på så sätt även bidrar till att kapa uttorkningstiderna. Utöver den stora klimat- och tidsbesparingen innebär det även andra fördelar; ökad cirkularitet för såväl matta som betong då lim inte används, reducerad hållfasthet hos betongen kan minska armeringskravet med upp till 40 procent och förbättrad arbetsmiljö vid såväl betongarbeten som vid mattläggning.

tongens $v_{ct_{ekv}}$, viktsförhållandet mellan vatten och bindemedel, en av de viktigaste styrande parametrarna. Generellt kan man säga att ju lägre $v_{ct_{ekv}}$, desto högre blir hållfastheten och beständigheten. Generellt kan man också säga att ju lägre $v_{ct_{ekv}}$, desto högre cementhalt krävs. Det resulterar även i en högre klimatpåverkan, se Figur 5. Kurvan är baserad på beräknade data för betongsorter använda som referenser för klimatförbättrad betong som redovisas i Tabell 1, nedan på sidan 16. Liknande samband gäller för referensbetong i Boverkets klimatdatabas [10] samt i andra europeiska länder [24, 25, 26, 27, 28, 29]. För minskad klimatpåverkan bör således $v_{ct_{ekv}}$ /hållfasthetsklass optimeras, så att betongen inte innehåller mer cement än vad som krävs för att funktionskraven ska uppnås.

Det finns en stor potential att minska klimatpåverkan i dagens byggande eftersom betongen ofta har ett lägre $v_{ct_{ekv}}$ och högre cementhalt än vad konstruktionen kräver. Det har blivit vanligt förekommande, då det bland annat kan bidra till att påskynda produktionsprocessen och förenkla logistiken på byggarbetsplatsen. Det kan exempelvis handla om att använda en och samma betongsort, den med högsta kravställda kvalitet, vid gjutning av ett bjälklag istället för att hantera flera olika betongsorter.

Utvecklingen har de senaste åren gått mot en allt snabbare byggtakt. Det har i sin tur lett till krav på att snabbt nå högt ställda uttorkningskrav, i syfte att kunna applicera golvmaterial vid en tidigare tidpunkt. För vissa applikationer, exempelvis betong som ska beläggas med plastmatta, ställs särskilt höga krav på att betongen ska torka till en kravställd nivå.



Uttorkningskrav i kombination med hög byggtakt har gjort att det blivit vanligt att använda betong med höga cementhalter samt cementsorter med högt klinkerinnehåll och därmed hög klimatpåverkan.

Tabell 2 på sidan 17 nedan, belyser hur stor betydelse kravet på betongens egenskaper har. Av tabellen framgår att betong med krav på uttorkning till 90 procent relativ fuktighet, RH, innebär att koldioxidutsläppen ökar med cirka 20 procent jämfört med en betong utan uttorkningskrav. Att skärpa uttorkningskravet från 90 till 85 procent RH, innebär en ökning motsvarande ytterligare cirka 20 procent.

Resultat från nyligen genomförda tester, av klimatförbättrad betong innehållande slagg som alternativt bindemedel, visar att den klimatförbättrade betongen har minst lika bra eller till och med bättre uttorkningsegenskaper jämfört med "vanlig" betong [30]. Vi kan därmed konstatera att det inte finns något samband mellan klimatförbättrad betong och långa uttorkningstider som tidigare varit föremål för diskussion. Uttorkningsfrågan är därför ingen begränsning för användning av klimatförbättrad betong. Det handlar istället om att välja en betongsammansättning med rätt egenskaper för en specifik applikation.

För att minska överanvändning av cement tänk på att:

- Beräkna och synliggöra konsekvensen av föreskriven betongsort och föreslå val med lägre klimatpåverkan. Genom att alltid välja betongkvalitet baserat på specificerad hållfasthetsklass och exponeringsklass i byggnadens olika delar finns en stor potential till reducerad klimatpåverkan.
- Utvärdera och föreslå alternativa lösningar. Och gör det ur ett helhetsperspektiv för att även identifiera möjligheter via samverkan med andra aktörer i byggprocessen. Ett framgångsrikt exempel är att vid ytbeläggning med matta använda löslagd matta och därmed undvika användning av snabbtorkande betong med hög klimatpåverkan. Se separat referensexempel.
- Välj klimatförbättrad betong där det är möjligt. Utvecklingen har gått snabbt framåt och idag finns möjligheter att klimatförbättra betong som inte var möjligt för några år sedan, det gäller även snabbtorkande betong. Rådgör med betong- eller prefabricerleverantören.
- Vid val av rätt betong på rätt plats och/eller klimatförbättrad betong; se till att berörda aktörer, som konstruktör, betongleverantör och entreprenör, har kunskap om betongens egenskaper så att den väljs och hanteras på rätt sätt. Det krävs dialog mellan aktörerna för att hitta bäst alternativ i varje specifikt projekt.



