



Cirkulära material i nyproduktion

En arbetsmodell baserad på cirkularitetsindex för framtidens byggande

Examensarbete inom kandidatprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

SARA PIJL

AMANDA THORELL

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT AND ENGINEERING

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Cirkulära material i nyproduktion

En arbetsmodell baserad på cirkularitetsindex för framtidens byggande

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

SARA PIJL
AMANDA THORELL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management and Engineering

Examinator Mathias Gustafsson

Handledare Sean Elliot Wisse

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2026

Cirkulära material i nyproduktion

En arbetsmodell baserad på cirkularitetsindex för framtidens byggande

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

SARA PIJL

AMANDA THORELL

© SARA PIJL, AMANDA THORELL, 2026

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2026

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management and Engineering

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Cirkulära material i nyproduktion

En arbetsmodell baserad på cirkularitetsindex för framtidens byggande

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

SARA PIJL

AMANDA THORELL

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management and Engineering

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Byggsektorn står idag för cirka 20% av Sveriges klimatutsläpp och 35% av det totala avfallet. För att nå målet om nettonollutsläpp till 2045 krävs en omställning från linjära till cirkulära materialflöden. Detta examensarbete, utfört i samarbete med Skanska, undersöker hur implementeringen av cirkulära material kan höja ett projekts cirkularitetsindex och därmed minska dess klimatpåverkan. Studien fokuserar på ett specifikt projekt, som i rapporten kommer att refereras som Projekt X, där beställaren har ställt krav på ett cirkularitetsindex på minst 15%.

Studien bygger på en kombination av litteraturstudier, semistrukturerade intervjuer med branschaktörer, en omfattande materialkartläggning av dagens utbud av cirkulära produkter samt beräkningar på ett nytt cirkularitetsindex.

Resultatet visar att cirkulära material har stor potential att höja indexet. Genom att ersätta jungfruliga material med återbrukade, återvunna och biobaserade alternativ kan cirkularitetsindexet för Projekt X öka från cirka 8 % till 20 %. För att underlätta framtida arbete har även en modell för beräkning av cirkularitetsindex samt en graderingstabell för materialalternativ tagits fram.

Studien visar också på att det trots de miljömässiga fördelarna, finns en del hinder kring implementering av återbruk. Dessa handlar om osäkerheter kring garanti och kvalitet, bristande utbud, samt ekonomiska och logistiska utmaningar.

Sammanfattningsvis är det fullt möjligt att bygga med återbrukade material, men det kräver ett bättre samarbete mellan olika aktörer samt en tidig identifiering av vilka möjligheter som finns. När det gäller återvunna och biobaserade material har mycket redan implementerats, men det finns fortfarande stor potential att öka användningen ytterligare. Detta är avgörande för att byggbranschen ska kunna minska sin resursförbrukning och därigenom bidra till att klimatmålen uppnås.

Nyckelord: Cirkulära material, cirkularitetsindex, återbruk, resursförbrukning

Circular materials in new construction

A working model based on circularity index for the construction of the future

Degree Project in the Engineering Programme

Civil engineering

SARA PIJL

AMANDA THORELL

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Construction Management and Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The construction sector currently accounts for approximately 20% of Sweden's climate emissions and 35% of total waste. In order to achieve the goal of net zero emissions by 2045, a transition from linear to circular material flows is required. This thesis, carried out in collaboration with Skanska, investigates how the implementation of circular materials can increase a project's circularity index and thereby reduce its climate impact. The study focuses on a specific project, which will be referred to in the report as Project X, where the client has set a requirement for a circularity index of at least 15%.

The study is based on a combination of literature studies, semi-structured interviews with people from the industry, an extensive material mapping of today's range of circular products and calculations of a new circularity index.

The results show that circular materials have great potential to increase the index. By replacing virgin materials with recycled, reused and bio-based alternatives, the circularity index for Project X can increase from approximately 8% to 20%. To facilitate future work, a model for calculating the circularity index and a grading table for material alternatives have also been developed.

The study also shows that despite the environmental benefits, there are some obstacles to implementing recycling. These include uncertainties about warranty and quality, lack of supply, and economic and logistical challenges.

In summary, it is entirely possible to build with reused materials, but it requires better cooperation between different actors and early identification of the opportunities that exist. When it comes to recycled and bio-based materials, much has already been implemented, but there is still great potential to increase their use further. This is crucial for the construction industry to be able to reduce its resource consumption and thereby contribute to achieving climate goals.

Key words: Circular materials, circularity index, reuse, resource consumption

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	V
BEGREPPSLISTA	VI
1. INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.1.2 Skanskas målsättning	2
1.2 Syfte.....	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Frågeställning	4
2. METOD	5
2.1 Litteraturstudie.....	5
2.2 Projektbeskrivning.....	5
2.3 Intervjuer	5
2.4 Materialkartläggning.....	7
2.5 Beräkningar	7
3. LITTERATUR	8
3.1 Hållbarhetsmål och cirkulärt byggande	8
3.2 Byggnads livscykel.....	9
3.3 Utmaningar och drivkrafter	9
4. MATERIAL OCH ÅTERBRUKSPOTENTIAL	12
4.1 RISE analys.....	12
4.2 Installationer.....	12
4.3 Plastprodukter.....	14
4.4 Stomkomplettering	14
4.4.1 Gips.....	14
4.4.2 Plywood.....	15
4.4.3 Reglar	15
4.4.4 Isolering.....	16
4.4.5 Dörrar/fönster	16
4.5 Tegel	17
4.6 Betong	17

5. RESULTAT	18
5.1 Intervjuer	18
5.1.1 Beställarens synpunkt.....	18
5.1.2 Återbruksintresse och inställning.....	19
5.1.3 Hinder och utmaningar	19
5.1.4 Möjligheter	21
5.1.5 Verktyg som underlättar återbruk	22
5.2 Materialkartläggning	23
5.2.1 Kålltorps REBYGG	23
5.2.2 CCBuild.....	24
5.2.3 Swegon	24
5.2.4 Återbruket	25
5.2.5 Återbygg	25
5.3 Bedömning av material	25
5.4 Klimatkalkyl.....	27
5.5 Beräkningar	28
5.6 Allmän modell	31
7. DISKUSSION	34
7.1 Cirkularitetsindex som styrmedel	34
7.2 Hinder i praktiken.....	34
7.3 Material lämpade för återbruk	35
7.4 Potential att höja cirkularitetsindexet	36
7.5 Kritisk reflektion	36
7.6 Förslag på vidare forskning.....	37
8. SLUTSATS.....	38
Referenser	39

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts under våren 2026 som ett avslutande moment på vår utbildning på Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 hp och är skrivet inom programmet Samhällsbyggnadsteknik.

Innan ni läser denna rapport vill vi börja med att rikta ett stort tack till Skanska för möjligheten att genomföra detta examensarbete tillsammans med dem. Vi vill särskilt rikta ett stort tack till vår handledare Lisa Lundin för hennes stöd och vägledning genom hela arbete.

Vi vill även tacka samtliga personer som har deltagit i intervjuer och bidragit med värdefulla insikter som fört arbetet framåt. Avslutningsvis vill vi rikta ett tack till vår handledare vid skolan, Sean Elliot, för hans stöd under arbetets gång.

Göteborg Juni 2026

Amanda Thorell

Sara Pijl

BEGREPPSLISTA

Linjärt materialflöde – den traditionella modellen av att utvinna, producera, använda och sedan kassera material

Cirkulärt materialflöde – motsatsen till linjärt materialflöde, inget anses vara avfall utan ska vandra vidare i ett evigt kretslopp

Cirkulära material – återbrukade, återvunna eller biobaserade material

Återbruk – innebär att produkten eller materialet används på nytt men i sin ursprungliga form och funktion

Återvinning – avfall samlas in för att brytas ner till sin ursprungliga råvara för att sedan kunna tillverka nya produkter

Biobaserade material – material som är gjorda av förnybara resurser från naturen

Jungfruliga material – råmaterial som tas direkt från naturen

Ändliga resurser - material från naturen som endast finns i en begränsad mängd, såsom fossila bränslen, metaller och mineraler

Cirkularitetsindex – en kvot som visar andel cirkulära material jämfört med den totala materialmängden i ett projekt

Avfallstrappan – en EU-modell som prioriterar hur avfall ska hanteras

Koldioxidekvivalenter (CO₂e) – ett mått som räknar om olika växthusgaser till hur mycket koldioxid som skulle ge samma effekt, för att kunna jämföra klimatpåverkan

Global Warming Potential (GWP) – ett värde som anger hur mycket en specifik mängd av ett material bidrar till växthuseffekten

Klimatkalkyl – en beräkning av den totala mängden växthusgaser som ett byggprojekt ger upphov till under sin livscykel

Netto noll – när de utsläpp man orsakar är lika stora som de utsläpp man lyckas binda eller kompensera för, så att den totala påverkan blir noll

Demontering – tar isär konstruktionen utan att förstöra den

1. INLEDNING

I följande kapitel presenteras en bakgrund till ämnet samt skälen till att denna studie har genomförts. Vidare redovisas studiens frågeställningar, avgränsningar och metod. Kapitlet innehåller även en kort presentation av Skanska Sverige AB, inom vars verksamhet examensarbetet har genomförts, samt de krav företaget har ställt på det önskade resultatet.

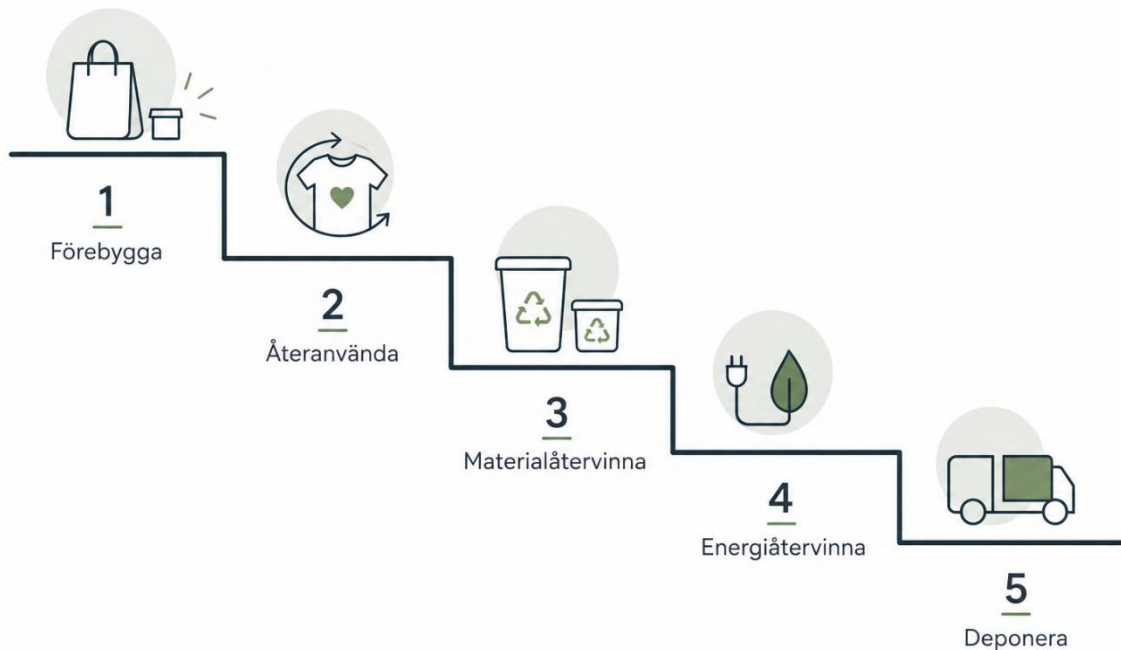
1.1 Bakgrund

I byggsektorn är det fortfarande vanligt att material hanteras enligt en linjär modell, där resurser utvinns, används och därefter kasseras (Minunno, O'Grady, Morrison, & L. Gruner, 2020). Detta tillvägagångsätt medför en ökad belastning på naturresurser och genererar betydande mängder avfall. Ett sådant linjärt flöde kan i stor utsträckning motverkas genom en övergång till cirkulära materialflöden. På så vis stannar materialen i sina kretslopp genom strategier såsom återbruk, återvinning och design för demontering.

Bygg- och anläggningssektorn svarar idag för ungefär 20 % av Sveriges totala klimatutsläpp. För att minska dessa utsläpp krävs åtgärder som minskade transporter, energieffektivisering, minskat byggbehov samt byggnader utformade för enklare ombyggnad och ökad materialåtervinning och återanvändning (Naturvårdsverket, 2026). Cirka 35 % av allt avfall i Sverige kommer från byggbranschen (Ritzén, 2021), vilket visar på stora potentialer i att påverka klimatet positivt genom förändrade byggmetoder.

Återbruk av material är en möjlig åtgärd som kan bidra starkt. Precis som att second-hand köp av kläder är bättre för miljön än nyproduktion, kan återbruk inom byggsektorn minska både resursanvändning och utsläpp. Om man enbart tittar på de interiöra produkterna i en kontorsbyggnad, beräknas utsläppen minska med cirka 43 000 ton CO₂e per år i Sverige genom en etablerad storskalig återbruksmarknad (CCBuild, 2021).

