

Avdelningen för Byggnadsfysik
Examensarbete TVBH—5145
Lund 2025

Cirkulära stålkonstruktioner

- Design för Demontering & Återbruk

William Åkesson
Jonatan Olsson



LUNDS
UNIVERSITET

Cirkulära stålkonstruktioner

Design för Demontering & Återbruk

William Åkesson
Jonatan Olsson

Examensarbete

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

© William Åkesson och Jonatan Olsson

ISRN LUTVDG/TVBH—25/5145—SE(98)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

Bygg- och fastighetssektorn står för en avsevärd del av Sveriges klimatpåverkan och resursanvändning, där stålproduktionen är en betydande faktor. Trots att stål är ett material med hög återvinningsgrad är direktåterbruket av bärande stålkomponenter i dagsläget begränsat. Detta utgör en outnyttjad potential för att minska koldioxidutsläpp och främja en cirkulär ekonomi, där Design för Demontering (DfD) lyfts fram som en central strategi för att öka återbruket av stålstommar.

Detta examensarbete syftar till att undersöka hur en cirkulär strategi för bärande stålkonstruktioner, med fokus på DfD, kan bidra till ökad möjlighet för demontering, återbruk och resurseffektivitet. Studien analyserar de tekniska, ekonomiska, miljömässiga och regelmässiga faktorer som påverkar möjligheterna att återbruka stålstommar i nya konstruktioner inom den svenska byggkontexten.

Arbetet har genomförts med en kvalitativ metod. En omfattande litteraturundersökning har etablerat en teoretisk referensram, vilken har kompletterats med empiriska data insamlad genom semistrukturerade intervjuer med fem erfarna nyckelpersoner från olika delar av den svenska bygg- och stålbranschen.

Studien konkluderar att de tekniska grundprinciperna för DfD, såsom bultade och lättåtkomliga förband, är välkända inom branschen och att återbruk av stål kan ge klimatbesparingar uppemot 97%. De huvudsakliga hindren för ett storskaligt genomslag är dock inte främst tekniska, utan snarare ekonomiska. Återbrukat stål är sällan billigare än nytt, vilket minskar incitamenten.

Andra identifierade hinder är begränsad tillgång på kvalitativt demonterat material, konservativa attityder, kunskapsluckor, samt osäkerheter kring ansvarsfördelning. Kvalitetssäkring genom MVR BS04:2021 uppfattas som positivt. Även digitalisering ses som en möjlighet, trots att det finns utmaningar med att hantera odokumenterade äldre byggnader. För att förverkliga potentialen krävs en förändring med starkare ekonomiska incitament, beställarkrav, nya cirkulära affärsmodeller och policyförändringar. Kvantifierbara verktyg kan spela en viktig roll för att bedöma och främja demonterbarheten i byggprojekt. Sammanfattningsvis understryker studien att för att nå en cirkulär byggbransch krävs ett kollektivt engagemang för att transformera återbruk av stål från enstaka initiativ till en integrerad standard i hela byggprocessen.

Nyckelord: Cirkulär ekonomi, Stålkonstruktioner, Återbruk, Design för Demontering, DfD, Hållbart byggande, Klimatpåverkan, EU-taxonomi, Klimatdeklaration.

Titel: Cirkulära Stålkonstruktioner - Design för Demontering och Återbruk

Författare: William Åkesson och Jonatan Olsson

Handledare: Petter Wallentén LTH Avdelningen för Byggnadsfysik

Examinator: Jouri Kanters LTH Avdelningen för Energi och Byggnadsdesign

Abstract

The construction and real estate sector accounts for a considerable share of Sweden's climate impact and resource use, with steel production being a significant factor. Although steel is a material with a high recycling rate, the direct reuse of load-bearing steel components is currently limited. This represents an untapped potential for reducing carbon dioxide emissions and promoting a circular economy, where Design for Disassembly (DfD) is a key strategy to increase the reuse of steel frames.

This thesis aims to investigate how a circular strategy for load-bearing steel structures, with a focus on DfD, can contribute to increased opportunities for disassembly, reuse, and resource efficiency. The study analyzes the technical, economic, environmental, and regulatory factors affecting the possibilities of reusing steel frames in new constructions within the Swedish context.

The work has been carried out using a qualitative method. An extensive literature review has established a theoretical frame of reference, which has been complemented by empirical data collected through semi-structured interviews with five experienced key individuals from different parts of the Swedish construction and steel industry.

The study concludes that the fundamental technical principles for DfD, such as bolted and easily accessible connections, are well-known within the industry and that reuse of steel can provide climate savings up to 97%. However, the main obstacles to large-scale implementation are not primarily technical, but rather economic. Reused steel is not often cheaper than new, which reduces incentives.

Other identified obstacles include limited access to quality dismantled material, insufficient demand from clients, conservative attitudes, knowledge gaps, and uncertainties regarding the distribution of responsibilities. Quality assurance through MVR BS04:2021 is perceived as positive. Digitalization is also seen as an opportunity, although there are challenges in managing undocumented older buildings. To realize the potential, a change is required, including stronger economic incentives, client requirements, new circular business models, and policy changes. Quantifiable tools can play an important role in assessing and promoting dismantlability in construction projects. In summary, the study emphasizes that achieving a circular construction industry requires a collective commitment to transform the reuse of steel from isolated initiatives into an integrated standard throughout the entire construction process.

Keywords: Circular economy, Steel structures, Reuse, Design for Disassembly, DfD, Sustainable construction, Climate impact, EU taxonomy, Climate declaration.

Title: Circular Steel Structures - Design for Disassembly and Reuse

Authors: William Åkesson and Jonatan Olsson

Supervisor: Petter Wallentén LTH Division of Building Physics

Examiner: Jouri Kanters LTH Division of Energy and Building Design

Förord

Vi vill rikta ett varmt tack till vår handledare Petter Wallentén för givande samtal och kloka råd, särskilt vid tillfällena då vi kört fast. Vi vill även tacka vår examinator Jouri Kanters, som bidrog med värdefulla insikter och ett bredare perspektiv på studien. Slutligen vill vi uttrycka vår stora tacksamhet till samtliga respondenter, er kunskap och era erfarenheter har varit avgörande för studiens resultat!

Lund maj 2025

William Åkesson & Jonatan Olsson

Definitioner

Begrepp	Beskrivning
Cirkulär Ekonomi	Cirkulär ekonomi handlar om att minska uttaget av naturresurser och klimatpåverkan. Material och produkter ska stanna kvar i det ekonomiska kretsloppet så länge som möjligt med högsta möjliga värde och användas så många gånger som möjligt
Återbruk	Att använda en produkt, komponent eller material igen i dess ursprungliga form och funktion, utan omfattande bearbetning.
Återvinning	Processen där material bryts ner och omvandlas till nya råvaror för att tillverka nya produkter.
Förband	Sättet på vilket olika delar i en konstruktion är sammanfogade. Till exempel svetsförband eller skruvförband.
Demonterbarhet	En konstruktions förmåga att enkelt plockas isär för underhåll, återbruk eller återvinning.
Rekonditionering	Processen att återställa en använd produkt till ett funktionellt skick genom reparation, rengöring eller byte av delar.
Utmattning	Materialförsvagning och skador som uppstår över tid på grund av upprepade belastningar eller cykliska spänningar.
Cirkularitet	Innebär att regenerera, återanvända och återvinna byggmaterial som redan används, i slutet av deras första livscykel
Jungfruligt material	Material som inte tidigare har använts eller bearbetats, utan utvinns direkt från naturen. Det är motsatsen till återvunnet eller återanvänt material.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	iii
Förord.....	v
Definitioner	vii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och Mål.....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Övergripande Metod	3
2 Teoretisk bakgrund	5
2.1 Metod för teoretisk bakgrund.....	5
2.2 Cirkulär ekonomi	6
2.2.1 Avfallshierarkin	7
2.3 Livscykelanalys.....	7
2.4 EU:s taxonomi.....	8
2.5 Regelverk	9
2.5.1 Boverkets byggregler (BBR)	9
2.5.2 Klimatdeklaration.....	10
2.5.3 Prestandadeklaration och CE-märkning.....	10
2.6 Miljömål.....	11
2.7 Miljöcertifiering	11
2.8 Byggnadsstommar.....	12
2.9 Stål som byggnadsmaterial	15
2.10 Stålproduktion.....	16
2.11 Stålets miljöpåverkan.....	16
2.12 Resurshantering inom Stålindustrin	17
2.13 Beständighet.....	19
2.14 Design för Demontering.....	22
2.15 Förband	23
2.16 Demonteringspotential enligt DGBC.....	24
2.17 Kvalitetssäkring stål.....	26
2.17.1 MVR Branchstandard	26
2.17.2 Oförstörande provning	28
2.17.3 Förstörande provning	29
2.18 Digitala hjälpmedel	30
2.19 Ekonomi.....	31
2.20 Tolkning av Regelverk.....	34
2.21 Lågre klimatpåverkan med återbrukat stål.....	34
3 Metod.....	37
3.1 Kvalitativ intervjustudie.....	37
3.1.1 Urval av respondenter	37

3.1.2	Datainsamling	38
3.2	Dataanalys	39
3.3	Etiska överväganden	40
3.3.1	Respondenternas roller.....	40
4	Resultat & Analys.....	43
4.1	Hur bör en bärande stålstomme utformas för att underlätta demontering och möjliggöra återbruk av komponenterna?.....	43
4.2	Vilka fördelar respektive nackdelar medför det att redan i designstadiet planera för demontering och möjligt återbruk av bärande stålkonstruktioner?	45
4.2.1	Beräkning klimatpåverkan	46
4.3	Hur kan inspektionsmetoder underlätta bedömningen av stål för att möjliggöra återbruk i nya byggnader?.....	48
4.4	Vilka är de huvudsakliga hindren respektive möjligheterna för att öka återbruket av bärande stålkonstruktioner?.....	50
4.5	Förutsättningar för ökat återbruk	52
4.6	Processen för återbruk av stål: Möjligheter och Utmaningar	54
5	Diskussion.....	55
6	Slutsats.....	59
6.1	Framtida studier	59
	Referenser	61
	Bilaga A: Sammanfattning intervjuer	69

1 Inledning

Detta kapitel introducerar ämnet cirkulära stålkonstruktioner med fokus på DfD och återbruk. Det presenterar bakgrunden till problematiken, definierar examensarbetets syfte och mål, redogör för studiens avgränsningar samt ger en översiktlig beskrivning av den metod som använts för att genomföra undersökningen.

1.1 Bakgrund

För att främja en hållbar utveckling antog FN:s medlemsländer 2015 Agenda 2030, vilken beskrivs som den mest ambitiösa överenskommelsen för hållbar utveckling som någonsin antagits. Agendan utgör en global handlingsplan för människorna, planeten och välbefindandet och spänner över samtliga tre dimensioner av hållbar utveckling: den sociala, den miljömässiga och den ekonomiska (Regeringen 2024).

Ett för detta examensarbete centralt mål är mål 12, ”Hållbar konsumtion och produktion”. Målet syftar till att säkerställa hållbara konsumtions- och produktionsmönster genom att främja resurseffektivitet, minska resursförbrukning, förebygga avfall och främja hållbara livsstilar (Globala Målen 2024). Sveriges regering konstaterar i sin skrivelse om genomförandet av Agenda 2030 att för att dels uppnå detta mål krävs en omställning till en cirkulär ekonomi (Regeringen 2024).

En av orsakerna till att det ovan nämnda målet har behövts fastställas är bygg- och fastighetssektorn, som är en av de största bidragande sektorerna till utsläpp av växthusgaser. I en rapport publicerad av Boverket (2025) stod byggsektorn för ett utsläpp på 10,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter 2022, vilket motsvarade 22,1 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser.

Byggnadens livscykel delas oftast in i 5 skeden, A1-A5. Från materialtillverkning A1-A3, transport A4 till den avslutande byggproduktionen A5 (Boverket 2024). Enligt en klimatberäkning utförd av Hedén & Sande Beiro (2019) står materialtillverkningen för 89% av den totala klimatpåverkan från byggprocessen.

Det material som bidrar mest till klimatpåverkan är stål, som står för 30% av byggnadsmaterials totala klimatpåverkan (Hedén & Sande Beiro 2019). Enligt Boverket (2024) återvinns nästan 100% av allt stål i Sverige, medan det bara är en liten andel som återbrukas i nya konstruktioner. Att återvinna stål är en process som både resulterar i en hög energiförbrukning samtidigt som det orsakar betydande utsläpp. Att återbruka snarare än att återvinna stål skulle innebära en betydligt lägre klimatpåverkan och vara ett steg mot en mer cirkulär byggsektor (Boverket 2024).

Bygg- och fastighetssektorn har skapat en gemensam färdplan för att nå nettonollutsläpp av växthusgaser till år 2045. För att uppnå detta, i linje med Sveriges klimatmål inom Agenda 2030, krävs bland annat mer cirkulära materialflöden och en mer effektiv resursanvändning (Naturvårdsverket 2024).

Återbruk av byggnadsmaterial är enligt Regeringen (2024) en central strategi inom den cirkulära ekonomin. Genom att skapa förutsättningar för ett effektivt återbruk kan denna process genomföras i större utsträckning än idag. Ett exempel på detta är demonterbara stomsystem utformade enligt principen ”Design för Demontering”, även känt som DfD. Dessa system bidrar till att öka resurseffektiviteten i byggnader, särskilt när det gäller stålstommar. Stål är det material som står för den största klimatpåverkan inom byggsektorn, men har samtidigt en stor potential för kvalitativt återbruk (Hedén, Sande & Beiro 2019).

1.2 Syfte och Mål

Detta examensarbete syftar till att undersöka hur en cirkulär strategi för stålstommar, med fokus på DfD, kan bidra till ökad möjlighet för demontering, återbruk och resurseffektivitet. Studien omfattar både designfasen och återbruksprocessen, samt analyserar de tekniska, ekonomiska, miljömässiga och regelmässiga faktorer som påverkar möjligheterna att återbruka stålstommar i nya konstruktioner.

Rapporten ämnar besvara följande frågeställningar:

- Hur bör en stålstomme utformas för att underlätta demontering och möjliggöra återbruk av stålkomponenterna?
- Vilka fördelar respektive nackdelar medför det att redan i designstadiet planera för demontering och möjligt återbruk av bärande stålkonstruktioner?
- Hur kan inspektionsmetoder underlätta bedömningen av stål för att möjliggöra återbruk i nya byggnader?
- Vilka är de huvudsakliga hindren respektive möjligheterna för att öka återbruket av bärande stålkonstruktioner?

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete fokuserar på hur DfD kan främja cirkulära flöden genom återbruk av bärande stålkonstruktioner. Andra byggnadskomponenter, såsom betong och trä, nämns men omfattas inte av studien. Arbetet innefattar en övergripande analys av tekniska, ekonomiska och miljömässiga aspekter kopplade till återbruk av stål, men innefattar inte detaljerade konstruktionsberäkningar. Regelverk och praktiska utmaningar behandlas utifrån befintliga riktlinjer samt intervjuer med relevanta aktörer i branschen, men egna juridiska utredningar omfattas inte. Studien avgränsas geografiskt till svenska förhållanden, men internationella exempel inkluderas som referensmaterial för att belysa alternativa angreppssätt och lösningar.

DfD behandlas i detta arbete som ett grundläggande förhållningssätt och en integrerad designprincip, snarare än enbart en metod för tillfälliga eller modulära byggnader. Fokus ligger på hur detta tänk kan genomsyra design och planering av permanenta stålbyggnader för att skapa en helhet i cirkulära materialflöden och maximera potentialen för framtida återbruk av hela stålstommar eller enskilda balkar.

1.4 Övergripande Metod

För att uppnå studiens syfte och besvara frågeställningarna har en kvalitativ metod tillämpats. Den primära metoden för datainsamling har varit semi-strukturerade intervjuer med ett målstyrt urval, där nyckelpersoner inom området har intervjuats. Denna kvalitativa studie innehåller en omfattande teoretisk bakgrund i Kapitel 2, för att etablera en teoretisk referensram inom ämnet. En mer detaljerad beskrivning av urvalsstrategi, intervjugenomförande och analysmetod återfinns i Kapitel 3.

2 Teoretisk bakgrund

Detta kapitel etablerar den teoretiska referensramen som utgör grunden för examensarbetet. Här presenteras först centrala begrepp och ramverk för cirkulärt byggande, såsom cirkulär ekonomi, livscykelanalys och relevanta regelverk. Därefter belyses stål som konstruktionsmaterial, dess egenskaper och miljöpåverkan, tillsammans med grundläggande principer för Design för Demontering (DfD), metoder för att bedöma demonteringspotential, samt strategier för kvalitetssäkring och användning av digitala hjälpmedel i återbruksprocesser. Kapitlet behandlar avslutningsvis specifika teoretiska och kunskapsmässiga underlag kring de ekonomiska aspekterna, klimatnyttan och regelverkstolkningar som är kopplade till återbruk av stål.

2.1 Metod för teoretisk bakgrund

Syftet med den teoretiska bakgrunden i detta kapitel är att etablera en god kunskapsgrund för studien. Detta innefattar att definiera centrala begrepp, redogöra för relevanta teorier och ramverk, samt att kartlägga befintlig forskning och praxis inom områdena cirkulär ekonomi, Design för Demontering (DfD) och återbruk av stålkonstruktioner. Denna genomgång har legat till grund för utformningen av den empiriska studien och tolkningen av dess resultat.

Litteratursökningen genomfördes huvudsakligen under mars och april 2025. För att samla in ett brett och relevant material användes flera digitala databaser, där de primära var Lunds universitets bibliotekskatalog LUBsearch, samt de vetenskapliga databaserna Web of Science och Google Scholar. Dessa kompletterades med sökningar på webbplatser tillhörande relevanta myndigheter och organisationer, såsom Boverket, Naturvårdsverket, Jernkontoret, Stålbyggnadsinstitutet och Svenska institutet för standarder för att fånga upp aktuella rapporter, vägledningar och branshperspektiv. De huvudsakliga sökorden som användes, både på svenska och engelska, var kombinationer av termer som: "Design för Demontering" / "Design for Disassembly" / DfD, "Stålkonstruktioner" / "Steel structures", "Återbruk" / "Reuse", "Cirkulär ekonomi" / "Circular economy", "Stål" / "Steel" och "Demonterbarhet" / "Disassembly".

Vid urvalet av källor prioriterades vetenskapligt granskade artiklar och avhandlingar för att säkerställa en hög akademisk nivå. Detta kompletterades med nyligen publicerade och relevanta rapporter från myndigheter och branschorganisationer för att få en aktuell bild av praxis och regelverk. Källornas relevans bedömdes utifrån deras direkta koppling till studiens syfte och frågeställningar, och en strävan efter att täcka både grundläggande teorier och specifika tillämpningar inom stålbyggnad och cirkularitet.

Den insamlade litteraturen har sedan bearbetats och sammanfattats för att bygga upp de olika avsnitten i detta kapitel. Informationen har använts för att definiera nyckelbegrepp, beskriva processer och standarder, belysa tekniska och ekonomiska

aspekter, samt identifiera tidigare forskning kring hinder och möjligheter med återbruk av stål.

2.2 Cirkulär ekonomi

Enligt den internationella standarden SS-ISO 59004:2024 bygger cirkulär ekonomi på idén om ett kretslopp som ska ersätta dagens linjära modell. Målet är att bidra till en hållbar utveckling genom att använda resurser smartare och mer effektivt.

Grundtanken är enligt standarden att:

- Behålla resursernas värde: Istället för att bli avfall ska material och produkter behållas i kretsloppet, återvinnas eller till och med få ett högre värde genom nya användningsområden.
- Minimera resursanvändning: Användningen av nya, jungfruliga resurser ska hållas så låg som möjligt. Kretsloppen ska vara så slutna som möjligt för att minska avfall och förluster från det ekonomiska systemet.
- Frikoppla tillväxt från resursförbrukning: Visionen är att samhället ska kunna utvecklas och växa utan att det sker på bekostnad av planetens resurser. Detta görs bland annat genom att förlänga produkters livslängd och reducera avfall.

Detta står i motsats till den traditionella linjära ekonomin, som standarden beskriver som ett system baserat på mönstret "utvinning, produktion, användning och avfallshantering". Denna linjära modell leder till att jordens resurser utarmas, avfallsberget växer och miljön skadas, vilket hotar kommande generationers möjligheter (SIS 2024).

Cirkulär ekonomi i byggbranschen

EU:s handlingsplan för den cirkulära ekonomin pekar ut byggsektorn som ett nyckelområde och driver på för nya regleringar för att främja en hållbar byggd miljö (Europeiska kommissionen 2020). I linje med detta identifierades i en nordisk studie av Höibye & Sand (2018) 32 nya styrmedel som anses vara nödvändiga för att påskynda omställningen, varav de flesta är inriktade på nya regler och föreskrifter snarare än på ekonomiska incitament.

De föreslagna reglerna fokuserar främst på följande områden: produktdesign, särskilt utformning för demontering (DfD), resurshantering för material som betong och trä, samt krav på specifika byggnadskomponenter. För att uppnå detta betonas implementeringen av verktyg som miljövarudeklarationer (EPD), BIM och materialpass, där just behovet av digitala loggböcker eller pass för att öka spårbarheten är en gemensam prioritet för både den nordiska studien och EU:s övergripande strategi (Höibye & Sand 2018; Europeiska kommissionen 2020).

Dessa styrmedel kommer att kräva förbättrad dokumentation av byggprodukters tekniska prestanda, såsom kvalitet och hållbarhet, samt innehåll av farliga ämnen. Enligt Höibye och Sand (2018) kommer sådan dokumentation, spårbarhet och minimikrav att påverka hela värdekedjan, där den största påverkan förväntas drabba byggmaterialproducenter och fastighetsägare. Studien förutser att det är just

fastighetsägare och byggherrar som har en nyckelroll i att driva på övergången till en mer cirkulär byggbransch, eftersom de finansierar byggprojekten och beslutar vilken standard som byggnaderna skall hålla (Höibye & Sand 2018).

2.2.1 Avfallshierarkin

EU:s syn på avfallshantering styrs enligt Europaparlamentets och rådets direktiv (2008/98/EG) av en fundamental princip, vilken fastställs i ramdirektivet för avfall, en princip känd som avfallshierarkin. Denna hierarki skapar en tydlig prioritetsordning med det övergripande målet att skydda miljön, värna människors hälsa och främja en mer effektiv och hållbar resursanvändning i hela unionen (Europaparlamentet och rådet 2008). Högst upp i denna prioritetsordning, som den absolut viktigaste åtgärden, står strävan att förebygga att avfall överhuvudtaget skapas. Detta handlar om proaktiva insatser som görs redan innan en produkt har tjänat ut sitt syfte, till exempel genom att designa varor för en längre livslängd eller minska användningen av skadliga ämnen i tillverkningen.

Först när förebyggande åtgärder inte längre är ett alternativ och avfall ändå har uppstått, träder de nästföljande stegen i kraft. Då ska avfallet i första hand förberedas för återanvändning, och om det inte är möjligt ska det materialåtervinnas. Nästa steg är annan form av återvinning, som att utvinna energi ur avfallet. Allra sist, som den sista och minst önskvärda utvägen, kommer bortskaffande, där deponering på soptipp är det vanligaste exemplet (Europaparlamentet och rådet 2008). Från och med år 2025 ska minst 70 % av allt avfall från rivnings- och renoveringsprojekt återanvändas eller materialåtervinnas inom den svenska byggbranschen (Boverket 2024).

2.3 Livscykelanalys

När en byggnad projekteras är målet att den ska stå närmre 100 år, eftersom en längre livstid medför både ekonomiska och miljömässiga fördelar. Till exempel sprids klimatpåverkan ut över en längre användningstid och färre nybyggnationer innebär minskade koldioxidutsläpp. Dagens byggnader har en genomsnittlig livslängd på 50 år, medan stommarna klarar det dubbla (Widman 2001). En byggnads livslängd beror på samspelet mellan materialval, miljöpåverkan, design, underhåll och användning. Genom att prioritera material, design och regelbundet underhåll kan livslängden förlängas avsevärt.

I denna kontext blir livscykelanalys, även känt som LCA, ett viktigt verktyg för att bedöma och förstå en byggnads totala miljöpåverkan. Enligt Boverket (2024) är LCA ett hjälpmedel för att identifiera alla miljöeffekter som uppstår under byggnadens hela livscykel. De olika stegen är materialtillverkning och byggnation, drift, underhåll samt den avslutande rivningen och hanteringen av avfallet. Användning av LCA kan hjälpa till att identifiera och åtgärda de kritiska faserna av byggnadens livscykel som har störst påverkan på klimatet. LCA är dessutom ett medel för att säkerställa att byggnaden är anpassad till framtida hållbarhetsmål och klimatanpassning (Boverket 2024).

Det sista steget i livscykelanalysen, rivning och hantering av byggavfall, är avgörande för att förstå materialhantering efter byggnadens demontering. Vid rivning genereras en stor mängd avfall som måste hanteras på ett miljövänligt sätt. Detta steg handlar om att sortera och återvinna byggmaterial för att minska mängden deponiavfall. En ökad återvinning av material, som stål, betong eller trä, minskar behovet av nya råmaterial och minskar avfallsmängderna. Vid rivning är det väsentligt att demontera och återbruka material som är i gott skick, eftersom detta på lång sikt bidrar till en mer hållbar byggsektor (Boverket 2024).

2.4 EU:s taxonomi

EU-taxonomi är ett klassificeringssystem som fastställs i Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852. Förordningen skapar ett ramverk med harmoniserade kriterier för att avgöra om en ekonomisk verksamhet ska kunna klassas som miljömässigt hållbar (Europaparlamentet och rådet 2020). Den infördes 2020 som en del av EU:s arbete för att nå de uppsatta klimatmålen och fungerar som ett ramverk för att bedöma den miljömässiga hållbarheten i olika investeringar. Taxonomi används inom EU:s ramverk Level(s), som är ett verktyg för att mäta och förbättra byggnaders hållbarhet. Det fokuserar på cirkulär ekonomi och livscykelanalys (LCA) för att skapa mer miljövänliga byggnader (Dodd, Donatello & Cordella 2021).

Bygg- och fastighetssektorn är en av elva sektorer som omfattas av taxonomi, då den står för en betydande del av de globala utsläppen. Samtliga elva sektorer som omfattas av taxonomi står tillsammans för 95 % av de globala utsläppen (SGBC u.å).

Taxonomi bygger enligt Europaparlamentet och rådet (2020) på följande 6 miljömål:

1. Begränsning av klimatförändringar
2. Anpassning till klimatförändringar
3. Hållbar användning och skydd av vatten och marina resurser
4. Övergång till en cirkulär ekonomi
5. Förebyggande och kontroll av föroreningar
6. Skydd och återställande av biologisk mångfald och ekosystem

För att en ekonomisk verksamhet ska kunna klassificeras som miljömässigt hållbar enligt EU:s taxonomiförordning, krävs det att den uppfyller tre centrala villkor. Verksamheten måste bidra väsentligt till minst ett av de sex fastställda miljömålen, den får inte orsaka betydande skada för något av de andra fem målen, och den måste även uppfylla minimikrav på social hållbarhet (Europaparlamentet och rådet 2020).

Kravet på att inte negativt påverka övriga mål är känt som principen om ”att inte orsaka betydande skada” (Do No Significant Harm, DNSH). Om en verksamhet bryter mot denna princip kan den, enligt förordningen, inte klassificeras som miljömässigt hållbar, vilket i praktiken hindrar den från att inkluderas i finansiella produkter som marknadsförs som hållbara enligt taxonomi (Europaparlamentet och rådet 2020).