Klimatförbättrad betong

Klimatförbättrad betong innebär att utifrån en kravställd exponeringsklass och hållfasthetsklass optimera betongen för att reducera de koldioxidutsläpp den genererar. Det gäller såväl fabriksbetong som prefabricerade betongprodukter och handlar framför allt om att optimera betongens sammansättning och produktion. Även transporter till byggarbetsplatsen har betydelse för betongens klimatpåverkan och ska beaktas vid optimering. För största möjliga reduktion är det av vikt att optimering av konstruktion, samt optimering vid val av exponerings- och hållfasthetsklass redan genomförts.

I klimatförbättrad betong ersätts en del av cementklinkern med alternativa bindemedel som har lägre klimatpåverkan. Det vanligaste är att använda tillsatsmaterial som flygaska eller slagg. Fabriksbetong- eller prefabtilverkaren kan välja mellan att använda ett cement där tillsatsmaterialen redan är inblandade eller att tillsätta dem vid blandningen av betongen. Samma effekt uppnås oavsett angreppssätt.

Med klimatförbättrad betong avses en betong med minst 10 procent reducerade koldioxidutsläpp, jämfört med en referensbetong med samma funktion. Hur stor reduktion som kan uppnås varierar. Generellt kan sägas att klimatförbättrad betong med 10 - 20 procent reduktion är vanlig på marknaden idag och att utvecklingen går mot allt högre

reduktion. För att uppnå högre reduktion krävs ofta extra insatser, framför allt en mer detaljerad planering och samverkan mellan olika parter tidigt i byggprocessen. Erfarenheter visar att ju tidigare man sätter upp mål och involverar betong- eller prefabtilverkaren i planeringen, desto högre reduktion kan uppnås. Det finns exempel där samverkan i tidiga faser resulterat i 40 - 50 procent reduktion eller mer.

Ny betongstandard öppnar nya möjligheter

Mängden alternativa bindemedel i betong styrs och begränsas av nationell betongstandard. I Sverige är det den nationella tillämpningsstandarden SS 137003 som anger hur den europeiska betongstandarden EN 206 ska tillämpas i Sverige. Under slutet av 2021 trädde en uppdaterad utgåva SS 137003:2021 i kraft i Sverige. Den öppnar upp för ökad användning av alternativa bindemedel, vilket möjliggör användning av klimatförbättrad betong med ännu lägre klimatpåverkan. Tabellerna i kommande avsnitt i vägledningen utgår från den nya standarden.

Klimatförbättrad fabriksbetong och prefabricerade betongprodukter

Tabellerna 1 - 4 på följande uppslag visar exempel på klimatförbättrad fabriksbetong och klimatförbättrade prefabricerade betongprodukter. De utgår från vad som är möjligt, baserat på den svenska tillämpningsstandarden SS 137003:2021

och med de cement och andra råvaror som finns tillgängliga i större delen av landet. Dessa tabeller och redovisade nivåer ska betraktas som exempel på vad som är möjligt idag, för att på så sätt vara ett stöd vid kravställande.

Vi ska ha i åtanke att utvecklingen går snabbt framåt och att förutsättningar snabbt kan ändras. Hur långt det är möjligt att nå i varje enskilt projekt beror på det specifika projektets förutsättningar. Möjligheten att leverera klimatförbättrade produkter varierar också mellan olika delar av landet och mellan olika fabriker beroende på tillgång till cement och alternativa bindemedel, ballast, transporter etc. Även klimatet påverkar och det är ofta svårare att klimatförbättra betong i kallare klimat. Många av dessa faktorer är svåra att påverka. Viktigt att betänka är dock att största möjliga förbättring i det specifika projektet är det som räknas, och att den genomförs hela vägen fram till att betongen är levererad och på plats. All klimatförbättrad betong som levereras är bra för klimatet och varje kg koldioxidutsläpp som vi lyckas reducera räknas.

För att kunna genomföras i praktiken måste krav uttryckas tydligt - alla måste tala samma språk. Användning av procentsatser kan lätt bli förvillande eftersom de ofta kan utgå från olika referenser. Betongens klimatpåverkan anges därför i absoluta värden och i nivåer i tabellerna. Nivåerna motsvarar en reduktion med cirka 10, 20, 30 samt 40 procent eller mer, samtliga jämfört med en så kallad branschreferens/typiskt värde.

Tabellerna i följande avsnitt är vidareutvecklade från den första utgåvan av *Vägledning Klimatförbättrad betong* [2]. I den första utgåvan redovisades endast betongens klimatpåverkan, d.v.s. i en gemensam tabell för fabriksbetong och betongprodukter. I denna nya utgåva av vägledningen har tabellerna utvecklats, så att fabriksbetong och betongprodukter redovisas separat. En närmare beskrivning finns nedan i avsnitten om fabriksbetong respektive prefabricerade betongprodukter.