Avfallshierarkin, även benämnd avfallstrappan, är ett EU-direktiv som anger prioriteringsordningen för avfallshantering (Naturskyddsföreningen, 2021). Hierarkin består av fem steg, rangordnade från mest till minst miljömässigt fördelaktig. I första hand ska avfall förebyggas, följt av återanvändning, materialåtervinning, energiutvinning och slutligen deponering vilket utgör den minst önskvärda åtgärden. Detta illustreras i Figur 1.



Figur 1: Avfallstrappan (Skapad med ChatGPT-5,5 via OpenAI, februari 2026)

1.1.2 Skanskas målsättning

Skanska Sverige AB har som mål att uppnå netto noll klimatutsläpp till år 2045. Detta ställer höga krav på företagets framtida projekt och kräver omfattande åtgärder. Ny teknik måste utvecklas, aktörer måste samarbeta mer än någonsin och arbetsmodeller måste bli mer omfattande (Skanska, 2025). Enligt Andrea Pap de Pésteny, gruppchef för hållbar affärsutveckling på Skanska, ökar intresset för återbruk allt mer. Hon förmedlar att ”Vi ser att efterfrågan på återbruk ökar. Den främsta drivkraften för Skanska är vårt mål att bli klimatneutrala. Vi och andra aktörer vill hitta alternativ som ger mindre klimatpåverkan” (Strand Nyhlin & Åfreds, 2022, s. 47).

Ett centralt fokusområde är implementeringen av cirkulära material det vill säga återbrukade, återvunna och biobaserade material. Genom att gå bort från användningen av jungfruliga material och i stället lägga fokus på cirkulära material och materialflöden, hoppas Skanska på att kunna minska mängden avfall och råvaruutvinning. Idag står nämligen den svenska byggsektorn för 20 % av landets totala utsläpp och 35 % av Sveriges totala avfall (Skanska, 2024). Dessa värden visar på att det krävs mer åtgärder än vad som redan finns för att kunna uppnå klimatneutralitet, faktum är att cirkulära material uppskattningsvis kommer att stå för cirka 45 % av omsättningen mot nettonoll (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

I Skanskas kommande projekt, Projekt X, där Skanska är totalentreprenör har beställaren ställt krav på ett cirkularitetsindex om minst 15 %. Detta index definieras som kvoten mellan den totala vikten cirkulärt material och projektets totala materialvikt, enligt *Ekvation 1*.

$$\frac{\text{Vikt cirkulärt material (kg)}}{\text{Total materialvikt (kg)}} = \text{Cirkularitetsindex}$$

Ekvation 1: Ekvation cirkularitetsindex

En klimatkalkyl har upprättats för projektet, där samtliga material som ska implementeras i byggnaden, deras massor samt klimatpåverkan har sammanställts. Med hjälp av denna kalkyl har ett cirkularitetsindex beräknats genom att dividera den totala vikten av cirkulära material i kalkylen med projektets totala materialvikt. Det framtagna indexet visar dock att projektet inte uppfyller det krav på cirkularitetsindex som beställaren har ställt.

Detta examensarbete utförs därför på uppdrag av Skanska med syfte att identifiera åtgärder som höjer cirkularitetsindexet i det specifika projektet. Arbetet syftar även till att utveckla en analysmodell som kan användas i framtida projekt för att underlätta bedömningar av vilka material som är mest lämpade att använda som cirkulära material.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur andelen cirkulära material i nyproduktion kan ökas för att höja ett projekts cirkularitetsindex. Särskilt fokus riktas mot återbrukade material och deras roll i att främja cirkularitet i byggprojekt. Genom analyser av materialval med hög återbrukspotential utvecklas en analysmodell ämnad att optimera förutsättningarna för cirkularitet i framtida byggprojekt.

1.3 Avgränsningar

Studien är avgränsad till ett specifikt byggprojekt med målsättningen att uppnå ett cirkularitetsindex på 15 %. Eftersom detta index utgör studiens främsta styrmedel fokuserar analysen uteslutande på materialvikt. Det innebär att koldioxidutsläpp kopplade till tillverkning och transport av återbrukade, återvunna eller biobaserade material lämnas utanför studiens omfattning.

Undersökningen utgår från dagens marknadsutbud för att möjliggöra en teoretisk bedömning och besvara studiens frågeställningar. Detta innebär dock att material som inkluderas i kalkylerna i vissa fall kan ha begränsad tillgänglighet vid själva byggnationstillfället.

Vidare har en översiktlig belysning av materialkostnader genomförts, men studien innefattar ingen fullständig ekonomisk kalkyl eller analys av slutgiltiga prisskillnader. Den tekniska livslängden har beaktats i den mån den påverkar valet av cirkulära material eller produkternas lämplighet i ett cirkulärt system. För att fokusera på de komponenter som ger störst utslag i cirkularitetsindexet har en begränsning gjorts gällande detaljnivån, det vill säga att mindre poster såsom skruv, fog, lim och målarfärg därför har exkluderats.

Eftersom detta är en teoretisk undersökning finns begränsningar i att verifiera materialens faktiska byggharhet. Detta innebär att praktiska utmaningar vid montage eller hur olika material samverkar rent konstruktionsmässigt på byggsplatsen inte har kunnat prövas, vilket kan leda till skillnader mellan studiens resultat och ett faktiskt utförande. Avslutningsvis har perspektiv kopplade till användnings- eller rivningsskedet inte tagits med i undersökningen, och inte heller stommen då dessa siffror redan tillhandahållits av Skanska.

Vad gäller installationer kunde mängder och vikt inte fastställas för Projekt X. Dessa har därmed uteslutits i beräkningen av cirkularitetsindexet. Däremot har installationers potential till återbruk och återvinning undersökts noga, för att ge underlag till framtida beräkningar.

1.4 Frågeställning

För att undersöka hur användningen av cirkulära material kan bidra till ett ökat cirkularitetsindex har ett antal frågeställningar formulerats:

- Hur mycket kan man höja cirkularitetsindexet genom att använda cirkulära material?
- Vilka hinder och utmaningar finns det som påverkar möjligheterna att implementera cirkulära material i nyproduktion?
- Vilka material är mest lämpade att återbruka utifrån ett cirkulärt perspektiv?

2. METOD

Arbetets metodik är uppbyggt av en kombination av litteraturstudier, intervjuer, materialkartläggning och beräkningar. I detta avsnitt finns även en kort beskrivning av Projekt X, som studien utgår ifrån.

2.1 Litteraturstudie

Till att börja med utförs en grundlig studie av tidigare forskningsprojekt relaterade till ämnet. För att leta information används sökord som cirkularitet, återbruk och återvunna material i Chalmers databaser som till exempel Scopus. Tidigare examensarbeten som handlat om liknande ämnen har också studerats samt Skanskas egen databas för mer information och en djupare förståelse för cirkulära material.

2.2 Projektbeskrivning

Studien är projektbaserad och utgår från ett kommande projekt hos Skanska. Projektet omfattar uppförandet av ett kontorshus i Göteborg med en total area på cirka 20 000 m² BTA (bruttoarea). Byggnationen har ännu ingen fastställd tidsplan, eftersom beställaren avvaktar med att påbörja arbetet tills hyresgästerna är klara.

Projektet befinner sig i systemhandlingsskedet, vilket utgör en grund för vidare projektering och detaljplanering. Beställaren ställer höga krav på hållbarhet och har tydliga hållbarhetsmål, med ambitionen att uppnå LEED platina-certifiering, vilket är världens mest använda certifieringssystem för miljö- och hållbarhetsprestanda (U.S Green Building Council, u.å). Därför läggs stort fokus på hållbar materialanvändning och minskad klimatpåverkan i projektet.

2.3 Intervjuer

Kunskapen om cirkulärt byggande varierar, då det är ett relativt nytt område. Trots detta finns det många aktörer som i sitt dagliga arbete aktivt arbetar med cirkularitet. För att få bättre kännedom om projektet och cirkularitet har semistrukturerade intervjuer genomförts. Inledningsvis intervjuades medarbetare inom Skanska som arbetar med frågor angående cirkularitet. Detta med syfte att få en inblick i hur deras dagliga arbete ser ut och kunna få tips och strategier från deras erfarenheter. Därefter genomfördes intervjuer med medarbetare på Skanska som är insatta i Projekt X, för att möjliggöra införandet av lösningar i projektet samt

skapa en helhetsbild. Avslutningsvis intervjuades även beställaren för att få höra deras synpunkter och åsikter. Totalt omfattar studien nio intervjupersoner och deras specifika roller presenteras i Tabell 1. Intervjutiden för varje intervju varierade mellan 20 min upp till 1 timme. Exempel på frågor som ställdes under intervjuerna ses nedan.

Frågor riktade till personer inom Projekt X:

- Hur har arbetet med cirkulära material gått hittills?
- Vad ser ni för möjlighet med cirkulära material, vad tror ni hade varit lämpliga material för återbruk och återvinning?
- Vad tror ni kommer vara de största hindren vid implementering av cirkulära material?
- Hur ser samarbetet ut med underentreprenörerna?

Frågor riktade till personer som arbetar med klimat och hållbarhet:

- Vilka återbrukade material har enligt er fungerat bäst i tidigare projekt och varför?
- Bygger era materialval på någon specifik metod, forskning, verktyg eller liknande?
- Vilka är de största utmaningarna vid användning av återbrukade material?

Frågor riktade till beställaren:

- Vad är era mål och ambitioner med Projekt X?
- Hur har ni arbetat tidigare med cirkulära material, vad har fungerat bra och dåligt?
- Tycker ni att cirkulära material är värt en extra investering?
- Vad kan användas i Projekt X, vilka material och produkter med hänsyn till t.ex. estetik?

Tabell 1: Intervjupersoner och deras roller i branschen

	Roll	Företag	Benämning i text
Intervjuperson 1	Installationsledare (Projekt X)	Skanska Sverige	IP 1
Intervjuperson 2	Hållbarhetsspecialist	Skanska Sverige	IP 2
Intervjuperson 3	Produktionschef (Projekt X)	Skanska Sverige	IP 3
Intervjuperson 4	Klimat- och hållbarhetschef	Skanska Sverige	IP 4
Intervjuperson 5	Projekteringsledare (Projekt X)	Skanska Sverige	IP 5
Intervjuperson 6	Projektchef (Projekt X)	Skanska Sverige	IP 6
Intervjuperson 7	Projektingenjör (Projekt X)	Skanska Sverige	IP 7
Intervjuperson 8	Hållbarhetsspecialist	Skanska Sverige	IP 8
Intervjuperson 9	Beställaren inom Projekt X	Fastighetsbolag	IP 9

2.4 Materialkartläggning

En central del av undersökningen består av att kartlägga vilka cirkulära material som finns tillgängliga på marknaden och vilka av dessa som kan ersätta tidigare icke-cirkulära material i projektet. För att samla in denna information har omfattande och systematiska sökningar genomförts på relevanta digitala plattformar, databaser och leverantörssidor. Utifrån denna kartläggning har en graderingstabell upprättats, i syfte att underlätta val av cirkulärt material. Graderingstabellen innehåller graderingar för varje materialalternativ på en skala från 1–5 där aspekterna ekonomi, tillgänglighet, teknisk livslängd, produktion samt eventuellt mervärde har bedömts. Aspekterna jämförs mot traditionellt material där 1 visar sämre, 3 neutralt och 5 bättre jämfört med det traditionella alternativet.

2.5 Beräkningar

En klimatkalkyl har tillhandahållits från Skanska med ett tidigt skedes beräkningar på cirkularitetsindex. Beräkningarna visar att det önskade cirkularitetsindexet inte nås upp, därför har kompletterande kalkyler genomförts. Dessa baserades på det tidigare framtagna resultatet men vidareutvecklades genom att fler material med hög egenvikt identifierades i klimatkalkylen och ersattes med cirkulära alternativ utifrån graderingstabellen. Ett nytt cirkularitetsindex, enligt *Ekvation 1*, har då beräknats baserat på den potentiella mängden cirkulära material som kan implementeras i projektet.

3. LITTERATUR

I följande kapitel presenteras olika aspekter på varför man ska bygga med fokus på hållbarhet. Bland annat presenteras FN:s hållbarhetsmål, vidare ges även en kort introduktion till själva byggprocessen samt till det skede som denna studie fokuserar på. Slutligen diskuteras branschens utmaningar och drivkrafter.

3.1 Hållbarhetsmål och cirkulärt byggande

Från Brundtlandrapporten 1987, utarbetat av FN:s Världskommission för miljö och utveckling, utgjordes följande definition på vad hållbar utveckling är: ”Hållbar utveckling är utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” (Andrews & Granath, u.å, s. 1). Hållbar utveckling bygger på de tre dimensionerna, socialt, ekonomiskt och ekologiskt. Alla dessa aspekter kan man ta i beaktning när man ska uppföra nya byggnationer. Att bygga cirkulärt bidrar därför till följande av FN:s hållbarhetsmål (FN, u.å).

Mål 9: Hållbar industri, innovationer och infrastruktur.