EU-taxonomin tekniska gransningskriterier uppdateras kontinuerligt genom så kallade delegerade akter från EU-kommissionen, vilka är direkt tillämpliga i svensk rätt. I en sådan delegerad förordning, (EU) 2023/2486, har specifika kriterier fastställts för när en verksamhet inom bygg- och fastighetssektorn bidrar till en cirkulär ekonomi. Dessa kriterier omfattar bland annat nybyggnation, renovering av befintliga byggnader och rivning (Kommissionens delegerade förordning (EU) 2023/2486).

Den delegerade akten specificerar att för uppförande av nya byggnader krävs bland annat att minst 90 % av det icke-farliga bygg- och rivningsavfallet (exklusive jord och sten) förbereds för återanvändning eller materialåtervinns, i linje med målen i EU:s avfallslagstiftning. Vidare ska byggnader utformas för att vara resurseffektiva och främja cirkularitet genom att underlätta demontering och anpassningsbarhet. Akten ställer även krav på att användningen av sekundära material ska prioriteras över primära råmaterial, att digitala verktyg som byggloggböcker ska användas för att dokumentera material, samt att byggnadens totala klimatpåverkan över dess livscykel måste beräknas (Kommissionens delegerade förordning (EU) 2023/2486).

2.5 Regelverk

2.5.1 Boverkets byggregler (BBR)

De regelverk som styr byggnation och infrastruktur i Sverige har genomgått flera förändringar genom historien för att anpassas till nya behov och krav. Enligt Boverket (2022) har det funnits en nationell reglering för hur byggnader, fastigheter och infrastruktur ska utformas sedan 1947. Den första byggnadsstadgan, BABS 46, introducerades för att skapa en enhetlig standard. Sedan dess har reglerna fortsatt att utvecklas och idag är det Boverkets byggregler även känt som BBR, som styr hur byggnader ska uppföras (Boverket 2020).

Boverkets byggregler, som är Sveriges allmänna föreskrifter och råd, har styrt byggnation sedan 1997. BBR syftar enligt Boverket (2020) till att säkerställa att byggnader i Sverige uppfyller grundläggande krav på säkerhet, hälsa, tillgänglighet och energieffektivitet. Reglerna ställer även krav på att materialets innehåll och egenskaper ska vara kända, vilket underlättar bedömningen av materialens lämplighet för återbruk eller återvinning.

Utöver de allmänna byggreglerna finns det sedan 2011 även konstruktionsregler vid namn EKS, som beskrivs som Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (Boverket 2020). I konstruktionsreglerna hänvisas det även till hur de Europeiska Konstruktionsreglerna, Eurokod, ska tillämpas. Tillsammans utgör Eurokod och EKS grunden för regler gällande verifiering av bärförmåga, beständighet och stadga (Boverket 2020).

Från och med den 1 juli 2025 införs ett nytt regelverk, Nya byggregler & Energi (BBR31), som ersätter både BBR och EKS (Boverket 2025). Det nya regelsystemet består av åtta grundförfattningar med syfte att förenkla, modernisera och öka

flexibiliteten i byggprocessen. Istället för de nuvarande detaljerade föreskrifterna fokuserar de nya reglerna på funktionskrav. Detta ger byggaktörer större frihet att välja lösningar som uppfyller kraven (Boverket 2025).

BBR31 är en del av Boverkets långsiktiga arbete för att skapa ett mer enhetligt och användarvänligt regelverk. Genom att minska komplexiteten och tydliggöra funktionskraven hoppas Boverket (2025) på att det ska bli enklare att bygga hållbart och innovativt.

2.5.2 Klimatdeklaration

Boverkets Byggnadsregler införde 2022 ett krav på klimatdeklaration för nybyggnationer. Enligt Boverket (2024) innebär en klimatdeklaration att alla nybyggnationer måste redovisa sina utsläpp under skede A1-A5. Syftet är att minska byggsektorns klimatpåverkan och understödja hållbara byggmetoder. Klimatdeklarationen ska ingå i bygglovsansökan och beräknas för att säkerställa att byggnader uppfyller de nya miljökraven. Detta krav stödjer Sveriges klimatmål och främjar en mer hållbar byggprocess (Boverket 2024).

2.5.3 Prestandadeklaration och CE-märkning

För att säkerställa att produkter som säljs inom EU uppfyller gemensamma krav på hälsa, miljö och säkerhet används CE-märkning. Denna märkning fungerar inte bara som ett intyg på att produkten följer EU:s lagstiftning, utan även som en indikation på att varan kan cirkulera fritt på den europeiska marknaden (Boverket 2016).

Sedan 2014 krävs det både CE-märkning och prestandadeklaration för stålkomponenter för att dessa ska få levereras och säljas i Sverige. Prestandadeklarationen innehåller viktig information om tillverkaren samt tekniska detaljer om komponentens egenskaper och prestanda (Boverket 2016).

Dessa krav ingår i EU:s byggproduktförordning som omfattar bärande konstruktioner i stål och aluminium i enlighet med standarden EN 1090-1 (Boverket 2016). Enligt Boverket (2016) anger standarden vilka krav som ställs och vilken dokumentation som behövs för att en bärande stålkonstruktion ska kunna CE-märkas.

Syftet med reglerna är i första hand att förenkla handeln inom EU genom att skapa en gemensam standard för bedömning och märkning av byggprodukter. Detta blir särskilt relevant när det gäller återbruk av stål, där spårbarhet och tydlig dokumentation är avgörande för att säkerställa kvaliteten hos återanvända komponenter (Boverket 2016).

För att säkerställa att även tekniska krav uppfylls under tillverknings- och monteringsprocessen kompletteras SS-EN 1090-1 av SS-EN 1090-2. Denna standard specificerar utförandekrav för stålkonstruktioner, inklusive svetsning, bultförband, toleranser och ytbehandling (SIS 2024). Genom att följa SS-EN 1090-2 säkerställs att återanvända stålkonstruktioner inte bara är korrekt dokumenterade utan också uppfyller de tekniska

och säkerhetsmässiga krav som ställs på nya konstruktioner (SIS 2024). Detta är avgörande för att bibehålla kvaliteten och säkerheten i byggnader där återbrukat stål används.

2.6 Miljömål

Enligt Riksdagen är det övergripande generationsmålet för det svenska miljöarbetet: "Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser" (Naturvårdsverket 2025). Enligt Naturvårdsverket (2025) krävs det politiska beslut och åtgärder i Sverige, såväl som i EU och internationellt.

I Sverige finns det 16 miljö kvalitetsmål, med syfte att beskriva det tillstånd i miljön som ska nås. Tillsammans utgör miljö kvalitetsmålen och generationsmålet grunden i den nationella miljöpolitiken (Naturvårdsverket 2025)

Ett miljö kvalitetsmål som direkt berör byggsektorns miljöpåverkan är "God bebyggd miljö". Målet innebär enligt Boverket (2024) att byggnader ska utformas med hållbarhet i fokus, där material och konstruktion främjar lång livslängd, flexibilitet och möjlighet till återanvändning. Användningen av naturresurser ska vara effektiv och resurssnål, med en strävan att minska behovet av primära råmaterial. För att minska miljöpåverkan ska avfall förebyggas genom cirkulära lösningar, där material och komponenter återanvänds eller återvinns i så hög utsträckning som möjligt.

En ökad cirkularitet inom byggsektorn har positiva effekter på flera miljömål. Genom att minska avfall och återanvända material minskar även utsläppen av växthusgaser, vilket bidrar till en begränsad klimatpåverkan.

2.7 Miljöcertifiering

Certifieringar spelar en central roll för att integrera hållbarhetsaspekter genom hela byggprocessen. De fungerar som en kvalitetssäkring av projekt och kan underlätta tillgången till gröna lån och hållbar finansiering. Dessutom bidrar certifieringar till att stärka varumärkens trovärdighet och öka intresset bland både investerare och hyresgäster (SGBC u.å).

Miljöbyggnad

Miljöbyggnad är ett svenskt system för miljöcertifiering av byggnader som förvaltas av Sweden Green Building Council (SGBC 2022), vilka ansvarar för både utveckling och utfärdande av certifieringar. Systemet används för att certifiera både nyproducerade byggnader och ombyggnationer, där en oberoende granskning av miljöarbetet och byggnadens miljöprestanda genomförs. Certifieringen omfattar flera aspekter av byggnadens miljöpåverkan, inklusive energi, klimatpåverkan, inomhus- och utomhusmiljö samt cirkularitet. Bedömningen baseras på 15 indikatorer som utgår från svenska myndighetskrav, Sveriges miljömål och de globala hållbarhetsmålen. Indikator 13 "Cirkulära Materialflöden" syftar till att främja återbruk och belöna användningen av

byggvaror med återvunnet materialinnehåll (SGBC 2022). Idag är över 3 300 byggnader certifierade eller preliminärt certifierade enligt Miljöbyggnad (SGBC 2022).

LEED

”Leadership in Energy and Environmental Design”, LEED, är ett globalt certifieringssystem framtaget av U.S. Green Building Council år 1998. LEED mäter miljövänlig design, konstruktion, drift och underhåll av byggnader (SGBC u.å). LEED certifiering delas in i fyra projekttyper beroende på projektets användningsområde. Den mest förekommande certifieringen är Building Design and Construction (BD+C), som omfattar åtta underkategorier (US Green Building Council 2025). En av dessa underkategorier är Material Resources (MR) och inom denna finns det möjlighet att uppnå 21 av 110 möjliga poäng (US Green Building Council 2025). Inom kategorin MR ingår underkategorin "Building and Materials Reuse", som syftar till att öka användningen av återbrukade material i nybyggnation, samt bidra till att minska koldioxidavtrycket, främja materialcirkularitet, minska behovet av nya råmaterial och öka efterfrågan på återbrukade material (US Green Building Council 2025).

BREEAM

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) utgör ett etablerat miljöcertifieringssystem med ursprung i Storbritannien, utvecklat av ”The Building Research Establishment” (BRE) (SGBC u.å). I Sverige har SGBC sedan 2013 anpassat BREEAM till svenska förhållanden genom BREEAM-SE, vilket är den version som idag används på den svenska marknaden. Den aktuella versionen heter numera BREEAM-SE v6.0 (SGBC u.å). Certifieringen omfattar flera aspekter av en byggnad och poäng tilldelas inom olika områden. Dessa sammanställs till en totalpoäng och en betygsnivå, vilket gör det möjligt att jämföra byggnaders prestanda med andra BREEAM-SE-certifierade byggnader av samma typ.

BREEAM-SE inkluderar endast ett kriterium (Wst 06) som främjar cirkularitet, återbruk och demonterbarhet. Detta är inte ett obligatoriskt krav för godkänd certifiering och ger endast en poäng (SGBC u.å). Trots detta uppmuntrar BREEAM-SE innovation genom att belöna byggnader som ”går längre” än bästa praxis, eftersom detta bidrar till förbättrad miljöprestanda och främjar nya tekniker på marknaden (SGBC u.å). Ett exempel på en byggnad som erhållit extra poäng för innovativa lösningar är ”Hållbarhetshuset” av ”återhus” (SGBC u.å). SGBC skriver följande i sin motivering ”Det är en av Sveriges första byggnader som till 70% består av återbrukat material bland annat betong och stål, vilka är två av de mest resurs och energiintensiva materialen med lång livslängd kvar vid rivning.” (SGBC u.å).

2.8 Byggnadsstommar

Med stomme avses den bärande konstruktion som har i uppgift att motstå lasterna som konstruktionen utsätts för (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Exempel på laster är vind, snö, istryck, jordtryck men även nyttiga laster som inredning och personer. Utöver laster ska konstruktionen även klara av påverkan från miljön i form av slitage och korrosion. Kortfattat beskrivs stommens uppgift enligt Isaksson,

Mårtensson och Thelandersson (2019) att föra ned de yttre lasterna till grundkonstruktionen. Valet av material och stomme beror på byggnadens storlek, form och funktion samt de belastningar som förväntas. För att stommen ska klara av horisontella laster som konstruktionen utsätts för, exempelvis vindlast, behövs ett bärande system även känt som en stomstabilisering (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

Det finns tre vanliga byggnadsstommar. Trästomme, betongstomme och stålstomme. Vid val av stomsystem brukar enligt Isaksson, Mårtensson och Thelandersson (2019) följande 10 faktorer beaktas:

- Funktionskrav
- Brandskydd
- Utbyggnadsmöjligheter
- Estetiska synpunkter
- Miljöpåverkan
- Ekonomi
- Byggnadstid/Leveranstid
- Byggbarhet
- Grundförhållanden
- Logistik

Trästomme

I mindre byggnader, såsom bostäder, är det vanligt att man använder sig av en trästomme, där snabb byggtid och kostnadseffektivitet är viktiga faktorer. Trä är lätt att hantera och bearbeta till önskad form, vilket gör att byggtiden kan kortas ned. Det är också ett förnybart material, med stora tillgångar i Sverige, vilket gör det till ett mer miljövänligt alternativ än många andra byggmaterial (Svenskt Trä 2020). Utöver detta har trä en unik egenskap att binda koldioxid under sin livslängd, vilket bidrar till att minska den totala klimatpåverkan från byggnaden (Svenskt Trä 2020). Trästommar passar särskilt bra för byggnader med lägre lastkrav och där det finns estetiska krav, som t.ex. ett naturligt utseende och där goda isoleringsegenskaper prioriteras (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

Betongstomme

Betongstomme används till största del i byggnader där det finns höga krav på bärförmåga och lång hållbarhet, exempelvis flerbostadshus eller offentliga byggnader. Betong har goda brandegenskaper, lång livslängd och en väldigt god bärförmåga, vilket gör det till ett tryggt val för byggnader med stora eller tunga laster (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Nackdelen med betong är att det är dyrt och har en hög klimatpåverkan.

Betongproduktionen har enligt Svensk Betong (u.å) stor påverkan på klimatet, främst på grund av cementtillverkningen som står för en betydande del av utsläppen av koldioxid globalt. För att möta dessa utmaningar har byggsektorn utvecklat flera metoder för att minska klimatpåverkan, såsom användning av alternativa bindemedel och återanvändning av material från rivna byggnader. Exempelvis används återvunnen

betong som ballast i ny betongproduktion, vilket minskar behovet av nya råmaterial och bidrar till en cirkulär ekonomi (Svensk Betong u.å).

Prefabricerade betongelement kan optimeras för transport och montering, vilket minskar energiåtgången vid byggnation och sparar tid på bygget. Prefabricerad betong kan integrera återvunnet material enklare än platsgjuten betong, vilket ytterligare reducerar dess miljöpåverkan (Svensk Betong u.å)

Stålstomme

Stål är ett starkt och flexibelt material som används i byggnader med höga krav på lasttålighet, som kommersiella byggnader och industrihallar. Det är lätt att montera och kan prefabriceras för att effektivisera byggprocessen och minska byggtiden (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Stål är mycket återvinningsbart och kan återanvändas nästan obehindrat utan att förlora sina egenskaper, vilket minskar behovet av nya råmaterial och minskar byggsektorns miljöpåverkan (Jernkontoret, 2019). Stål kräver däremot särskilda åtgärder för att säkerställa brandmotstånd, då det förlorar styrka vid höga temperaturer (Jernkontoret 2022).

Med lång livslängd och minimalt underhåll är stål ett kostnadseffektivt alternativ. Det är även korrosionsbeständigt när det behandlas rätt, vilket gör det hållbart i både inomhus- och utomhusmiljöer (SBI 2021). Dock kan stål påverkas över tid genom faktorer som nedböjning och deformationsskador på grund av belastning eller temperaturförändringar. Detta kan påverka stålets strukturella integritet och kräva inspektion och åtgärder för att säkerställa dess funktionalitet och säkerhet (European Committee for Standardization 2005).

Stål kan återanvändas direkt i nya byggprojekt, vilket innebär att stålkomponenter från gamla byggnader kan demonteras och användas igen utan att smältas om. Detta sparar energi och material samt minskar byggavfall (Jernkontoret 2022).

Hybridstommar

En hybridstomme är en konstruktion där flera material, oftast trä, betong och stål, kombineras för att utnyttja deras respektive styrkor. En hybridstomme ses som optimering, att använda rätt material på rätt plats. För tillfället byggs Enköpings nya kommunhus med en hybridstomme, där trä, stål och betong samspelar (Setra 2024). Genom att använda trä som huvudsakligt stommaterial i kombination med klimatförbättrad betong minskas byggnadens totala klimatpåverkan avsevärt. Ambitionen är att projektet ska uppnå certifiering enligt BREEAM på nivå Outstanding, vilket är den högsta klassificeringen inom Europas ledande miljöcertifieringssystem för byggnader. Enligt Setra (2024) har en av de största utmaningarna varit att dimensionera rätt typ av koppling för de punkter där trä, betong och stål möts.

Projektet "Building d(emountable)" lokaliserat i Nederländerna är ett annat intressant projekt som byggs med hybridstomme (Cepezed u.å). Till skillnad från många andra hybridstommar är detta fyrvåningskontor designat för att kunna demonteras för att

sedan kunna byggas upp på en annan plats. Hybridstommen kombinerar en stålstomme med tråelement och en glasfasad. Infästningarna gjordes reversibla för att byggnaden lätt ska kunna demonteras. Byggnaden kunde stå klar på 6 månader, tack vare den prefabricerade och lättmonterade konstruktionen.

2.9 Stål som byggnadsmaterial

Stål är en metallegering som kombinerar två eller flera grundämnen för att förbättra dess egenskaper. I stålet utgör järn basmetallen, medan kol fungerar som det huvudsakliga legeringsämnet (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

De stålsorter som används inom byggnadskonstruktion kallas generellt konstruktionsstål. De mest betydelsefulla egenskaperna hos konstruktionsstål inkluderar hållfasthet, seghet, bockbarhet, skärbarhet samt förmågan att anpassas för både svetsade och bultade förband. Dessa egenskaper varierar beroende på de specifika krav som ställs för den aktuella konstruktionen (BE Group 2023). För att uppnå önskade egenskaper i konstruktionsstålet tillsätts det enligt BE Group (2023) olika legeringsämnen i varierande mått. Kol har en särskilt stor inverkan, där en hög kolhalt ökar stålets hållfasthet, men minskar både segheten och svetsbarheten. Däremot ger en låg kolhalt upphov till ett mjukt och böjbart stål. Andra viktiga legeringsämnen inkluderar kisel och mangan, samt olika mikrolegeringselement som aluminium, titan, niob och vanadin, som alla kan förbättra hållfastheten och formbarheten (European Committee for Standardization 2005).

Låglegerat stål, som kännetecknas av små mängder legeringselement, används i konstruktioner där specifika mekaniska egenskaper krävs till en lägre kostnad. Enligt Byggstålshandboken från BE Group (2023) tillsätts små mängder legeringsämnen som mangan och kisel, tillsammans med finkornbildande element som aluminium, niob och vanadin, för att förbättra stålets hållfasthet och seghet. Handelsstål, som produceras i former som plåt, stång, balk eller profiler, är en typ av låglegerat konstruktionsstål (BE Group 2023).

Kolstål är en annan vanlig variant av låglegerat stål, där legeringen består av kol samt små mängder kisel och mangan. Kolstålets sträckgräns kan nå upp till 250 MPa. Genom att tillsätta upp till 1,5 % mangan kan sträckgränsen höjas till cirka 350 MPa, vilket resulterar i ett så kallat kolmanganstål. För att ytterligare öka hållfastheten kan finkornbildande legeringselement som aluminium, niob och vanadin tillsättas, vilket ger en stålsort med sträckgränser mellan 350 och 460 MPa. Kolstål i olika varianter används främst i konstruktioner såsom balkar, pelare och stänger där hög hållfasthet är särskilt viktig (BE Group 2023).

Kallformningsstål är en typ av låglegerat stål som tillverkas vid rumstemperatur och uppfyller stränga krav på bockbarhet, svetsbarhet och hållfasthet. Detta stål kan nå en sträckgräns på upp till 700 MPa och används i projekt med specifika krav på mekaniska egenskaper (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Konstruktionsstål klassificeras enligt European Committee for Standardization (2005) i olika kategorier baserat på dess specifikationer. Ett exempel är S355J2, där "S" står för

konstruktionsstål, "355" anger den garanterade sträckgränsen på 355 MPa och "J2" visar slagsegheten vid -20°C. För ståltyper med beteckningen "JR" testas slagsegheten vid +20°C istället. Vidare finns det ståltyper namngivna exempelvis S355N, som är normaliserade genom värmebehandling. Detta ger ett mer finkornigt stål, vilket ytterligare förbättrar deras mekaniska egenskaper (BE Group 2016)

För att säkerställa att stålkonstruktioner uppfyller de grundläggande EU-kraven på säkerhet, hållbarhet och funktionalitet, är de CE-märkta och åtföljs av en prestandadeklaration. Enligt Boverket (2016) sammanfattar denna deklaration produktens avgörande egenskaper och underlättar jämförelsen av produkter från olika tillverkare och länder. Den innehåller information som tex en unik identifieringskod olika användningsområden, tillverkarens detaljer, geometriska toleranser, svetsbarhet, brottseghet och dimensioneringsdokument för bärförmåga. Dessutom redovisas stålets brandsäkerhet och beständighetsegenskaper (Boverket 2016).

2.10 Stålproduktion

Stålframställning är en avancerad process som huvudsakligen delas in i två metoder, malmbaserad och skrotbaserad tillverkning. Enligt Jernkontoret (2019) används järnmalm som råmaterial i den malmbaserade metoden. Järnmalmen bryts i en gruva och genomgår anrikning, en process där järnhalten höjs genom att järnmineralerna separeras från slaggmineralerna. Därefter reduceras den i en masugn med hjälp av koks. Resultatet blir råjärn med en kolhalt på cirka 4-5 procent. Råjärnet färskas därefter i en LD-konverter där syrgas tillsätts för att minska kolhalten till en nivå som är avgörande för stålets slutliga egenskaper. Under denna process bildas även slaggprodukter som avlägsnas från stålet, som till exempel bränd kalk. I Sverige sker malmbaserad ståltillverkning vid SSAB:s anläggningar i Luleå och Oxelösund, som tillsammans står för cirka två tredjedelar av landets råstålsproduktion (SGU 2019).

Den skrotbaserade metoden använder istället återvunnet stålskrot som huvudsaklig råvara. Skrotet smälts i ljusbågsugnar som är eluppvärmda. Jernkontoret (2019) förklarar att denna metod är mer energieffektiv än den malmbaserade, med en energianvändning som är ungefär en femtedel av den för malmbaserade processer. I Sverige finns skrotbaserade stålverk på tio olika orter, vilka tillsammans står för den resterande tredjedel av råstålsproduktionen i Sverige (SGU 2019).

För att minska miljöpåverkan och öka resurseffektiviteten inom stålindustrin pågår forskning kring återvinning av metaller från restprodukter. Ett exempel som lyfts fram av SGU (2019) är återvinning av vanadin från stålslagg, vilket kan bidra till att möta en betydande del av Europas behov av detta metalliska grundämne. Dock kräver sådana initiativ omfattande investeringar i nya processer och tekniker.

2.11 Stålets miljöpåverkan

Ståltillverkningens klimatpåverkan är en central fråga i arbetet med att minska växthusgasutsläpp och utveckla mer hållbara industrier. Industrisektorn i Sverige står för en tredjedel av de territoriella utsläppen, med järn- och stålindustrin som en av de största bidragsgivarna till de industriella utsläppen. Enligt Naturvårdsverket (2024)

stod den svenska järn- och stålindustrin för cirka 37 % av de industriella växthusgasutsläppen år 2023, vilket motsvarade 5,5 miljoner ton koldioxid-ekvivalenter. Detta gör sektorn till den främsta boven till negativ klimatpåverkan inom den svenska industrin.

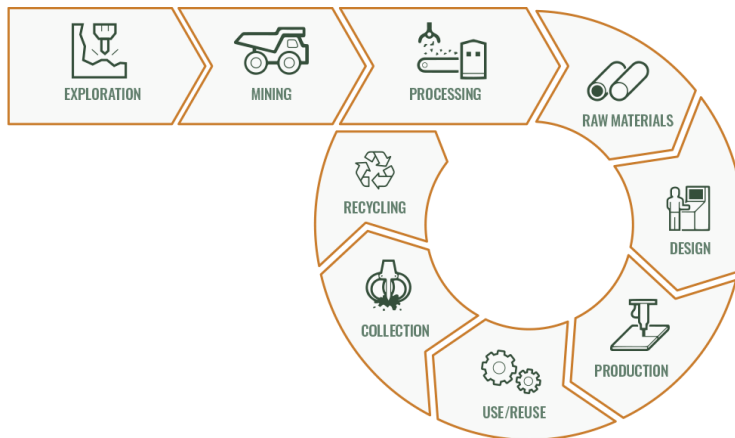
Den mest klimatbelastande processen är den malmbaserade ståltillverkningen, där koldioxidutsläppen huvudsakligen orsakas av kol som används för att reducera järnmalm (Jernkontoret 2022). Denna metod är väldigt energieffektiv men ger upphov till betydande utsläpp. Enligt Hybrit (2024) är malmbaserad ståltillverkning ansvarig för utsläpp på upp till 2200 CO₂e/ton råstål. Företaget Hybrit utvecklar en innovativ metod där kol ersätts med vätgas som reduktionsmedel, vilket möjliggör produktion av järnsvamp utan koldioxidutsläpp. Järnsvampen vidareförädlas sedan till stål, vilket utgör en avgörande del i omställningen till fossilfri ståltillverkning. Enligt Boverkets Klimatdatabas (2025) är det konservativa genomsnittliga värdet inom byggindustrin för 80% primärt stål 3150 CO₂e/ton. Boverkets klimatdatabas använder en faktor på 1,25 som ett generellt osäkerhetspåslag på det underliggande generiska (genomsnittliga) datavärdet.

Ett annat mer etablerat och energieffektivt alternativ för att minska koldioxidutsläppen är den skrotbaserade metoden, som fått ökad uppmärksamhet på senare tid, eftersom den är betydligt mer energieffektiv. Enligt Boverkets Klimatdatabas (2025) är det konservativa genomsnittliga värdet inom byggindustrin för återvunnet stål 1130 CO₂e/ton. Där en faktor på 1,25 använts som ett generellt osäkerhetspåslag. Enligt Jernkontoret (2019) används cirka en femtedel av energin vid skrotbaserad tillverkning jämfört med den malmbaserade metoden. Den skrotbaserade processen genererar betydligt lägre koldioxidutsläpp i jämförelse med den malmbaserade processen. Den skrotbaserade produktionen utgör en viktig del av den cirkulära ekonomin och hjälper till att minska behovet av nyproduktion och råmaterial (Jernkontoret 2018).

Att istället prioritera återbruk av stål minskar kraftigt miljöpåverkan. Direkt återbruk av stålkomponenter minskar utsläppen och resursåtgången från nytillverkning eller omsmältning, vilket ger stora klimat- och resursfördelar. Exempelvis kan hanteringen av återbrukat stål, enligt Boverkets Klimatdatabas (2025), ha en klimatpåverkan ner mot endast 4,2 kg CO₂e/ton i skede A1-A5. Detta värde avser återbruksprocessen och transporten, inte ursprungstillverkningen, och belyser den avsevärda miljöpotentialen hos återbruk (Boverket 2025)

2.12 Resurshantering inom Stålindustrin

Stålets kretslopp omfattar hela dess livscykel, från utvinning av råvaror och produktion till användning och slutlig återvinning (Sperle et al 2013). Genom att återanvända eller återvinna stål skapas en sluten cykel där samma material återcirkulerar, vilket minskar behovet av nya råvaror och främjar hållbar resursanvändning. I Figur 2.1 nedan illustreras stålets kretslopp, som utgör ett effektivt system gällande cirkularitet.