Redovisade referensnivåer och beräknade klimatdata i tabellerna för fabriksbetong respektive prefabricerade betongprodukter kan inte jämföras. Det på grund av att de representerar olika typer av produkter och därmed skillnader i funktion. Exempelvis ingår armering, ingjutningsdetaljer och eventuell isolering i prefabricerade betongprodukter, när data för fabriksbetong enbart avser den färska betongen.

Eftersom vissa indata för ingående resurser enligt standarden EN 15804:2012+A2:2019 fortfarande saknas när denna utgåva av vägledning tas fram, är tabellerna beräknade enligt den tidigare gällande standarden. Övergången till den nya standarden bedöms komma att påverka den beräknade klimatpåverkan för en specifik betong eller betongprodukt med en ökning i storleksordning av någon procentenhet, vilket måste beaktas vid eventuella jämförelser.



Fabriksbetong

Tabell 1 visar beräknade värden för koldioxidutsläpp från några vanliga betongsorter inom fabriksbetong, d.v.s. betong som gjuts på byggarbetsplatsen. Branschreferenserna är baserade på uppskattade medelvärden; typiska värden för vanligt förekommande betongsorter producerade i Sverige år 2017 – 2018. Vi har i denna andra utgåva av vägledningen valt att utgå från samma referensvärden som i den förra utgåvan, vilket möjliggör jämförelser och uppföljningar.

Värdet vct_{ekv} representerar vanliga betongsammansättningar för de olika betongsorterna, där maxvärden på vct_{ekv} i de valda exponeringsklasserna enligt standarden SS 137003 är markerade. Det finns även en indikativ hållfasthetsklass angiven. Det är viktigt att ha i åtanke att så länge betong-

standarden SS 137003 uppfylls, kan både vct_{ekv} och hållfasthetsklass variera beroende på hur den totala kravspecifikationen för aktuell betong ser ut. Tillgång på råvaror och andra lokala förutsättningar kan också göra att betongsammansättningen och därmed vct_{ekv} och hållfasthetsklass skiljer sig åt mellan olika tillverkare.

Tabellerna visar koldioxidutsläpp, GWP, från produktionskedet, A1-A3, uttryckt som $kg\ CO_{2ekv}$ per kubikmeter betong. Dessa värden är därmed inte direkt jämförbara med de typiska data som publicerats i Boverkets klimatdatabas, vilka utgår från hållfasthetsklass, är baserade på produktion år 2019 samt uttrycks i enheten $kg\ CO_{2ekv}/kg$ betong, med en omräkningsfaktor 2 350 kg/m^3 . För en enskild produkts miljöpåverkan hänvisas till EPD för en specifik produkt och specifikt tillverkningsställe.

Fabriksbetong
Tabell 1

	Exponeringsklass	Hållfasthetsklass*	vct_{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, $kg\ CO_{2ekv}/m^3$				
				Branschreferens	Nivå 1	Klimatförbättrad, max		
					Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	
Hus invändigt RF _{krav} < 85%, tex plastmatta och vissa fall parkett	X0, XC1	C50/60	0,35	365	330	290	255	≤ 220
RF _{krav} < 90%, tex bälklag	X0, XC1	C35/45	0,45	305	275	245	215	≤ 185
Hus invändigt Inomhus med låg fuktighet	X0, XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
	X0, XC1	C28/35	0,60	240	215	190	170	≤ 145
	X0, XC1	C25/30	0,65	225	205	180	160	≤ 135
	X0, XC1	C16/20	0,70	205	185	165	145	≤ 125
Parkeringshus Slutet, uppvärmt, utsatt för saltstänk	XD3	C40/50	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Grundkonstruktioner Frostfritt under GVV	XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
Ej Frostfritt över/under GVV	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, ej salt Yttervägg, balkong, sockel	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, salt Parkeringshus, kallt	XD3, XF2	C35/45	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Anläggning Utomhus, salt och frost se Betongrapport 11 Utanför zon 2. T.ex. stödmurar.	XC4, XF3	C28/35	0,50**	325	290	260	225	≤ 195
I zon 2, ej i stänkanzon.	XD2, XS2, XF2	C32/40	0,45**	355	320	285	250***	≤ 215***
Tösaltade vägar och vägbroar, konstruktioner i eller invid havsvatten	XD3, XS3, XF4	C35/45	0,40**	385	345	310	270***	≤ 230***

* Typiska värden/klasser. Styrts främst av exponeringsklass och hållfasthetskrav. Kan variera, se texten i avnittet.

** Max vct_{ekv} i exponeringsklassen enligt SS 137003:2021 samt Trafikverket.

*** Standarder och regelverk i Sverige begränsar möjlig reduktion.
Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Tabell 1: Exempel på beräknad klimatpåverkan, A1-A3, från fabriksbetong vanlig i olika konstruktioner och konstruktionsdelar och hur den kan klimatförbättras. Branschreferenserna är uppskattade medelvärden för använda betongsorter 2017 - 2018 beräknade enligt standarden EN 157804 + A1. Variationer förekommer beroende på förutsättningar och krav i specifika projekt. Nivå 1, 2, 3 och 4 motsvarar 10, 20, 30 resp. 40 procent reduktion eller mer i förhållande till en branschreferens. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktionstekniska förutsättningar. För omräkning till $kg\ CO_2$ per kg betong kan en omräkningsfaktor 2 350 kg/m^3 användas.