Mål 9 handlar om att rusta upp infrastrukturen och anpassa industrin för att göra dem hållbara till 2030. En av strategierna för att uppnå detta är effektivare resursanvändning. För att arbeta mer effektivt med de resurser vi har är det viktigt att vi går från ett linjärt resursflöde, bestående av utvinning, produktion och avfall, till ett cirkulärt flöde. Ett cirkulärt flöde bryter kedjan och är oberoende av jungfruliga råvaror eftersom det skapar en lokal materialbank.

Mål 11: Hållbara städer och samhällen

Mål 11 handlar bland annat om att till 2030 minska städernas negativa miljöpåverkan per person samt att bevara och skydda naturarv. Genom att bygga cirkulärt så minskar avfallet från bygg- och rivningssektorn som idag står för ca 35% av den totala avfallsmängden i Sverige (Naturvårdsverket, 2024).

Mål 12: Hållbar konsumtion och produktion

Mål 12 handlar om att senast 2030 uppnå en hållbar förvaltning och ett effektivt nyttjande av naturresurser, uppmuntra företag att införa hållbara metoder samt att minska mängden avfall genom att förebygga, minska, återanvända och återvinna avfallet. Vilket är precis vad cirkulärt byggande bidrar till.

Mål 13: Bekämpa klimatförändringarna

Genom att använda återbrukat, återvunnet och biobaserat material så minskar utsläppen vilket bidrar till målet om att bekämpa klimatförändringarna. Mål 13 handlar om att bekämpa klimatförändringarna genom att förändra hur vi använder våra resurser vad gäller energi och produktion. Det är viktigt att göra en omställning nu till att arbeta mer cirkulärt eftersom stora klimatförändringar kan leda till torka, översvämningar, naturkatastrofer och förstörda ekosystem.

3.2 Byggnads livscykel

Livscykelinformation byggnad				Tilläggsinformation
A1–A5 Byggskede		B1–B7 Användningsskede	C1–C4 Slutskede	D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen
A1–A3 Produktskede	A4–A5 Byggproduktionsskede			
A1 Råvaruförsörjning	A4 Transport	B1 Användning	C1 Demontering, rivning	
		B2 Underhåll		
A2 Transport	A5 Bygg- och installationsprocessen	B3 Reparation	C2 Transport	
A3 Tillverkning		B4 Utbyte	C3 Restproduktbehandling	
		B5 Ombyggnad		
		B6 Driftsenergi	C4 Bortskaffning	
		B7 Driftens vattenanvändning		

Figur 2: Illustrerar en byggnads livscykel och dess olika skeden (Boverket, 2024). CC BY-NC-ND 4.0

En byggnads livscykel kan översiktligt delas in i fyra delar. Det är byggskedet, användningsskedet, slutskedet och till sist materialens liv efter rivning. I denna studie läggs fokuset vid det första skedet, som i sin tur delas in i modulerna A1-A5.

Modulerna A1-A3 omfattar produktskedet, vilket inkluderar råvaruutvinning, transporter av råvaror, samt tillverkningen av själva byggprodukten. Modul A4 avser därefter transporterna av de färdiga produkterna till byggarbetsplatsen, medan A5 omfattar själva byggprocessen (Boverket, 2024). Tillsammans utgör dessa moduler den del av livscykeln där materialval, logistik och byggmetoder har störst direkt påverkan på klimatutsläppen.

3.3 Utmaningar och drivkrafter

Även om cirkulära material har blivit allt större på marknaden är vi långt ifrån där vi vill och behöver vara för att kunna uppnå klimatmålen som är uppsatta. Detta är på grund av att det fortfarande finns en hel del hinder. I rapporten *Hur skapar vi förutsättningar för återbruk av installationer* (Andersson, Fischer, Fränne, & Nelson, 2023), har författarna sammanställt

svar från en enkät de skickat ut till installatörer om vad de anser är de största hindren idag. Resultatet visar att hindren kan delas in i tre övergripande kategorier: produktrelaterade hinder, interna hinder och externa hinder. De produktrelaterade hindren handlar om osäkra garantier och svår bedömning av material- och funktionskvalitet. Vidare lyfts en efterfrågan på nya produkter, då dessa ofta har högre prestanda och effektivitet än återbrukade alternativ. De interna hindren utgörs främst av resurs- och kompetensbrist, men även av etablerade vanor och attityder som försvårar omställningen. Slutligen identifieras de externa hindren som bristande efterfrågan, låg betalningsvilja och tidsbrist. En ytterligare utmaning som lyfts är lagerhållning.

Trots många utmaningar finns desto fler drivkrafter till att bygga cirkulärt. Där den största drivkraften naturligtvis är en minskad miljöpåverkan, men det finns även många andra drivkrafter som lyfts fram i rapporten (Andersson, Fischer, Fränne, & Nelson, 2023):

- Egen övertygelse, vilket syftar på företagsinterna mål, hållbarhetskrav och ambitioner kring att minska klimatpåverkan.
- Efterfrågan och krav från kunder, där beställare i allt större utsträckning ställer krav på hållbara och cirkulära lösningar i byggprojekt.
- Resurseffektivitet, genom att återbruk och återvinning kan bidra till minskad användning av jungfruliga material och därmed lägre resursförbrukning.
- Skapa en cirkulär efterfrågan, vilket innebär att ökad användning av cirkulära material kan bidra till att utveckla marknaden och stärka tillgången på återbrukade produkter.
- Inspirera andra aktörer i branschen att implementera cirkulära arbetssätt och därigenom bidra till en bredare omställning mot hållbart byggande.
- Tidsbesparing, då vissa nya produkter har långa leveranstider medan återbrukade produkter i vissa fall finns tillgängliga direkt.
- Tradition i företaget, där tidigare erfarenhet och etablerade arbetssätt kring återbruk kan underlätta implementeringen av cirkulära material.

I *Återbruk av byggmaterial* beskriver Strand Nyhlin och Åfreds (2022) att återbruk inte enbart medför miljömässiga fördelar, utan att det även kan skapa mervärde i form av identitet och kulturhistorisk koppling. Författarna framhåller att ”Projektet får en gratis berättelse om

hållbarhet att berätta” (Strand Nyhlin & Åfreds, 2022). Genom att integrera material med en tidigare användningshistoria kan byggnader tillföra ökad autenticitet och attraktionskraft.

En fallstudie av IVL Svenska Miljöinstitutets kontor i Stockholm och Göteborg visar på konkreta ekonomiska och miljömässiga vinster med återbruk. Studien indikerar kostnadsbesparingar på ca 1,4–1,9 miljoner kronor per kontor, en minskning av avfallsmängder med 12–18 ton samt reducerade växthusgasutsläpp med 41–53 ton koldioxidekvivalenter per kontor (Strand Nyhlin & Åfreds, 2022).

Vidare beskriver Anna Denell, hållbarhetschef på Vasakronan, hur bristande resurseffektivitet inom byggsektorn blev tydlig i samband med projekt: ”Jag insåg att vi hivade i väg produkter av samma fabrikat, samma färg och samma mått som det vi samtidigt beställde nytt i ett annat projekt som löpte parallellt. Att det så tydligt inte fanns ett pris på naturens resurser blev en ögonöppnare” (Strand Nyhlin & Åfreds, 2022, s. 28). Uttalandet belyser hur avsaknaden av ett tydligt värde på naturresurser kan leda till ineffektiv materialanvändning och understryker behovet av mer cirkulära arbetsätt.

4. MATERIAL OCH ÅTERBRUKSPOTENTIAL

I detta kapitel presenteras tidigare forskning kring lämpliga material att återbruka. Vidare behandlas olika materialkomponenter och hur de kan användas för ett cirkulärt byggande, för att minska en byggnads totala klimatpåverkan.

4.1 RISE analys

Research Institutes of Sweden (RISE) har utfört en analys kring vilka komponenter som har störst potential att återbrukas storskaligt, samt vad som krävs för att de ska kunna återbrukas smidigt. Analysen har gjorts på begäran av Göteborgs stad och Business Region Sweden. I analysen tittar de på tre aspekter för att kunna bedöma lämpligheten för en storskalig återbruksmarknad (Business Region Göteborg, 2025). Aspekterna syftar till:

- Om det är teknisk möjligt att återbruka, det vill säga går produkterna rent praktiskt att demonteras och återanvändas samtidigt som deras funktion bibehålls.
- Efterfrågan hos fastighetsägare, samt deras vilja och intresse att använda återbrukade produkter i byggprojekt.
- Om produkterna är lönsamma eller har förutsättningar att bli det under rätt förutsättningar.

Utifrån dessa aspekter har en lista med 18 byggprodukter identifierats som särskilt lämpade för återbruk. Dessa omfattar bland annat konstruktionselement i metall och betong, betong- och tegelpannor, fönster och dörrar, limträ, stålreglar, akustikplattor, plåt samt golvmaterial. Därutöver ingår installationsprodukter såsom ventilationskanaler, radiatorer, armaturer, kabelstegar samt badrumsporslin (Business Region Göteborg, 2025).

4.2 Installationer

Installationer innefattar allt som behövs för att en byggnad ska fungera. De kan beskrivas genom fyra huvudgrupper som består av värme, ventilation och sanitet (VVS), el & belysning, data & övervakning samt tele & säkerhet. Installationer utgör ca 15 % av den totala klimatpåverkan för kontorsbyggnader (Andersson, Fischer, Fränne, & Nelson, 2023).

I *Återbruksguiden för installationer* (Bladh, Eerola, Karlsson, & Rattfelt, 2022) lyfts flera viktiga aspekter vid bedömning av vilka installationsprodukter som är lämpliga för återbruk. Produkter med hög klimatpåverkan, exempelvis sådana som innehåller stora mängder stål,

porslin eller fossila komponenter, bör prioriteras. Vidare anses passiva produkter, det vill säga produkter utan automatik, motorer och rörliga delar, vara särskilt lämpliga för återbruk. Även produkter som inte är synligt placerade i byggnaden bedöms som mer lämpliga ur ett återbruksperspektiv. Utöver detta lyfter guiden även en topplista med rekommenderade produkter att återbruka. Däribland presenteras apparatskåp (el-skåp), ventilationskanaler, till- och frånluftsdon, WC-stolar, handfat, blandare, radiatorer, kylbafflar, belysning samt kabelstegar.

Generellt innehåller installationsprodukter mycket plast, isolering och metall (Högberg & Ingelhart, 2021). För att minska klimatpåverkan kan flera åtgärder vidtas. Andelen metall bör minskas där det är möjligt, och i de fall metall används bör återvunnet material prioriteras. Isolering i form av stenull och cellgummi kan ersättas med glasull baserat på återvunnet glas. Vid användning av plastprodukter bör också återvunna och biobaserade alternativ väljas. Den potentiella klimatbesparingen vid återbruk av installationsprodukter redovisas i Tabell 2, baserat på data från Återbruksguiden (Bladh, Eerola, Karlsson, & Rattfelt, 2022).

Tabell 2: Beräknad klimatbesparing (Bladh, Eerola, Karlsson, & Rattfelt, 2022).

Produkt	Storlek	Klimatbesparing
Elskåp	1800x800mm	250-400kg CO ₂ e/skåp
Ventilationskanaler cirkulära	100mm	3,5kg CO ₂ e/m
	160mm	3,5kg CO ₂ e/m
	250mm	3,5kg CO ₂ e/m
	400mm	3,5kg CO ₂ e/m
	630mm	3,5kg CO ₂ e/m
Ventilationskanaler rektangulära	300x200mm	3,5kg CO ₂ e/m
	600x400mm	3,5kg CO ₂ e/m
	1200x800mm	3,5kg CO ₂ e/m
Tvättställ		60kg CO ₂ e/st
WC-stol		80-140kg CO ₂ e/st
Tvättställsblandare		10kg CO ₂ e/st
Kabelstege		5,6kg CO ₂ e/400mm
Radiator 1-panel	500x1000mm	10-15kg CO ₂ e/st
Radiator 2-panel	500x1000mm	22-27kg CO ₂ e/st
Radiator 3-panel	500x1000mm	41kg CO ₂ e/st

Beräkningar från Swegons hemsida visar på att ett återbrukat luftbehandlingsaggregat kan minska koldioxidutsläppen upp till 75% samt att ett luftdon kan minska koldioxidutsläppen upp till 90% jämfört med ett nyproducerat (Lindström, 2024).

Installationer i en byggnad har en funktion, de kontrollerar inomhusklimat, temperatur, luftflöden, tappvatten och avlopp, belysning och så vidare. Därför är det särskilt viktigt att ta hänsyn till funktionskrav och utvärdera detta vid återbruk. Det vill säga att man tar hänsyn till

de sekundära effekterna, vilka innefattar livslängd och funktion i drift. Detta är viktigt för att ta reda på hur den återbrukade produkten kommer att fungera i den nya byggnaden och avgöra om den är klimatmässigt lönsam jämfört med en ny produkt. Nya produkter är ofta mer energisnåla, vilket kan göra att utsläppen ändå blir större i längden vid en återbrukad produkt.