Figur 2.1: Stål livscykelanalys (Nord-Lock, 2020)

Återvinning

En av stålets främsta styrkor är enligt Järnverket (2019) dess förmåga att bibehålla sin struktur och sina egenskaper genom återvinningsprocessen. Dessutom spelar det ingen roll om stålet är några dagar gammalt eller 100 år när det återvinns. Detta gör stål till en idealisk resurs i den cirkulära ekonomin, där material återvinns till nytt stål för att minska avfall och resursutvinning.

Återvinning av stål sker genom den skrotbaserade tillverkningsmetoden, där stålskrot smälts och bearbetas till nya produkter. Processen kräver betydligt mindre energi jämfört med nyproduktion av stål, vilket genom mindre koldioxidutsläpp minskar klimatpåverkan från byggsektorn (Järnverket 2019).

Återanvändning

Livslängden för en byggnad sträcker sig vanligtvis ett tiotal år till hundra år, med en median på runt 50 år. Stålkonstruktionen i ett bostadshus har en teknisk livslängd som är betydligt längre än själva byggnadens, vilket gör att den med fördel kan återanvändas (Widman 2001). Eftersom stålprofiler och balkar ofta tillverkas i standardmått enligt Eurocode 3, till exempel IPE, HEA eller HEB-profiler, blir det enkelt att återbruka materialet i nya byggprojekt utan att behöva göra omfattande förändringar i dimensioneringen (European Committee for Standardization 2005).

Därför är återanvändning av stål efter byggnadens livsslut inte bara tekniskt genomförbart, utan även ett hållbart och resurseffektivt alternativ som stödjer en mer cirkulär byggindustri.

Istället för att återvinna stål i så pass stor skala hade det ur ett klimatperspektiv varit betydligt bättre att återanvända det till nya byggnader. Faktum är att endast 1,5-15 % av bärande stål återanvänds i nya konstruktioner i Europa och USA enligt Kitayama och Iuorio (2023).

Återanvändning av stål i byggsektorn möter flera utmaningar och kan enligt Selvaraj och T.-M. Chan (2024) delas in i två kategorier, tekniska och administrativa. Tekniska

utmaningar inkluderar höga kostnader för demontering, då många konstruktioner inte är projekterade för demontering genom bultförband utan svetsning. Dessutom råder det osäkerhet kring hållfasthet och beständighet för återanvända material. En annan utmaning är avsaknaden av effektiva metoder för att bedöma stålets kvalitet direkt på plats, vilket ytterligare hämmar återbruk.

Administrativa hinder omfattar brist på fungerande affärsmodeller och marknader för återbrukat byggmaterial, exempelvis materialbanker. För tillfället råder det dessutom oklarheter kring försäkringar och ansvarsfördelning vid användning av komponenter med varierande ålder och kvalitet. För att möjliggöra ökat återbruk krävs standardiserade principer för demontering och återmontering (Selvaraj & T.-M. Chan 2024).

2.13 Beständighet

Ett ståls beständighet syftar på dess förmåga att motstå nedbrytning och bibehålla sina egenskaper över tid under olika påfrestningar. Här följer tre vanliga exempel på procedurer som kan påverka stålets beständighet:

- Korrosionsbeständighet - Hur väl stålet står emot rost och kemiska angrepp.
- Termisk beständighet - Tålighet mot temperaturvariationer utan att förlora hållfasthet.
- Utmattningsbeständighet - Hur väl materialet klarar upprepade laster utan att spricka.

Korrosion

Korrosion, även känt som rostning i vardagsspråk, är enligt Burström (2021) en naturlig elektrokemisk process där stål och andra metaller bryts ned när de reagerar med sin omgivning. Under korrosionsprocessen kan sprickor bildas, vilket ger rosten fler ytor att angripa och på så sätt förvärrar skadorna. För att korrosion ska ske krävs det att en fri yta av stål kommer i kontakt med både vatten och syre, och att det föreligger en elektrisk potentialskillnad mellan dessa områden. Korrosionen accelererar vid högre fuktighet samt i miljöer med föroreningar som svaveldioxid och klorider. Om den relativa luftfuktigheten är under 60 procent, vilket ofta gäller i inomhusklimat, sker korrosionen i stort sett inte. Dock kan smuts och skräp på metallytan hålla kvar fukt och därigenom skapa förutsättningar för korrosion även vid lägre fuktnivåer (Burström 2021). Korrosion kan uppträda i olika former, där den mest vanliga är jämn korrosion, där materialet förlorar sin integritet över hela ytan i samma takt. En mer allvarlig typ av korrosion är punktfrätning, där processen är mer koncentrerad och kan orsaka allvarligare skador på stålet. Denna typ av korrosion är särskilt farlig eftersom den snabbt kan försvaga stålets bärförmåga genom att skapa djupa frätningar (Burström 2021).

För att motverka korrosion på stål kan enligt Burström (2021) flera metoder användas. En vanlig åtgärd för att skapa en skyddande barriär mot fukt och syre är att applicera ytbehandlingar som målning, galvanisering eller pulverbeläggning. Att välja korrosionsbeständiga material som rostfritt stål eller legeringar med krom och nickel kan också minska risken för korrosion. Rätt konstruktionsdesign är också avgörande

för att förebygga korrosion. Genom att undvika områden där fukt kan samlas och genom att reducera köldbryggor som kan leda till kondensation, kan risken för korrosionsangrepp minskas. Enligt kapitel 4 i SS-EN 1993-1-1:2005 behöver bärverksdelar inomhus endast rostskyddas om luftfuktigheten stiger över 80 procent. Om dessa delar inte är lättillgängliga för inspektion, ska de dimensioneras med en extra säkerhetsmarginal för att ta höjd för potentiell korrosion (SIS 2022).

Termisk beständighet

Kallt klimat kan påverka stålkonstruktioners hållbarhet och säkerhet genom förändrade materialegenskaper och termiska spänningar. För att säkerställa långsiktig funktionalitet krävs särskilda åtgärder inom materialval, konstruktionsteknik och skydd.

Vid låga temperaturer blir stål mer sprött, vilket ökar risken för plötsliga brott utan förvarning. Denna effekt har särskild påverkan på bärande konstruktioner som utsätts för dynamiska belastningar. Genom att använda lågtemperaturstål med hög slagseghet, exempelvis legeringar med nickel eller mangan, kan man minska risken för sprödbrott (Bruno et al. 2009).

Temperaturväxlingar leder till termiska spänningar när stålet expanderar och drar ihop sig. Detta kan orsaka sprickbildning, särskilt i svetsfogar och skarvar där spänningarna koncentreras. För att motverka detta används konstruktionslösningar som tillåter rörelse, såsom expansionsfogar, samt kontrollerade svetstekniker för att minimera restspänningar (Bruno et al. 2009).

Enligt Bruno et al. (2009) förändras stålets mekaniska egenskaper markant vid höga temperaturer. Redan vid cirka 300°C börjar dess hållfasthet minska, och vid temperaturer över 600°C kan bärförmågan i en konstruktion vara kraftigt reducerad. Vid bränder kan detta leda till kollaps om inte lämpliga brandskyddsåtgärder vidtas. I en brand brinner inte stålet, och inte heller ger det ifrån sig några farliga gaser. På så sätt är stålet inte en bidragande faktor till utvecklingen av branden (Bruno et al. 2009).

Brandskydd av stålkonstruktioner sker genom olika metoder, såsom brandskyddsfärger som skapar en isolerande skumbildning vid höga temperaturer, betonginkapsling, samt brandskyddande beklädnader av gips eller mineralull. Dessa åtgärder kan fördröja värmepåverkan och ge viktig tid för evakuering och brandsläckning (Bruno et al. 2009).

Termiska expansioner kan också orsaka problem, särskilt i stora konstruktioner där olika delar värms upp och expanderar i olika takt. Detta kan skapa interna spänningar och deformationer som påverkar strukturens stabilitet. För att hantera dessa utmaningar används expansionsfogar och flexibla infästningar som tillåter kontrollerad rörelse (Bruno et al. 2009).

Utmattning

Utmattning är enligt Isaksson, Mårtensson och Thelandersson (2019) en viktig faktor att beakta vid dimensionering av stålkonstruktioner som ofta utsätts för upprepade belastningar. Detta fenomen inträffar när konstruktionen utsätts för cykliska spänningsvariationer under en längre tidsperiod, vilket gradvis kan leda till sprickbildning och slutligen till brott. Till skillnad från statiska brott, som ofta sker i samband med en enskild hög belastning, sker utmattningsbrott i flera steg (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Först uppkommer mikrosprickor, därefter ökar spricktillväxten, och slutligen inträffar brott när konstruktionen inte längre kan bära lasten.

Utmattningsbrott förekommer främst vid spänningskoncentrationer, såsom svetsfogar, bultförband och geometrier med skarpa hörn. För att bedöma en konstruktionens förväntade livslängd under cyklisk belastning används vanligtvis S-N-diagram (spänningsnivå kontra antal cykler till brott) (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

Den europeiska standarden SS-EN 1993-1-9 reglerar dimensioneringen av stålkonstruktioner med hänsyn till utmattning. Denna standard ger riktlinjer för hur man beräknar konstruktionens bärförmåga vid varierande laster och beskriver hur olika detaljer och materialpåverkan bör hanteras (SIS 2025). Standarden fastställer metoder för att analysera och minimera spänningskoncentrationer. Beräkningarna omfattar både nominell spänning och lokala spänningar vid kritiska punkter. Eftersom utmattning är en statistisk process används partiella säkerhetsfaktorer för att säkerställa en tillräcklig säkerhetsmarginal vid variationer i både belastning och materialegenskaper (SIS 2025).

För att minska risken för utmattning måste stålkonstruktioner tillverkas i enlighet med SS-EN 1090, som ställer krav på kvalitet i svetsning, ytbehandling och monteringsmetoder. En välgenomtänkt konstruktionsdesign är också av stor betydelse för att undvika skarpa kanter och plötsliga förändringar i tvärsnitt. Svetsfogar bör utformas och bearbetas med tekniker som minskar restspänningar, såsom slipning, blästring eller High Frequency Mechanical Impact (HFMI) (SIS 2022).

Hållfasthet

Sträckgränsen, även kallad flytspänningen, är en av de mest avgörande mekaniska egenskaperna hos stål enligt Isaksson, Mårtensson & Thelandersson (2019). Det definieras som den spänning då materialet övergår från elastiskt till plastiskt deformerat. Upp till sträckgränsen beter sig stålet elastiskt, detta innebär att det återfår sin ursprungliga form när belastningen avlägsnas. Olika stål har olika sträckgräns, där höghållfast stål generellt har en högre sträckgräns än konstruktionsstål (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

Vid belastning under sträckgränsen sker en elastisk deformation, vilket innebär att materialet återgår till sin ursprungliga form efter avlastning. Om sträckgränsen överskrids uppstår däremot en plastisk deformation, där stålet förändrar sin form permanent och återfår därför inte sin ursprungliga geometri. Vid en fortsatt ökad belastning kan stålet till slut nå sin brottgräns, vilket innebär att det förlorar sin bärförmåga helt och går sönder (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

När stål återanvänds i nya konstruktioner är det av största vikt att noggrant undersöka om materialet tidigare har genomgått plastisk deformation. Detta kan påverka dess framtida hållfasthet och strukturella integritet. Enligt SIS-CEN/TS 1090-201:2024 ska stålkonstruktioner som återbrukas genomgå en grundlig kontroll av sina mekaniska egenskaper. Detta för att garantera att de fortfarande uppfyller de krav som ställs på bärförmåga och säkerhet (SIS 2024). Genom sådana analyser kan man upptäcka eventuella förändringar i stålets struktur och avgöra om det är lämpligt för fortsatt användning i nya byggnadsprojekt.

2.14 Design för Demontering

DfD är en designstrategi som utvecklades inom tillverkningsindustrin som ett svar på minskande tillgångar av råmaterial och energiresurser samt ökande mängder avfall (Ostapska et al. 2024). Enligt Kanters (2020) spelar DfD en avgörande roll inom cirkulär byggnadsdesign, då metoden maximerar återbruk av byggmaterial och komponenter. DfD innebär att redan i planeringsstadiet utforma och planera för hur byggnadselement ska monteras så att de enkelt kan återbrukas vid rivning, renovering eller ombyggnad (Fahlén, Sidenmark, Löfås, Cusumano 2017). Fahlén et al. (2017) framhåller i sin rapport att DfD är särskilt lämpligt för byggnader såsom lagerlokaler eller parkeringshus som kan behöva flyttas när verksamheten inte längre är nödvändig eller blir för kostsam att upprätthålla i storstäder. Fördelen med dessa typer av lokaler är att de har synliga stommar som därmed blir lättåtkomliga, vilket underlättar demontering (Fahlén et al. 2017).

SIS har tagit fram den svenska standarden "*Hållbarhet hos byggnadsverk – Utformning för demontering och anpassningsförmåga – Principer, krav och vägledning*", som tillämpas vid arbete med DfD och *Design for Adaptability (DfA)*". I denna standard betonas vikten av att byggdelarnas anslutningar är lättillgängliga både visuellt och fysiskt, vilket är en förutsättning för att demontering ska kunna genomföras effektivt (SIS 2021). Standardens vägledande principer menar att byggdelar som är svåra att identifiera, frilägga eller separera medför att demontering uteblir, vilket till stor del resulterar i att materialen hanteras som avfall snarare än något med återbruksmöjlighet. Vidare framhålls vikten av att byggnadsdelar utformas så att de kan demonteras utan att orsaka skada på närliggande komponenter, samt att sammanfogningstekniker bör väljas med demonterbarhet som kriterium, exempelvis genom att undvika permanent fogning såsom svetsning. Standarddokumentet betonar även att demonterbarhetens möjligheter inte får vara beroende av särskild tillverkarkunskap eller specialverktyg, utan bör vara begriplig och möjlig att genomföra av andra aktörer under byggnadens senare skeden (SIS 2021).

Stål och DfD

Enligt Ostapska, Rüther, Loli och Gradeci (2024) användes stålstommar i cirka 35 % av de 151 byggprojekt de undersökte världen över. Den gemensamma nämnaren för studien var att dessa 151 projekt hade tillämpat DfD. Enligt Fahlén et al. (2017) anser de stålleverantörer som blivit intervjuade att stål är möjligt att demontera så länge det har använts skruvade eller bultade lösningar, snarare än svetsade kopplingar. De lyfter

även fram ytterligare en fördel med demonterat stål, nämligen att det kan svetsas om för att anpassas till nya projekt där konstruktionen inte är en exakt kopia av den demonterade byggnaden (Fahlén et al. 2017).

2.15 Förband

I Kitayamas och Iuorios (2023) studie delas stålkonstruktionernas förband in i tre olika typer. Första typen är icke-demonterbara förband och andra typen demonterbara förband som ej är framtagna speciellt för att demonteras. Tredje är i sin tur demonterbara förband som är designade med avseende på just demontering och återbruk. Den första typen, icke-demonterbara förband, sammanfogas genom termisk eller kemisk bindning, exempelvis svetsning, vilket förändrar materialegenskaperna och omöjliggör demontering utan att komponenternas geometri påverkas (Kitayama & Iuorio 2023). Andra typen utgörs av demonterbara förband där komponenterna är sammanfogade med torra mekaniska kopplingar, såsom bultar eller skruvar, vilket möjliggör separering utan att den ursprungliga geometrin förändras. Dessa typer av förband existerar idag, men är vanligtvis inte anpassade specifikt för demontering (Kitayama & Iuorio 2023). Enligt Kitayama och Iuorio (2023) finns även en tredje typ av förband, som i dagsläget enbart består av analytiska idéer och experiment som ännu inte har implementerats inom branschen. Detta beror på att det ofta är en tidskrävande process att utveckla nya teknologier och få dessa att användas i praktiken (Kitayama & Iuorio 2023).

Kopplingspunkter

Förbanden som syns i Figur 2.2 är de som (Kitayama & Iuorio 2023) fokuserade på i sin studie då de undersökte olika typer av kopplingar i byggnader med stålstomme.

”Beam-to-slab connection” är förbandet mellan stålbalkarna och bjälklagen. Bjälklagselementen är ofta i betong men kan även vara gjorda i trä (Kitayama & Iuorio 2023) (SIS 2013). Enligt Isaksson, Mårtensson och Thelandersson (2019) förekommer stålbjälklag sällan i husbyggnader på grund av dåliga brand- och akustikegenskaper. Kitayama och Iuorio (2023) undersöker projekt som har fokuserat på DfD, där olika typer av skruv- och bultlösningar har föreslagits. Dock är det endast ett av de undersökta exemplen som möjliggjort demontering och återanvändning av både betongen och stålet (Kitayama & Iuorio 2023).

”Beam-to-column connection” balk-pelarinfästning är ofta utformad så att en ändplåt svetsas fast på den liggande balken (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Därefter placeras balken på en svetsad klack på pelaren, och ändplåten skruvas sedan fast i pelarens fläns (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019).

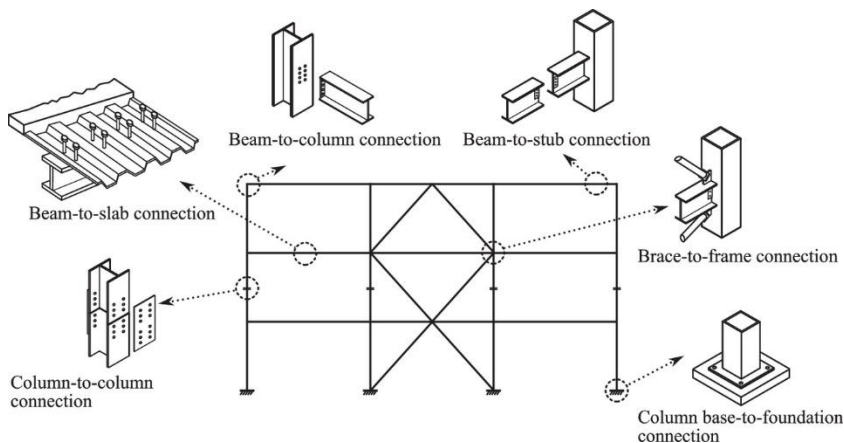
”Beam-to-stub connection” är när en ”stub” en kort balk har svetsats fast i en pelare ofta i fabrik, i vilken man sedan fäster en annan balk med hjälp av bultar och en täckplåt (Kitayama & Iuorio 2023).

”Column-to-column connection” eller pelare till pelare anslutning används när man bygger högre byggnader och pelarnas höjd inte räcker till och man måste montera en

pelare ovanpå en pelare (Kitayama & Iuorio 2023). En metod som möjliggör demontering av pelarna är att fästa pelarna med hjälp av blindskruvar i kombination med en sidoplåt (Kitayama & Iuorio 2023).

”Column base-to-foundation connection är pelare till grundanslutningen, även kallat pelarfot (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Vanligtvis svetsas en fotplåt fast runt hela pelartvärsnittet. Denna plåt fästs sedan mot ingjutna grundskruvar, med muttrar placerade både ovanför och under fotplåten för att möjliggöra justering av pelarens riktning (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Efter montering undergörs fotplåten med expanderande betong (Isaksson, Mårtensson & Thelandersson 2019). Kitayama och Iuorio (2023) redogör för experimentella tillvägagångssätt vid utformning av pelarfötter, där traditionell användning av expanderade betong har ersatts med alternativa lösningar såsom puts eller direkt montering av fotplåten mot betongytan med syftet att underlätta demontering.

“Brace-to-frame connection” stålstag i byggnadsramar monteras vanligtvis genom att de fästs i en knutplåt, vilken i sin tur är förankrad i både balk och pelare (Kitayama & Iuorio 2023). Både staget och knutplåten kan antingen svetsas eller bultas fast (Kitayama & Iuorio 2023). Om staget är bultat till knutplåten möjliggörs demontering av staget och om även knutplåten är bultad till balk och pelare, kan hela enheten, både stag och förstärkningsplåt demonteras från balk och pelare (Kitayama & Iuorio 2023).



Figur 2.2: Fästpunkter som (Kitayama & Iuorio 2023) undersöker i sin rapport.

2.16 Demonteringspotential enligt DGBC

För att kunna utvärdera DfD har ramverk utvecklats, såsom Dutch Green Building Councils (DGBC) mätmetod för demonteringspotential (DGBC 2021). Syftet med metoden är att tillhandahålla ett standardiserat mått på i vilken utsträckning ett objekt kan demonteras på samtliga nivåer, utan att dess funktion - eller funktionen hos kringliggande objekt påverkas negativt. (DGBC 2021). Detta är avgörande för att möjliggöra kvalitativt återbruk, anpassningsbarhet och effektivt underhåll (DGBC 2021).

Metoden fokuserar på den tekniska potentialen för demontering genom att bedöma fyra nyckelfaktorer för varje byggnadskomponent (DGBC 2021):

1. **Typ av förband (CT):** Bedömer själva sammanfogningens demonteringsmöjlighet. För stålkonstruktioner är detta centralt: metoden ger bult- och skruvförband hög poäng, medan svetsförband får låg poäng (DGBC 2021). Detta visar tydligt fördelen med mekaniska förband för DfD i stål.
2. **Åtkomlighet till förband (CA):** Mäter hur lätt det är att nå förbandet utan att skada omgivningen. Detta är kritiskt för stål som byggs in, dålig åtkomlighet ger låg poäng även om förbandet i sig är demonterbart (DGBC 2021).
3. **Självständighet (ID):** Värderar graden av integration mellan komponenter från olika byggnadslager (t.ex. stomme och installationer). Högt oberoende av delarna underlättar selektiv demontering av stålkonstruktionen och ger högt poäng (DGBC 2021).
4. **Produktkantens geometri (GPE):** Bedömer om en komponent är fysiskt inlåst av andra komponenter. Relevant för stål som t.ex. gjuts in i betong, vilket ger låg poäng och indikerar svårigheter vid demontering (DGBC 2021).

Genom att kombinera dessa faktorer (där den svagaste länken väger tyngst) ger metoden ett mått på en komponents totala demonteringspotential (DGBC 2021).

Demonteringspotentialen (DPc_n) för kopplingen beräknas enligt:

$$DPc_n = \frac{2}{\frac{1}{CT_n} + \frac{1}{CA_n}}$$

För en stålkonstruktionskoppling med bultade lösningar gäller följande exempel. Där bultade kopplingar har ett CT värde på 0,8 av maximala 1,0. Åtkomligheten till stålet varierar från olika byggnader, vilket resulterar i olika värden på CA. Om stålet är ”Tillgängligt genom ytterligare åtgärder som inte orsakar skador”, fås också värdet 0,8 av 1,0 möjliga. Därav blir ekvationen för demonteringspotentialen:

$$DPc_n = \frac{2}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8}} = 0,8$$

Resultatet blir en demonteringspotential på 0,8 av 1,0 möjliga, vilket anses som en bra demonteringspotential (DGBC 2021).

I rapporten DGBC tagit fram finns fler formler för att beräkna demonteringspotentialen, där bland annat självständigheten och produktens geometri tas hänsyn till (DGBC 2021). Istället för kopplingens demonteringspotential kan då exempelvis olika byggnadsdelar eller hela husets potential beräknas.

För stålkonstruktioner erbjuder detta ett sätt att i designfasen identifiera och premiera lösningar som underlättar framtida demontering och återbruk, såsom synliga, bultade förband med minimal integration med andra byggelement.

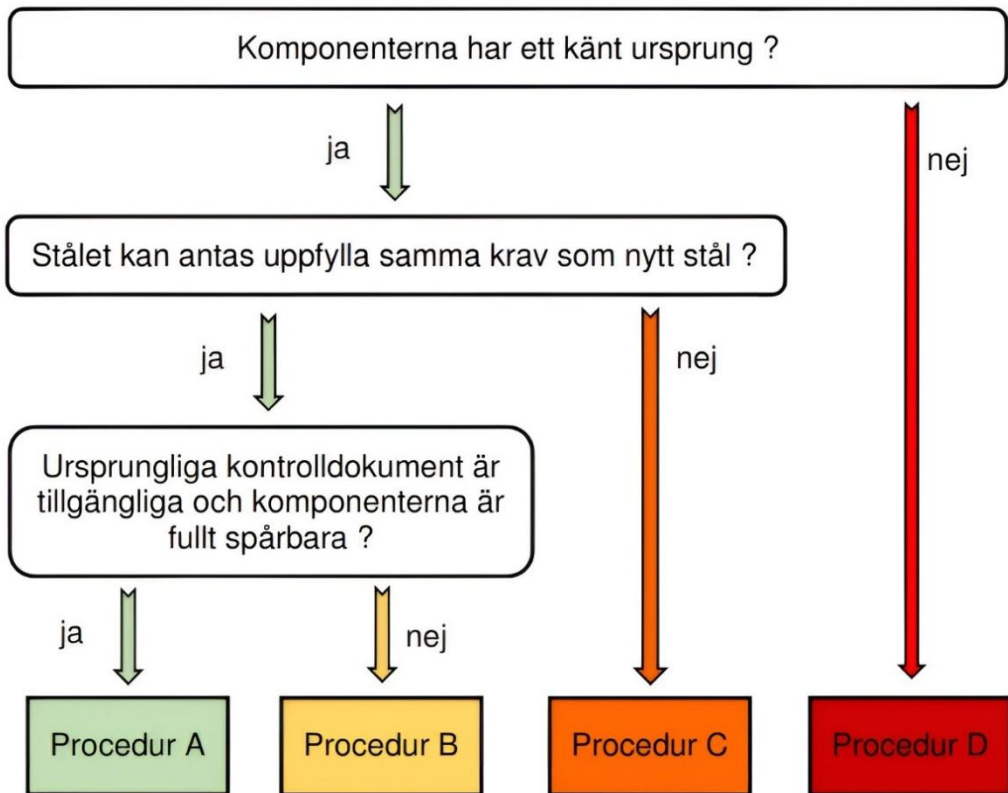
2.17 Kvalitetssäkring stål

Vid återbruk av stål i bärande konstruktioner är det avgörande att verifiera materialets egenskaper för att säkerställa att det uppfyller gällande säkerhetskrav (Boverket 2023). Eftersom återbrukat stål ofta saknar dokumentation om ursprunglig kvalitet, krävs kompletterande provning för att fastställa dess tekniska prestanda. Detta gäller särskilt när materialet ska ingå i bärande delar där hållfasthet och beständighet är kritiska. Provningsen kan delas in i två huvudtyper, förstörande och oförstörande provning (Boverket 2023).