Fabriksbetong
Tabell 2

	Exponerings- klass	Hållfasthets- klass*	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO ₂ -ekv/m ³				
				Bransch- referens	Nivå 1	Klimatförbättrad, max		
					Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	
Hus invändigt RF _{krav} < 85%, tex plastmatta och vissa fall parkett	X0, XC1	C50/60	0,35	365	330	290	255	≤ 220
RF _{krav} < 90%, tex bälklag	X0, XC1	C35/45	0,45	305	275	245	215	≤ 185
Hus invändigt Inomhus med låg fuktighet	X0, XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
	X0, XC1	C28/35	0,60	240	215	190	170	≤ 145
	X0, XC1	C25/30	0,65	225	205	180	160	≤ 135
	X0, XC1	C16/20	0,70	205	185	165	145	≤ 125

Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Tabell 2: Utdrag ur tabell 1 där pilarna illustrerar hur man genom att välja, dels rätt betongkvalitet, (vertikal förflyttning i tabellen), dels en klimatförbättrad betong, (horisontell förflyttning i tabellen), kan uppnå stor reduktion av CO₂-utsläpp.

För att nå så långt som möjligt är det viktigt att redan tidigare har genomfört de optimeringar som är möjliga i form av konstruktiv lösning samt val av exponeringsklass och hållfasthetsklass som beskrivits i tidigare avsnitt i denna vägledning. Av tabell 1 framgår också betydelsen av att använda rätt betong på rätt plats, d.v.s. att inte använda betong med för hög prestanda där det inte är motiverat av byggnadens funktionskrav. Pilarna i tabell 2 visar exempel på hur vertikal förflyttning gör det möjligt att uppnå klimatförbättringar i storleksordning om cirka 15 – 40 procent, genom att välja en betongkvalitet som utnyttjar bindemedlet optimalt.

Exempel 1, röd markering i tabellen: Genom att ändra uttorkningskravet, RF, från 85 procent till 90 procent kan betongens

vct_{ekv} ökas och koldioxidutsläppet minskas från 365 till 305 kg CO₂-ekv/m³. Om dessutom en klimatförbättrad betong väljs, kan koldioxidutsläppet minskas ytterligare till 185 kg CO₂-ekv/m³, vilket motsvarar en minskning med totalt cirka 50 procent.

Exempel 2, grön markering i tabellen: Genom att ta bort uttorkningskravet, exempelvis genom att välja annan golvbeläggning eller löslagd matta, kan betongens vct_{ekv} ökas och koldioxidutsläppet minskas från 365 till 205 kg CO₂-ekv/m³. Om sedan en klimatförbättrad betong väljs kan koldioxidutsläppet minskas ytterligare till 125 kg CO₂-ekv/m³, vilket motsvarar en minskning med totalt cirka 65 procent.

Vilka åtgärder kan göras för att nå klimatförbättring nivå 1, 2, 3 och 4?

- Nivå 1: Den första åtgärden är att arbeta med betongreceptet. Att ersätta cementklinker med alternativa bindemedel, såsom slagg eller flygaska, ger betongen ett lägre CO₂-utsläpp.
- Nivå 2: För att uppnå större reduktion gäller att arbeta ytterligare med att optimera betongrecepten. Här ger den nyligen uppdaterade standarden SS 137003:2021 större möjligheter att använda alternativa bindemedel.

- Nivå 3 och 4: För att nå så långt som möjligt behövs, utöver noggrann receptoptimering, genomförande av åtgärder i tillverkningsprocessen, transporter etc. Det krävs mer omfattande åtgärder som testning och provning samt samarbete för att nå högre nivåer. En förutsättning är att åtgärder planeras tidigt i byggprocessen och att betongleverantören involveras redan i detta skede. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktions-tekniska förutsättningar. Transporternas bidrag är även en viktig dimension.

Prefabricerade betongprodukter

Nedanstående tabeller visar värden för koldioxidutsläpp från några vanliga produkter i prefabricerad betong. Tabell 3 visar beräknad klimatpåverkan för produkter för användning inomhus i torra miljöer; främst i kontor, bostäder, skolor och hotell. Tabell 4 avser produkter för användning i fuktig miljö inomhus; exempelvis parkeringshus och industribyggnader. De typiska värdena är baserade på uppskattade medelvärden för betongprodukter producerade år 2019. Variationer förekommer både uppåt och nedåt beroende på den enskilda produktens sammansättning och funktion, tillverkare och tillverkningsställe/fabrik. De typiska värdena överensstämmer med de typiska värden som anges i Boverkets klimatdatabas.

För enskilda produkters miljöpåverkan hänvisas till EPD för den specifika produkten och tillverkningsstället.