Ett tydligt exempel på brytpunkten då återbruk blir mindre fördelaktigt är verkningsgraden på fläktar. Verkningsgraden för en återbrukad fläkt får inte understiga 61,5% för en fläkt i en kontorsbyggnad för att vara klimatmässigt lönsam (Brynte & Hukic, 2025). Ett annat exempel är belysning, där LED-lysröret samt armaturens komponenter måste ha en tillräcklig livslängd för att en miljömässig vinst skall kunna göras (Bladh, Eerola, Karlsson, & Rattfelt, 2022).

4.3 Plastprodukter

Det finns en hel del olika plastprodukter i byggbranschen, bland annat emballage för skydd vid transport, plastpallar, kantskydd och målarburkar. Det är svårt att återbruka plastprodukter men de går att återvinna, vilket är det tredje bästa steget i avfallstrappan. Den plast som är bäst lämpad att återvinna är plastfilm, EPS (expanderad polystyren), cellplast och hårdplast (RISE, 2023). Hårdplast används ofta till rör och dess prestanda är hög och har lång livslängd, därför är allt rörspill en eftertraktad råvara eftersom det har ett högt materialvärde. Rör görs också ofta av termoplast, vilket är en plasttyp som är enkel att återvinna. Termoplast består nämligen av fria molekykedjor vilket gör att de enkelt kan smältas ner och formas om flera gånger utan att det påverkar dess kvalitet (RISE, 2023).

4.4 Stomkomplettering

Här presenteras alla material som ingår i stomkompletteringen. Detta avser de byggdelar som tillkommer efter att stommen har färdigställts, såsom material i väggar samt dörrar och fönster.

4.4.1 Gips

Det finns ett begränsat utbud av återbrukade gipsskivor på försäljningssidor och hemsidor såsom Återbruket och Återbygg, där priserna ligger på cirka 25–30% av nypriset. Det finns desto fler alternativa lösningar som har en viss andel återvunnet material i sig. Till exempel säljer Knauf två olika typer av gipsskivor med lägre klimatpåverkan, dessa är Knauf classic lowr och Knauf ecoboard som båda är producerade med 20% återvunnen gips och 100% förnybar energi (Knauf, u.å). Nackdelen är att de är dyrare och detta beror på att det är dyrare

att samla in, sortera och frakta gipsspill till fabrik än att använda jungfruligt material från en gruva, samt att biogas är dyrare än naturgas.

4.4.2 Plywood

Plywood har generellt ett ganska lågt koldioxidutsläpp eftersom det är tillverkat av trä som är ett biobaserat material. Trots detta har företaget Recoma tagit fram en unik produkt som består av 100% återvunna kartongförpackningar. Dessa kan byta ut den traditionella plywooden då dess egenskaper är näst intill identiska men med fördelen att de ger 90 % lägre koldioxidutsläpp. I vissa fall kan till och med Recoma ha bättre kvaliteter än en vanlig plywoodskiva, som till exempel när det kommer till fuktresistans. Inte nog med detta, dessa skivor kan i vissa fall vara billigare än den traditionella plywooden. I och med att Recomas skivor är tillverkade av 100 % återvunnet material och är 100 % återvinningsbara, så har de ett negativt GWP värde. Med detta menas att materialet i sig lagrar CO₂-ekvivalenter under sin livslängd.

4.4.3 Reglar

Reglar är ofta tillverkade i stål och har en hög påverkan på miljön. På grund av detta finns det många olika företag som dagligen arbetar med att ta fram reglar som ska minska klimatpåverkan. Tre sådana reglar är:

- Smartax, vilket är en träregel som kan ersätta stålregeln i icke-bärande väggar. Denna typ av regel är ofta dyrare än en vanlig stålregel på grund av impregneringen som behövs, men har 16 gånger lägre klimatpåverkan (Smartax, u.å).
- Knauf lowr, är en stålregel tillverkad av 100 % återvunnet skrotstål och fossilfri el. En sådan stålregel ger hela 68 % lägre CO₂. Det negativa är dock att Knauf lowr är mycket dyrare att tillverka på grund av att det är dyrare med biobränsle (Knauf, u.å)
- Europrofiler-EVO, en stålregel tillverkad genom en minskning av mängden koks och kol i tillverkningsprocessen, vilket man gör genom att ersätta mängden malm med järnsvamp. Denna produkt är för tillfället dyrare än den traditionella stålregeln, men detta kan komma att ändras när straffavgiften för tillverkning av vanligt stål höjs. Europrofiler har 70 % lägre klimatpåverkan än konventionellt stål (Europrofil, u.å).

Både Knauf lowr och Europrofiler-EVO har samma hållfasthetsegenskaper som den traditionella stålregeln. Detta gäller dock inte för Smartax, eftersom det är en träregel vilket

medför risk för röta och mögel. Över lag kan dock alla dessa tre regler ses som bra och miljövänliga alternativ till en traditionell nyproducerad stålregel.

4.4.4 Isolering

Det finns flera typer av isoleringsmaterial på marknaden med låga utsläpp av koldioxidekvivalenter, däribland träfiberisolering, cellulosaisolering och hampaisolering. Dessa material är biobaserade och är därför klimatvänliga alternativ i byggprojekt. Dessutom fungerar dessa material som kolsänkor, vilket innebär att materialen tar upp och lagrar mer koldioxid än vad som krävs för dess tillverkning (Svenska Byggnadsvårdsföreningen, 2023). Att använda sig av dessa material kan därför vara en viktig del för att reducera en byggnads inbyggda klimatpåverkan.

Samtidigt är vissa av dessa miljövänliga isoleringsalternativ ofta förknippade med högre kostnader i jämförelse med traditionella isoleringsmaterial. Detta innebär att valet av isolering, liksom många andra materialval i byggprocessen, kräver en avvägning mellan ekonomiska och miljömässiga aspekter.

4.4.5 Dörrar/fönster

Fönster utgör en viktig komponent i byggnaders klimatskal, men möjligheten till återbruk kan begränsas av högt ställda krav på exempelvis ljudisolering, särskilt i urbana miljöer. För att möjliggöra återbrukade fönster i sådana tillämpningar kan kompletterande tekniska lösningar användas, så som invändiga tilläggsrutor. Ett exempel på detta är Grundels klimatruta som i kombination med ett återbrukat fönster gör om 2-glasfönster till energieffektiva 3-glasfönster. Detta gör fönstret både energieffektivt och bullerisolerat, samtidigt som man kan använda återbrukade fönster och på så sätt spara på jordens resurser (Grundels, u.å).

Ett annat alternativ skulle kunna vara att använda återvunnet glas. Planglas tillverkas traditionellt av jungfruliga råmaterial såsom sand, grus, soda och kalk, vilket innebär en hög resursförbrukning. Återvunnet glas kan däremot smältas om flera gånger utan att dess materialegenskaper försämras, vilket gör det tekniskt lämpligt för cirkulära flöden. Samtidigt kan återvinning bidra till minskad energianvändning och lägre koldioxidutsläpp, då återvunnet glas har en lägre smälttemperatur än jungfruligt material. Utmaningar kvarstår dock kopplade till insamling, transport och rening, vilket kan ha betydelse för den totala konstadseffektiviteten i jämförelse med nyproduktion (Ragnsells, u.å).

4.5 Tegel

Tegel är en produkt som är relativt enkel att återbruka, men processen kräver tid och energi för demontering, rensning, sortering och kvalitetssäkring av varje tegelsten, vilket bidrar till ökade kostnader. Dagens moderna teknik möjliggör dock att återbruk av tegel kan ske i större skala än vad som tidigare har varit möjligt. Återbrukat fasadtegel från Bruksspecialisten ger en koldioxidminskning på hela 96% jämfört med ny tillverkat tegel (Bruksspecialisten, u.å). Utöver de klimatmässiga fördelarna kan återbrukat tegel även bidra med ett historiskt eller kulturellt värde, beroende på byggnadens ursprung och materialets tidigare användning, vilket vissa anser vara betydelsefullt. Att återbruka tegel kan därför ge flera betydande fördelar, men det är viktigt att beakta att processen kräver resurser i form av tid och arbete för demontering och bearbetning.

4.6 Betong

Det är ingen nyhet att betong är en stor faktor till alla utsläpp från byggbranschen då detta är ett av vår tids mest använda byggmaterial. Betong består i grunden av cement, ballast och vatten. Det är tillverkningen av cement som är den stora boven i klimatutsläppen, därför har flera olika företag, bland annat Skanska, tagit fram en så kallad Grön betong. Den gröna betongen består av cement där en viss andel är ersatt av slaggprodukter så som flygaska eller masugnsslagg från ståltillverkning. Med den gröna betongen kan klimatutsläppen minska med upp till 50% trots samma beständighet, kvalitet och livslängd (Skanska, u.å).

Ett annat företag som producerar grön betong är Heidelberg Materials. De använder inte bara slaggprodukter i cementen utan fångar även upp den koldioxid som vanligtvis skulle släppts ut vid tillverkningen och komprimerar, transporterar och lagrar den istället under havsbotten. Dessutom använder de restmaterialbaserade bränslen vid uppvärmningen av cementugnen vilket gör att de kan spara upp till 60% i utsläpp (Heidelberg Materials, u.å).

5. RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultatet från intervjuer, materialkartläggning, gradering över vilka material som bäst lämpar sig för cirkularitet samt de beräkningar som har gjorts.

5.1 Intervjuer

I följande kapitel presenteras resultatet från utförda intervjuer, både från de som arbetar inom Projekt X och från de som dagligen arbetar med hållbarhetsfrågor inom Skanska. Utöver dessa genomfördes en intervju med beställaren.

5.1.1 Beställarens synpunkt

Enligt beställaren är det viktigt att tänka till redan i utformningen och inte projektera för specialbeställda mått. Det bästa är att använda standarder och generella utformningar, dels för att kunna hämta återbrukat material till projektet som byggs, dels för att kunna föra vidare materialet till andra projekt vid demontering och rivning. Men också för att kunna vara flexibla då det är vanligt att hyresgästerna byts ut regelbundet och då är det viktigt att kunna bygga med omtanke om framtiden så att man kan anpassa bostaden utefter den nya hyresgästens önskemål med enkla medel.

Med erfarenheter från tidigare projekt där beställaren har arbetat med hållbara lösningar och cirkulära material, har de kommit fram till målet om att ha ett cirkularitetsindex på 15% då detta anses vara ett lagom svårt mål att uppnå för detta projekt. Utöver det så arbetar de med långsiktiga mål som att till exempel uppnå klimatneutralitet 2030. För att lyckas med detta belyser IP 9 vikten av att våga testa sig fram och tänka utanför boxen.

IP 9 nämner också att trots att det kan kosta mer att arbeta cirkulärt så gäller det att se till helheten, ”Det gäller att hitta rätt mix för att projektet ska uppnå rätt mål, både ekonomiskt och gällande klimat”. Cirkulära och energieffektiva investeringar innebär ofta sänkta driftkostnader över tid. En välskött och hållbar fastighet kan ge möjlighet till lägre räntor då en cirkulärt profilerad fastighet betraktas som en tryggare och mer framtidssäkrad investering. Utöver det så kommer fler krav, både från hyresgäster och staten, på att byggnaden ska vara miljöcertifierad och klimatsmart. I och med detta finns det möjlighet att ta ut en bra och hög hyra som då kan rättfärdiga att det kan kosta lite mer vid produktion.

Under intervjun ställdes frågan om vilka material och produkter som kan användas i projektet med hänsyn till estetik. IP 9 svarade att återbruk sällan är sämre än nytt, ”Återbruk generellt

behöver inte betyda sämre estetik, utan är lika bra många gånger”. När det kommer till specifika produkter som är återbrukade så handlar det om beställarens och hyresgästens preferenser. Det skulle exempelvis fungera att ha olika typer av WC-stolar i byggnaden men att det är samma typ på ett och samma våningsplan. En annan lösning för att få ett enhetligt uttryck skulle exempelvis kunna vara att bygga in olika utformade radiatorer med hjälp av elementskydd. Genom att använda design på detta sätt så möjliggörs en betydligt högre grad av återbruk även i projekt som har strikta visuella riktlinjer. Återigen handlar det till största del om att tänka utanför boxen för att hitta smarta lösningar.

5.1.2 Återbruksintresse och inställning

Det fanns en skillnad i inställning till cirkulära material mellan medarbetare som arbetar med klimat- och hållbarhetsfrågor och de som är verksamma inom Projekt X. De som arbetar inom projektet upplever i hög grad att ett ökat cirkulärt arbetssätt kan innebära fler utmaningar, då de anser att det kan vara mer komplext, tidskrävande och kostsamt. Detta kan delvis förklaras av att cirkulära arbetssätt är mindre etablerade inom deras arbetsområden och att erfarenheten av dessa lösningar därmed är begränsade.

Samtidigt uttrycker de som arbetar med cirkularitet samt klimat- och hållbarhetsfrågor en övervägande positiv och optimistisk inställning. De betonar dock vikten av att sprida kunskap inom området för att kunna förändra attityden till cirkulära lösningar i branschen och därmed minska osäkerheter kring användningen av återbrukade material.

5.1.3 Hinder och utmaningar

De största utmaningarna som lyfts fram, både av projektdeltagare och av aktörer verksamma inom klimat- och hållbarhetsfrågor är tidsbrist, ekonomiska begränsningar, logistiska svårigheter, frågor kring garanti och säkerhet samt bristande materialtillgång. Dessa nämnda utmaningar ligger i linje med tidigare studier om hinder kring användningen av cirkulära material.