2.17.1 MVR Branchstandard

I Sverige finns sedan 2021 en etablerad branschstandard för verifiering och kontroll av återbrukade stålkomponenter. Denna standard, MVR BS04:2021 framtagen av Mekaniska Verkstädernas Riksförbund (2021), syftar till att säkerställa kvalitet och hållfasthet hos återbrukat stål genom en förutbestämd provningsmetodik. Beroende på stålets ursprung och dokumentation delas verifieringsprocessen in i fyra procedurer enligt Figur 2.3:

- **Procedur A – Modernt stål med ursprunglig dokumentation**
Stålkomponenter med fullständig dokumentation kräver enbart oförstörande hårdhetsprovning för att bekräfta materialets egenskaper. Stålsort och seghetsklass fastställs med stöd av det ursprungliga kontrollintyget, och all nödvändig dokumentation sammanställs för att säkerställa spårbarhet (MVR 2021).
- **Procedur B – Modernt stål med känt ursprung**
Om stålets ursprung är känt men dokumentationen ofullständig krävs en utökad provtagning. Utöver hårdhetsprovning kan en kemisk analys behöva genomföras för att bedöma homogenitet och sannolikhet för högre seghetsklasser. Dessutom utförs en förstörande provning på en slumpmässigt vald komponent inom kontrollpartiet. Resultat jämförs med gällande acceptanskriterier för hållfasthet, slagseghet och kemisk sammansättning. För att slutligen kunna verifiera stålets egenskaper och kvalitet (MVR 2021).
- **Procedur C – Äldre stål med känt ursprung**
För ett äldre stål med spårbarhet krävs en ännu mer omfattande testning. Utöver de analyser som genomförs i procedur B utförs även förstörande provning på minst tre slumpmässigt valda komponenter i kontrollpartiet. Resultaten används för en utvärdering av materialets sträck- och brottgräns enligt EKS (Europeiska konstruktionsstandarder). Metoden ska säkerställa att stålets mekaniska egenskaper uppfyller gällande krav (MVR 2021).
- **Procedur D – Okänt stål**
När stålets ursprung är okänt krävs en omfattande fullständig provning av varje enskild komponent. Hårdhetsprovning och kemisk analys kan användas för att uppskatta stålsort och seghetsklass, men samtliga komponenter genomgår även förstörande provning. Resultaten jämförs sedan med relevanta produktstandarder för att fastställa materialets egenskaper (MVR 2021).



Figur 2.3: Procedur för återbruk (Husson 2022)

Dessa standardiserade metoder erbjuder en strukturerad process som syns i Figur 2.4 nedan, för att möjliggöra återbruk av stål inom Sveriges byggsektor.

Cirkulära Stålkonstruktioner - Design För Demontering & Återbruk

Delaktivitet	Procedur för återbruk			
	A	B	C	D
6.3 Prospektering	All tillgänglig information om den ursprungliga konstruktionen som utgör underlag för val av procedur för återbruk ska arkiveras. Beslut om procedur för återbruk ska dokumenteras.			
6.4 Demontering	En demonteringsplan ska upprättas innan arbetena påbörjas. Demonteringen ska följa upprättad demonteringsplan. Demonterade komponenter som avses att återbrukas ska: - inspekteras genom visuell kontroll; - vara spårbara i alla stadier från demontering till återbruk; - kunna identifieras med ett lämpligt system.			
6.5 Rekonditionering	Aktiviteter relaterade till rekonditionering utförs, kontrolleras och dokumenteras enligt tillämpliga delar av SS-EN 1090-2 och andra tillämpliga föreskrifter och standarder.			
6.6.1 Dimensioner och toleranser	Samtliga komponenter mätkontrolleras. Uppmätta dimensioner och toleranser kontrolleras mot relevant produktstandard och tillämpliga delar av SS-EN 1090-2, bilaga B. Resultatet av kontrollen dokumenteras.			
6.6.2 Initial indelning i kontrollpartier	Komponenterna delas in i kontrollpartier i enlighet med komponenternas ursprungliga kontrollintyg.	Komponenter med uppenbart lika egenskaper delas in i kontrollpartier.	Varje enskild komponent utgör ett kontrollparti.	
	Egenskaper som legat till grund för indelning i kontrollpartier dokumenteras. Respektive kontrollparti och samtliga komponenter ingående i kontrollpartiet ska kunna identifieras.			

Figur 2.4: Sammanfattning av aktiviteter ingående i procedurer för återbruk (MVR, 2021)

2.17.2 Oförstörande provning

För att säkerställa att stål uppfyller gällande säkerhetskrav innan det kan återanvändas tillämpas olika oförstörande provningsmetoder. Dessa metoder möjliggör en grundlig inspektion utan att skada materialet, vilket är avgörande för att bedöma dess skick och hållfasthet (Boverket 2023).

Visuell kontroll (VT): Den första metoden är att visuellt inspektera stålets yta för att upptäcka synliga defekter, såsom sprickor, deformationer, korrosionsangrepp eller skador från tidigare belastningar och hantering (Jernkontoret 2007). Alla skador är inte synliga med det mänskliga ögat vilket har medfört användning av mikroskop och speglar för att ge en bättre upplösningsförmåga. Hjälpmedel för att kontrollera trånga utrymmen och rörets insida har gjort den visuella kontrollmetoden ytterst användbar (Jernkontoret 2007).

Magnetpulverprovning (MT): Denna metod syftar enligt Jernkontoret (2007) till att identifiera ytliga och nära ytan liggande defekter i ferromagnetiska material. Ferromagnetiska material är material som attraheras starkt av magnetfält, exempelvis järn och nickel. Ett magnetfält appliceras på det aktuella området, med hjälp av elektromagneter eller permanentmagneter. Sedan strös ett fint järnpulver över ytan, vilket samlas på de ställen där magnetfältet störs, exempelvis vid sprickor (Jernkontoret 2007).

Ultraljudsprovning (UT): Ultraljudsvågor skickas in i stålet via en givare, och reflektioner från interna fel registreras med en mottagare. Tekniken är särskilt effektiv för tjockare stål och används för att identifiera sprickor, lamineringar eller inneslutningar (Jernkontoret 2007). Den är ett mycket precist verktyg för att undersöka interna skador utan att behöva skära i materialet.

Röntgenprovning (RT): Genom att använda röntgen- eller gammastrålning skapas en bild av stålets inre struktur, vilket gör att defekter som sprickor, porositeter eller ofullständiga svetsar kan upptäckas (Jernkontoret 2007). Resultatet presenteras antingen på film eller via en digital detektor.

Virvelströmsprovning (ET): Denna metod bygger enligt Jernkontoret (2007) på att elektromagnetiska fält inducerar virvelströmmar i ledande material. Eventuella defekter, till exempel sprickor eller variationer i ledningsförmåga påverkar strömmarnas banor och kan registrera (SIS, u.å). ”ET” är särskilt användbar för snabb identifiering av ytdefekter och kräver ingen kontakt med materialet.

Penetrantprovning (PT): En indikeringsvätska appliceras på den rengjorda ytan och tränger in i ytliga sprickor, varefter den lyfts fram med hjälp av ett utvecklingsmedel. Denna metod är särskilt effektiv för att upptäcka fina ytsprickor i icke-porösa material och används ofta i kombination med visuell kontroll (Jernkontoret 2007).

För att säkerställa att dessa provningsmetoder genomförs med hög kvalitet och repeterbarhet finns det internationella standarder som styr varje metod (SIS u.å). Dessa är samlade i olika ISO-standarder, där varje metod har en specifik norm som beskriver krav på utrustning, metod, personalens kompetens samt dokumentation av resultat.

2.17.3 Förstörande provning

För att säkerställa att återanvänt stål uppfyller de mekaniska krav som ställs på det i en ny konstruktion, används olika provningsmetoder för att bedöma materialets egenskaper (Boverket 2023). En sådan metod är förstörande provning, där materialet utsätts för påfrestningar som gör det oanvändbart eller förstört. Syftet med dessa provningar är att samla information om stålets sträckgräns, brottgräns, seghet och kemiska sammansättning, vilket är avgörande för att avgöra om stålet är lämpligt för återanvändning. Vid förstörande provning krävs endast små mängder av materialet, vilket kan erhållas genom kappning av delar vid demontering av en befintlig stålkonstruktion. Det är en viktig metod för att garantera att återanvänt stål kan uppfylla de krav som ställs på hållfasthet och säkerhet i nya byggprojekt (Boverket 2023).

Dragprovning är ett exempel på förstörande provning, där materialets sträckgräns och brottgräns mäts. En annan metod är slagprovning, som testar segheten genom att utsätta stålet för plötsliga stötar. Även kemisk sammansättning, som fastställer stålets egenskaper för exempelvis svetsbarhet är en användbar provningsmetod (Husson & Lagerqvist 2021). Tillsammans ger de viktig information om materialets egenskaper

men innebär att materialet förstörs, vilket gör dem mindre lämpliga för återanvändning jämfört med oförstörande provning (Boverket 2023).

2.18 Digitala hjälpmedel

Materialbanker

BAMB (Buildings as Material Banks) är ett europeiskt forskningsprojekt som var en del av EU:s Horizon 2020-program, där 15 aktörer från sju länder samarbetade, med målet att hjälpa byggbranschen mot ett cirkulärt tänk (Cefur 2019). Projektet bygger på idén att byggnader inte ska betraktas som avfallsgenererande strukturer, utan som temporära materiallager där byggprodukter, komponenter och råmaterial bevarar sitt värde över tid. Genom att utforma byggnader dynamiskt och flexibelt skapas bättre förutsättningar för demontering och återanvändning, vilket i sin tur minskar behovet av primära resurser och minimerar mängden avfall (Cefur 2019). BAMB fokuserar på tre centrala områden: utvecklingen av materialpass, implementering av reversibel byggnadsdesign samt cirkulär byggnadsbedömning. Dessa verktyg och metoder har testats och vidareutvecklats genom sex pilotprojekt runtom i Europa, med stöd av kompletterande policyförslag, affärsmodeller och beslutsstöd (Cefur 2019).

Materialpass

Materialpass är en datadriven metod med målet att förbättra cirkulariteten inom byggsektorn, genom att systematiskt dokumentera egenskaper hos byggprodukter (Mulhall et al. 2019). Genom att tillhandahålla detaljerad information om materialens tekniska specifikationer, hälso- och miljöaspekter samt historik av användning och installationer, syftar materialpass till att underlätta beslut kring återanvändning och återvinning av olika byggnadsdelar (Mulhall et al. 2019). Inom det europeiska forskningsprojektet BAMB har materialpass utvecklats som ett centralt verktyg för att främja en mer cirkulär byggindustri. Genom att bidra till standardisering av materialpass skapas förutsättningar för ökat samarbete mellan olika aktörer, såsom produkttillverkare, digitala byggevalueringsplattformar, produktbibliotek och marknadsplatser, vilket i sin tur stärker en hållbar och resurseffektiv materialhantering (Cefur 2019).

BIM

Byggnadsinformationsmodellering, även känt som BIM, har framträtt som en central metod för att förbättra hållbarhet och effektivisering i byggindustrin under de senaste åren. Genom att integrera detaljerad information om material, komponenter och deras egenskaper skapar BIM möjligheter att optimera byggprocessens alla skeden, från design till demontering och återbruk (SKL 2017).

Ett av de mest framträdande användningsområdena är förmågan att utföra simuleringar och analyser som kan identifiera hur olika materialval och konstruktionslösningar påverkar miljöpåverkan och återvinningspotential. Till exempel kan hållfasthetsdata eller livscykelanalyser kopplas till en BIM-modell för att säkerställa att valda komponenter uppfyller krav på återbruk och cirkularitet, samtidigt som de bidrar till att minska byggprojektets klimatpåverkan (SKL 2017)

Dessutom erbjuder BIM enligt Moshood et al. (2024) en obruten informationskedja som sträcker sig över hela byggnadens livscykel. Från design och uppförande till drift, underhåll och slutligen demontering. Genom att samla och strukturera informationen i en digital modell möjliggör BIM en mer exakt planering och effektiv hantering av demonteringsprocessen. Detta inkluderar detaljer om komponenternas placering, material och tekniska specifikationer, vilket gör det enklare att identifiera återanvändbara delar. På så sätt kan BIM bidra till att minimera materialspill och förbättra logistik för återbruk, vilket i sin tur främjar både ekonomisk och ekologisk hållbarhet (Moshood et al. 2024).

En betydande aspekt av BIM är dess kapacitet att integrera med digitala tvillingar, en teknologi som skapar en virtuell kopia av en fysisk byggnad eller komponent. En digital tvilling använder data från sensorer och andra digitala källor för att skapa en realtidsmodell som exakt speglar tillståndet hos det fysiska objektet. Genom att möjliggöra en tvåvägskommunikation mellan den digitala modellen och den fysiska byggnaden kan digitala tvillingar användas för att övervaka prestanda, planera underhåll och optimera demonteringsprocesser. Exempelvis kan en digital tvilling identifiera slitage på stålkonstruktioner eller spåra materialflöden, vilket säkerställer att resurser används så effektivt som möjligt. Denna teknologi stärker därmed BIM:s roll som en nyckelkomponent i DfD och återbruk av byggnadsmaterial (Moshood et al. 2024).

2.19 Ekonomi

Ekonomi kring återbrukat stål påverkas av flera faktorer som tillsammans spelar en avgörande roll för både priset och vinsterna med att använda återbrukat stål istället för nyproducerat. Kostnader för demontering, provning, transport, logistik och skrot är de centrala faktorerna som påverkar den totala ekonomin vid användning av återbrukat stål. Dessa faktorer har stor betydelse för hur konkurrenskraftigt återbrukat stål är jämfört med nyproducerat.

Demontering

En av de största kostnadskomponenterna för återbrukat stål är demonteringsprocessen. Demontering innebär att stålkonstruktioner som finns i gamla byggnader, broar eller andra strukturer noggrant tas isär för att återbruka materialet. (Rios, Chong & Grau 2015)

Kostnaden för demontering är beroende av flera faktorer, men beror framförallt på hur väl anpassad byggnaden är för att kunna demonteras. Att designa byggnaden för att i framtiden kunna demonteras medför en enklare och mer kostnadseffektiv demonteringsprocess (Rios, Chong & Grau 2015). Det är ofta mer arbetsintensivt och kräver en större kompetens att demontera stål på ett sätt som bevarar materialets egenskaper, jämfört med att riva och skrota stålet utan hänsyn till framtida användning. Enligt Husson (2022) framgår skillnaden i kostnad mellan att enbart riva en stålkonstruktion och att demontera den för återbruk. Skillnaden i kostnad mellan att enbart riva en konstruktion och att demontera den för återbruk framgår tydligt i flera studier. En finsk undersökning av en stålhall visade till exempel att medan den grundläggande rivningskostnaden var cirka 3,5 kr/kg, medförde demontering en

merkostnad på ungefär en tredjedel (Vares et al. 2020). I en kanadensisk studie var den rapporterade rivningskostnaden betydligt högre, cirka 32,2 kr/kg, vilket berodde på att den inkluderade hela byggnaden och inte enbart stålkonstruktionen. Trots denna skillnad i totalpris var den absoluta merkostnaden för själva demonteringsarbetet uppskattad till cirka 3,9 kr/kg (Yeung 2016). Samtidigt pekar andra undersökningar från Storbritannien på lägre siffror för återbruksprojekt, i intervallet 1,4 till 1,9 kr/kg (Dunant et al. 2018).

Exemplen visar att även om den grundläggande rivningskostnaden kan variera kraftigt beroende på projektets omfattning - från 3,5 kr/kg för enbart en stålkonstruktion till över 30 kr/kg för en hel byggnad - så är merkostnaden för den mer arbetsintensiva demonteringsprocessen mer konsekvent. En grov uppskattning baserad på dessa studier är att denna extra kostnad ligger på mellan 2 och 4 kronor per kilo (Husson 2022).

Inköpspriset för återbrukade komponenter är enligt Husson (2022) en kombination av skrotvärdet och kostnaden för demontering. Skrotpriser har ökat mycket på senare tid, år 2022 var kostnaden 4,5 kr/kg (Husson 2022). Priset för återvunnet stål är även det beroende av skrotpriset, men istället för demonteringskostnaden styrs det av den ovan billigare rivningen. En exakt siffra är svår att säga då det även till stor del beror på elpriset för nedsmältning i ljusbågsugarna.

Provning

Kostnaderna för provning av återbrukat stål inkluderar både en fast avgift per kontrollparti för förstörande provning och upprättande av provningsintyg, samt en kostnad per profil för oförstörande provning (Husson 2022). Den totala kostnaden per kilogram stål beror på profilens typ och storleken på kontrollpartiet. Större grupper av tunga profiler, som kombinerar både tvärsnitt och längd, är mer kostnadseffektiva då de ger en lägre kostnad per enhet stål (Husson 2022). Enligt en rapport publicerad av Husson (2022) kan kostnaderna för provning och kvalitetskontroll enligt storleksordningen ligga på 2-3 kronor per kilogram. Denna kostnad kan vara förutsägbar och planeras in i budgeten, vilket gör att den inte är lika svår att förutse som andra kostnader i återbruksprocessen.

Transport och logistik

En annan faktor som påverkar kostnaden för återbrukat stål är transporten. Dessa kostnader varierar beroende på avstånd och tillgång till lagringslokaler (Husson 2022). Utöver kostnader för lagring, såsom mark, byggnad och hantering, påverkas också resultaten av externa faktorer som inflation och prisutveckling (Husson 2022). En välplanerad logistik och samordning av transporter kan hjälpa minska kostnaderna, vilket är avgörande för att återbruket ska bli ekonomiskt konkurrenskraftigt.

Efterfrågan och skrotpriset

Priset på återbrukat stål påverkas också starkt av marknadens efterfrågan på stål i allmänhet och priserna på skrotmetaller (Husson 2022). När efterfrågan på stål är hög och marknaden pressas, kan det finnas ett ekonomiskt incitament att sälja stål som skrot snarare än att återbruka det, vilket kan öka kostnaderna för återbrukade material.

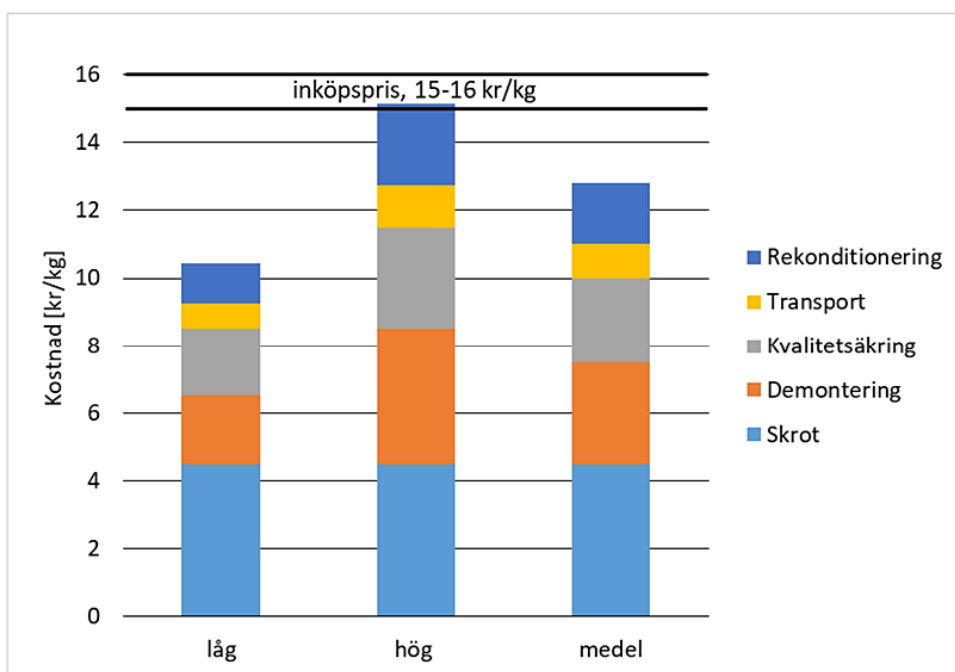
Skrotpriser tenderar även att fluktuera beroende på globala ekonomiska förhållanden, och när marknaden för nyproduktion av stål är låg, kan återbrukat stål även det bli billigare.

Rekonditionering

För att kunna återanvändas måste det demonterade stålet ofta rekonditioneras, vilket kan innebära att skadade eller slitna delar repareras och att rostskyddsbehandlings utförs. Rekonditioneringen sker genom en verkstadsprocess där återbrukade produkter ges samma egenskaper som nytillverkade (Husson 2022). Denna rekonditionering kan vara en tidskrävande och kostsam process beroende på materialets skick.

Kostnadsuppskattningar

Enligt Husson (2022) uppgår kilopriset för en obearbetad profil till ca 15-16 kr/kg.



Figur 2.5: Sammanfattning av kostnadsuppskattningar vid återbruk (Husson, 2022)

Detta innebär att den totala kostnaden för återbrukade stålkomponenter i de flesta fallen ligger i nivå med inköpspriset för nyproducerat stål, vilket Figur 2.5 visar. Låg representerar stål som enkelt kan demonteras och kräver lite provning, medan hög representerar svår-demonterat stål med hög kostnad för provning. Detta indikerar att återbruk kan vara ett kommersiellt gångbart alternativ, särskilt om de positiva miljöeffekterna kan motivera ett något högre pris (Husson 2022).

2.20 Tolkning av Regelverk

Enligt både PBL och PBF ligger det i byggherrens ansvar att säkerställa att alla återbrukade byggprodukter uppfyller gällande tekniska egenskapskrav. Detta omfattar exempelvis krav på bärförmåga och säkerhet vid användning (Boverket 2023). I praktiken innebär detta att återbrukade stålkonstruktioner måste genomgå samma verifieringsprocesser som nytt material, vilket ofta kräver omfattande provning, intyg och dokumentation. Dessa krav skapar både ekonomiska och administrativa hinder för ett brett införande av återbruk i byggbranschen.

Boverket konstaterar också att det i dagsläget saknas standardiserade rutiner och tydlig ansvarsfördelning för när och hur återbrukade bärverksdelar ska kontrolleras (Boverket, 2023). Denna osäkerhet skapar hinder inte bara för byggherrar, utan även för projektörer, kontrollanter och utförare som saknar vägledning i frågor om ansvar, kvalitet och genomförande.

2.21 Lägre klimatpåverkan med återbrukat stål

Klimatpåverkan från en byggnadskonstruktion fastställs enligt Husson (2022) vanligtvis genom en livscykelanalys, där miljöpåverkan bedöms för hela livscykeln, från råvaruutvinning till avfallshantering. Underlaget för analysen baseras antingen på produktspecifika miljövarudeklarationer (EPD) eller generiska data från standardiserade databaser. Boverkets klimatdeklarationer, som baseras på en generisk klimatdatabas, används som ett stöd för att kartlägga byggnaders miljöpåverkan i ett tidigt skede (Husson 2022).

Stena Stål lanserade 2024 marknadens första EPD för återbrukade stålbalkar, vilket markerar ett viktigt steg mot en mer cirkulär byggbransch (Stena Stål 2024). Enligt denna EPD kan användningen av återbrukade stålbalkar leda till en klimatbesparing på upp till 95 % jämfört med Boverkets generiska klimatdata för skrotbaserat stål. Den angivna klimatpåverkan för återbrukade balkar är så låg som 53 kg CO₂-ekvivalenter per ton, vilket tydligt visar återbrukets potential som en kraftfull klimatstrategi i byggsektorn (Stena Stål 2024). Samtidigt anger Stena Stål att deras återvunna stål har minskat från 1020 CO₂e/ton till 674 CO₂e/ton (Stena Stål 2024)

Liknande klimatbesparing gjordes i ett pilotprojekt mellan Sweco, Tibnor och DEKRA (Sweco 2023). Projektet visade att återbruk av stålprofiler från rivningsprojekt kan ge en klimatbesparing på hela 97 % jämfört med att använda nytt stål, utan att öka kostnaden. Projektet tog sin början i Malmös gamla svävarterminal, där stålprofiler demonterades, kontrollerades och såldes vidare (Sweco 2023). Vilket tyder på att återbrukat stål kan vara både ekonomiskt och miljömässigt hållbart.

Ett av de mest framträdande resultaten i rapporten “Reusing Heavy-Section Steel in Buildings” publicerad av Ochsendorf & Berglund-Brown (2025) är den tydliga skillnaden i klimatpåverkan mellan återbruk och återvinning av konstruktionsstål. Även om stål är ett av de mest återvunna materialen globalt, är omsmältning en energikrävande process som fortfarande orsakar höga utsläpp. Författarna lyfter detta

genom en sammanställning av befintliga miljövarudeklarationer, livscykelanalyser, samt en egen jämförande analys (Ochsendorf & Berglund-Brown 2025).

Resultaten visar att återbrukat stål generellt har betydligt lägre klimatpåverkan än återvunnet. Publicerade värden pekar på cirka 0,13 kg CO₂e per kg stål för återbrukat stål, jämfört med 1,23 kg CO₂e för återvunnet. Den egna analysen visar ett liknande mönster med 0,20–0,36 kg CO₂e/kg för återbrukat och 1,22–1,37 kg CO₂e/kg för återvunnet stål. Det motsvarar en klimatbesparing på upp till 91 %, i genomsnitt 74–83 % (Ochsendorf & Berglund-Brown 2025).

För att testa detta i praktiken analyserades nio verkliga byggprojekt i USA, med varierande storlek, stålvikt och transportavstånd. Resultaten visade att korta transportsträckor, under 40 mil, var avgörande för att uppnå låg klimatpåverkan. I dessa fall kunde utsläppen från återbruk sänkas till 0,17–0,22 kg CO₂e/kg, medan längre transporter, upp till 250 mil, ökade värdet till 0,49 kg CO₂e/kg, vilket fortfarande är markant under nivåerna för återvinning (Ochsendorf & Berglund-Brown 2025). Särskilt effektivt visade sig återbruket vara för tunga stålprofiler. Deras höga vikt i förhållande till hantering och transport innebär bättre klimatprestanda per enhet, särskilt vid lokal återanvändning.

3 Metod

Detta kapitel redogör för de metoder som använts för att samla in och analysera data i syfte att besvara examensarbetets frågor kring cirkulära stålkonstruktioner, DfD och återbruk. Initialt genomfördes en omfattande teoretisk genomgång för att etablera en teoretisk referensram och kartlägga befintlig kunskap, vilket presenterats i Kapitel 2. Därefter genomfördes en kvalitativ intervjustudie för att samla in empiriska data i form av erfarenheter och perspektiv från relevanta aktörer inom den svenska bygg- och stålbranschen. Nedan beskrivs genomförandet och de metodologiska valen för den kvalitativa undersökningen.

3.1 Kvalitativ intervjustudie

Med tanke på att återbruk av stål och DfD är relativt nya och fortfarande utvecklande område inom den svenska byggbranschen, bedömdes en kvantitativ metod som exempelvis en enkätundersökning vara mindre lämplig. En enkät riskerar att endast ge en ytlig bild och skulle ha svårt att fånga den komplexitet och de nyanser som krävs för att förstå de tekniska, ekonomiska och miljömässiga faktorerna (Bryman 2018). Vidare syftade studien till att dra nytta av den specifika expertkunskap och de erfarenheter som finns hos bransch-kunniga aktörer. Kvalitativa intervjuer möjliggör, till skillnad från standardiserade enkätfrågor, den flexibilitet som krävs för att ställa följdfrågor och utforska respondenternas resonemang på djupet (Bryman 2018). Detta var avgörande för att kunna identifiera och förstå de bakomliggande orsakerna till identifierade hinder och framgångsfaktorer.

För att fånga djupare insikter om praktiska erfarenheter, attityder, hinder och möjligheter kopplade till DfD och återbruk av stål genomfördes semi-strukturerade intervjuer. Den semi-strukturerade intervjuformen valdes eftersom den kombinerar en struktur med hjälp av intervjuguiden men även en viss flexibilitet. Intervjuguiden säkerställde att centrala teman kopplade till frågeställningarna täcktes i alla intervjuer, samtidigt som formatet tillät utrymme för följdfrågor och för respondenterna att utveckla sina svar och ta upp nya och relevanta aspekter som inte förutsågs. Detta möjliggjorde insamling av både jämförbar och djupgående information (Bryman 2018).