Tabellerna visar koldioxidutsläpp, GWP, från produktionskedet, A1-A3, uttryckt som kg CO₂ekv per ton produkt. Ingjutningsdetaljer, armering och eventuell isolering ingår i de beräknade värdena. För användning i en klimatdeklaration för en byggnad, som är lagkrav från och med 2022, ska enligt Boverkets anvisningar ett konservativt värde användas. Det representeras av det typiska värdet uppräknat med en faktor 1,25 och ska användas i de fall då EPD för specifik inbyggd produkt inte finns att tillgå. Användning av det konservativa värdet innebär därför i de flesta fall att klimatdeklarationen för en betongbyggnad kommer att redovisa en betydligt högre klimatpåverkan än den verkliga.

Redovisade data för prefabricerade betongprodukter kan inte jämföras med data för fabriksbetong då de representerar olika typer av produkter och därmed skillnader i funktion. Som nämnts ovan, ingår armering, ingjutningsgods

Prefabricerade betongprodukter

Kontor, Bostäder, Skolor, Hotell
Tabell 3

Kontor, Bostäder, Skolor, Hotell Tabell 3	Exponerings- klass	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO2-ekv/ton				
			Typiskt värde	Nivå 1	Klimatförbättrad, max		
				Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	
Inomhus, torr miljö	XC1						
Håldäck (HD/F)		0,40	135	120	110	95	< 80
Håldäck (HD/F)		0,50	115	105	95	80	< 70
Massiva förspända plattor (RD/F)		0,50	185	165	145	130	< 110
TT plattor		0,50	185	165	145	130	< 110
Massiva slakarmerade plattor (D/F)		0,50	185	165	145	130	< 110
Plattbärlag		0,55	185	165	145	130	< 110
Sandwichvägg (RW)		0,55	235	210	185	165	< 140
Halvsandwich (VI)		0,55	205	185	165	145	< 125
Skalvägg (VS)		0,55	185	165	145	130	< 110
Balk slakarmerad (RB)		0,45	200	180	160	140	< 120
Balk förspänd (RB/F)		0,40	190	175	155	135	< 115
Pelare (RP)		0,50	240	215	190	170	< 145
Väggar (RV)		0,50	155	140	125	110	< 95
Trappor		0,45	210	190	170	145	< 125
Utomhus, fuktig miljö	XC3						
Balkonger		0,45	210	190	170	145	< 125
Loftgångar		0,40	220	190	175	155	< 130

*Typiska värden. Styrts främst av exponeringsklass och hållfasthetskrav. Kan variera, se texten i avnittet.
Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Tabell 3: Exempel på klimatpåverkan (A1-A3) från betongprodukter som är vanliga i byggnader som kontor, bostäder, skolor och hotell och hur de kan klimatförbättras. De typiska värdena avser vanligt använda produkter 2019, variationer förekommer beroende på förutsättningar och krav i specifika projekt. De värden som anges i tabellen är uppskattade medelvärden för betongprodukter inklusive armering, ingjutningsgods och i förekommande fall isolering. Beräkningar är gjorda enligt standarden EN 15804 + A1. Nivå 1, 2, 3 och 4 motsvarar 10, 20, 30 resp. 40 % reduktion eller mer i förhållande till det typiska värdet. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktionstekniska förutsättningar.

Prefabricerade betongprodukter

Parkeringshus och industrier Tabell 4

	Exponeringsklass	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO ₂ -ekv/ton				
			Typiskt värde	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4
Fuktig miljö	XC3						
Håldäck (HD/F)		0,40	140	125	115	105	< 85
Massiva förspända plattor (RD/F)		0,50	185	165	150	130	< 110
TT-plattor		0,45	220	200	175	155	< 130
Sandwichvägg (RW)		0,55	235	210	190	165	< 140
Balk slakarmerad (RB)		0,45	200	180	160	140	< 120
Balk förspänd (RB/F)		0,40	190	170	150	135	< 115
Pelare (RP)		0,50	240	215	190	170	< 145
Väggar (RV)		0,50	155	140	125	110	< 95

* Typiska värden. Styrts främst av exponeringsklass och hållfasthetskrav. Kan variera, se texten i avnittet.
Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Tabell 4: Exempel på klimatpåverkan (A1-A3) från betongprodukter som är vanliga i byggnader som parkeringshus och industrier (ej kloridpåverkan) och hur de kan klimatförbättras. De typiska värdena avser vanligt använda produkter 2019, variationer förekommer beroende på förutsättningar och krav i specifika projekt. De värden som anges i tabellen är uppskattade medelvärden för betongprodukter inklusive armering, ingjutningsgods och i förekommande fall isolering. Beräkningar är gjorda enligt standarden EN 15804 + A1. Nivå 1, 2, 3 och 4 motsvarar 10, 20, 30 resp. 40 % reduktion eller mer i förhållande till det typiska värdet. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktions-tekniska förutsättningar.

och eventuell isolering i prefabricerade betongprodukter, medan data för fabriksbetong enbart avser den färska betongen.