Projekt X präglas i stor utsträckning av just-in-time leveranser, vilket försvårar användningen av cirkulära material, eftersom de kan vara svårare att få tag på vid exakt rätt tidpunkt. Byggbranschen är i hög grad anpassad för massproduktion och standardiserade flöden, medan återbruk främst kännetecknas av oregelbunden tillgång och begränsade volymer. En möjlig lösning som flera aktörer lyfter fram är etableringen av så kallade ”hubbar”, det vill säga ett

logistikcenter, där material kan lagras för att sedan möjliggöra mer flexibla leveranser och i viss mån efterlikna just-in-time-leveranser.

Den ekonomiska aspekten väger tungt när det kommer till användningen av cirkulära material. Om man vill använda sig av återbrukade material måste man vara villig att ta vissa uppkommande merkostnader, men samtidigt lyfter IP 6, projektchef för Projekt X, ”Det ska inte kosta mer än vad det ger”. Även om hubbar kan vara en bra lösning, vill man inte behöva hyra dem alltför länge då långvarig lagring kan bli dyrt, vilket innebär att behovet av effektiva leveransflöden kvarstår. Problemet är nämligen att utbudet av återbrukat material idag är begränsat och svåröversägbart, vilket försvårar planering och inköp.

Den ekonomiska aspekten väger tungt även i andra avseenden. Återbruk kan medföra extra kostnader, exempelvis för demontering av befintligt material samt eventuell reovering eller anpassning. Dessutom upplevs återbruk som riskfyllt, då det inte går att garantera samma tekniska funktion och prestanda som hos nya produkter. IP 5 beskriver det som ”Återbruk är mycket osäkert, det måste finnas motiveringar till det”. För att minska denna osäkerhet krävs ofta verifiering av materialets egenskaper. Detta kan vara svårt vid köp på distans, därför lyfter IP 7 att möjligheten att kunna komma och kolla på materialen i förväg är en viktig förutsättning för att våga köpa återbrukade produkter. Genom att inspektera materialet i verkligheten minimerar man risken för att materialet inte uppnår ens förväntningar, och man slipper onödiga risker.

Det största hindret i dagsläget tycks vara det nuvarande tankesättet inom branschen. Om fler använde sig av återbruk, så att den bollen kom i rullning, så hade det kunnat bidra till att skapa ett större flöde av material. Detta hade i sin tur kunnat leda till ett mer varierat utbud och därmed ökad efterfrågan. En viktig aspekt är att tanken kring cirkulära material måste komma in i ett tidigt skede, redan vid projekteringen, eftersom möjligheterna att implementera dessa lösningar minskar desto senare i processen man befinner sig, samtidigt som kostnader ökar.

IP 5 nämner att huvudentreprenören, i detta fall Skanska, ofta är mer vana att tänka cirkulärt än vad till exempel installatörer är. Det kan ofta vara så att de saknar kunskap om bra rutiner kring cirkulära material, vilket i sig försvårar implementeringen av dessa material i produktionen. Man får dock inte glömma, enligt IP 3, att underentreprenörer ofta arbetar åt flera byggherrar samtidigt, vilket faktiskt i sin tur kan ge dem en bredare inblick i bra lösningar. Det är därför mycket viktigt att väga in underentreprenörers åsikter och idéer tidigt.

En annan viktig aspekt är att det ska finnas ett tydligt ledarskap kring arbetet med cirkulära material, samt ett bra samspel mellan de olika aktörerna. En avgörande faktor är dock, enligt majoriteten av respondenterna, kundens krav och mål. Detta innefattar både vilka ambitioner kunden har avseende cirkularitet samt hur stor ekonomisk flexibilitet som finns för att uppnå dessa mål.

5.1.4 Möjligheter

Alla intervjupersoner har varit överens om att det går att använda cirkulära material i stor utsträckning, men det gäller att man är ute i god tid. Det är avgörande att tänka cirkulärt redan i projekteringen för att lyckas och skapa möjligheter, IP 3 lyfter att ”Det finns mycket möjligheter bara man vill”.

Gällande frågan om vilka möjligheter som finns med cirkulära material, var alla parter rörande överens. De ser stor potential kring att återbruka robusta material som inte slits ut och som inte kräver att man gör något med det, och ännu bättre om de inte syns. Kabelstegar var en sådan produkt som nämndes av flera intervjupersoner som en perfekt produkt att återbruka. Detta tack vare att den ofta ligger gömd ovan undertaket, inte slits ut och har samma tekniska funktion oavsett ålder enligt IP 1, som säger ”Funktionen är exakt samma som för 30 år sen”.

Andra exempel som nämndes var andra installationsprodukter som armaturer och ventilationskanaler men även dörrar, lister, undertaksplattor, porslin som WC och handfat, stål och gips. Enligt IP 4 vore det optimala att ”Hitta ett material du inte behöver göra något med”. Många nämnde att tegel är en jättebra produkt att återbruka, vilket redan är fastställt att en del av fasaden i Projekt X, kommer att bestå av återbrukat tegel. Även om det kräver tid och pengar för demontering, menar många på att det är värt den tiden och kostnaden. Vissa tycker till och med att det kan ge ett mervärde som ett historiskt eller kulturellt värde att använda återbrukat tegel.

Fönster var också en produkt som nämndes av vissa respondenter, men enligt IP 5 är det inte lämpligt att återbruka fönster i Projekt X. Detta beror på att byggnaden kommer att vara belägen centralt vilket gör att det är höga ljudkrav på fönsterna. Däremot skulle återvunnet glas kunna användas som ett alternativ. Andra material som fungerar bra att återvinna eller som åtminstone kan innehålla återvunna komponenter är exempelvis markmassor, återvunnen betong i ballast samt återvunnet stål och aluminium.

5.1.5 Verktyg som underlättar återbruk

IP 4 lyfte fram ett antal olika verktyg som kan underlätta arbetet av cirkularitet, vilka presenteras i detta avsnitt. De metoder som tas upp är OneClick, ABC-ytor och ENKE. Dessa verktyg stödjer beräkningar och analyser, samt bidrar till att identifiera på vilka platser återbrukade material kan tillämpas.

OneClick

Det digitala verktyget OneClick LCA används inom bygg- och tillverkningsbranschen för att analysera byggnaders miljöpåverkan. Verktyget hjälper till att beräkna koldioxidutsläpp, jämföra materialval och ta fram miljövarudeklarationer (EPD). Beräkningarna utgår från digitala modeller och databaser, och verktyget används i stor utsträckning inom branschen globalt (oneclicklca, u.å). IP 4 lyfter fram detta verktyg som ett starkt förslag, då det bidrar till att effektivisera arbetet och underlättar cirkularitetsberäkningar.

ABC-ytor

IP 4 förklarar att ABC-ytor är en uppdelningsmetod där olika ytor delas in i tre delar, A-ytor, B-ytor och C-ytor. Syftet med metoden är att underlätta identifieringen av vilka delar av projektet där återbrukade material kan implementeras. A-ytor är ytor där hyresgästen inte vill använda återbrukade material, även om det finns möjlighet till att implementera det. B-ytor är de ytor där hyresgästen är mer flexibel, så kunden (hyresvärden) själv kan fatta beslut om materialval, men med hänsyn till vissa standarder, som till exempel färgnyans. Sist men inte minst finns de så kallade C-ytorna, som är de ytor där kunden fritt kan bestämma över implementeringen av återbrukade material. Det kan till exempel vara ytor som förråd, cykelgarage eller installationsutrymmen

Vidare berättar IP 4 att metoden ännu inte är en etablerad standard inom branschen och den används inte konsekvent men fungerar som ett användbart och värdefullt verktyg för att strukturera upp projekt. Den underlättar identifieringen av var återbrukat material kan integreras, vilket gör det möjligt att rikta resurserna mot de delar där cirkulära lösningar ger störst effekt.

ENKE

IP 4 presenterade även ett nytt verktyg vid namn Enke. Det är en sökmotor som Tyréns, ett av Sveriges ledande konsultföretag inom samhällsbyggnad, har utformat för att underlätta återbruksmarknaden inom byggbranschen. Den är anpassad för projekt, inköp och leverantörer, och bidrar till att strukturera samarbetet kring inköp av återbrukade material.

Vidare samlar Enke annonser för återbrukat byggmaterial på en och samma plattform samt hjälper till att skapa underlag för återbruk redan i tidigt skede (TYRÉNS, u.å). IP 4 berättar att användningen av verktyget effektiviserar arbetet med återbruk och kan lägga grunden för en mer hållbar byggprocess.

5.2 Materialkartläggning

I detta kapitel presenteras vilka typer av material som finns tillgängliga på dagens cirkulära materialmarknad samt var försäljare och återbruksaktörer kan hittas. En stor del av de aktörer och platser som redovisas nedan har identifierats genom en grundlig genomgång av webbaserade källor samt tips från tidigare genomförda intervjuer.

5.2.1 Kålltorps REBYGG

Ett problem med återbrukade material är, som tidigare nämnts, att det kan vara svårt att få tillgång till material vid rätt tidpunkt. Detta medför att en hubb ofta kan vara en bra lösning, även om det inte alltid är genomförbart i praktiken. För att möta denna utmaning har företaget REbygg skapats, och de har etablerat en fast återbrukshubb. Verksamheten fokuserar på att tillhandahålla, lagra och sälja återbrukade material. De arbetar utefter tre principer:

- ”Rätt produkt, till rätt plats, för rätt behov” (REBYGG, u.d.), vilket innebär att de stödjer kunder i att hitta rätt material vid rätt tidpunkt samt erbjuder hjälp med leveranser och montering.
- ”Snabbt, enkelt och säkert” (REBYGG, u.d.), vilket möjliggörs genom en etablerad hubb i Högsbo, där återbrukat material lagras för att sedan kunna beställas via deras digitala plattform.
- ”Ju fler desto bättre” (REBYGG, u.d.), vilket syftar till att försöka engagera fler aktörer i branschen inom återbruk. En ökad medverkan bidrar till att det blir enklare att ställa om och uppnå dagens klimatmål.

REbygg har ett rikt utbud av olika återbrukade material. Genom att närmare granska deras digitala plattform där de visar vad som finns tillgängligt i deras hubb, har ett antal material som hade passat i Projekt X kunnat definieras. Det är allt från blandare och installationer till material i stomkompletteringar.

5.2.2 CCBUILD

CCBUILD, Centrum för cirkulärt byggande, drivs av IVL Svenska Miljöinstitutet och är en samverkansarena för de aktörer som intresserar sig för att arbeta mer resurseffektivt i byggbranschen. Deras hemsida erbjuder kunskap genom utbildningar, guider och rapporter. De fungerar som en mötesplats genom att de erbjuder nätverksträffar för att kunna utbyta erfarenheter och gemensamt lösa hinder som uppkommer inom cirkularitet. Men främst erbjuder de verktyg som gör att återbruk är möjligt i stor skala.

Genom att använda en produktbank, det vill säga en intern databas där företag och organisationer kan inventera sina befintliga resurser. Det kan vara allt från inredning och möbler till byggmaterial, vilket gör att det skapas bättre möjligheter för återbruk och resurseffektivitet. För att underlätta inventeringen har de tagit fram en inventeringsapp där man enkelt kan registrera varor på plats med mobilen genom att märka dem med QR-koder och sedan koppla upp till produktbanken. De har en samlad publik plats där man kan köpa och sälja återbrukade produkter, likt Blocket, kallat marknadsplatsen. Utöver detta erbjuder de även en värdeanalys vilket är en tjänst som beräknar miljönyttan och det ekonomiska värdet av att återbruka materialet som alternativ till att köpa nytt (CCBUILD, 2021).

5.2.3 Swegon

Swegon är ett företag som utvecklar och tillverkar system för ventilation, värme, kyla och klimatoptimering. De har nu tagit fram ett ramverk för att kunna arbeta med cirkulära flöden genom att minska avfall och minska mängden inbäddad koldioxid i form av utsläpp från tillverkning, transport och material. Detta gör de genom RE:3 som består av RE:duce, RE:use och RE:vitalise. RE:duce handlar om att sänka mängden koldioxid i nya produkter. Detta sker genom att använda alternativa material med lägre koldioxidavtryck, ny design som kräver färre resurser och en ökad andel återvunnet material samt förnybar energi i produktionen. RE:use innebär att Swegon tar tillbaka begagnad utrustning för att den ska kunna renoveras, uppgraderas och kvalitetssäkras för att göras tillgänglig för marknaden igen. RE:vitalise innebär att Swegon uppdaterar sina produkter på plats genom att byta ut slitagedelar eller uppgradera mjukvara, för att slippa byta ut hela system. Detta ökar produktens livslängd med 10–20 år (Swegon, u.å).

5.2.4 Återbruket

Återbruket är en organisation som drivs av Kretslopp och vatten, Göteborgs stad, och finns i Alelyckan. De tar in begagnat byggmaterial och säljer till ett förmånligt pris. Utbudet varierar från dag till dag beroende på vad de får in, men det kan vara allt från garderober, fönster, takpannor, och WC-stolar till hela verandor (Göteborgs stad , u.å).