3.1.1 Urval av respondenter

En målstyrd urvalsmetod tillämpades för att medvetet välja ut respondenter med särskild kunskap och erfarenhet inom ämnesområdet, i syfte att säkerställa att insamlad information skulle vara så relevant och insiktsfull som möjligt (Bryman 2018). Kriteriet var att deltagarna skulle ha direkt yrkeserfarenhet av stålkonstruktioner, DfD, återbruk, rivning eller demontering inom den svenska byggkontexten. Målsättningen var att få en spridning av perspektiv från olika delar av värdekedjan. Fem respondenter med roller såsom konstruktör, återbruksspecialist (från både rivnings- och leverantörsled), teknisk specialist och projekteringsledare inkluderades. Respondenterna identifierades genom tidigare projekt inom återbruk av stål samt genom professionella nätverk och kontaktades därefter via e-post.

Vid urvalet av respondenter eftersträvades inkludering av individer med specifik kunskap inom återbruk av stål och DfD. Det visade sig dock vara en oväntat tidskrävande process att identifiera och engagera personer som fullt ut mötte dessa högt ställda kompetenskrav. Denna utmaning blev särskilt tydlig vid kontakt med representanter från större, väletablerade aktörer inom bygg- och stålindustrin. Svårigheten att finna ett brett urval av djupt insatta experter speglade möjligen att spetskompetens inom detta relativt nya och specialiserade fält fortfarande var under utveckling, eller att den var koncentrerad till ett mindre antal nyckelpersoner.

3.1.2 Datainsamling

Intervjuerna genomfördes i April 2025 via Zoom eller Teams beroende på vad respondenten föredrog. Varje intervju varade ungefär 15-30 minuter. Samtliga respondenter gav sitt samtycke till deltagande och röstinspelning. Inspelningarna användes för att säkerställa korrekt återgivning av respondenternas utsagor under arbetet.

Syftet med intervjufrågorna är att ge en djupare inblick i hur DfD och återbruk av bärande stålkonstruktioner används i den svenska byggbranschen. Frågorna är strukturerade för att samla in empiriska data gällande respondenternas erfarenheter och perspektiv på nuvarande metoder, identifierade hinder samt potentiella möjligheter och drivkrafter för att främja en mer cirkulär stålanvändning. För att säkerställa att datainsamlingen direkt adresserade studiens syfte och forskningsfrågor utformades en semi-strukturerad intervjumall. De fyra forskningsfrågorna bröts ned till konkreta teman, vilka sedan utgjorde stommen i mallen. Genom att strukturera intervjumallen kring ämnesområden som "Inspektion & återbruk" eller "Hinder och möjligheter" säkerställdes att de insamlade svaren skulle ha hög relevans och en tydlig koppling till syftet. Därefter påbörjades bearbetningen av det insamlade intervjumaterialet. Här under finns intervjumallen som använts under intervjuerna:

Bakgrund

1. Kan du kort beskriva din roll och hur du arbetar med stål i byggprojekt?
2. Hur länge har du arbetat inom byggbranschen?

Stommen

3. Har du varit involverad i projekt där demonterbarheten beaktats redan i planeringsprocessen?
 - Om ja: Hur gick det till, och vilka lösningar användes?
 - Om nej: Vad tror du är orsaken till att det inte beaktades?
4. Vad tror du är de största skillnaderna mellan traditionella stålstommar och de som utformats med demontering i åtanke?
5. Har du deltagit i projekt där man försökt återbruka stålkomponenter? Hur gick det i så fall till?
6. Vilka delar i stålstommen tror du lämpar sig bäst för demontering och återbruk?

Inspektion & återbruk

7. Vilka metoder använder ni för att bedöma skick och hållbarhet på stål vid återbruk?
8. Tror du att nya inspektionsmetoder kan underlätta återanvändningen av stålkomponenter i nya byggnader?

Hinder och möjligheter

9. Vilka hinder ser du med att återanvända/återbruka stål?
10. Vilka möjligheter ser du med att återanvända/återbruka stål?
11. Hur upplever du att ekonomiska faktorer påverkar möjligheten att arbeta med återbruk av stål?
12. Finns det några lagar, regler eller krav som gör det svårt att arbeta med återbruk eller demonterbara konstruktioner?
13. Ser du att beställare, byggherrar eller entreprenörer efterfrågar demonterbara- eller återbruksbara stålkonstruktioner?

Cirkularitet

14. Vilka miljömässiga fördelar tror du att designa för demontering kan bidra med?
15. Vilka miljömässiga fördelar tror du att återbrukade stålkonstruktioner kan bidra med?
16. Hur förhåller ni er till miljöcertifieringar?

Framtid & utveckling

17. Vilken roll tror du att digitala verktyg, såsom materialpass, loggböcker eller BIM, kan spela för att underlätta demontering och återbruk i framtiden?
18. Vilka förändringar tror du behövs för att återbruk och demonterbarhet ska bli en naturlig del av byggbranschen?
19. Är det något vi inte har tagit upp som du tycker är viktigt i sammanhanget?

Efter genomförandet av intervjuerna uppmärksammades att ordet "återanvändning" har använts. Ett mer konsekvent användande av termen "återbruk" hade möjligen varit att föredra, för att tydligare ansluta till etablerat branschspråk. Begreppen "återbruk" och "återanvändning" har i detta arbete använts synonymt, för att beskriva processen där befintliga stålkomponenter tas tillvara och används igen i nya eller anpassade bärande konstruktioner, utan att genomgå en omsmältningprocess. Misstaget uppmärksammades av en respondent, men vid det laget hade frågan redan ställts till andra respondenter, varför begreppet behölls genomgående i intervjuguiden.

3.2 Dataanalys

Bearbetningen av intervjumaterialet från de fem semi-strukturerade intervjuerna utgick från principer för tematisk analys, en metod lämpad för att identifiera, analysera och rapportera mönster "teman" i kvalitativ data (Bryman, 2018). Bryman (2018) belyser utmaningen med kvalitativa datas omfattning, en "attraktiv plåga", vilket understryker behovet av en strukturerad analysansats.

I denna studie styrdes den tematiska analysen primärt av de fyra frågeställningarna, vilka användes som övergripande kategorier. Detta val gjordes för att säkerställa att analysen direkt adresserade studiens syfte. I intervjumaterialet identifierades därefter teman, som placerades inom respektive kategori. Under analysprocessens gång blev det dock nödvändigt att förfinas och anpassa de analytiska utgångspunkterna efterhand som insikter från intervjumaterialet framkom, för att säkerställa att de identifierade temana i huvudsak var relevanta och centrala för studien. De delar av det empiriska materialet som innehöll värdefulla och intressanta aspekter men som inte direkt rymdes inom de fyra huvudfrågeställningarnas ramverk, har sammanställts och lyfts fram i kapitel 4.5 och har döpts till "Förutsättningar för ökat återbruk". Denna del inkluderades för att ge en mer heltäckande bild av respondenternas samlade perspektiv och för att säkerställa att inget viktigt i intervjuerna missades.

Processen bestod därefter av upprepade genomlysningar av de inspelade samtalen, följt av citatutdrag och skriftliga sammanfattningar av intervjuerna, i syfte att identifiera data som var relevanta för studien. Därefter analyserades materialet för att urskilja återkommande utsagor, skilda perspektiv och specifika erfarenheter rörande DfD och återbruk av stålkonstruktioner.

Genom att strukturera analysen kring forskningsfrågorna kunde den omfattande datamängden hanteras, samtidigt som djupet i respondenternas svar kunde bibehållas. Denna ansats möjliggjorde en fördjupad förståelse för de hinder, möjligheter och praktiska aspekter som respondenterna upplevt inom området, vilka presenteras i Kapitel 4.

3.3 Etiska överväganden

Konfidentialitet och anonymitet har upprätthållits genom hela processen. Inga namn på respondenter eller deras specifika arbetsplatser anges i rapporten. Informerat samtycke inhämtades från samtliga deltagare innan intervjuerna påbörjades, där de informerades om studiens syfte, hur data skulle användas och att deras deltagande var helt frivilligt och kunde avbrytas när som helst utan förklaring. Inspelat material har förvarats säkert och kommer att raderas efter examensarbetets godkännande.

3.3.1 Respondenternas roller

En sammanställning av de respondenter som deltagit i den kvalitativa intervjustudien visas i Tabell 4.1, där deras yrkesroller, antal års erfarenhet och storleken på deras respektive arbetsgivare i Sverige specificeras.

Tabell 4.1: Översikt över studiens respondenter

Respondent	Roll	Erfarenhet	Antal anställda i Sverige
Respondent 1	Återbruksspecialist	17 år	70
Respondent 2	Branschspecialist Återbruk	6 år	230

Cirkulära Stålkonstruktioner - Design För Demontering & Återbruk

Respondent 3	Gruppchef stålkonstruktion	20 år	6500
Respondent 4	Teknisk Specialist Stål	18 år	340
Respondent 5	Stålprojekteringsledare	12 år	500

4 Resultat & Analys

I detta kapitel presenteras och analyseras de empiriska resultaten som framkommit genom studiens fem semistrukturerade intervjuer i Bilaga A. Resultatredovisningen är primärt strukturerad tematiskt kring de fyra forskningsfrågorna, där varje del följs av en analys som kopplar resultaten till den teoretiska referensramen och tidigare forskning. Kapitlet breddar därefter perspektivet genom att diskutera övergripande förutsättningar som kan främja ett ökat återbruk av stålstommar. Slutligen innehåller kapitlet en illustrativ figur som visualiserar återbruksprocessens olika steg, tillsammans med de möjligheter och utmaningar som identifierats i varje fas.

4.1 Hur bör en bärande stålstomme utformas för att underlätta demontering och möjliggöra återbruk av komponenterna?

Resultat

För att underlätta framtida demontering och återbruk framhåller respondenterna utformningen av förbanden som den absolut mest kritiska faktorn. Respondenterna är överens om att bultade eller skruvade förband är överlägsna svetsade lösningar ur demonteringssynpunkt. Det framgick dessutom att skruvförband ofta föredras redan idag av praktiska skäl:

”För det första är det betydligt enklare att montera något med skruv på byggarbetsplatsen. Svetsning kräver både slipning och efterföljande målning, vilket är ineffektivt och ogärna utförs på plats.”

- Respondent 3

Bultade förband möjliggör att stålet kan tas ner utan att skadas, vilket enligt Respondent 1 gör dessa "optimala för återbruk". Svetsning däremot kräver kapning eller skärning, vilket skadar materialet, är mer tidskrävande, kostsamt och medför brandrisker. Även om majoriteten av förbanden ofta är skruvade, nämndes det att vissa entreprenörer föredrar svetsning och andra skruvning.

En annan central aspekt är åtkomligheten till stålelementen och deras förband. Det framgick att även bultade förband förlorar sitt värde ur demonteringssynpunkt om stålet byggs in i betong eller kläs in bakom skivor. Att behöva riva fram stålet blir då en "dyr och resurskrävande process" enligt Respondent 1. Efterkonstruktioner som håltagningar eller påsvetsade detaljer kan försvåra eller omöjliggöra återbruk. Respondenterna är eniga om att det krävs ett helhetsperspektiv där olika byggnadsdelar samspelar för att DfD ska fungera:

”Inte bara göra sitt demonteringsbart, utan också samspela med andra för att kunna demontera och återanvända så mycket som möjligt”

- Respondent 1

Utöver val av förband och åtkomlighet, lyftes en intressant koppling mellan befintliga kvalitetsstandarder och planering för demontering. Det noterades att kravet på en detaljerad montageplan enligt standarden EN 1090 indirekt innebär att en

demonteringsplan logiskt kan skapas som en motsatt process. Att ha en sådan plan ses som en viktig faktor som underlättar framtida demontering

Valet av komponenter och standardisering påverkar också potentialen för demontering. Användning av standardprofiler (HEA, HEB, VKR, KKR) nämns och att eftersträva långa, "rena" balkar med få infästningar är idealet. Pelare anses ofta lämpliga om de inte är specialanpassade, medan komplexa element som fackverk kan vara svårare att demontera.

Respondenterna är eniga att det krävs ett förändrat tankesätt och tidig planering. Det konstaterades att de som designat byggnader historiskt sällan haft demontering i åtanke, samtidigt som det betonades att DfD handlar om ett nytt förhållningssätt. Respondent 5 framhåller att utvecklingen mot demonterbara lösningar måste drivas av beställarna, genom att de ställer tydliga krav på DfD.

Analys

Studiens resultat visar en stark enighet bland respondenterna kring de mest grundläggande principerna för DfD i stålkonstruktioner, mekaniska förband och god åtkomlighet. Detta överensstämmer väl med internationella standarder som SS-ISO 20887:2021 och forskning inom området (Fahlén et al. 2017; Kitayama & Iuorio 2023). Respondent 3 påpekar att skruvförband redan ofta är den föredragna metoden vid montering, vilket indikerar att en grundläggande teknisk förutsättning för DfD i många fall redan finns på plats.

Trots detta framkommer det tydligt i intervjuerna att DfD sällan implementeras organiserat från projektstart. Respondenternas erfarenhet antyder att DfD inte är etablerad praxis, trots att tekniken i grunden är känd, vilket dessutom bekräftas av litteraturen (Ostapska et al. 2024). Denna oenighet mellan teknisk möjlighet och faktisk tillämpning tyder på att utmaningen inte främst är av teknisk natur. I stället handlar det om att förändra perspektivet. Från att enbart planera för uppförandet av en byggnad till att också inkludera planering för dess framtida nedmontering. Då byggnadens livslängd är slut eller dess funktionella behov förändrats.

Vad som kan vara en orsak till att stålstommar byggs in och försvårar demontering, är kraven på brandskydd. Eftersom stålets bärförmåga reduceras vid höga temperaturer enligt Bruno et al. (2009) hanteras detta ofta genom inklädnad eller betongingjutning, vilket skapar en direkt konflikt med DfD-principerna om åtkomlighet. Litteraturen pekar på alternativa brandskyddsmetoder som brandskyddsfärger (Bruno et al. 2009), men Respondent 3 uppger att sådant stål i nuläget inte är önskvärt i de återbrukssammanhang han arbetat med. Detta kan antyda praktiska svårigheter med rekonditionering, osäkerhet kring bedömning av stålets skick under färgen, eller andra faktorer som gör alternativet mindre attraktivt i nuvarande återbruksprocesser.

Respondenternas fokus på bultade/skruvade förband och standardprofiler kan indikera att den svenska praktiken kring DfD ännu befinner sig i ett relativt tidigt skede. Vilket också kan spegla den långsamma implementeringen av nya teknologier inom byggbranschen som Kitayama och Iuorio (2023) påtalar.

4.2 Vilka fördelar respektive nackdelar medför det att redan i designstadiet planera för demontering och möjligt återbruk av bärande stålkonstruktioner?

Resultat

Att integrera principer för demontering, återbruk och DfD i designstadiet medför tydliga fördelar, men även utmaningar. Det framgick att den i särklass största fördelen är den positiva miljö- och klimatpåverkan. Respondent 2 refererade till EPD-data som visade att återbrukat stål kan ha en klimatpåverkan så låg som 53 kg CO₂e per ton stål. Respondent 4 nämnde EPD:er i spannet 50–60 kg CO₂e per ton för återbrukat stål. För nytt stål uppgavs klimatpåverkan till 674 kg CO₂e per ton av Respondent 2, medan Respondent 4 angav cirka 500 kg CO₂e per ton för nya balkar. Det poängteras att den enda miljöpåverkan från återbrukat stål i princip bara är transport, Respondent 1 säger såhär ”Klimatpåverkan från transporten mellan återbruksplats och köpare är i sammanhanget försumbar, särskilt i jämförelse med den energi och de utsläpp som krävs för att producera nytt stål”.

En annan viktig fördel med DfD är att det förenklar och effektiviserar demonteringsprocessen, vilket gör den mer kostnadseffektiv, särskilt om bultade och lättåtkomliga förband har använts. En respondent beskriver det som ett "bakvänt lego". Detta kan trots andra kostnader leda till ekonomiska fördelar i längden. Återbruk av stålelement kan ge "stora besparingar både för miljön och i många fall även för projektets totala ekonomi".

DfD möjliggör också cirkulära flöden och nya affärsmodeller. Respondent 2 nämner ett exempel som går ut på att deras företag kan lämna offerter på att köpa tillbaka material som enbart ska användas i temporära konstruktioner. Att arbeta med återbruk stärker också företags hållbarhetsprofil och möter en ökande efterfrågan. Branschen adresserar dessa utmaningar genom samverkansinitiativ som LFM30, där Respondent 2 är involverad och där man specifikt arbetar med metoder för DfD och effektiv demontering.

En specifik utmaning kan uppstå när synliga och lättåtkomliga skruvade kopplingar, krokar med andra designkrav. Det lyftes fram att detta främst gäller i byggnader där arkitektonisk gestaltning väger tungt, såsom kontorsbyggnader, till skillnad från mer funktionsstyrda byggnader som hallar eller parkeringshus där synliga konstruktionsförband ofta är mer accepterade. I projekt med höga estetiska ambitioner kan synliga bultförband upplevas som störande eller inte passa in i den önskade designen. Utöver det visuella nämndes även funktionella krav som en potentiell begränsning och ger hygienstandarder som ett konkret exempel där synliga förband med skrymslen och vrår kan vara olämpliga.

Respondent 3 framhåller att skruvförband ofta redan är den eftersträlvade metoden i deras projekt. Det bekräftas dessutom att många byggnader redan har uppförts med bultade lösningar, och att användningen av standardiserade bultstorlekar ofta förenklar demonteringsarbetet.

Analys

Studiens resultat framhåller miljö- och klimatnyttan som den främsta drivkraften för återbruk av stål. Respondenternas hänvisning till EPD-data ligger i linje med resultat från med CO₂-reduktioner på upp till 90-95% (Ochsendorf & Berglund-Brown 2025; Stena Stål 2024; Sweco 2023; Boverket 2025). Reduktionen av koldioxid gör återbruk till en strategiskt viktig åtgärd för att nå byggsektorns och Sveriges klimatmål. Denna potential placerar återbruk högt upp i avfallshierarkin, som ett klart bättre alternativ än materialåtervinning, vilket också betonas i teorin (Europaparlamentet och rådet 2008). Enligt Boverkets klimatdatabas och tabell 5.1 framgår det tydligt att olika typer av stål har varierande klimatpåverkan: återbrukat stål har den lägsta, malmbaserat den högsta och återvunnet stål hamnar däremellan. Differensen i utsläpp mellan värden beror på stor del på att Boverkets Klimatdatabas använder en konservativ schablonfaktor, som multipliceras med genomsnittliga utsläppsvärden för respektive produktkategori. Vilket skapar ett riktvärde som många företag strävar efter att underskrida för att uppfattas som klimatmedvetna. Mot denna bakgrund framstår den låga återbruksgraden på 1,5–15% av stål som nämns av Orenlla och Iurio som en outnyttjad potential i arbetet för minskade klimatutsläpp.

Utöver miljöaspekten pekar resultaten på att DfD kan leda till en mer kostnadseffektiv demonteringsprocess, vilket Respondent 1 liknar vid ett "bakvänt lego". Detta kan på sikt ge ekonomiska fördelar för projektets totala ekonomi. Denna potential till effektivisering är en direkt följd av DfD-principerna. Hussons (2022) studie visar att den totala kostnaden för återbrukat stål, inklusive alla led som demontering, provning och rekonditionering, ofta hamnar på samma nivå som nytt stål. Detta kan indikera på att även om själva demonteringen blir effektivare, så är det den totala värdekedjan och dess kostnader som behöver optimeras för att återbruk ska bli ett genomgående mer ekonomiskt fördelaktigt alternativ. Respondent 1:s påpekande om "ekonomiska fördelar i längden" kan tolkas som att värdet av det återbrukade stålet vid en framtida försäljning eller användning i ett nytt projekt då realiserar.

De nackdelar eller utmaningar som lyfts fram är främst kopplade till designkonflikter. Respondent 5 pekar på att synliga och lättåtkomliga kopplingar, idealiska för DfD, kan krocka med arkitektoniska ambitioner i exempelvis kontorsbyggnader, eller med funktionella krav som hygienstandarder. Detta visar på att DfD inte är enbart en teknisk fråga, utan kräver, som analysen i 5.1 berör, ett integrerat förhållningssätt och tidig dialog mellan alla involverade. Att skruvförband ofta redan är eftersträfvade är dock en positiv utgångspunkt. Utmaningen ligger i att hitta designlösningar som balanserar demonterbarhet med andra regelmässiga krav, vilket kan kräva mer innovativt tänkande i designprocessen än vad som är standard idag

4.2.1 Beräkning klimatpåverkan

I tabell 5.1 Nedan presenteras en sammanställd tabell på koldioxidutsläppen som framkommit i studien.

Cirkulära Stålkonstruktioner - Design För Demontering & Återbruk

Tabell 5.1: Jämförelse av koldioxidutsläpp för stål (A1-A3) från primär råvara, återvunnet material och återbrukat material, enligt olika källor.

Ursprung	Primär råvara (kg CO ₂ e/ton) (P)	Återvunnet (kg CO ₂ e/ton) (R)	Återbrukat (kg CO ₂ e/ton) (Å)
Boverket	3150	1130	0
Stena stål		674	53
Hybrit	2200	-	-
Ochsendorf & Berglund-Brown	-	1230	130
Respondent 4	-	500	50-60
<i>Medelvärde</i>	<i>2675</i>	<i>883</i>	<i>79</i>

För att illustrera den potentiella klimatnyttan med olika strategier för stålhantering presenteras nedan tre scenarier. Beräkningarna baseras på ett hypotetiskt behov av 10 ton stål per livscykel för en byggnad, över totalt tre livscykler. Medelvärden för koldioxidutsläpp från tabell 5.1 används vid beräkningen.

Referensscenario: Primär råvara skulle användas för alla tre livscyklerna (P-P-P):
 Totalt utsläpp = $3 \cdot (10 \text{ ton} \cdot 2675 \text{ kg CO}_2\text{e/ton}) = 80250 \text{ kg CO}_2\text{e}$.

Scenario 1: Återvunnet stål används tre gånger (R-R-R)

Livscykel: $10 \text{ ton} \cdot 883 \text{ kg CO}_2\text{e/ton} = 8830 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Totalt koldioxidutsläpp: $3 \cdot 8830 \text{ kg CO}_2\text{e} = 26490 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Scenariot: Detta scenario analyserar de totala koldioxidutsläppen under antagandet att återvunnet stål används för var och en av de tre betraktade livscyklerna.

Scenario 2: Återvunnet stål 1 gång, sedan återbrukat stål 2 gånger (R-Å-Å)

Livscykel 1: $10 \text{ ton} \cdot 883 \text{ kg CO}_2\text{e/ton} = 8830 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Livscykel 2 & 3: $10 \text{ ton} \cdot 79 \text{ kg CO}_2\text{e/ton} = 790 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Totalt koldioxidutsläpp: $8830 + 790 + 790 \text{ kg CO}_2\text{e} = 10410 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Scenariot: Detta scenario analyserar de totala koldioxidutsläppen när återvunnet stål används för den första livscykeln, och detta stål sedan återbrukas för de två efterföljande livscyklerna.

Scenario 3: Återbrukat stål används tre gånger (Å-Å-Å)

Livscykel: $10 \text{ ton} \cdot 79 \text{ kg CO}_2\text{e/ton} = 790 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Totalt koldioxidutsläpp: $3 \cdot 790 \text{ kg CO}_2\text{e} = 2370 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Scenariot: Detta scenario analyserar de totala koldioxidutsläppen under förutsättningen att återbrukat stål används för var och en av de tre betraktade livscyklerna, vilket förutsätter en initial tillgång på återbrukningsbart stål.

$$\text{Procentuell besparing} = 1 - \frac{\text{Scenariots totala utsläpp}}{\text{Referensscenario}} \cdot 100\%$$

Tabell 2: Resultaten sammanställda i en tabell med procentuell besparing vs värsta scenariot med P-P-P

Scenario	Totalt CO ₂ e-utsläpp (3 livscyklar)	Procentuell besparing vs stål av primär råvara
Alltid primär råvara (P-P-P)	80 250 kg	~0%
1. Återvunnet 3 gånger (R-R-R)	26 490 kg	~67%
2. Återvunnet 1 gång, sedan återbrukat 2 ggr (R-Å-Å)	10 410 kg	~87%
3. Återbrukat 3 gånger (Å-Å-Å)	2 370 kg	~97%

4.3 Hur kan inspektionsmetoder underlätta bedömningen av stål för att möjliggöra återbruk i nya byggnader?

Resultat

Kvalitetssäkring och verifiering av återbrukat stål är fundamentalt för säker återanvändning. Respondenterna beskriver en process som i hög grad styrs av branschstandarden MVR BS04:2021 vilken syftar till att säkerställa kvaliteten hos återanvänt stål. Flera respondenter bekräftar att deras verksamhet följer denna standard, som fungerar som en teknisk specifikation. Processen innefattar flera steg:

1. Inventering och Dokumentation: Spårbarhet är avgörande. Information om dimension, ursprunglig funktion och placering dokumenteras. Tillgång till ursprungliga materialcertifikat bör underlätta arbetet framöver, men är tyvärr ovanliga att hitta. Utan dessa certifikat krävs mer omfattande provning för att identifiera vilken typ av stålqualität det är. Det nämns att stål tillverkat före 1972 generellt inte är aktuellt att använda vid återbruk anledningen nämns ej.
2. Visuell Kontroll och Mätning: Materialet inspekteras visuellt och mäts för att kontrollera dimensioner, toleranser och raket. Vikten av grundläggande materialförståelse redan vid granskning på plats betonas.
3. Provning (Oförstörande och Förstörande): Omfattningen styrs av MVR-procedurerna. Den manuella provtagningen beskrivs där en yta slipas upp med vinkelslip. Det poängteras att det krävs flera identiska profiler för att förstörande provning ska vara kostnadseffektiv.
4. Verifiering och Deklarering: Resultaten sammanställs i provningsintyg som ska visa att stålet uppfyller samma krav som nytt CE-märkt stål. Respondent 4 framhåller det personliga ansvaret:

”Vi kommer fortfarande behöva prova stålet som verifierat - det är jag personligen som skriver under dokumentet som ska gå vidare som kvalitetssäkring”

- Respondent 4

”Det handlar om att prova, verifiera och deklarerera”

- Respondent 4

Respondenterna ser stor potential i nya inspektionsmetoder och digitala verktyg. Digitala verktyg som BIM, materialpass och digitala tvillingar förväntas revolutionera framtiden genom förbättrad spårbarhet och centraliserad information. BIM och digitala tvillingar kan redan idag användas för att till exempel lokalisera infästningar och därmed minska behoven av platsbesök.

Det föreslogs även förenklade bedömningsmodeller med säkerhetsfaktorer som en framtida väg för att underlätta återbrukandet av stålstommar. Det lyftes att ett automatiserat "visionsystem" skulle kunna användas för att kontrollera att komponenter är raka och uppfyller toleranskraven. Trots att tekniken redan finns tillgänglig bedöms en investering i dagsläget inte som lönsam.