Inom begreppet prefabricerade betongprodukter finns "familjer" av produkter, exempelvis Håldäck, TT-plattor, Plattbärlag etc. Dessa familjer tillverkas i flera varianter i form av tvärsnittsprofiler, armeringsvarianter, för olika användningsområden, exponeringsklasser etc. Håldäck finns exempelvis i tjocklekar från 200 mm upp till 500 mm och med armeringsalternativ från 5 armeringslinor upp till 16

stycken. För sandwichvägg varierar koldioxidbelastningen även med val av isolering och tjocklek etc. Mängden armering, vald hållfasthetsklass, exponeringsklass och täckande betongskikt påverkar val av betong och därmed vattencementtal, vct_{ekv}. Betongprodukters klimatpåverkan är därmed kopplade till dessa valmöjligheter och även transporternas bidrag är en viktig dimension att beakta. Valda elementstorlekar behöver analyseras för optimalt nyttjande av transportmöjligheter ur ett klimatperspektiv och även transport på järnväg kan vara ett effektivt alternativ.

Vilka åtgärder kan göras för att nå klimatförbättring nivå 1, 2, 3 och 4

Innan dessa åtgärder inleds, är det viktigt att leverantören redan tidigare gjort de optimeringar som är möjliga i form av konstruktiv lösning samt val av exponeringsklass och hållfasthetsklass.

- Nivå 1: Den första åtgärden är att arbeta med betongreceptet. Att ersätta cementklinker med alternativa bindemedel såsom slagg eller flygaska ger betongen ett lägre CO₂-utsläpp.
- Nivå 2: För att uppnå större reduktion gäller att arbeta ytterligare med att optimera betongrecepten. Här ger den nyligen uppdaterade standarden SS 137003:2021 större möjligheter att använda alternativa bindemedel.

- Nivå 3 och 4: För att nå så långt som möjligt behövs, utöver ovanstående, en översyn av tillverkningsprocessen, d.v.s. härdningstid och tid för avformning. Genom en långsammare process kan fördelar vinnas genom lägre cementförbrukning. Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktionstekniska förutsättningar. Transporternas bidrag är även en viktig dimension.

Som beställare är det viktigt att inte ange för detaljerade krav på vct_{ekv} utan att utgå från Svenska Betongföreningens Betongrapport 11, *Vägledning för val av exponeringsklass enligt SS-EN 206* [31] och att ange relevanta exponeringsklasser. Genom en dialog med aktuella prefabtilverkare tidigt i processen kan olika alternativ diskuteras och en större klimatförbättring uppnås.



Från **ord** till **handling**

Sedan den första utgåvan av Svensk Betongs *Vägledning Klimatförbättrad betong* publicerades 2019 har utvecklingen tagit fart, såväl tekniskt som avseende förändringstakt. Betongleverantörer har lanserat produkter som fångar upp de olika nivåerna i tabellerna. Det finns idag en mängd produkter på marknaden, både fabriksbetong och prefabricerade produkter, som gör det lättare för såväl beställare, kravställare, konstruktörer, entreprenörer och alla andra i byggprocessen att välja rätt betong på rätt plats och att välja klimatförbättrad betong.

Kravställande i projekt driver utveckling

Många referensprojekt visar vägen, där kravställande i syfte att begränsa betongens klimatpåverkan är en förutsättning för att nå den potential som är tekniskt möjlig. Interesse och kunskaper hos olika aktörer i värdekedjan ökar och vi ser idag allt fler konstruktioner där klimatförbättrad betong ger stora klimatvinster. Det gäller såväl inom husbyggnad, som inom infrastrukturuområdet.

Det finns många goda exempel. I Kungsbacka badhus var det tack vare en aktiv entreprenör, som betongens klimatpåverkan reducerades med cirka 30 procent [32]. I Kv.

Kungsörnen uppnåddes i ett samverkansprojekt en halvering av byggnadens klimatpåverkan, jämfört med ett traditionellt bostadshus. Betongen står här för cirka 40 procent av reduktionen och en beställare som gav anbudsgivarna fria händer att välja material och byggmetod var en framgångsfaktor. Ett examensarbete vid LTH har analyserat de olika aktörernas arbete i projektet samt kvantifierat resultatet i form av reducerad klimatpåverkan [33]. Rapporten bekräftar tydligt de framgångsfaktorer som beskrivs i denna vägledning och som sammanfattas nedan. I Göteborg har användning av klimatförbättrad betong med inblandning av slagg i infrastrukturprojekten Västlänken [32] och Hamnbanan [34] resulterat i koldioxidbesparingar på upp till 50 procent i jämförelse med användning av den standardbetong som tidigare varit vanlig.

Ovan goda exempel är bara ett axplock. De visar att det idag är möjligt att uppnå klimatreduktion på samma höga nivå, även för betong med höga hållfasthets- och beständighetskrav. Mer utförlig information om referensprojekt och goda exempel finns sammanställt på Svensk Betongs webbplats www.betongarhallbart.se.