5.2.5 Återbygg

Återbygg är en organisation som liknar Återbruket, men den är belägen i Malmö och förvaltas av Malmö Återbyggdepå. De har en del E-handel men annars finns resten av deras utbud, som består av bland annat takpannor, tegel, fönster, dörrar, skåp, sanitetsporcelain, vitvaror, samt byggmaterial som isolering och virke, i deras butik i Malmö (Återbygg, u.å).

5.3 Bedömning av material

I kombination med materialkartläggningen har en sammanställd tabell i Microsoft Excel upprättats för att möjliggöra en enkel jämförelse mellan olika byggnadsmaterial ur ett cirkulärt perspektiv. Tabellen utgör ett strukturerat beslutsunderlag där relevanta aspekter har graderats för respektive byggnadsmaterial. Se Tabell 3 för graderingarna.

Tabell 3: Gradering över olika material, dess klimatbesparing och var det finns på marknaden

Material	GRADERING 1-5					Summer	Klimatbesparing (% CO2 utsläp)	Finns tillgängligt hos (status just nu)
	Ekonomi	Tillgängligh	Teknisk livslängd	Påverkan produktion	Skapar nåt mer värde			
Gips - knauf classic board lowr	1	3	3	3	3	13	28%	Knauf
Gips - knauf ecoboard	1	3	3	3	3	13	40%	Knauf
Gips - Norgips standard eco	1	3	3	3	3	13	60%	Bauhaus, K-bygg, Hornbach
Gips - gyproc olima	1	3	3	3	3	13	73%	Gyproc, K-bygg
Gips - återbrukat	4	2	3	3	3	15	100%	Klaravik, återbruket, Återbygg
Reglar - smartax	1	3	2	4	5	15	94%	Smartax
Reglar - Knauf lowr	1	2	3	3	3	12	68%	Knauf
Reglar - Europrofil EVO	2	3	3	4	3	15	70%	Europrofil
Plywood - Recoma	4	3	4	2	4	17	90%	Recoma
Fönster - återvunnet glas	2	3	3	3	3	14	40%	Ragnsells
Fönster - återbrukade	5	1	1	3	3	13	100%	Återbygg
Innerdörr - återbrukade	5	3	3	3	4	18	100%	Rebygg och återbygg
Innerdörr - återvunnet stål	2	3	3	3	3	14	68%	Daloc
Plastmatta - Linoleum	2	3	4	3	3	15	100%	Bygghemma, hornbach
Plastmatta - Tarkett iQ Loop	2	3	4	3	3	15	50%	Tarkett
Kaket - återvunna	2	3	3	3	3	14	25%	Kaketspecialisten
Kaket - återbrukade	1	1	2	3	4	11	100%	Återbygget
Betongplattor - återbrukade	5	2	2	3	4	16	100%	Återbygg
Undertaksplattor - återbrukade	4	3	3	3	3	16	100%	Inget tillgängligt just nu
Undertaksplattor - återvunna Ecophon	3	3	3	4	3	16	30%	Ecophon
Undertaksplattor - återvunna Rockfon	3	3	3	2	3	14	30%	Rockfon
Tegel - återbrukat	1	3	3	3	4	14	100%	Brukspecialisten, tegelmästeri
Plastprodukter - återvunnen	1	2	3	3	3	12	50%	Bewi, pipelife
Rörkanaler - återbrukade	5	2	3	2	3	15	100%	PS auction, CCBuild
WC-stolar - återbrukade	3	1	3	3	3	13	100%	CCBuild
Handfat - återbrukade	4	1	3	3	3	14	100%	CCBuild, återbygg
Radiatorer - återbrukade	4	1	3	3	3	14	100%	Återbygg
Vägguttag - återbrukade	4	2	3	3	3	15	100%	CCBuild
Kabelstegar - återbrukade	4	2	3	3	3	15	100%	CCBuild
Armaturer - återbrukade	4	2	3	3	3	15	100%	REBygg, CCBuild
Dag- & tappvattenrör - biobaserade PEX-rör	2	2	3	3	3	13	90%	Upnor och pipelife
Dag- & tappvattenrör - återvunnet stål	3	2	3	3	3	14	60%	SSAB zero

● 1 = mycket negativ påverkan
 ● 2 = negativ påverkan
 ● 3 = neutralt
 ● 4 = positiv påverkan
 ● 5 = mycket positiv påverkan

Graderingen baseras på en skala från 1–5, där lägre värden indikerar negativ påverkan och högre värden indikerar positiv påverkan. De bedömda aspekterna omfattar ekonomi, tillgänglighet, teknisk livslängd, produktion samt eventuellt mervärde, där samtliga aspekter vägs och jämförs mot traditionella material. Inom ekonomi undersöks om det cirkulära alternativet är billigare eller dyrare än det traditionella, medan tillgänglighet avser mängden som finns på marknaden just nu, det vill säga om utbudet är mindre, lika stort eller större. Den tekniska livslängden bedöms utifrån om det cirkulära alternativets livslängd är kortare, likvärdig eller längre. Produktionsaspekten handlar i sin tur om huruvida byggskedet blir mer eller mindre tidskrävande, exempelvis kan ett tyngre cirkulärt alternativ kräva mer hantering och därmed förlänga produktionstiden. Slutligen avser mervärde om materialet bidrar med

andra kvaliteter, som en FSC-märkning eller ett historiskt värde, vilket exempelvis en återbrukat tegelsten kan ha.

För respektive byggnadsmaterial görs en poängsättning inom varje aspekt, varefter en sammanvägd totalpoäng beräknas. Ett högt totalvärde är att föredra, då detta indikerar att materialet uppvisar fördelar inom flera av de bedömda aspekterna och kan därmed vara mer lämpligt att använda ur ett cirkulärt perspektiv. Det är dock viktigt att inte bara beakta totalpoängen, utan även de individuella graderingarna, eftersom vissa aspekter kan avvika från helhetsbedömningen.

Utöver poängsättningen redovisas även klimatbesparing per material samt information om var materialen finns tillgängliga. Den framtagna tabellen, Tabell 3, ska underlätta implementeringen av cirkulära material i byggnationer genom att möjliggöra en strukturerad jämförelse mellan olika alternativ. Detta skapar förutsättningar för att väga olika kriterier mot varandra beroende på projektets prioriteringar. Tabell 3 fungerar därmed som ett beslutsstöd vid val av cirkulära byggnadsmaterial.

5.4 Klimatkalkyl

Skanska har upprättat en klimatkalkyl i tidigt skede på begäran av beställaren. Klimatkalkylen bygger på sammanställd information om de byggnadskomponenter som ska ingå i byggnaden samt den energiåtgång som uppstår under produktionen. Den innehåller uppgifter om mängden inbyggt material i byggnaden samt dess klimatpåverkan, det vill säga kg CO₂-ekvivalenter som materialen bidrar med. För att beräkna detta används klimatberäkningsprogrammet GWP (Global Warming Potential), vilket är ett värde på hur mycket kg koldioxidekvivalenter som släpps ut av 1 kg material eller 1 MJ energi. Utifrån GWP-värdet och byggnadens ingående material, samt energiåtgång under byggnationen, kan byggnadens totala klimatpåverkan beräknas, se Ekvation 2.

$$\text{Klimatpåverkan (kg CO}_2\text{e)} = \text{Klimatdata, GWP} \left(\text{kg} \frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{kg}} \right) * \text{Mängd per funktionell enhet}$$

Ekvation 2: Beräkning av klimatpåverkan

I klimatkalkylen presenteras 9 huvudbyggdelar och hur stor dess totala vikt är, samt hur stor andel av cirkulära material som har beräknats i byggdelen. Framgångar har gjorts kring byggdel 1–7 och 9, men mycket återstår kring byggdel 8. Se Tabell 4 för Excel ark, som är ett sammanställt utdrag från klimatkalkylen.

Tabell 4: Utdrag från klimatkalkyl. Olika byggdelar och dess klimatpåverkan i Projekt X. (Skanska, 2026)
Återgiven med tillstånd.

Byggdel	Cirkularitet				
	Vikt (kg)	Andel av projektets totala vikt (%)	Vikt cirkulärt material (kg)	Andel cirkulärt material i byggdelen	Bidrag till projektets Cirkularitetsindex
Byggdel 1 (MARK)	2,046,000	12%	143,220	7%	1%
Byggdel 2 (HUSUNDERBYGGNAD)	2,542,990	15%	229,367	9.02%	1%
Byggdel 3 (STOMME)	9,322,671	55%	344,939	3.70%	2%
Byggdel 4 (YTERTAK)	212,857	1%	44,943	21.11%	0.26%
Byggdel 5 (FASADER)	654,809	4%	277,860	42.43%	2%
Byggdel 6 (STOMKOMPLETTERING)	1,041,343	6%	228,167	21.91%	1.3%
Byggdel 7 (INVÄNDIGA YTSIKT RUMSKOMPLETTERING)	559,146	3%	45,062	8.06%	0.26%
Byggdel 8 (INSTALLATIONER)	684,950	4%	?	?	?
Byggdel 9 (GEMENSAMMA ARBETEN)	3,791	0%	3,791	100.00%	0.02%
Summa:	17,068,556 kr				7.72%

Även om en stor del av tidigare beräkningar har gjorts kring andel cirkulärt material i projektet är det inte tillräckligt för att uppnå det önskade cirkularitetsindexet. Indexet landar nämligen bara runt ca 8 % och kunden har ett önskemål på ett index på minst 15 % för Projekt X. Av den anledningen krävs ytterligare undersökningar kring nästan alla byggnadsdelar för att se vilka fler åtgärder som kan göras. I Tabell 4 kan man se att byggdel 3 och 8 är rödmarkerad. Detta beror på att många åtgärder redan har gjorts kring undersökningen av att försöka minska stommens klimatbelastning och därav kommer inte denna rapport undersöka fler åtgärder kring just stommen. Vidare vad gäller byggdel 8 har inga mängder för installationer kunnat fastställas och därav har inga beräkningar kunnat utföras för denna byggdel.

5.5 Beräkningar

Ett nytt cirkularitetsindex har beräknats baserat på den potentiella mängden cirkulära material som kan implementeras i projektet. För att fastställa denna exakta mängd material har

kompletterande sidoberäkningar genomförts, där mängden cirkulärt material per byggnadsdel har analyserats separat.

Byggnadsdelarna har kategoriserats utifrån materialkomponenter, med fokus på de resurser vars klimatavtryck är mest omfattande. Utifrån den givna klimatkalkylen från Skanska har mängd vikt för utvalda material med hög massa plockats ut. Genom fördjupade analyser av tillgängliga marknadsalternativ har därefter en uppskattning gjorts av hur stor andel av dessa material som kan ersättas med cirkulära alternativ. På så sätt har delmängder av cirkulärt material kunnat summeras till en total massa för hela projektet. Utifrån den totala massan cirkulärt material i projektet har sedan ett nytt cirkularitetsindexet beräknats, genom att dela summan av projektets totala materialvikt. Dessa beräkningar har utförts i Microsoft Excel.

I Tabell 5 redovisas beräkningarna över byggnadsdelarnas andel cirkulärt material samt hur dessa har framtagits. Tabellen visar procentuella andelar som anger hur stor del av respektive material som utgörs av cirkulära resurser. Trä, som är biobaserat, består av 100 % cirkulärt material, vilket innebär att hela dess vikt inkluderas i cirkularitetsindexet. För övriga material, som inte består av 100 % cirkulära material, har den cirkulära andelen beräknats genom att multiplicera materialets totala vikt med dess uppskattade procentuella andel cirkulärt material.

Procentsatserna har fastställts genom noggrant dragna slutsatser utifrån marknadstillgång och vad som anses praktiskt genomförbart. De material som har inkluderats i beräkningarna är, som tidigare nämnts, de som har störst inverkan på indexet. Därför redovisas endast ett urval komponenter per byggnadsdel i Tabell 5. Även om byggnadsdelarna består av flera material, har de material med låg vikt exkluderats då dess påverkan på indexet bedöms vara minimal.


De gröna fälten i Tabell 5 åskådliggör de material vars påverkan på cirkularitetsindexet överstiger 0,5 %. Markeringarna underlättar identifieringen av de material som har störst inverkan. Det är nämligen viktigt att notera att material med stor andel av byggnadens totala vikt inte nödvändigtvis har en motsvarande påverkan på indexet, då graden av möjlig cirkularitet kan vara begränsad för vissa komponenter.