Analys

Intervjuerna visar att den svenska branschen har tagit viktiga steg mot standardiserad kvalitetssäkring genom MVR BS04:2021. Respondenternas beskrivning av processen indikerar att en struktur finns på plats för att säkerställa att återbrukat stål uppfyller krav motsvarande nytt stål enligt EN 1090-1/-2, vilket är centralt för att skapa förtroende (Boverket 2016; SIS 2024). Samtidigt belyser resultaten de praktiska och ekonomiska svårigheterna. Beroendet av dokumentation missgynnar äldre stål eftersom de hamnar i MVR-standardens mer krävande och kostsamma procedurer (C och D). Kostnaden för provning, särskilt för små eller varierade partier, lyfts upp som ett signifikant hinder. Det faktum att enbart Respondent 2 nämner något relaterat till oförstörande provningsmetoder, trots att dessa lyfts fram i teoridelen, kan tyda på att valet och tillämpningen av sådana metoder i praktiken i första hand hanteras av specialister som anlitas externt och inte är lönsamma investeringar i dagsläget vilket Respondent 2 nämner.

Ett stort hopp ställs enligt flera respondenter till digitalisering. Att samtliga respondenter lyfter fram verktyg som BIM, materialpass och digitala tvillingar som viktiga framtidslösningar är intressant och ligger i linje med vad som framkommer i teorin (SKL 2017; Moshood et al. 2024; Cefur 2019; Mulhall et al. 2019). Specifikt lyfts möjligheten att med dessa verktyg lokalisera infästningar i befintliga konstruktioner. Detta bör resultera i effektivisering av inventerings- och planeringskedjet för demonteringen, genom att det minskar behovet av tidskrävande platsbesök. När exakt information om förbandens typ och position finns tillgänglig i digitalt format skapas goda förutsättningar för att planera demonteringsstrategier med högre precision, vilket är avgörande för en effektiv demonteringsprocess. Respondent 3 formulerade problemet som "lätt framåt - svårt bakåt", då digitaliseringen i första hand underlättar identifiering av material i nyare byggnader. För det befintliga byggnadsbeståndet, som ofta saknar digital dokumentation, kvarstår däremot stora utmaningar. Detta försvårar identifieringen av material och innebär att planeringen av demonteringen av äldre byggnader sannolikt inte blir lika enkel som för byggnader där digital dokumentation funnits tillgänglig redan från projekteringen. Resultaten visar på en konkret och redan idag realiserbar fördel med digitala verktyg. Samtidigt pekar Respondent 3 generellt på utmaningar kopplade till det äldre fastighetsbeståndet, där avsaknaden av digital dokumentation försvårar möjligheterna att dra nytta av digitaliseringens potential.

4.4 Vilka är de huvudsakliga hindren respektive möjligheterna för att öka återbruket av bärande stålkonstruktioner?

Resultat

Intervjuerna ger en tydlig bild av de faktorer som idag hämmar respektive främjar ett ökat återbruk av bärande stålkonstruktioner.

Hinder

Det mest framträdande hindret enligt samtliga respondenter är ekonomin. Kostnaderna för demontering, åtkomst, provning, transport och rekonditionering gör att återbrukat stål ofta kostar lika mycket eller mer än nytt. Vilket minskar incitamenten.

Själva demonteringsprocessen pekas ut som en ”stor flaskhals”, då den är tidskrävande och kräver varsamhet. Vilket står i kontrast till traditionella, snabba rivningsmetoder. Respondent 1 trycker på den dyra kostnaden om stålet inte är lättillgängligt enligt citatet:

”Om processen att komma åt stålet är för dyr, kommer det inte bli något återbrukat stål alls”

- Respondent 1

Utöver kostnaden för själva demonteringen och logistiken, utgör även provningen och kvalitetssäkringen av det återbrukade stålet ett hinder, både praktiskt och ekonomiskt, enligt flera respondenter. Verifieringsprocessen beskrivs som "omfattande och kostsam", vilket leder till att vissa entreprenörer hellre väljer nytt stål. Respondent 3 specificerar att provningen snabbt blir kostsam om man inte har tillgång till flera exemplar av samma profiltyp, eftersom varje typ annars måste testas separat. Samma respondent påpekar också att kostnaden för provningen sänks och processen förenklas om det finns någon form av ursprunglig dokumentation som indikerar stålkvaliteten, då färre tester behöver göras.

Ett annat centralt hinder som lyfts fram är den begränsade tillgången på lämpligt återbrukat stål på marknaden. Enligt respondent 5 är tillgången det främsta hindret: "Största hindret är tillgång till återanvänt stål”

- Respondent 5

Orsakerna till detta är flera. Traditionella rivningsmetoder pekas specifikt ut, där man inte varsamt demonterar utan snarare trycker ner allt med stora maskiner. Detta gör att mycket potentiellt återbrukbart material går förlorat och istället blir skrot. Respondent 4 nämner att när stålet väl hamnat i skrotcontainern är möjligheten till återbruk förlorad på grund av avfallsdirektiven. Logistik och lagring kan även det vara en utmaning, även om tidig inventering ungefär 1-2 år före rivning, kan göra planeringen för materialens framtid enklare.

Respondent 4 pekar på att det finns hinder i form av etablerade uppfattningar inom branschen och säger såhär ”Det finns en massa bransch tyckande som måste jobbas bort”. Enligt Respondent 4 handlar det om att förändra det "generella tänket".

Samtidigt uttrycker Respondent 1 en önskan om att återbruk ska normaliseras och bli en självklarhet och uttrycker det såhär:

”Det måste vara kotymt att man försöker demontera och sedan återbruka, det ska liksom vara standarden”

- Respondent 1

Utöver de mer konkreta hindren framkommer även andra hämmande faktorer. Brist på tydliga branschgemensamma riktlinjer om korrekta metoder för återbruk pekas ut. Samtidigt betonas behovet av ursprunglig dokumentation är fördelaktig, eftersom verifikationen av äldre stål utan dokumentation skapar svårigheter och kan leda till merkostnader för provning. Vidare utgör bristande kunskap och utbildning på området ett hinder, där det konstateras att återbruk fortfarande är "nytt för många". Respondent 1 menar att vi måste höja kunskapsnivån genom hela kedjan från hantverkare till chefer.

Möjligheter

Den i särklass största fördelen med återbrukat stål är den positiva miljöpåverkan. Återbruk minskar koldioxidutsläppen drastiskt jämfört med nyproduktion, vilket samtliga fem respondenter ser som en stark drivkraft. Särskilt med ökande krav på klimatdeklarationer och miljöcertifieringar. Parallellt finns en ökande efterfrågan från marknaden, där beställare i högre grad efterfrågar cirkulära lösningar och återbrukat material. Denna efterfrågan drivs, bland annat av beställares egna klimatmål och en vilja att profilera sina projekt som miljömedvetna. Respondent 4 uppskattar att efterfrågan är betydligt större än tillgången:

”Betydligt fler som vill ha återbrukat än vad som finns”

- Respondent 4

Samtliga respondenter är överens om att de tekniska möjligheterna för återbruk är goda, framför allt när bultade förband och standardprofiler används. För att realisera denna potential pekas utvecklingen av nya affärsmodeller och ett aktivt engagemang från rivningsentreprenörer ut, men även behovet av utökad samverkan inom branschen i ett tidigt skede understryks. Erfarenheter från lyckade pilotprojekt och projekt som Varvsstaden i Malmö som nämns, bekräftar att återbruk av stål fungerar i praktiken. För framtiden ser alla respondenter en avgörande roll för digitala verktyg som BIM, materialpass och digitala tvillingar för att förbättra spårbarhet och kvalitetssäkring.

Analys

Resultaten som lyfts fram i studien visar att den centrala problematiken kring återbruk av stål, ett område som präglas av en tydlig barriär mellan lovande möjligheter och en påtaglig tröghet. Den ofta ogynnsamma ekonomin, där återbrukat stål sällan är billigare än nytt, ett faktum som både respondenterna och Husson (2022) vittnar om, utgör en grundläggande barriär. Denna ekonomiska olönsamhet kan, som Respondent 1 nämner, direkt kopplas till de initiala kostnaderna för att varsamt demontera och tillgängliggöra stålet. Dessa kostnader kan bli höga eftersom många befintliga byggnader, vilket samtliga respondenter och (Rios, Chong & Grau 2015; Selvaraj & T.-M. Chan 2024)

belyser, inte ursprungligen designats med demontering i åtanke. Vilket kan leda till att processen för demontering blir mer komplex och arbetsintensiv. Är kostnaderna för att få fram stålet för höga blir det inte ekonomiskt försvarbart för rivningsfirmor att prioritera återbruk framför snabbare traditionell rivning. Denna initiala kostnadskalkyl, i kombination med en bransch som, enligt respondenterna, senaste tiden premierat kostnadseffektivitet i rivningsskedet snarare än materialbevarande. Står i kontrast till den potential för demontering som finns om DfD-principer som Fahlén et al. (2017) diskuterar hade tillämpats. Bristen på dessa lösningar kan ha resulterat i vad flertalet respondenter beskriver som en brist av återbruksbart stål. Detta skapar en ond cirkel där den knappa tillgången och den osäkra tillförseln av material kan göra det svårt för en stabil andrahandsmarknad att etableras, en utmaning som Selvaraj & T.-M. Chan (2024) identifierar i form av brist på fungerande affärsmodeller och marknader. Sammantaget visar analysen hur ekonomiska och logistiska hinder samverkar och tillsammans bidrar till att bromsa utvecklingen av återbruk av bärande stålkonstruktioner i byggbranschen.

Utöver de direkta kostnaderna framkommer även hinder i form av etablerade uppfattningar och brist på kunskap. Respondent 4:s kommentar om "branschtyckande som måste jobbas bort" och Respondent 1:s konstaterande att återbruk fortfarande är "nytt för många" kan peka på en tröghet för utvecklingen mot en cirkulär bransch.

Det finns inte enbart hinder utan även möjligheter. Den överväldigande miljö- och klimatnyttan är, som tidigare diskuterats, den starkaste drivkraften. Denna klimatnytta blir allt viktigare med ökande krav på klimatdeklarationer och fler som vill miljöcertifiera sig. Parallellt finns en växande efterfrågan från marknaden, där beställare, drivna av egna klimatmål och en vilja att profilera sig, i allt högre grad efterfrågar cirkulära lösningar. De tekniska möjligheterna för återbruk, särskilt för konstruktioner med bultade förband och standardprofiler, bedöms som goda av samtliga respondenter, vilket överensstämmer med teorin. Potentialen att utveckla nya affärsmodeller och samarbeten, där exempelvis rivningsentreprenörer aktivt engagerar sig i att tillvarata material, och lyckade pilotprojekt, visar att praktiska lösningar är möjliga. Slutligen ses digitaliseringens verktyg såsom BIM, materialpass och digitala tvillingar som avgörande för framtidens spårbarhet och kvalitetssäkring.

4.5 Förutsättningar för ökat återbruk

Baserat på intervjuerna framträder en samlad bild av de grundläggande förutsättningar som behöver utvecklas och stärkas för att återbruk av stål ska kunna övergå från undantag till etablerad praxis.

Beställarens roll och tydligare kravställning är helt central, vilket flera respondenter betonar. För att uppnå genomslag behöver tydliga krav på DfD och återbruk formuleras redan i ett tidigt skede av upphandlingen. Detta är särskilt viktigt inom totalentreprenader, där fokus annars lätt tenderar att ligga enbart på funktionalitet enligt Respondent 5. Respondent 2 uttrycker att det krävs "villiga beställare" som är beredda att investera i processen, även om det initialt kan innebära en högre kostnad. Det

påpekas att beställaren i slutändan ska förvalta byggnaden och därför har ett intresse av att styra mot mer hållbara lösningar:

”Det är beställaren som i slutändan ska förvalta byggnaden och som därför också måste föra vidare kravet till entreprenören”

- Respondent 5

Denna kravställning kan också drivas på av externa faktorer, såsom miljöcertifieringssystem. Specifikt nämns Miljöbyggnad Guld som ett exempel där krav på en viss andel återbrukade produkter kan tvinga fram en större efterfrågan på återbrukade material.

Respondent 3 menar att det behövs en "morot", och föreslår styrande dokument från Boverket som specificerar andelar återbrukat material, medan Respondent 1 mer drastiskt önskar att nytt material helt enkelt blir "svindyrt". Direkta lagkrav på återbruk skulle kunna vara ett effektivt sätt att snabba på processen.

Behovet av nya kontrakts- och affärsmodeller nämns, till exempel mellan fastighetsägare och rivare, som skapar ekonomiska incitament för varsam demontering och tillvaratagande av material och inte gynnar traditionell rivning.

Utöver möjligheterna med direkt återbruk av stålstommar, lyfte några respondenter även fram potentialen i hybridstommar som en väg mot effektivare konstruktioner. Fördelar med snabbare montage pekades ut, och styrkan i att kombinera material som stål och trä för att optimera konstruktionen betonades.

Analys

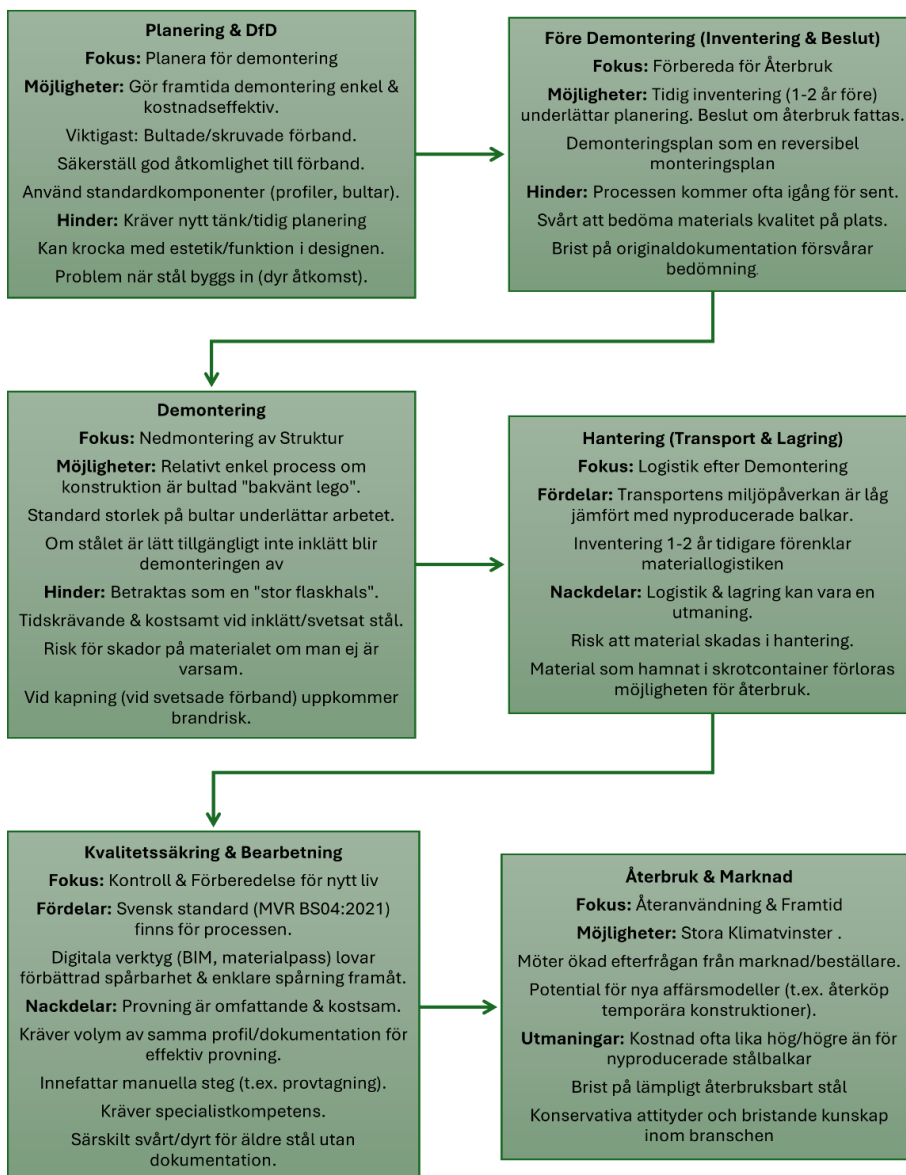
De empiriska fynden under denna punkt belyser tydligt att en omställning mot ökat återbruk kräver förändringar på alla nivåer och utveckling av nya strategier. Den utmaning som Respondent 5 beskriver rörande totalentreprenader, där beställaren ofta efterfrågar en funktion snarare anpassade lösningar, pekar på hur kontraktsformer kan påverka incitamenten. Detta innebär att totalentreprenören väljer lösningar som håller nere byggkostnaden, vilket resulterar i att DfD sällan prioriteras om ingen uttryckligen kräver detta i förfrågningsunderlaget. Detta understryker beställarens nyckelroll. Flera respondenter, liksom Höibye & Sands (2018) teoretiska slutsats om fastighetsägares roll, betonar att beställare måste ställa DfD-krav i ett tidigt skede. Detta kan dock antyda att beställarna först behöver ett nytt tankesätt och en större vilja att investera i framtiden.

Vid sidan av strategier för direkt återbruk av stålkomponenter, noterades även hybridstommar som en relevant utveckling. Fördelar som snabbare montage och möjligheten att optimera konstruktionen genom att kombinera olika materials styrkor pekades ut. Detta indikerar ett intresse i branschen för materialoptimering - att använda "rätt material på rätt plats" enligt Setra (2024), vilket kan ses som ett komplement till rena stålstommar för att uppnå maximal resurseffektivitet i byggnader.

Respondenternas förslag på styrmedel från Boverket, höjda priser på nytt material och lagkrav, indikerar en upplevd brist på tillräckliga incitament i det nuvarande systemet.

4.6 Processen för återbruk av stål: Möjligheter och Utmaningar

Figur 4.1 nedan visar de olika stegen i processen för återbruk av stål utifrån respondenternas tankar, från planering och demontering till kvalitetssäkring och marknadsanvändning. För varje steg lyfts både möjligheter och hinder fram, med fokus på att identifiera förbättringsområden och identifierade utmaningar som måste övervinnas, för att främja en cirkulär användning av stålkonstruktioner i byggsektorn.



Figur 4.1: Översikt av processen för återbruk av stål, med fokus på möjligheter och hinder i varje steg

5 Diskussion

Baserat på teori och intervjuer av branschkunniga har detta examensarbete kartlagt förutsättningarna för DfD och ett ökat återbruk av stålstommar i Sverige. En genomgående och problematisk insikt är att trots teknisk kunskap om DfD, hämmas en storskalig tillämpning av framför allt ekonomiska och strukturella faktorer. Denna diskussion avser att analysera gapet mellan potential och dagens arbetssätt, samt att lyfta fram vilka strategier och förändringar som behövs för att göra stålets cirkulära potential till verklighet i den svenska byggsektorn.

Vad krävs för ökat återbruk?

För att återbrukat stål ska kunna bli ett verkligt konkurrenskraftigt alternativ, inte enbart för de mest miljöengagerade aktörerna, krävs sannolikt en förändring i prisbilden. Antingen genom att återbrukat stål blir billigare, eller att nytt stål belastas med miljöskatter eller avgifter kopplade till användning av jungfruliga råvaror. Ett sådant skifte skulle direkt påverka kalkylerna i byggprojekt. Om kostnaden för att demontera, kvalitetssäkra och återbruka en stålbalk blir lägre än priset för att köpa en ny, uppstår ett tydligt incitament för beställare och entreprenörer att välja det cirkulära alternativet. Det är troligt att en sådan utveckling skulle kunna driva upp efterfrågan på återbrukat stål. På längre sikt kan det dessutom bli nödvändigt att förhålla sig till begränsad tillgång på jungfruliga material, eller till en situation där produktionen av nytt stål medför så stora koldioxidutsläpp att den inte längre är försvarbar ur ett klimatperspektiv. Skulle detta bli verklighet, behöver branschen i större utsträckning ta tillvara på de material som redan finns i omlopp. I ett sådant scenario framstår återbruk som inte bara ett alternativ, utan som en nödvändighet.

En ökad efterfrågan på återbrukat stål, i kombination med en välfungerande digital marknadsplats, skulle potentiellt kunna påskynda utvecklingen mot mer noggrann och selektiv demontering. Ett tänkbart scenario är att rivningsentreprenörer och demonteringsspecialister i framtiden aktivt publicerar tillgängligt återbrukat stål på öppna plattformar. På dessa skulle beställare och entreprenörer kunna få en tydlig överblick över utbudet, exempelvis olika typer av stålbalkar och därefter enkelt genomföra beställningar. En sådan samlad och transparent marknadsplats skulle inte bara kunna förenkla inköpsprocessen, utan även bidra till att pressa priserna, vilket idag ofta lyfts fram som ett av de främsta hindren för ett utökat återbruksarbete. Om det etableras en lönsam och tillgänglig marknad där demonterade komponenter annonseras med tydlig information om kvalitet, dimensioner och ursprung, skulle det kunna göra det mer attraktivt att satsa på varsam demontering snarare än traditionell rivning. Den ekonomiska logiken skulle i så fall börja verka i samma riktning som hållbarhetsambitionerna.

En fungerande och transparent andrahandsmarknad, möjliggjord genom digitala lösningar och förstärkt av branschöverskridande samarbete, skulle därmed kunna initiera en positiv spiral som indirekt främjar DfD-principer i nyproduktion. När beställare och byggherrar ser ett framtida ekonomiskt värde i att sälja vidare sina stålkomponenter och samtidigt får möjlighet att köpa återbrukat stål till konkurrenskraftiga priser, ökar sannolikheten för att återbruk integreras som en naturlig del av

projektens planering. DfD-lösningar, såsom bultade och lättåtkomliga förband, blir då inte enbart en miljömässig strategi utan även en ekonomisk möjlighet.

För att denna framtidsvision ska kunna realiseras krävs dock att de digitala marknadsplatserna etablerar förtroende hos aktörerna. De behöver erbjuda tillförlitlig och detaljerad information om komponenternas kvalitet, certifiering och ursprung, samt kunna hantera de logistiska utmaningarna kring tidpunkter för demontering och samordning med nya projekt. Dessutom är det avgörande att plattformarna snabbt når ut till den breda massan av både säljare och köpare för att skapa tillräcklig omsättning och funktionalitet.

DfD: Principer och Praktiska Utmaningar

Studiens resultat visar att de grundläggande tekniska principerna för DfD är väl identifierade. Att det mest gynnsamma för en enkel demontering av stålstommar är vikten av mekaniska och åtkomliga förband, vilket är både förstått av de intervjuade och överensstämmer med teorin. Flera respondenter anger att de redan i dagsläget arbetar med bultade kopplingar. Alltså verkar inte ihopsättningen av stålstommen vara problemet för en ökad implementering av DfD i Sverige, utan kanske snarare inklädnad, placering av stålet samt viljan till att demontera stålet vid byggnadens livslängds slut.

En specifik teknisk utmaning som denna studie belyser är motsägelsen kring brandskydd av stål. Inklädnad med material som gipsskivor eller betong är visserligen direkt kontraproduktivt ur ett DfD-perspektiv eftersom det förhindrar åtkomst. Brandskyddsmålning, däremot, behåller teoretiskt sett stålets åtkomlighet och borde därmed vara en överlägsen lösning för byggnader som designas för demontering. Trots detta indikerar respondenternas erfarenheter, särskilt från Respondent 3, att stål med denna typ av ytbehandling i praktiken sällan eller aldrig återbrukas. Detta kan bero på svårigheter och kostnader förknippade med att avlägsna färgen, osäkerhet kring bedömning av stålets kvalitet under färgen, eller andra faktorer som gör rekonditioneringen problematisk.

Detta skapar ett tydligt glapp, en lösning som verkar vara bra för enkel demontering visar sig vara ett hinder för faktiskt återbruk. Detta understryker behovet av att se över och utveckla nya, innovativa brandskyddsmetoder som inte bara är kompatibla med DfD-principerna om åtkomlighet, utan som också underlättar och inte fördyrar den efterföljande demonteringsprocessen. Ett annat sätt att lösa problemet hade kunnat vara att implementera demonterbara och återbruksbara brandskyddssystem. Detta kan innebära system med mekaniska infästningar som tillåter att skivor eller paneler tas ner intakta och kan återbrukas, eller innovativa, modulära brandskydd som enkelt kan anpassas och flyttas.

Vägen Framåt: Strategier för en Cirkulär Stålbyggnadssektor

För att minska glappet mellan den enorma potentialen för återbruk av stål och den nuvarande begränsade praktiken krävs en kombination av politiska beslut, innovativa affärsmodeller och en grundläggande kulturförändring inom byggsektorn. Det räcker inte med enskilda pilotprojekt eller frivilliga initiativ, en omfattande transformation är

nödvändig. Det krävs hårdare lagstiftningar eller direktiv från exempelvis Boverket som stödjer både implementering av DfD, såväl som ett ökat återbruk av stålstommar. Det hade kunnat handla om hårdare krav på återbruk men även premiering både vid användning av återbrukat stål såväl som en framtagna demonteringsplan för att möjliggöra enkel demontering. En kulturförändring krävs från dagens strategier i byggbranschen, där fokus ofta ligger på korta byggtider och "lägsta pris", snarare än att underlätta demontering och återbruk av material i framtiden.

För att de teoretiska principerna inom DfD ska kunna omsättas i praktisk tillämpning i svenska stålbyggnadsprojekt krävs förändring. Ett tydligt steg i rätt riktning skulle kunna vara införandet av konkreta, mätbara verktyg. Ett exempel är den nederländska DGBC-metoden (DGBC 2021), som bedömer demonterbarhet utifrån parametrar som förbandstyper och åtkomlighet. Metoden erbjuder en kvantitativ väg att värdera designval, något flera av studiens respondenter pekar ut som avgörande. Den gynnar exempelvis bultförband med god åtkomlighet, samtidigt som den synliggör utmaningarna med inklädnad. På så sätt främjar metoden ett mer helhetsorienterat synsätt, där komponenten bedöms i sitt sammanhang, ett perspektiv som även efterlysts i studien.

Att införa en liknande, anpassad och standardiserad metod i Sverige skulle kunna skapa en gemensam referensram och ett tydligt fackspråk kring demonterbarhet, vilket i dagsläget verkar saknas. En sådan metod skulle även kunna utgöra ett underlag för framtida incitament, tex genom att integreras i miljöcertifieringssystem eller fungera som ett krav på liknande sätt som dagens klimatdeklarationer.

Samtidigt vore det oklokt att bortse från de potentiella hindren. Införandet av nya analysverktyg i en redan pressad och kostnadsdriven byggsektor riskerar att möta motstånd. Därför är det avgörande att ett sådant ramverk inte bara importeras rakt av, utan anpassas till svenska förhållanden och byggnormer. Utan detta riskerar modellen att hämma mer än den hjälper. Trots dessa utmaningar pekar mycket på att ett kvantitativt ramverk för att bedöma demonterbarhet skulle kunna spela en viktig roll i att konkretisera DfD-principerna och minska det nuvarande gapet mellan teori och praktisk storskalig tillämpning.

Klimatberäkning

För att ge en konkret grund åt diskussionen om stålets klimatpåverkan sammanställdes data från olika källor (Tabell 5.1). Denna sammanställning, som resulterade i medelvärden för koldioxidutsläpp från primär råvara, återvunnet material och återbrukat stål, utgör basen för de livscykelscenarier (Tabell 5.2) som vidare skapades. Dessa scenarier är inte bara teoretiska utan syftar till att belysa de vägval och den enorma potential som byggbranschen står inför.