Framgångsfaktorer i projekt där kraftigt reducerad klimatpåverkan uppnåtts

- **Tydliga klimatkrav genom hela byggprocessen**

Tydliga klimatkrav ska ställas och kommuniceras från beställaren redan från början och följas upp genom hela byggprocessen. Klimatkraven ska integreras och följas upp på samma sätt som övriga krav på byggnaden – inte hanteras separat.

- **Klimatberäkningar genom hela byggprocessen**

Klimatberäkningar för såväl hela byggnaden som för betongen ska genomföras i olika skeden i processen, från början till slut. På så sätt finns aktuella klimatdata tillgängliga som beslutsunderlag för val i olika skeden som påverkar kravuppfyllelsen.

- **Ansvar och allas delaktighet**

Klimatkraven kan endast uppnås genom att medverkande aktörer samarbetar – ingen kan göra det själv. Det

kräver en tydlig fördelning av ansvar och befogenheter för att uppnå ställda krav och att detta integreras i hela byggprocessen.

- **Nyttjande av betong- och prefabriceringsleverantörens kompetens**

De flesta betongtillverkare har under lång tid arbetat med att minska klimatbelastningen från sin produktion. Tillverkare har byggt upp stor kunskap och erfarenhet om hur betongen i en byggnad kan klimatoptimeras. De har även tillgång till tillförlitliga och godkända klimatberäkningsverktyg som med fördel kan användas redan i början i ett byggprojekt. Ju tidigare betongleverantören involveras, desto bättre blir förutsättningarna att redan från början hitta bästa möjliga lösning ur ett helhetsperspektiv där även byggnadens funktion, ekonomi och livslängd beaktas.

Vi blickar framåt

När vi blickar framåt är möjligheterna större än utmaningarna vad det gäller utveckling inom befintlig teknik. Införandet av den nya svenska tillämpningsstandarden SS 137003:2021 innebär stora möjligheter att reducera betongens klimatpåverkan.

Öppningarna för ökad användning av alternativa bindemedel är många och möjliggör en starkt ökad takt i klimatomställningen.



Ordlista med några begrepp som är bra att känna till:

EPD

Environmental product declaration. Det engelska begreppet för miljövarudeklaration för en viss produkt eller produktgrupp. Här avses miljövarudeklarationer som följer beräkningsreglerna i EN 15804, vilka även benämns som specifika klimatdata.

Moder-EPD/Dotter-EPD

En kravställare kan acceptera att en Miljövarudeklaration betraktas som tredjepartsgranskad om den tas fram med ett tredjepartsgranskat EPD-verktyg. Verktöget ska vara tredjepartsgranskat av en programoperatör och godkänd EPD-granskare. En ursprunglig EPD framtagen med verktöget kallas moder-EPD och ska användas när den så kallad dotter-EPD:n tas fram för en liknande produkt.

GGBS

Ground Granulated Blast Furnace slag, mald och granulerad masugnsslagg, är tillverkad av en biprodukt från järntillverkning. GGBS fungerar som ett bindemedel och kan ersätta en del av cementen i betong för att minska klimatavtrycket. CE-märkningen för slagg görs i enlighet med den harmoniserade standarden SS-EN 15167.

Flygaska

Aska som avskiljs vid rökgasrening från kolpulvereldade kraft- och värmeverk. Fungerar som ett bindemedel och kan ersätta en del av cementen i betong för att minska klimatavtrycket. Den flygaska som får användas för tillverkning av cement och betong regleras i standarden SS-EN 450-1.

CCS

Carbon, capture and storage, är ett samlingsnamn för tekniker för att fånga in, transportera och lagra koldioxid som uppstår vid exempelvis cementproduktion.

LCA

Life Cycle Analyses, livscykelanalys. Miljöbedömning av en produkts eller tjänsts hela livscykel.

CO₂_{ekv}

Koldioxidekvivalent är en standardenhet för att mäta koldioxidavtryck.

GWP

Global warming potential. Eftersom bidraget till den globala uppvärmningen kommer från en grupp växthusgaser, uttrycks effekten av varje växthusgas i termer av mängden CO₂ som skulle skapa samma mängd uppvärmning. På så sätt kan ett koldioxidavtryck som består av en mängd olika växthusgaser uttryckas som ett enda tal. Standardförhållanden används för att omvandla de olika gaserna till ekvivalenta mängder CO₂. Dessa förhållanden är baserade på den så kallade globala uppvärmningspotentialen, GWP, för varje gas.

GHG

Greenhouse gases, växthusgaser som släpper igenom solens kortvågiga strålning och absorberar delar av jordens värmestrålning.

GWP-GHG

Global Warming Potential-Greenhouse gases, klimatpåverkan exklusive upptag och utsläpp av biogent kol.

vct_{ekv}

Uttryck för viktsförhållandet mellan vatten och bindemedel i betong där bidraget från flera bindemedel än portlandcement, exempelvis flygaska eller GGBS, medräknats med standardfaktorer som regleras i standarden SS 137003:2021.