Tabell 5: Excelark över beräknade andelar cirkulärt material per byggnadsdel & material, samt nytt index

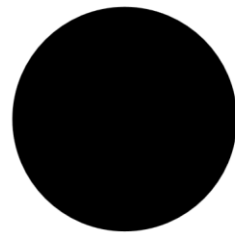
MATERIAL	INBYGGD VIKT (kg)	ANDEL CIRKULÄRT MATERIAL (%)	VIKT CIRKULÄRT MATERIAL (kg)	BIDRAG TILL CIRKULARITETSINDEX	KOMMENTAR
Byggsdel 1 (MARK)	2 046 000	43%	883 409	5,18%	
Betong	1 223 780	5%	61 189	0,36%	Räknar med 5 % slagg eller flygaska
Stål	679 000	100%	679 000	3,98%	Green steel
Armering	143 220	100%	143 220	0,84%	Skrotbaserad armeringsmängd är 6-8 % av pålarnas vikt
Byggsdel 2 (Husunderbyggnad)	2 542 990	32,83%	834 984	4,89%	
Betong	2 416 330	30%	724 899	4,25%	Räknar med 30 % återvunnen ballast
Armering	105 623	100%	105 623	0,62%	Skrotbaserat
Hyllat virke	2 927	100%	2 927	0,02%	Biobaserat material
Reglar	1 535	100%	1 535	0,01%	Lämpligt att använda smartax (träregel istället för stål) eller knauf lowr (återvunna stålreglar)
Byggsdel 3 (STOMME)	9 322 671	4%	342 142	2,00%	
Betong	9 229 444	3%	276 883	1,62%	Data från Heidelberg EPD för HDF nivå 4. Utgår ifrån att det finns cirkulära material i form av slagg eller flygaska runt 3 %.
Stål	93 227	70%	65 259	0,38%	1 % av totala vikten är stål, varav minst 70 % är återvunnet
Byggsdel 4 (YTERTAK)	212 857	56%	119 340	0,70%	
Sedummatta	49 350	85%	41 948	0,25%	Räknar med 85 % av totala vikten, då det är till stor del gjort på biobaserat material
PIR	6 119	5%	306	0,00%	5 % biobaserade material
Betong	43 992	5%	2 200	0,01%	Räknar med 5 % slagg och flygaska
Takpapp	40 442	30%	12 133	0,07%	Tillverkar ny takpapp med 30 % återvunnet material
Foamglas	980	50%	490	0,003%	50 % återvunnen vara
Reglar	1 784	100%	1 784	0,01%	Lämpligt att använda smartax (träregel istället för stål) eller knauf lowr (återvunna stålreglar)
Makadame	60 480	100%	60 480	0,35%	Återvunnet material
Byggsdel 5 (FASADER)	654 809	56%	365 409	2,14%	
Tegel	50 000	100%	50 000	0,29%	Återbrukat tegel
Utvändigt glas	250 324	15%	37 549	0,22%	15% återvunnet glas i fönstrena
Trä	277 860	100%	277 860	1,63%	Biobaserat
Byggsdel 6 (STOMKOMPLETEERING)	1 041 343	44%	455 151	2,67%	
Prefabbetong C45/55	119 528	3%	3 586	0,02%	3 % slagg och flygaska
Innerdörr	170 030	30%	51 009	0,30%	Återbrukade dörrar, räknar på att kunna använda 30% återbrukade
Invändigt glas	19 783	30%	5 935	0,03%	30% återvunnet glas i fönstrena
Isolering	17 685	100%	17 685	0,10%	Biobaserat om man använder klimatsmart isolering som t.ex. hampa eller cellulosa
Standardgips	380 522	100%	380 522	2,23%	Valde att använda norgips standard eco som är producerat av 100% återvunnen gips. Återbrukat gips fanns inte tillräckligt av på marknaden, därav inte räknat på det.
Plywood	84 471	100%	84 471	0,49%	Biobaserat
Byggsdel 7 (INVÄNDIGT YTSKIKT)	559 146	82%	459 272	2,69%	
Trägolvl	25 892	100%	25 892	0,15%	Biobaserat
Klinker/Kakel	39 150	0%	-	0,00%	Går att återbruka och återvinna, men är svårt i större skala.
Standardgips	329 708	100%	329 708	1,93%	Valde att använda norgips standard eco som är producerat av 100% återvunnen gips. Återbrukat gips fanns inte tillräckligt av på marknaden, därav inte räknat på det.
Stålreglar	69 670	100%	69 670	0,41%	Lämpligt att använda smartax (träregel istället för stål) eller knauf lowr (återvunna stålreglar)
Plastgolvl, PVC	34 002	100%	34 002	0,20%	Lioniumgolvl istället för plastmatta
Byggsdel 8 (INSTALLATIONER)	684 950	-	-	-	
Byggsdel 9 (GEMMENSAMMA ARBETEN)	3 791	100%	3 791	0,02%	
Hyllat virke	3 791	100%	3 791	0,02%	Biobaserat
SUMMA:				20,3%	

5.6 Allmän modell

Utifrån det uppbyggda Excelarket som användes vid beräkningarna av det nya cirkularitetsindexet har en generell beräkningsmodell utvecklats i Excel. I Figur 3 framgår att modellen har samma struktur som i Tabell 5, men där indatafälten är tomma. Denna modell är avsedd att fungera som ett beräkningsverktyg och som stöd för framtida beräkningar av cirkularitetsindex.

PROJEKTNAMN					
INSTRUKTIONER - BÖRJA MED PROJEKTVIKT OCH ÖNSKAT CIRKULARITETSINDEX - FYLL BARA I VITA RUTOR - RUTOR MED X SKA FYLLAS I MED TOTALA BYGGNADSELENS VIKT - ANDEL CIRKULÄRT MATERIAL SKRIVS I PROCENT					
TOTAL PROJEKTVIKT:					
<input type="text"/>		kg			
ÖNSKAT CIRKULARITETSINDEX:					
Projektets uppnådda cirkularitetsindex		#DIVISION/0!			
MATERIAL	INBYGGD VIKT (kg)	ANDEL CIRKULÄRT MATERIAL (%)	VIKT CIRKULÄRT MATERIAL (kg)	BIDRAG TILL CIRKULARITETSINDEX	KOMMENTAR
Bygghet 1 (MARK)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 2 (Husunderbyggnad)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 3 (STOMME)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 4 (YTERTAK)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 5 (FASADER)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 6 (STOMKOMPLETERING)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 7 (INVÄNDIGT YTSKIKT)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 8 (INSTALLATIONER)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	
Bygghet 9 (GEMMENSAMMA ARBETEN)	x	#VÄRDEFEL!	-	#DIVISION/0!	
Material 1			-	#DIVISION/0!	
Material 2			-	#DIVISION/0!	

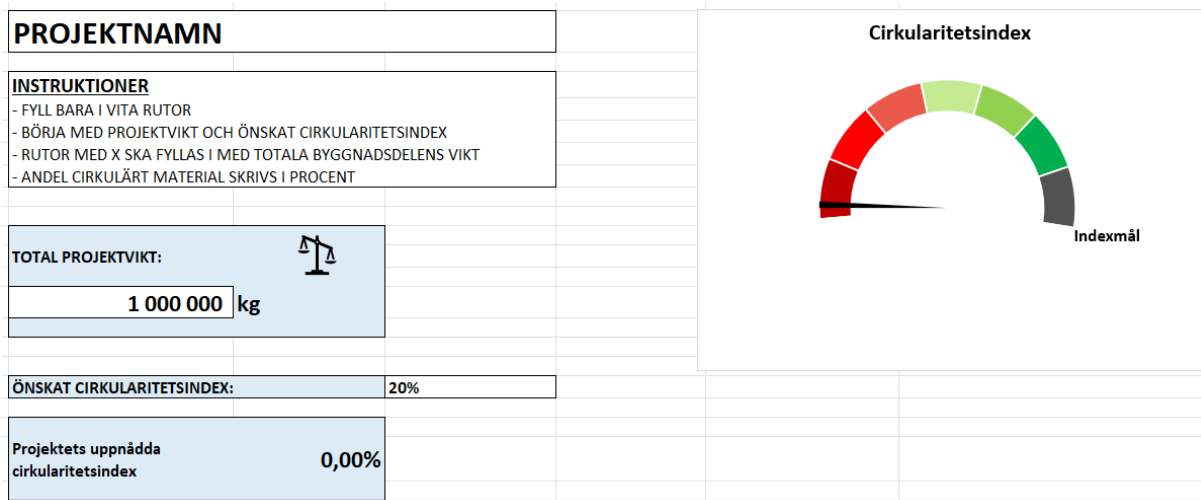
Cirkularitetsindex



Indexmål

Figur 3: En översikt av den uppbyggda beräkningsmodellen i Excel

Modellen är uppbyggd så att användaren enbart fyller i inmatningsfält som är vita rutor eller innehåller ett X. Arbetet i modellen inleds med att ange ett projekts totalvikt samt önskat målvärde för cirkularitetsindex. Därefter visualiserar Excel en färgskala som visar hur projektet förhåller sig till det uppsatta målet. Se Figur 4 för ett exempel på hur det kan börja se ut när man fyller i de två första rutorna.



Figur 4: Exempel på hur beräkningsmodellen kommer se ut när man fyllt i de två första rutorna

Efter att man fyllt i de två första rutorna fylls materialdata i under respektive byggnadsdel samt dess andel cirkulärt material, se Figur 3. Exempelvis, om betong används i grundläggningen och 5 % av denna utgörs av slagg, beräknar modellen automatiskt ut betongens bidrag till det totala cirkularitetsindexet. Om bidraget till cirkularitetsindexet från ett specifikt material överstiger en definierad nivå på 0,5 % markeras detta i modellen, vilket gör det möjligt att identifiera komponenter som har störst påverkan på cirkularitetsindexet.

Beräkningsmodellen är framtagen som ett praktiskt stödverktyg för att effektivisera arbetet för cirkularitetsberäkningar. Eftersom beräkningsprincipen i grunden är densamma för samtliga projekt möjliggör detta en standardisering av arbetsprocessen, vilket kan minska behovet av manuella beräkningar och bidra till en mer enhetlig bedömning mellan projekt.

7. DISKUSSION

Diskussionen lyfter studiens resultat tillsammans med den teoretiska bakgrunden, litteraturstudien och intervjuerna. Fokus ligger på att analysera och diskutera potentialen för att höja cirkularitetsindexet i Projekt X, vilket utgör den huvudsakliga frågeställningen. Vidare analyseras identifierade möjligheter och hinder, samt vilka material som är bäst lämpade för återbruk utifrån ett cirkulärt perspektiv.

7.1 Cirkularitetsindex som styrmedel

Cirkularitetsindexet kan beräknas på många olika sätt men i denna studie beräknas det uteslutande baserat på projektets totalvikt i förhållande till mängden cirkulärt material. Att använda detta som det främsta måttet på klimatvänlighet kan vara problematiskt, eftersom de utsläpp som genereras under materialproduktionen lämnas utanför beräkningen. Återbrukade material kräver ingen energi men återvunna och biobaserade material kan komma att kräva en hel del energi i produktion vilket inte tas med i detta index.

I detta projekt, liksom de flesta projekt, är det stommen som väger tyngst. Följaktligen krävs det att en betydande andel av stommen består av cirkulära material för att kunna höja cirkularitetsindexet avsevärt. Trots att vissa produkter, däribland kabelstegar och undertaksplattor, bedöms ha hög återbrukspotential, innebär deras låga egenvikt att de får en obetydlig effekt på cirkularitetsindexet. Det bör dock beaktas att även mindre åtgärder, när de kombineras, kan ha en betydande inverkan för att uppnå ett högre cirkularitetsindex.

7.2 Hinder i praktiken

Det är möjligt att komma upp i 15% om man är villig att lägga ner pengar och tid, och där är beställarens krav en avgörande drivkraft. Enligt intervjuerna så är ett av de största hindren ekonomin. I dagsläget kostar det mer att arbeta cirkulärt än linjärt. Den främsta anledningen är att det cirkulära tänket fortfarande är under utveckling, vilket medför en brist på standardiserade flöden och etablerade arbetsprocesser. I dagsläget befinner vi oss i botten av avfallstrappan då den linjära ekonomin bygger på utvinning, tillverkning och avfall. Detta skapar en tröskel där jungfruliga material förblir billigare än cirkulära alternativ. För att cirkulära modeller ska bli lönsamma krävs en omvänd logistik, det vill säga att det krävs att man samlar in, sorterar och rekonditionerar produkterna och denna struktur är i dagsläget underutvecklad och därmed dyr att bygga upp. Kostnaderna ökar även när det tar längre tid. Ta till exempel återbrukat tegel, tegelstenarna i sig kostar inte mer än nyproducerade men

arbetskostnaderna för demontering, rensning, sortering och kvalitetssäkring av varje sten gör att priset på de återbrukade tegelstenarna blir dyrare än nya.

I dagsläget är det enklare att beställa nya produkter än att hitta återbrukade alternativ som motsvarar projektets specifika behov. Projekt X ställer dessutom krav på just-in-time leveranser, vilket ytterligare försvårar arbetet med återbrukade material. För att möjliggöra hantering av cirkulära material krävs en etablerad fysisk infrastruktur i form av logistikhubbar eller lagercentraler. Detta medför dock en ökad logistisk komplexitet och därmed högre initiala kostnader.

Utöver de logistiska utmaningarna utgör även osäkerhet kring garantier och prestanda ett betydande hinder vid implementering av återbrukade produkter. Tidigare litteratur har identifierat att detta är ett av de största produktrelaterade hindren, vilket även majoriteten av intervjupersonerna har bekräftat. Samtidigt framhåller intervjupersonerna att problematiken snarare bottenar i avsaknaden av en etablerad storskalig marknad än en faktisk brist på produkter. Även om det kan framstå som att utbudet är begränsat, är den egentliga utmaningen bristen på kunskap och en utbredd konservatism, där beprövade metoder prioriteras framför nya alternativ. Resultaten tyder således på att det inte är tillgången på återbrukade produkter som är den främsta barriären, utan snarare behovet av ökad kompetens och en mer positiv attityd till återbruk inom branschen.