Scenario 1 speglar nuläget i byggbranschen och dess konsekvenser. Där återvunnet stål konsekvent används vid nybyggnation, utan någon tanke på att använda sig av återbrukade stålstommar. Det illustrerar en situation där återvunnet stål, som visserligen är ett bättre alternativ än helt jungfruligt material, köps in från leverantörer för varje ny byggnad. När en byggnad sedan når slutet av sin livslängd går stålet till

materialåtervinning för att framställas på nytt, istället för att direkt återbrukas. Med totala utsläpp på cirka 26 500 kg CO₂e för 10 ton stål över tre livscyklar, visar detta scenario visserligen på en avsevärd förbättring jämfört med att alltid använda primär råvara. Men det belyser framförallt den klimatpotential som går förlorad när vi stannar vid återvinning och inte tar steget fullt ut mot återbruk.

Scenario 2 visar potentialen med DfD. Scenariot, där återvunnet stål används initialt följt av två återbrukscykler, exemplifierar den betydande potential som uppstår om man redan från början designar en byggnad för demontering. Detta möjliggör att stålet, efter sin första livscykel, kan demonteras och återbrukas i efterföljande byggnationer, om och om igen, vilket tydligt visar på den positiva effekten av DfD. Med en dramatisk minskning av de totala utsläppen till cirka 10 400 kg CO₂e, blir det uppenbart hur ett annat tänk i projekteringsfasen kan påverka stålets framtid. Detta scenario ger konkret stöd åt respondenternas åsikter om att DfD är en absolut nyckel för att förlänga stålets livslängd, bibehålla dess värde och drastiskt minska behovet av nyproduktion och energikrävande återvinning.

Målbilden för en cirkulär stålbyggnadssektor presenteras i scenario 3. Där tre återbrukscykler, representerar det mest önskvärda och klimatoptimala utfallet. Det förutsätter en etablerad marknad och tillgång till återbrukat stål från start, som vidare kan återbrukas upprepade gånger för varje efterföljande livscykel. Med endast cirka 2 370 kg CO₂e i totala utsläpp över tre livscyklar, är detta det mål byggbranschen bör sträva mot för att minska sin klimatpåverkan och närma sig en klimatneutral materialhantering. Sveriges byggbransch har dessvärre en bit kvar för att nå detta ideal, men denna studie syftar till att hjälpa till på vägen mot en klimatneutral bransch.

Jämförelsen mellan dessa scenarier och referensscenariot med enbart primär råvara är tydliga. Att kunna minska utsläppen med 67%, 87% eller till och med 97% genom att prioritera återvinning och framför allt återbruk är en möjlighet som inte får undgås. Variationerna i grunddata (Tabell 5.1) från olika källor visar visserligen på behovet av ökad transparens och standardisering inom klimatberäkningar, men den övergripande slutsatsen är densamma, vägen framåt måste fortsätta utvecklas. De kvantifierade klimatvinsterna utgör en stark drivkraft för de regler, nya affärsmodeller och den kulturförändring som krävs för att återbruk ska gå från att vara en speciallösning till att bli standard i byggprojekt. Det handlar om att skapa system där de mest hållbara valen också blir de mest logiska och ekonomiskt gynnsamma.

Metodologiska Reflektioner och Studiens Tillförlitlighet

Detta examensarbete har, liksom de flesta examensarbete, vissa metodologiska begränsningar som bör beaktas. Resultaten bygger på semi-strukturerade intervjuer med fem erfarna nyckelpersoner, vilket har gett värdefulla insikter men vars begränsade antal innebär att slutsatserna inte är statistiskt generaliserbara till hela den svenska bygg- och stålbranschen. Urvalsprocessen, som syftade till att nå djupt insatta experter inom detta specialiserade fält, var tidskrävande, vilket kan spegla kunskapsläget i branschen. Vidare har studiens specifika avgränsningar gällande materialfokus och analysdjup, samt den svenska kontexten, en inverkan på resultatens räckvidd.

6 Slutsats

Detta examensarbete har undersökt förutsättningarna för att genom DfD och återbruk av bärande stålkonstruktioner främja ett cirkulärt tänk inom den svenska byggsektorn. En slutsats är att medan de tekniska principerna för DfD är välkända och potentialen för klimatbesparingar är betydande, vilket driver ett ökat intresse, så hämmas en storskalig tillämpning av komplexa och samverkande faktorer. Studien bekräftar att optimal design, för enkel demontering innefattar mekaniska, lättåtkomliga förband och standardiserade komponenter, men att detta helhetsperspektiv sällan integreras genomgående från projektstart. De främsta fördelarna med att planera för demontering och återbruk är de avsevärda miljö- och klimatvinsterna. Vilket studiens beräkningar tydligt visar med potentiella utsläppsminskningar på uppemot 97% vid återbruk jämfört med användning av enbart primär råvara. Studien visar även potentialen för effektivare demonteringsprocesser och utveckling av nya cirkulära affärsmodeller.

De huvudsakliga hindren är dock inte primärt tekniska, utan snarare ekonomiska, återbrukat stål är sällan billigare än nytt, vilket minskar incitamenten för alla parter i värdekedjan. Detta förvärras av en begränsad och osäker tillgång på kvalitetssäkrat demonterat material, då traditionella rivningsmetoder ofta prioriteras framför varsam demontering. Därtill kommer utmaningar med logistik, konservativa attityder, kunskapsluckor och tidigare brist på standardiserad kvalitetssäkring, även om MVR BS04:2021 nu utgör ett viktigt steg framåt. Även utformningen av brandskydd kan i praktiken motverka demonterbarhet, trots teoretiskt goda lösningar.

För att förverkliga potentialen krävs en förändring. Starkare ekonomiska incitament, tydliga beställarkrav på DfD och återbruk tidigt i planeringsfasen, samt utveckling av cirkulära affärsmodeller och stödjande regelverk är avgörande. Digitalisering, genom verktyg som BIM och materialpass, framstår som en nyckelfaktor för att förbättra spårbarhet, planering och informationshantering, även om det äldre byggnadsbeståndet fortfarande innebär en stor utmaning för branschen. Vidare kan kvantifierbara verktyg för bedömning av demonterbarhet spela en viktig roll för att integrera DfD-tänket tidigt i projekteringsprocessen.

Sammanfattningsvis visar studien att övergången till cirkulära stålkonstruktioner är en komplex men nödvändig resa. Vilken kräver ett samlat engagemang från hela byggsektorn, från beställare och projektörer till entreprenörer och materialleverantörer. Det handlar om att röra sig från enskilda pilotprojekt till fullskalig implementering. Där återbruk blir en självklar del av byggprocessen, vilket är en avgörande del i strävan mot en klimatneutral och cirkulär byggbransch.

6.1 Framtida studier

För att ytterligare främja cirkulära stålkonstruktioner pekar detta arbete på flera angelägna områden för framtida forskning. Det är viktigt att undersöka hur anslutningar i hybridstommar, som kombinerar stål med andra material, kan standardiseras för att optimera både bärförmåga enligt Eurokod och möjliggöra enkel demontering för separat återbruk av komponenterna. Vidare bör verktyg som DGBC-

metoden utvärderas genom praktisk tillämpning och validering i svensk designpraxis, för att bedöma hur dess anpassning kan kvantifiera demonterbarhet och påverka designval samt projektkostnader.

Vidare forskning behövs kring ekonomiska styrmedel, exempelvis koldioxidskatter på jungfruliga material eller subventioner för återbruk, för att identifiera hur dessa bäst kan kombineras för att göra återbrukat stål mer prismässigt konkurrenskraftigt. Inom brandskydd behövs det tekniska innovationer för att utveckla nya eller modifierade system som ser till att brandkraven uppfylls utan att försvåra demontering och rekonditionering av stålet för återbruk. Slutligen är det angeläget att studera kostnadseffektiva metoder för digitalisering av befintliga byggnader, exempelvis genom 3D-skanning och AI, för att skapa tillförlitliga underlag som underlättar bedömningen av återbrukspotentialen i det äldre beståndet.

Referenser

BE Group (2023). *Byggstålshandbok mars 2023*.

https://www.begroup.se/storage/7D146630A97C34F118C9F143C9649B3E882F5D030B6D8FDF365FF90A4858DAD5/9e23b619445d4c0b97acd8ba7b30cf04/pdf/media/d63989998f6c4781b0512e0a1acab0ff/Byggst%C3%A5lshandbok%20mars%202023_low.pdf [Hämtad 2025-03-31].

Boverket (2016). *CE-märkning av bärande konstruktioner i stål och aluminium enligt SS-EN 1090-1*.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/cemarkning-barande-konstruktioner-i-stal-och-aluminium.pdf> [Hämtad 2025-03-31].

Boverket (2020). *Boverkets byggregler (BBR)*. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2020/boverkets-byggregler-bbr/> [Hämtad 2025-03-27].

Boverket (2023). *Provning inför återbruk*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/vagledning/barverksdelar/verifiera-kvalitet/provning/> [2025-03-27].

Boverket (2024). *Byggsektorn idag*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/byggsektorn-idag/> [Hämtad 2025-03-25].

Boverket (2024). *EU-initiativ för cirkulär ekonomi*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/exempel-omvarlden/inom-eu/eu-initiativ/> [Hämtad 2025-03-25].

Boverket (2024). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> [Hämtad 2025-03-24].

Boverket (2024). *Klimatdeklaration - Omfattning*.

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> [Hämtad 2025-03-26].

Boverket (2024). *Materialåtervinning*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/aterbruk/materialatervinning/> Hämtad 2025-04-23

Boverket (2024). *Mål för cirkularitet*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/cirkular-ekonomi/cirkulara-byggnader/mal-cirkularitet/> [Hämtad 2025-03-28].

Boverket (2025). *Boverkets klimatdatabas (version 02.06.000)*.

<https://klimatdatabasen.boverket.se/> Hämtad 2025-05-15

Boverket (2025). *Om Boverkets nya byggregler*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-nya-byggregler/> [Hämtad 2025-03-23].

Boverket (2025). *Växthusgaser i bygg- och fastighetssektorn*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [Hämtad 2025-03-25].

Bruno, Andrea; Bollinger, Klaus; Davies, J.Michael; Feldermann, Markus; Grohmann, Manfred; Mazzolani, Federico M; O'Sullivan, Gerard; Rambert, Francis; Reichel, Alexander; van Wyk, Llewellyn. (2009). *Featuring steel*. (1. uppl.) Luxemburg: Edition Detail.

Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. (3. uppl.) Lund: Liber.

Burström, P.G. (2021). *Byggnadsmaterial: tillverkning, egenskaper och användning*. Lund: Studentlitteratur.

Cefur (Centrum för forskning och utveckling i Ronneby) (2019). *BAMB Buildings As Material Banks*. Ronneby:

<https://www.ronneby.se/download/18.255ea52016a773db0b441bef/1557080007760/BAMB%20Buildings%20As%20Material%20Banks%20-%20svenska.pdf> [Hämtad 2025-04-04].

Cepezed (u.å). *Building d(emountable)*. <https://www.cepezed.nl/en/project/building-demountable/28429/> [2023-03-28].

C. F. Dunant, M. P. Drewniok, M. Samson, S. Corbey, J. M. Cullen och J. M. Allwood, (2018) "Options to make steel reuse profitable: An analysis of cost and risk distribution across the UK construction value chain," *Journal of Cleaner Production*, vol. 183

DGBC (Dutch Green Building Council) (2021). *Circular Buildings - Disassembly Potential Measurement Method, Version 2.0*. Utförd av konsortium: Alba Concepts, Dutch Green Building Council, Netherlands Enterprise Agency och W/E Adviseurs.

Dodd, N., Donatello, S. & Cordella, M. (2021). *Level(s) – En gemensam EU-ram för grundläggande hållbarhetsindikatorer för kontorsbyggnader och bostadshus. Del 1: Introduktion till Level(s) och hur det fungerar*. EUR 30010 SV. Sevilla: Europeiska kommissionen, Joint Research Centre.

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852 av den 18 juni 2020 om inrättande av en ram för att underlätta hållbara investeringar och om ändring av förordning (EU) 2019/2088. *Europeiska unionens officiella tidning*, L198/13. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>

Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv. *Europeiska unionens officiella tidning*, L 312/3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>

Europeiska kommissionen (2020). Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt Regionkommittén: En ny handlingsplan för den cirkulära ekonomin - För ett renare och mer konkurrenskraftigt Europa. Bryssel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

Fahlén, E., Sidenmark, J., Löfås, P. & Cusumano, L. (2017). *Design For Deconstruction Kartläggning av byggnadselement*. NCC Building Sverige.

Globala Målen (2024). *Mål 12: Hållbar konsumtion och produktion*. <https://globalamalen.se/om-globala-malen/mal-12-hallbar-konsumtion-och-produktion/> [Hämtad 2025-03-25].

Hedén, K. & Sande Beiro, T. (2019). *Klimatberäkning under byggskedet - A working lab*. White Arkitekter. https://whitearkitekter.com/se/wp-content/uploads/sites/3/2019/10/Klimatber%C3%A4kning-under-byggskedet-_A-working-lab.pdf.pdf [Hämtad 2025-03-28].

Husson, W. (2022). *Användning av återbrukat stål till bärande konstruktioner*. SBUF-rapport. Stockholm: Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Hybritdevelopment (2024). *Hybrit - Fossilfri stålproduktion redo för industrialisering*. <https://www.hybritdevelopment.se/wp-content/uploads/2024/08/hybrit-broschyr-fossilfri-stalproduktion-redo-for-industrialisering.pdf> [Hämtad 2025-03-28].

Höbye, L. & Sand, H. (2018). *Circular economy in the Nordic construction sector*. TemaNord 2018:548. Köpenhamn: Nordiska ministerrådet.

Isaksson, T., Mårtensson, A. & Thelandersson, S. (2019). *Byggkonstruktion*. (4. uppl.) Lund: Studentlitteratur.

Jernkontoret (2007). *Järn- och stålframställning - Del 10: Oförstörande provning*. Stockholm: Jernkontoret Utbildningspaket. Tillgänglig: https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/handbocker/utbildningspaket/jarn-och-stalframställning_del10.pdf [2023-03-25].

Jernkontoret (2019). *Processer inom stålindustrin*. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processer/> [Hämtad 2025-03-27].

Jernkontoret (2019). *Återvinning av järn och stål*. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/atervinning-av-jarn-och-stal/> [Hämtad 2025-03-27].

Jernkontoret (2022). *Processernas miljöpåverkan*.

<https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processernas-miljopaverkan/> [Hämtad 2025-03-27].

Kanters, J. (2020). *Circular Building Design: An Analysis of Barriers and Drivers for a Circular Building Sector*. Lund: Lunds universitet, Institutionen för arkitektur och byggd miljö.

Kitayama, S. & Iuorio, O. (2023). *Disassembly and Reuse of Structural Members in Steel-Framed Buildings: State-of-the-Art Review of Connection Systems and Future Research Trends*. *Journal of Architectural Engineering*, 29(4). American Society of Civil Engineers (ASCE).

Kommissionens delegerade förordning (EU) 2023/2486 av den 27 juni 2023 om komplettering av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852 genom fastställande av tekniska granskningskriterier [...]. *Europeiska unionens officiella tidning*, L 21.11.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:32023R2486>

Moshood, T. D., Rotimi, J. O., Shahzad, W. M. & Bamgbade, J. A. (2024). *Infrastructure digital twin technology: A new paradigm for future construction industry*. *Developments in the Built Environment*, 17, 100305. London: Elsevier Ltd.

Mulhall, D., Braungart, M. & Hansen, K. (2019). *Creating Buildings With Positive Impacts*. München: Technische Universität München.

MVR (Mekaniska Verkstädernas Riksförbund) (2021). *MVR BS04:2021: Återbruk av stål i bärande konstruktioner - Krav- & processbeskrivning*. Stockholm: Mekaniska Verkstädernas Riksförbund.

Naturskyddsföreningen (2022). *Illustration Cirkulär Ekonomi*.

<https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/illustration-cirkular-ekonomi/> [Hämtad 2025-03-20].

Naturvårdsverket (2024). *Bygg- och rivningsavfall*.

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/bygg--och-rivningsavfall/> [Hämtad 2025-03-26].

Naturvårdsverket (2024). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*.

<https://www.naturvardsverket.se/annesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> [Hämtad 2025-03-30].

Naturvårdsverket (2024). *Växthusgaser – utsläpp från industrin*.

<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/> [Hämtad 2025-03-27].

Naturvårdsverket (2025). *Sveriges miljömål*. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/> [Hämtad 2025-03-29].

Naturvårdsverket (u.å). *God bebyggd miljö*. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/fordjupad-utvardering-av-sveriges-miljomal-2023/narvi-miljokvalitetsmalen/god-bebyggd-miljo/> [Hämtad 2025-03-25].

Ochsendorf, J. & Berglund-Brown, J. (2025). Reusing Heavy-Section Steel in Buildings: Carbon Reduction Potential and Material Availability. *Journal of Architectural Engineering* 31(2). American Society of Civil Engineers (ASCE).

Ostapska, K. Ruther, P. Loli, A. & Gradeci, K. (2024). Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly. *Sustainable Production and Consumption*.

Regeringen (2024). *Om ekonomiska styrmedel för en mer cirkulär ekonomi*. SOU 2024:67. Stockholm: Regeringskansliet. <https://www.regeringen.se/contentassets/7b0852dc3dbc48b48cd9deedda0d81cd/om-ekonomiska-styrmedel-for-en-mer-cirkular-ekonomi-sou-202467.pdf> [Hämtad 2025-03-24].

Regeringen (2024). *Sveriges genomförande av Agenda 2030*. Stockholm: Regeringskansliet. <https://www.regeringen.se/contentassets/5499f06520e74738b5feb1a384d3528e/sverige-s-genomforande-av-agenda-2030-skr.-20242566.pdf> [Hämtad: 11 juni 2025].

Rios, F. C., Chong, W. K. & Grau, D. (2015). Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia Engineering*, 118, s. 1296-1304. Tempe: Arizona State University.

Selvaraj, S. & Chan, T.-M. (2024). *Recommendations for Implementing Circular Economy in Construction: Direct Reuse of Steel Structures*. Hongkong: Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong Polytechnic University.

Setra (2024). *Hybridstomme öppnar nya möjligheter*. <https://www.setragroup.com/sv/kl-tra-clt/aktuellt-kl-tra/hybridstomme-oppnar-nya-mojligheter-for-tra/> [2025-04-10].

SGBC (Sweden Green Building Council) (2022). *Manual Miljöbyggnad 4.0*. https://www.sgbc.se/app/uploads/2022/12/Manual_MB_4.0_1.pdf [Hämtad 2025-03-20].

SBGC (Sweden Green Building Council) (u.å). *Innovationspoäng i BREEAM-SE* <https://www.sgbc.se/certifiering/breem-se/certifieringsstod-for-breem-se/innovationspoang-i-breem-se/> [Hämtad 2025-03-26].

SGBC (Sweden Green Building Council) (u.å). *Den som inte förhåller sig aktivt till taxonomin blir ekonomiskt straffad*. <https://www.sgbc.se/nyheter/den-som-inte-forhaller-sig-aktivt-till-taxonomin-blir-ekonomiskt-straffad/> [Hämtad 2025-03-26].

SIS (Swedish Institute for Standards) (2013). *Svenska Elektrotekniska Kommissionen Termer (SEK)*.
<https://www.sis.se/globalassets/temasidor/konstruktionoch tillverkning/dokument/svenskaetermer20130402pdf> [Hämtad 2025-04-08].

SIS (2021). *SS-ISO 20887:2021 Hållbarhet hos byggnadsverk – Utformning för demontering och anpassningsförmåga - Principer, krav och vägledning*. Stockholm: Svenska institutet för standarder (SIS).

SIS (Swedish Institute for Standards) (2022). *SS-EN 1993-1-1:2005/AC:2009: Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader*. (2. uppl.) Stockholm: u Förlag AB.

SIS (Swedish Institute for Standards) (2024). *SIS-CEN/TS 1090-201:2024: Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Återbruk av konstruktionsstål*. (1. uppl.) Stockholm: SIS Förlag AB.

SIS (Swedish Institute for Standards) (2024). *SS-EN 1090-2:2018: Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Tekniska krav för stålkonstruktioner*. Stockholm: SIS Förlag AB.

SIS (Swedish Institute for Standards) (2024). *SS-ISO 59004:2024, Cirkulär ekonomi - Terminologi, principer och vägledning för implementering (ISO 59004:2024, IDT)* (1. uppl.) Stockholm: SIS Förlag AB.

SIS (Swedish Institute for Standards) (2025). *SS-EN 1993-1-9:2005: Eurokod 3 – Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-9: Utmattning*. (2. uppl.) Stockholm: SIS Förlag AB.

SIS (Swedish Institute for Standards) (u.å). *Oförstörande provning (TK 125)*.
<https://www.sis.se/standardutveckling/tksidor/tk100199/sistk125/> [2025-03-29].

Sperle, Jan-Olof; Hallberg, Lisa; Almemark, Mats; Lindfors, Lars-Gunnar; Andersson, Göran; Ekdahl, Åsa; Larsson, Jonas; Johansson, Bengt; Johansson, Håkan; Kaplin, Camilla; Schedin, Erik (2013). *Miljövärdering av stål och stålkonstruktioner*. (1. uppl.) Stockholm: Jernkontoret.

Stena Stål (2024). *Stena Stål först ut med miljövarudeklarationer för återbrukad balk*.
<https://www.stenastal.se/nyheter--insikter/nyhetsrum/2024/stena-stal-forst-ut-med-miljodeklarationer-for-aterbrukad-balk/> [2025-03-29].

Svensk Betong (u.å). *Återvinning av betong*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgiutet/hallbart-byggande/atervinning> [Hämtad 2025-03-25].

Svensk Betong (u.å). *Betong och klimat*.

<https://www.svenskbetong.se/hallbarhet/betong-och-klimat> [Hämtad 2025-03-25].

Svenska Stålbyggnadsinstitutet (SBI) (2021). *Hållbart Byggande*.

<https://www.sbi.se/hallbart-byggande/> [Hämtad 2025-03-27].

Svenskt trä (u.å). *Träfakta*. <https://www.svensktra.se/trafakta/> [Hämtad 2025-03-25].

Sweco (2023). *Sweco pilotprojekt: klimatbesparing på 97 procent för återanvänt stål*.

<https://www.sweco.se/aktuellt/pressmeddelanden/sweco-pilotprojekt-klimatbesparing-pa-97-procent-for-atervunnet-stal/> [Hämtad 2025-04-10].

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) (2019). *Mineralmarknaden 2018 - Tema järn och stål*.

<https://www.sgu.se/globalassets/produkter/publikationer/tidigare/mineralmarknaden-2018---tema-jarn-och-stal.pdf> [Hämtad 2025-03-27].

Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) (2017). *BIM – digitalisering av byggnadsinformation*. Stockholm: Advant Produktionsbyrå

USGBC (U.S. Green Building Council) (u.d.). *LEED v5*.

<https://www.usgbc.org/leed/v5> [Hämtad 2025-03-25].

Vares, S., Hradil, P., Sansom, M. och Ungureanu, V. (2020), "Economic potential and environmental impacts of reused steel structures", *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol 16(4)

Widman, J. (2001). *Stålet och miljön*. Stockholm: Jernkontoret.

Yeung, J. (2016) *Development of Analysis Tools for the Facilitation of Increased Structural Steel Reuse*. University of Waterloo.

Bilaga A: Sammanfattning intervjuer

Respondent 1

Bakgrund

Med 17 års erfarenhet i rivnings- och byggbranschen har intervjupersonen arbetat i en rad olika roller, vilket har gett en bred förståelse för materialflöden och byggnaders livscykel. Idag är han återbruksspecialist på ett företag som arbetar med rivning och demontering. Rollen innebär att inventera fastigheter med fokus på återbruk, där stål ofta är ett av de material som kartläggs. Förutom att identifiera återbrukspotential tidigt i processen, är han även delaktig i det praktiska skedet när materialet tas om hand - oavsett om det handlar om att plocka ner stål för vidare användning eller om en byggnad ska rivas helt.

Stommen och möjlighet till återbruk

Hittills i Sverige har det inte funnits några stålstommar som är designade för att demonteras eller återbrukas. Det som fungerar bäst ur återbrukssynpunkt är när förbanden är bultade. Ingen har hittills tänkt att konstruktionen ska demonteras, men det går att göra betydligt bättre om man använder bultade lösningar istället för svetsade. Svetsade förband kräver sågning eller kapning, vilket kan skada materialet. När något är bultat håller sig stålet i fint skick, vilket är optimalt för återbruk. Det är även viktigt att inte klä in stålet, då det försvårar åtkomst. Många byggnader idag är visserligen uppförda med bultade lösningar och innehåller stora mängder stål, men ofta är dessa delar inte åtkomliga eftersom de är dolda bakom exempelvis betong och gipsskivor. Att riva fram stålet blir då en dyr och resurskrävande process. Det beror i många fall på att den som ritat in stålet inte har haft demontering eller återbruk i åtanke. I framtiden kommer det att vara nödvändigt att inte bara tänka på att enskilda komponenter ska vara demonterbara, utan att hela byggnaden - inklusive gipsväggar, betonggolvet och andra material, behöver samspela så att alla aktörer kan demontera sina delar på ett effektivt sätt.

Ett pilotprojekt kring återbruk av stål uppstod när respondenten identifierade byggnader som skulle rivas och där stålkomponenterna var sammanfogade med bult. Han tog då kontakt med en stål firma, som redan hade ett intresse av att genomföra ett återbruksprojekt. Syftet var att undersöka hur stålet skulle se ut efter demontering, om någon skada uppstod, och i så fall när i processen skadorna inträffade. I det aktuella fallet gick ingen del av stålet till spillo - samtliga balkar som monterades ner kunde återbrukas.

Utifrån erfarenhet har det mesta i en stålstomme lämpat sig väl för återbruk. I ett projekt där intervjupersonen var involverad var dock pelarna svåra att återbruka. Det rörde sig om ett suterränghus där pelarna hade olika längd, vilket försvårade återanvändning. Dessa valde man därför att återvinna eftersom de var för korta. Däremot har Hea-balkar och andra balktyper aldrig varit några problem att återbruka.

Inspektion och Återbruk

Respondenten påpekar att stål tillverkat före 1972 inte är aktuellt för återbruk. För att bedöma kvaliteten på övrigt stål tar han in en specialist eller en stålleverantör som ansvarar för provning och värdering. Självt har respondenten inte den tekniska kunskapen som krävs för att genomföra materialprovning. Han har dock observerat hur experter använder olika typer av hjälpmedel vid bedömningen, men har inte själv fördjupat sig i metoderna.

Hinder och Möjligheter

Återbruk av stål blir sällan aktuellt om det är svårt eller för dyrt att demontera materialet. Svetsade förband kräver ofta skärning, till exempel med skärlans, vilket både är tidskrävande och kostsamt jämfört med bultade lösningar. Skärning kan dessutom innebära brandrisk, särskilt i tätbebyggda områden, eftersom det genererar gnistor. Att demontera svetsade konstruktioner är därmed mer komplicerat och kräver särskilda säkerhetsåtgärder.

Ett annat praktiskt hinder kan vara lagring av återbrukat material. I vissa fall kan komponenterna förvaras i byggnaden under övergångsperioden, men det mest hållbara är om fastighetsägaren själv fattar beslut om återbruket och tar ansvar för lagringen. Om inventeringen görs tidigt i processen - gärna ett till två år före rivning eller demontering - uppstår sällan några problem. Då är det tydligt var materialen ska ta vägen och när.

Förutsättningarna för återbruk är mycket goda när det handlar om bultade stålstommar. Då blir demonteringen relativt enkel, som ett omvänt legosystem där man börjar uppifrån, till exempel med takstolar, och arbetar sig nedåt. Bultarna är dessutom ofta av samma storlek och standard, vilket förenklar arbetet ytterligare.