GVY

Grundvattenyta.

BOA

Den yta i ett hus som är uthyrningsbar för boende.

Referenser

1. Färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Betongbranschen. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_betongbranschen.pdf
2. Svensk Betong. Klimatförbättrad betong. Oktober 2019.
3. Ingemar Löfgren, Thomas Concrete Group AB - C-lab, Betydelsen av betongens koldioxidupptag ur ett livscykelperspektiv, Husbyggaren 1/2021.
4. Färdplan cement. För ett klimatneutralt betongbyggande. Cementa. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_cementbranschen.pdf
5. Svensk Betong 2017. Betong och klimat.
6. Betonghandbok Del II Material, kapitel 35. Svensk Byggtjänst 2021.
7. Svensk Standard SS 137003:2021 Betong – Användning av SS-EN 206:2013 + A2:2021 i Sverige.
8. Slite CCS, <https://www.cementa.se/sv/slite-ccs>
9. Klimatdeklaration, en handbok från Boverket, <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/>
10. Boverket. Rapport 2020:13, Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/utveckling-av-regler-om-klimatdeklaration-av-byggnader.pdf>
11. Boverkets klimatdatabas. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/>
12. Trafikverket. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/energi-och-klimat/klimatkrav/>
13. Trafikverket. <https://www.trafikverket.se/klimatkalkyl>
14. Manual Miljöbyggnad 3.1, <https://www.sgbc.se/app/uploads/2020/05/MiljoprocentC3procentB6byggnad-3.1-Nybyggnad.pdf>
15. Miljöcertifieringssystem LEED, <https://www.sgbc.se/certifiering/leed/>
16. Miljöcertifieringssystem BREEAM, <https://www.sgbc.se/certifiering/breeam-se/>
17. Miljömärkningssystem Svanen, <https://www.svanen.se/att-svanenmarka/kriterier-ansokan/smahus-flerbostads-hus-och-byggnader-for-skolor-och-forskolor-089/>
18. Miljöcertifieringssystem NollCO2, <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/>
19. Byggsektorns miljöberäkningsverktyg BM, <https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberaknings-verktyg.html>
20. Klimatdeklaration, En handbok från Boverket, Klimatdeklarera så här, <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/>
21. EPD Norge, www.epd-norge.no/getfile.php/1318370-1619515676/Dokumenter/EN15804%20A2%20vs%20A1.pdf
22. EPD Norge. NPCR PART A: Construction products and services Version: 2.0 Issue date: 24.03.2021 Valid to: 24.03.2026
23. Teknologisk Institut. Bæredygtig optimering af betonkonstruktioner Debatoplæg – Interviewundersøgelse blandt repræsentanter fra byggeriet. Maj 2018. https://baeredygtigbeton.dk/media/41279/debatoplæg__baeredygtig-optimering__2018-2621716.pdf
24. Low Carbon Concrete Group, The Green Construction Board. Ice.org.uk. Low carbon concrete roadmap, Draft for consultation. Formal publication date 15 February 2022.
25. Norsk Betongforening publikation nr. 37 "Lavkarbonbetong" (2020).
26. SB BATIMENT 2017-1 Bétons et empreinte carbone des bâtiments, <https://www.infociments.fr/sites/default/files/article/fichier/SB-146.pdf>
27. National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA), A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Ready-Mixed Concrete Manufactured by NRMCA Members – Version 3, https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/02/NRMCA_LCA_ReportV3_20200416.pdf
28. Jouni Punkki Aalto University, presenterat vid ECSN Webinar 2021-11-25
29. Bundesverband Transportbetong (BTB) & Concrete Sustainability Council
30. Jonas Carlswärd, Betongindustri AB. Bygg & Teknik 6/2020. Uttorkningsegenskaper hos klimatförbättrad betong
31. Svenska Betongföreningen. Vägledning för val av exponeringsklass enligt SS-EN 206, Betongrapport nr 11, Utgåva 3, 2016.
32. Sex betongbyggen som koldioxidbantat, Byggindustrin, 15 nov. 2019
33. Jonas Carlswärd, Betongindustri AB, Nilla Olsson, NCC AB, Erfarenheter från Kv. Kungsörnen i Helsingborg. Bygg & Teknik 6/2021
34. Trafikverket, Hamnbanan, Nu har vi börjat gjuta, 2021-08-27, <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/vi-bygger-och-forbatttrar/Goteborg-Hamnbanan/Nyhetsarkiv-Hamnbanan-/2021-08/nu-har-vi-borjat-gjuta/>



Svensk Betong

Besöksadress: Näringslivets Hus, Storgatan 19, Stockholm

Postadress: Svensk Betong, Box 55684, 102 15 Stockholm

info@svenskbetong.se

svenskbetong.se

betongarhallbart.se

Utgåva 2.0, 2022