Det finns flera bra digitala plattformar, exempelvis CCBUILD och Återbruket som tar in begagnat material och produkter för att kunna sälja vidare. För att detta ska fungera så krävs det att fler också väljer att lämna in material där. Om fler väljer att föra vidare använt material och produkter i stället för att kassera så utökas utbudet för köparna och det kan skapas cirkulära flöden. Detta stämmer väl överens med FN:s hållbarhetsmål 12 som handlar om en hållbar konsumtion och produktion.

7.3 Material lämpade för återbruk

I studien har flera olika material analyserats utifrån deras lämplighet att bytas ut mot cirkulära material. För att bedöma vilka material som är bäst lämpade har många olika aspekter tagits i beaktning, såsom påverkan på dess livslängd, ekonomi och hållbarhet. Utöver detta har även mängden material som finns ute på marknaden vägts in.

De material som enligt den genomförda analysen är bäst lämpade för återbruk är gips, tegel, WC-stolar, blandare och armaturer. Samtliga av dessa material återkommer även i tidigare

studier i litteraturgenomgången och dessutom lyfts de av intervjupersonerna som lämpliga objekt för återbruk. Detta tyder alltså på att aspekterna som graderats för de separata materialen i denna studie i stor utsträckning överensstämmer med både tidigare forskning och branschens praktiska erfarenhet.

Insikter från genomförda intervjuer har legat till grund för en noggrann granskning av marknadsplatsernas utbud, däribland REbygg och CCBUILD. På dessa marknadsplatser finns ett relativt stort utbud, men det är inte garanterat att exakt samma utbud kommer att finnas på marknaden när Projekt X går in i produktionskedet. Flera intervjupersoner betonar dock vikten av att tidigt i projektet undersöka tillgängliga material på marknaden och att aktivt arbeta med cirkulära materialflöden redan innan produktionen drar i gång. Ett sådant arbetssätt anses minska risken för att cirkulära ambitioner försvåras i senare skeden, då tidsbrist annars kan komma och leda till att mer traditionella och jungfruliga material väljs av praktiska skäl.

7.4 Potential att höja cirkularitetsindexet

Undersökning och beräkning har visat att det går att höja cirkularitetsindexet från 8 % till 20 %. Vilket till största del beror på att pålarna till grundläggningen, som består av stål och betong har bytts ut. Stålet har bytts från vanligt stål till grönt stål, det vill säga att det har producerats med fossilfri energi. I betongen finns 5 % slaggmaterial och armeringen består av 100 % skrotbaserat stål. Andra stora poster som gjort att indexet har höjts är stomkompletteringarna där man till skillnad från tidigare har bytt ut gipset mot 100% återvunnen gips. Ståltrekar har också bytts ut mot träreglar för de väggar som är icke-bärande. Vidare har ett antal återbrukade dörrar integrerats och 30% återvunnet glas har kunnat användas i fönsterpartierna.

7.5 Kritisk reflektion

Studien kan innehålla ett antal felkällor som bör beaktas vid tolkningen av resultaten. Graderingarna 1–5 i graderingstabellen har baserats på uppskattningar i jämförelse med traditionella material, vilket innebär att en viss osäkerhet och felmarginal kan förekomma. Även beräkningarna av det nya cirkularitetsindexet bygger på antaganden om hur stor andel cirkulärt material som är möjlig att implementera i praktiken. Dessa antaganden påverkar resultatet och bidrar därmed till ytterligare osäkerheter.

För att bredda studiens perspektiv hade fler intervjuer med personer utanför Skanska och Projekt X kunnat genomföras. Gällande intervjustudien finns även en risk för feltolkningar, eftersom författarnas egen förståelse och eventuella fördomar kan ha påverkat analysen av intervjusvaren. Slutligen hade bakgrundskapitlet kunnat kompletteras med en mer omfattande genomgång av tidigare forskning för att ge en djupare förståelse av kunskapsläget inom området.

7.6 Förslag på vidare forskning

Examensarbetet har utförts med vissa avgränsningar för att studien inte ska bli alltför omfattande. Det finns därför flera intressanta områden som skulle kunna studeras vidare för att ytterligare analysera hur cirkularitetsindexet påverkas av olika materialval, databakgrund och beräkningsantaganden.

- ✓ Inkludera installationer i beräkningen av cirkularitetsindex, då denna studie har exkluderat dessa på grund av svårigheter att erhålla data kring deras vikt och mängd.
- ✓ Undersöka om även mindre materialposter, såsom skruvar och fästelement, faktiskt påverkar det totala resultatet av cirkularitetsindexet.
- ✓ Vidareutveckla och validera den framtagna analys- och beräkningsmodellen för cirkularitetsindex, exempelvis genom att tillämpa den på flera projekt av olika typ och storlek för att undersöka dess generaliserbarhet och tillförlitlighet som beslutsstöd.
- ✓ Analysera sambandet mellan cirkularitetsindex och klimatpåverkan för att undersöka om ett högre index alltid innebär lägre klimatutsläpp.
- ✓ Studera de ekonomiska konsekvenserna noggrant av ökad användning av cirkulära material, exempelvis kopplat till kostnader, logistik och projekttid.

8. SLUTSATS

Rapporten har lett fram till slutsatsen att det är fullt möjligt att öka cirkularitetsindexet, vilket kan ske genom att implementera fler återbrukade produkter och ha en högre andel återvunnet och biobaserat material i de tunga posterna som grundläggning och stomme. I det undersökta projektet, Projekt X, låg cirkularitetsindexet på ca 8 %, vilket var långt under beställarens krav på 15 %. Genom att fokusera på tunga poster och material med hög återvinningsgrad, samt produkter värda att återbruka så har ett nytt index kunnat beräknas till 20 %.

Sammanfattningsvis kan ett projekts cirkularitetsindex höjas markant genom att systematiskt ersätta jungfruliga material med cirkulära alternativ. Trots den stora potentialen kvarstår betydande barriärer som handlar om osäkerheter kring garantier och kvalitet, samt ekonomiska aspekter. Utöver det kvarstår också faktumet att utbudet i dagsläget fortfarande är bristfälligt, vilket gör att hinder kring logistik uppkommer.

Framgångsfaktorn ligger i ett fördjupat samarbete mellan alla aktörer och drivkraften ligger hos kundens krav och mål. Cirkulärt byggande är inte bara tekniskt möjligt, utan en nödvändighet för att uppnå målet om nettonollutsläpp till 2045. Genom att implementera den arbetsmodell som föreslagits i detta arbete, där materialkartläggning och cirkulär analys sker tidigt i processen, kan byggbranschen gå från teori till praktisk handling och på så sätt uppnå klimatmålen.

Referenser

- Andersson, J., Fischer, N., Fränne, A., & Nelson, D. (2023). *Hur skapar vi förutsättningar för återbruk av installationer?* Göteborg: IVL svenska miljöinstitutet.
- Andrews, A., & Granath, B. (u.å). *FN-fakta hållbar utveckling*.
- Bladh, S., Eerola, P., Karlsson, A., & Rattfelt, A. (2022). *Återbruksguiden för installationer*. Göteborg: Bengt Dahlgren i samarbete med CCBuild och IVL svenska miljöinstitutet.
- Boverket. (den 25 september 2024). Hämtat från Klimatdeklarationens omfattning: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>
- Bruksspecialisten. (u.å). Hämtat från <https://brukspecialisten.se/aterbrukat-fasadtegel/>
- Brynte, O., & Hukic, E. (2025). *Återbruk inom installationsteknik*. Göteborg: Chalmers.
- Business Region Göteborg. (den 15 september 2025). *Business Region Göteborg*. Hämtat från <https://www.businessregiongoteborg.se/kunskapsbank/guider/storskalig-aterbruksmarknad-byggprodukter-som-kan-driva-omstallningen>
- CCBuild. (den 13 september 2021). *Centrum för cirkulärt byggande*. Hämtat från CCBuild: <https://ccbuild.se/nyheter/aaterbruk-en-vinst-foer-baade-ekonomi-och-klimat-enligt-studier-i-vaestsverige/>
- Ellen MacArthur Foundation. (den 16 februari 2021). *How the circular economy tackles climate change*. Hämtat från <https://chatgpt.com/c/6a0dbbd3-0114-83eb-a087-9d39845f6917>
- Europrofil. (u.å). *europrofil*. Hämtat från <https://europrofil.se/>
- FN. (u.å). Hämtat från <https://fn.se/globala-malen-for-hallbar-utveckling/#:~:text=Agenda%202030%20best%C3%A5r%20av%2017%20globala%20m%C3%A5l%20f%C3%B6r,skapa%20en%20h%C3%A5llbar%20utveckling%20som%20v%C3%A4rlden%20n%C3%A5gonsin%20antagit.>

Grundels. (u.å). *grundels.se*. Hämtat från <https://www.grundels.se/grundels-tre-metoder/klimatrutan/>

Göteborgs stad . (u.å). Hämtat från *goteborg.se*: <https://goteborg.se/wps/portal/start/bygga-bo-och-leva-hallbart/avfall-och-atervinning/har-lamnar-hushall-avfall/kretsloppsparken-alelyckan>

Heidelberg Materials. (u.å). Hämtat från <https://www.betong.heidelbergmaterials.se/sv/produkt-och-innovation>

Högberg, A., & Ingelhart, G. (2021). *Klimat effektivt byggande*. Göteborg: Bengt Dahlgren.

Knauf. (u.å). *Knauf.com*. Hämtat från <https://knauf.com/sv-SE/knauf-gips/competencies/hallbarhet/knauf-lowr>

Lindström, C. (den 19 november 2024). *Swegon*. Hämtat från Att återbruka tekniska installationer: <https://blog.swegon.com/sv/att-%C3%A5terbruka-tekniska-installationer>

Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G., & L. Gruner, R. (september 2020). Att utforska miljömässiga fördelar med återanvändning och återvinning: En cirkulär ekonomisk fallstudie av en modulbyggnad. *ScienceDirect*.

Naturskyddsföreningen. (den 07 april 2021). *Naturskyddsföreningen*. Hämtat från Avfallstrappan: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/>

Naturvårdsverket. (2024). *Avfall i Sverige 2022*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. (den 27 januari 2026). *Klimatet och bygg- och fastighetssektorn*. Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimat-och-bygg--och-fastighetssektorn/>

oneclicklca. (u.å). Hämtat från <https://oneclicklca.com/sv/>

- Ragnsells. (u.å). Hämtat från Ragnsell.se: <https://www.ragnsells.se/vara-tjanster/material/planglas/>
- REBYGG. (u.d.). *REBYGG*. Hämtat från <https://rebygg.nu/>
- Recoma. (u.å). *Enkel hållbarhet*. Hämtat från https://se.recoma.com/?gad_source=1&gad_campaignid=20174304183&gclid=CjwKCAjw-dfOBhAjEiwAq0RwI_T6Ad3kl1KkmoVj1Fx5DYNj-9SbIJZqMCj3g9jI_m673loNthCwZhoCHxMQAvD_BwE
- RISE. (den 01 oktober 2023). *RISE*. Hämtat från Ökad materialåtervinning av plast från byggsektorn: www.ri.se
- Ritzén, S. (den 14 mars 2021). Klimatvinster när byggbranschen satsar på återbruk. *svt nyheter*.
- Skanska. (den 20 februari 2024). *Insikter och slutsatser - vad händer när byggbranschens råvaror tar slut?* Hämtat från <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/insikter-och-slutsatser-vad-hander/>
- Skanska. (den 24 januari 2025). *Våra klimatmål*. Hämtat från <https://www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/klimat-och-miljo/vara-klimatmal/>
- Skanska. (2026). *Klimatkalkyl för Projekt X*. [Opublicerat internt dokument]. Hämtat från Klimatkalkyl för Projekt X.
- Skanska. (u.å). *Grön betong - för en hållbar framtid*.
- Smartax. (u.å). *smartax*. Hämtat från <https://www.smartax.se/produkter/>
- Strand Nyhlin, M., & Åfreds, J. (2022). *Återbruk av byggmaterial*. Svensk byggtjänst.
- Svenska Byggnadsvårdsföreningen. (2023). Hämtat från Biobaserad isolering: <https://byggnadsvard.se/biobaserad-isolering/>
- Swegon. (u.å). *swegon.com*. Hämtat från hämtad 2026-04-01: <https://www.swegon.com/sv/hallbarhet/re3/>

TYRÉNS. (u.å). *ENKE*. Hämtat från <https://enke.tyrens.se/>

U.S Green Building Council. (u.å). Hämtat från LEED rating system:

<https://www.usgbc.org/leed>

Återbygg. (u.å). *Återbygg.nu*. Hämtat från <https://aterbygg.nu/>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR CONSTRUCTION MANAGEMENT AND ENGINEERING
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026
www.chalmers.se



CHALMERS