Ekonomi är en avgörande faktor. Även om vissa företag prioriterar miljö framför ekonomi, får återbruket inte bli för kostsamt. Ju svårare det är att komma åt stålet, desto högre blir kostnaden. Byggnader som stålhallar eller sporthallar är tacksamma exempel, eftersom stålet där är lättillgängligt. Parkeringsgarage utgör däremot en större utmaning, ofta på grund av att stålet är inklätt i betong, vilket kräver mer försiktighet vid demontering för att undvika svängningar i konstruktionen.

Enligt respondentens erfarenhet är det ungefär lika många projekt där återbruk är möjligt som där det inte är det. För att bedöma vilka påfrestningar stålet har utsatts för och vad det tål, samarbetar respondenten ofta med aktörer som Stena Stål. Det är viktigt att stålet klassas korrekt, inte minst för att säkerställa att det inte återanvänds i funktioner där det inte är tillåtet. Traverser får exempelvis inte återanvändas, och material som har utsatts för större påfrestningar kan i vissa fall återbrukas, men inte som bärande delar i en konstruktion.

Även om återbruk är efterfrågat i vissa sammanhang, är det fortfarande nytt för många. Många vet inte vad som går att återanvända. I respondentens roll ingår därför att informera och vägleda andra aktörer om vad som kan återbrukas, vilka komponenter som är lämpliga och vad de kostar. Det sker bland annat genom att tillhandahålla listor på återbrukbara komponenter och prisuppskattningar.

Cirkularitet

Han arbetar i allt större utsträckning med cirkulära lösningar, där demontering ersätter traditionell rivning. Enligt respondenten utgör återbruk idag cirka 70 procent av deras projekt, vilket innebär att fokus inte längre enbart ligger på rivning utan i hög grad på

att ta tillvara på material. Även om det ofta handlar om mindre ingrepp eller förändringar, sker demonteringen med återbruk som mål, snarare än destruktiv rivning. Att återbruka stål är ur ett miljöperspektiv betydligt mer hållbart än att smälta ner det och tillverka nya balkar. ”Klimatpåverkan från transporten mellan återbruksplats och köpare är i sammanhanget försumbar, särskilt i jämförelse med den energi och de utsläpp som krävs för att producera nytt stål”.

Även om återbruk innebär vissa kostnader - exempelvis för demontering och materialprovning - är den ekonomiska vinsten betydande. Återbruk ger stora besparingar både för miljön och i många fall även för projektets totala ekonomi.

Framtid & utveckling

Respondenten använder sig av BIM-modeller för att identifiera infästningar i byggnader, vilket minskar behovet av platsbesök i vissa skeden. Det beskrivs som ett visst stöd i arbetet, men inte något som i dagsläget revolutionerar återbruks möjligheterna av stål.

En viktig förutsättning för att återbrukat byggmaterial ska bli mer konkurrenskraftigt är att nyproduktion blir dyrare. I nuläget tjänar man sällan på att använda återbrukat material eftersom det är såpass billigt att köpa nya material. För att förändring ska ske behöver återbruk bli en självklar del av byggprocessen, en standard snarare än ett undantag.

Utbildning spelar en central roll för att återbruk av stål ska kunna bli vanligare och mer effektivt. Det räcker inte att enstaka aktörer är engagerade: hela kedjan, från fastighetsägare och beställare till utförande yrkesgrupper som snickare, behöver förstå varför återbruk är viktigt. Alla måste ha insikt i varje steg av processen - från inventering till montering och förstå syftet bakom användningen av återbrukat material.

Citat:

”Det som är bäst för oss är om det är bultat, då går inte stålet sönder”

”Till skillnad från när det är svetsat, då måste vi börja skära eller kapa”

”Att inte klä in stålet så mycket, det finns byggnader med otroligt mycket stål i, som kanske också är bultat, men det är massa annat framför”

”De som har ritat in stålet har någonsin tänkt på det, i framtiden kommer vi behöva tänka på det. Inte bara göra sitt demonteringsbart, utan också samspela med andra för att kunna demontera och återanvända så mycket som möjligt”

”Alla pelare hade olika storlekar, så det fanns ingen användning för dem, sen var de inte heller så långa”

”Om processen att komma åt stålet är för dyr, kommer det inte bli något återbrukat stål alls”

”Ser alla möjligheter med att återanvända stål, det är relativt enkelt att få ner det i bitar om det är bultat, det är som ett bakvänt lego”

”Klimatpåverkan från transporten mellan återbruksplats och köpare är i sammanhanget försumbar, särskilt i jämförelse med den energi och de utsläpp som krävs för att producera nytt stål”.

”Ekonomiska faktorer påverkar nästan alltid, det finns beställare vi har som prioriterar miljöfrågor före ekonomi, men det får inte bli för dyrt heller”

”Ju större svårighet att komma åt stålet, desto dyrare blir det”

”Måste klassa stålet igen, så att det hamnar på rätt klassning”

”Det är ju bättre för miljön att plocka ner det, kontrollera det, och sedan sätta upp det igen. Istället för att smälta ner det och sedan bygga ny balk”

”BIM kan vara bra för att se infästningar, att inte behöva göra platsbesök för att se allt på plats”

”Dels måste nytt byggmaterial bli svindyrt, det är ju drömmen”

”Det måste vara kotymt att man försöker demontera och sedan återbruka, det ska liksom vara standarden”

”Man måste utbilda allt ifrån fastighetsägarna och beställarna, ner till handgubbarna. Och förstå alla steg varför det är som det är, så tror jag att man kommer få med sig alla”

Respondent 2

Bakgrund

Branschspecialist inom återbruk med fokus på byggindustrin, helt inriktad på återbruk av stål - från rivning och återbruksinventering till kvalitetssäkring och försäljning. Första återbruksprojektet genomfördes 2021 och arbetet som återbruksspecialist startade på heltid år 2022.

Stommen och möjlighet till återbruk

Vissa kunder efterfrågar cirkulära lösningar vid försäljning, vilket har bidragit till ett ökat fokus på återbruk inom verksamheten. Respondenten är involverad i LFM30 - ett initiativ i Malmö där många olika företag inom byggbranschen gått ihop och arbetar mot ökad cirkularitet. Inom ramen för detta pågår ett arbete kring hur olika materialtyper ska kunna monteras ihop på ett sätt som möjliggör demontering, särskilt med fokus på Design for Disassembly.

I dagsläget är återanvändning mest tillämpligt i tillfälliga konstruktioner, såsom stödkonstruktioner. I dessa fall kan företaget lämna offert på att köpa tillbaka produkten vid projektets slut, vilket skapar ett cirkulärt flöde.

Återbruk av stål underlättas i hög grad om det är bultat, då demonteringen blir enklare och mer kostnadseffektiv. Svetsade balkar kan också återbrukas, men till en högre kostnad. Om balken har flera olika typer av infästningar, särskilt med svets, undviks den ofta helt. Idealet är långa, rena balkar med minimalt antal infästningar. Om infästningarna i ändarna är svetsade spelar det mindre roll, så länge balkens skick är gott.

De projekt där man hittar det återbrukade stålet är vanligtvis i renoveringsprojekt, eftersom dessa redan kräver ett mer varsamt förhållningssätt. I kontrast till detta står traditionella rivningsprojekt där tidspress gör att stålet ofta endast säljs som skrot och ej demonteras för att återbrukas.

Företaget har en standardiserad process för återbruk där spårbarhet är avgörande. Det innebär att varje balk dokumenteras med information om dimension, funktion och placering i byggnaden. Därefter demonteras och sorteras materialet efter dess ursprungliga roll, kvalitetssäkras och säljs vidare.

Pelare bedöms ofta vara särskilt lämpliga för återbruk, då de vanligtvis har bra längder och kan demonteras utan större skador. Däremot är fackverk och takstolar ofta svårare att demontera på ett effektivt sätt.

Inspektion och återbruk

All verksamhet utgår från den branschstandard som MVR släppte 2021. Denna ligger till grund för hela processen kring kvalitetssäkring av återbrukat stål. Balkarna mäts, toleranser kontrolleras och det säkerställs att stålet är rakt och håller samma kvalitet som nytt stål. Därefter genomförs hårdhetsmätningar, och den mjukaste balken i testgruppen skickas på förstörande provning. Resultaten dokumenteras i ett provningsintyg som gäller för hela balkgruppen.

Ett stort stöd i arbetet är tillgången till materialcertifikat från stålverk, där resultaten från förstörande prov redan finns dokumenterade för nytt stål. Dessa certifikat är nödvändiga för att uppfylla kraven enligt EN 1090 och för att upprätthålla spårbarhet. När nya produktpass införs i framtiden kommer dessa kunna vävas in i processen, vilket kommer att förenkla kvalitetssäkringen ytterligare. Då kan det räcka med att kontrollera att balken är rak och att toleranserna håller.

I dagsläget sker arbetet manuellt. En yta slipas upp med vinkelslip, och materialet skickas därefter för analys. På sikt skulle ett automatiserat visionsystem kunna användas för att kontrollera att allt är rakt och uppfyller toleranskraven, men investering i sådan teknik är idag inte lönsam. Även om tekniken finns tillgänglig, är det i nuläget mer kostnadseffektivt att fortsätta med manuella metoder.

Hinder och Möjligheter

Demontering pekats ut som den stora flaskhalsen i arbetet med återbruk av stål. Eftersom stålet ofta har en bärande funktion i byggnader krävs noggrann planering, liksom beställare som är beredda att satsa på demontering även om det initialt innebär högre kostnader. Trots utmaningarna finns det stora möjligheter, mängden stål som faktiskt kan återanvändas är betydande. Det är framför allt klimatvinsterna som driver återbruksmarknaden framåt. Enligt EPD-datan är klimatpåverkan för nytt stål cirka 674 kg CO₂e per ton, jämfört med endast 53 kg CO₂e för återbrukat stål.

Ekonomi spelar en avgörande roll i demonteringsfasen, och det behövs affärsmodeller som stödjer återbruk.

Rivningsentreprenörer med ett tydligt engagemang för cirkularitet lyfts fram som särskilt viktiga, de bidrar till att bygga upp både marknaden för återbrukat stål och effektiva metoder för demontering. Efterfrågan på återbrukat stål ökar, och många aktörer i byggbranschen strävar i dag efter att i så stor utsträckning som möjligt återanvända material, eller att åtminstone välja nya produkter med låg klimatpåverkan.

Cirkularitet

Vid tillfälliga konstruktioner finns ofta en ambition att köpa tillbaka stålet när det demonteras. På så sätt bibehålls spårbarheten, vilket gör det möjligt att åter leverera materialet. I samband med rivningar tas så mycket stål som möjligt tillvara, förutsatt att det rör sig om standarddimensioner och lämpliga längder. Stålet lagras i en lagerlokal och kvalitetssäkras tills en köpare hör av sig.

En gammal balk har samma egenskaper som vid tillverkning – så länge dimensionerna stämmer. Då finns ingen anledning att inte återanvända den i stället för att producera nytt. Det är resurssmart och bidrar till minskade koldioxidutsläpp. Efterfrågan på miljöcertifieringar ökar också, och i dessa ingår ofta krav på EPD och CO₂-rapportering för stålet.

Framtid och utveckling

Digitala verktyg kommer förmodligen spela en stor roll i framtiden. För en kvalitetssäkring är de digitala produktpassen ett stort framsteg, och kommer underlätta arbetet. Även att koppla upp återbrukslager mot konstruktionsprogram för att se vilka produkter som finns att tillgå. Viktigt att fastighetsägare som ska riva byggnader vill återbruka stålet snarare än att återvinna stålet. Lagkrav på återbruk hade varit ett sätt att snabba på den processen. Upphandling mellan fastighetsägare och rivare kan vara en möjlighet, där tex rivaren får mer betalt men fastighetsägaren får behålla materialet och sedan sälja det vidare.

Citat:

”Lättare när det är bultat, mer utifrån demonteringssyfte, då är det billigare att demontera”

”Så rena och långa balkar som möjligt”

”Demontering är den stora flaskhalsen”

”Ha villiga beställare att vilja demontera och ta vara på det, sen att det får kosta lite”

”Hitta en affär i demonteringen”

”I demontering påverkar ekonomin extremt mycket”

”Digitala produktpass kommer underlätta vårt jobb extremt”

”Även att koppla upp återbrukslager mot konstruktionsprogram för att se vilka produkter som finns att tillgå.”

”Viktigt att fastighetsägare som ska riva byggnader vill återbruka stålet snarare än att återvinna stålet.”

”Lagkrav på återbruk hade varit ett sätt att snabba på den processen. Upphandling mellan fastighetsägare och rivare kan vara en möjlighet, där tex rivaren får mer betalt men fastighetsägaren får behålla materialet och sedan sälja det vidare.”

”Det är få som ringer och säger att de gärna vill sälja stål till oss”

Respondent 3

Bakgrund

Arbetat som konstruktör i 20 år på en stålavdelning. Gruppchef för stålgrupp och arbetar med projekt och administration.

Stommen och Möjlighet till återbruk

I stort sett alla projekt som respondenten är med i är möjliga att demontera, eftersom arbetet konsekvent utgår från att designa med skruvförband istället för svetsning. Det finns två huvudsakliga anledningar till detta: För det första är det betydligt enklare att montera något med skruv på byggarbetsplatsen. Svetsning kräver både slipning och

efterföljande målning, vilket är ineffektivt och ogärna utförs på plats. Därför eftersträvas alltid skruvade förband i största möjligaste mån.

Vissa entreprenörer föredrar ändå svetsning, särskilt när det uppstår problem med toleranser och höjjusteringar som kräver skimsplåtar eller städskrivar. För dessa aktörer kan svetsning kännas enklare, eftersom det möjliggör kapning och anpassning på plats. Trots detta är majoriteten av förbanden skruvade och därmed demonterbara. I Sverige byggs stabiliteten ofta in i väggar, tak och bjälklag, till skillnad från exempelvis Storbritannien där stabiliteten ofta ligger i ramverken. Trots skillnader i byggsystem används skruvkopplingar i stor utsträckning även internationellt, och det är sannolikt den vanligaste infästningsmetoden globalt.

Hybridstommar, där stål och betong kombineras, blir allt mer populära eftersom de gör det möjligt att montera snabbt och effektivt - ungefär som att sätta ihop ett lego - till skillnad från traditionella byggmetoder som kräver formning, armering, gjutning och torktid.

Ett pilotprojekt genomfördes där delar av Svävarhallen i Malmö demonterades. Totalt togs ett antal profiler, bland annat 12 balkar och 20 pelare, loss försiktigt. Dessa märktes, kontrollerades på plats, sorterades, transporterades och genomgick ytterligare kontroll efter demontering. Skadade partier togs bort och profilerna återbrukades efter provning och uppfräschning med nytt korrosionsskydd. Både dragprovning och kemanalys genomfördes för att identifiera stålets sammansättning. Återbrukskedjan består av provning och kontroll, transport och därefter lagring och slutligen försäljning. Vissa typer av stål lämpar sig dock inte för återbruk, till exempel material som varit utmattningsbelastat i broar eller traverskranbanor. Även varmförzinkat stål undviks, då det kräver omfattande arbete för att avlägsna ytbehandlingen. Brandskyddsmålat stål används inte heller. Det stål som främst används inom återbruk är målade profiler ur standardsortimentet, exempelvis HEA, HEB, VKR eller KKR med en minimilängd på 2,5 meter, för att vara användbara i bostads- eller kontorsmiljöer.

För att återbruk ska vara ekonomiskt rimligt krävs att det finns flera exemplar av samma typ av profil, eftersom varje typ annars skulle behöva testas separat, vilket snabbt blir kostsamt. Helst ska profilerna vara målade, av standardsortiment och gärna finnas någon dokumentation eller indikation på vilken stålqualität det är, då det förenklar och sänker kostnaden för provningen eftersom mindre tester måste göras.

Inspektion och återbruk

För att bedöma stålets egenskaper görs dragprov och tester av slagseghet för att fastställa spännvidd och sträckgräns. Därefter genomförs en kemisk analys för att identifiera stålsorten och avgöra om materialet lämpar sig för svetsning, vissa legeringar är önskvärda, andra bör undvikas. Det bästa är om det finns ett ursprungsintyg för stålet, men tyvärr är det ovanligt att sådana sparats.

Hinder och Möjligheter för återbruk

Hinder och möjligheter för återbruk av stål är flera och varierande. En av de största utmaningarna är att kostnaden för återbrukat stål ofta är densamma eller till och med högre än för nytt stål. Hade priset varit exempelvis 20 % lägre, skulle sannolikt användningen av återbrukat stål ha ökat markant. En annan utmaning är tillgången, då byggnader ofta rivs utan att återbruk beaktas. Trots detta finns stora fördelar med återbruk ur ett miljöperspektiv, eftersom det sparar betydande mängder koldioxid. Det

enda som krävs är transport och en viss förbättring av rotskyddet, eftersom kvaliteten på själva stålet i övrigt är densamma.

Vid användning av återbrukat stål tillämpas riktlinjer från MVR, och när en konstruktion är färdig ska en besiktningsman kontrollera det återbrukade stålet för att säkerställa att det är lämpligt att använda. Detta kräver strikta kontroller av intyg, ursprung och egenkontroller. Om dokumentation som styrker stålets ursprung saknas, kan detta skapa problem. Intygen måste vara utformade på ett sätt som motsvarar de för nytt CE-märkt stål, vilket innebär att återbrukat stål måste uppfylla samma krav. Entreprenörer tenderar dock att föredra nytt stål eftersom det ofta är enklare att hantera, medan byggherrar kan vara mer intresserade av återbruk för att kunna profilera sina projekt som miljömedvetna.

Cirkularitet

Miljöpåverkan från återbrukat stål är betydligt lägre än för nytt stål. Vid användning av återbrukade balkar släpps endast en mycket liten mängd koldioxid ut, vilket gör det till ett miljövänligt alternativ.

Framtid och utveckling

Digitala verktyg spelar en avgörande roll för att säkerställa spårbarhet av material i framtiden, enligt respondenten. Tekniker som digitala tvillingar och materialpass gör det möjligt att spåra materialets ursprung och egenskaper, vilket underlättar för de som ska demontera byggnader om 20 år. Däremot är spårbarheten för äldre konstruktioner begränsad, eftersom sådana system inte användes vid tiden för byggandet. Detta innebär att framtidens projekt kan dra fördel av den ökade spårbarheten, vilket kommer att förenkla återbruksprocessen.

För att öka användningen av återbrukat stål anser respondenten att det behövs styrande dokument, exempelvis från Boverket, som specificerar att en viss procent av materialet i nya byggnader ska vara återbrukat eller utformas med återbruk i åtanke. Detta är en nödvändig åtgärd för att bidra till de globala klimatmålen och minska koldioxidutsläppen.

En annan nyckelfaktor är demonteringsfirmor som aktivt arbetar med att återbruka material istället för att enbart fokusera på rivning och kassering. Respondenten lyfter fram vikten av samarbete mellan olika aktörer inom branschen för att skapa ett nätverk där återbrukat material står i centrum och hanteras effektivt. Ett sådant nätverk kan bana väg för en mer hållbar byggbransch i framtiden.

Citat:

”Alla våra projekt är demonterbara, eftersom vi strävar efter att göra skruvförband och inte svetsa”

”Det låter bra att återbruka, men det kostar lika mycket eller kanske mer”

”Det finns inte så mycket att hitta för att när man monterar ner eller demolerar en byggnad är det något stort klot eller en hjullastare som går in o bara trycker ner allt, det är det som är problemet så både att man försiktigt skulle demontera och på nåt sätt få ner priset.”

”Du sparar ju jätte mycket koldioxid du får ju nästan ingenting förutom transport och lite färg på dom”

”När bygget är klart ska en besiktningsman/stålkontrollant skriva på innan man får ta byggnaden i bruk”

”Det är väl byggherrarna som ser en poäng med det och ska på något sätt pusha de här”

”Jag tror det blir jättebra för då har vi spårbarhet, så att 25-30 år framåt i tiden när man börjar fundera vad gör vi med det här som vi byggde här nu, skitbra, digitala tvillingar allt sånt där jättebra och det finns ju massa med sådana saker, så från och med nu och framåt – lätt, men nu och bakåt – svårt”

”Det måste finnas en morot”

”2045 ska det va sådär 70% lägre utsläpp än idag och då måste man göra massa olika saker, eller inte bygga alls”

”Demonteringsfirmor är viktiga - att man har några sådana med sig redan från början”

Respondent 4

Bakgrund

Intervjupersonen är en teknisk specialist med 18 års erfarenhet inom byggbranschen, vars expertis omfattar stålregler, byggregler och standarder, och som sedan 2019 har arbetat med klimatvarudeklarationer och EPD:er. En betydande del av respondentens arbete fokuserar på utbildning kring det kommande EPD-arbetet och diskussioner om återbruk.

Stommen och Möjlighet till återbruk

Respondenten har varit involverad i återbruk inom designprocessen, framför allt i en föreskrivande roll. Sedan 2021 har dialogen med arkitekter och konstruktörer intensifierats, särskilt med slutbeställare, för att främja återbruk i tidiga skeden. Även om återbruk inte alltid är direkt integrerat i projekten, präglar det ofta helhetskonceptet. Kvalitetssäkringen enligt EN 1090 lyfts fram som ett verktyg som indirekt främjar återbruk. Exempelvis innebär kravet på en montageplan att det också reversibelt kan skapas en demontageplan, vilket underlättar framtida demontering. Återbruk diskuteras ofta i relation till val av förband - särskilt bultförband, som underlättar demontering jämfört med svetsade lösningar. Efterkonstruktioner på stålet, som håltagningar eller påbyggnader, nämns som hinder för återbruk.

Ett ändrat grundtänk i designfasen skulle kunna förenkla processen betydligt.

Respondenten arbetar löpande med projekt där återbruk av stål ingår och tillämpar MVR:s branschstandard, som beskrivs som välfungerande och tillräcklig. MVR fungerar i praktiken som den tekniska specifikationen för återbruksprojekt. Ett exempel är en nyligen genomförd besiktning där ett dussintal pelare identifierades som lämpliga för återbruk. Det betonas dock att en sådan identifiering inte innebär garanti, materialet måste fortfarande demonteras försiktigt för att undvika skador.

Lämpligheten för återbruk avgörs ofta av stålets tillgänglighet och synlighet i byggnaden. Bilhallar nämns som ett exempel där återbruk är förhållandevis enkelt, medan äldre byggnader med stora fackverk i betong ofta är mer utmanande. Generellt sett bedöms pelare och balkar som inte är söndersvetsade vara mest lämpade för återbruk.

Inspektion och återbruk

Vid inspektion och återbruk följer respondenten MVR, men betonar vikten av grundläggande materialförståelse för att kunna granska stålet på plats, samt att ha tillgång till relevant underlag. Försiktighet iakttas gentemot stål som har utsatts för utmattningslast. Processen innefattar bedömning på plats, provning av nerplockat stål, verifiering och deklarerering. Även om metoder för att förenkla provningen på plats skulle vara fördelaktiga, kommer provning av stålet fortfarande att krävas för att säkerställa kvaliteten.

Hinder och Möjligheter

Tid identifieras som ett stort hinder för återbruk, eftersom det ofta kommer på tal för sent i processen, återbruk kräver förberedelse och besiktning av potentiellt återbrukbart material. Återbruk av stål har potential att sänka CO₂-talen avsevärt, då EPD för återbrukade komponenter kan ligga på 50-60 kg CO₂e per ton stål jämfört med cirka 500 kg CO₂e per ton stål för nyttillverkade. Respondenten föreslår att smart byggande i framtiden bör fokusera på standardprodukter som är enkla att återbruka. Om stålet hamnar som skrot först, försvinner möjligheten till återbruk, och materialet omfattas av avfallsdirektiv med tillhörande miljölagar. Respondenten anser att mycket "branschtyckande" behöver elimineras och betonar vikten av kvalitetssäkring av återbrukat stål. Även om ingen lag direkt hindrar återbruk av stål, skulle en branschöverskridande överenskommelse om korrekta och inkorrekta metoder vara fördelaktigt. Det finns en stor efterfrågan på återbrukat stål, betydligt fler som vill ha det än vad som finns tillgängligt.

Framtid och utveckling

Digitala verktyg kommer att påskynda processen i framtiden, och besiktningen på plats kanske inte blir lika viktig, men provtagning kommer fortfarande att krävas. BIM kan spara tid genom att möjliggöra digitala granskningar. Det generella tänket kring återbruk av stål behöver förändras för att det ska bli mer självklart, och ett mindset som alla tillsammans måste jobba på. Viktigast är att alla aktörer måste samverka, och en gränsöverskridande dialog behövs.

Citat:

"Sista två åren har jag träffat 800-900 arkitekter och konstruktörer i olika forum"

"Sen kan man på andra typer av sätt jobba med olika typer av förband om du jobbar med bultförband så går det att demontera på ett annat sätt och den diskussionen är ständigt pågående just nu"

"Diskussionen behöver finnas mer och behöver vara mer tydlig"

"Om vi bara kan ändra sättet vi tänker på från början behöver det inte bli en dyrare process. Det handlar egentligen bara om ett nytt sätt att se på saker - och visst, allt nytt kan kännas lite läskigt i början, men det brukar ju gå över."

"Både pelare och liggande balk där man inte svetsat sönder dom så går det att återbruka mycket om man har tur"

"Det handlar om att prova, verifiera och deklarerera"

"Vi kommer fortfarande behöva prova som verifikat, för jag ska skriva under - det är jag personligen som skriver under dokumentet som ska gå vidare som kvalitetssäkring."

Då kommer jag inte lita på en modell utan då kommer jag vilja prova stålet. För om huset faller vill jag gärna kunna veta vad det berott på”

”Det finns en massa bransch tyckande som måste jobbas bort”

”Vi behöver en branschöverskridande överrenskommelse om vad som är korrekt och vad som inte är korrekt”

”Större än vad vi har betydligt fler som vill ha återbrukat än vad som finns”

”Jag tror att det kommer skynda på processen vilket gör att besiktandet kanske inte blir lika viktigt, provningen kommer alltid att finnas som en grund del, men vi kommer spara tid vi kommer inte att behöva åka ut och titta vad som finns utan det räcker att se digitalt, så vet vi vad som finns i byggnaden”

”Det generella tänket egentligen, att vi alla oavsett roll i branschen behöver tänka på ett lite annorlunda sett – jag tror att det är så enkelt”

Respondent 5

Bakgrund

Jag är stålprojekteringsledare, vilket innebär att jag arbetar med stålprojektering i alla skeden – från anbud till färdig produkt. Jag leder också olika team inom bolaget som jobbar i dessa skeden. Jag har levererat stålstommar till både stora och små projekt, allt från anläggningshallar till kontor och offentliga byggnader. Dessutom har jag jobbat med jordbruksrelaterade konstruktioner, som silos, samt inom industrin – till exempel kraftverk och annan industriverksamhet. Jag har en bred erfarenhet av olika typer av stålkonstruktioner och har varit verksam i branschen i tolv år, varav tio år i Sverige och två år utomlands.

Stommen

Respondenten berättar att han inte har deltagit i något projekt där demonterbarhet har beaktats i designprocessen. Enligt honom beror det på att kravet inte har kommit från beställaren, ”Det är beställaren som i slutändan ska förvalta byggnaden och som därför också måste föra vidare kravet till entreprenören”. Detta kräver i sin tur en annan tankeprocess, vilket kan påverka priset. I Sverige är totalentreprenad den dominerande modellen, vilket innebär att beställaren oftast endast efterfrågar en funktion, utan att styra hur lösningen ska utformas. Det leder till att totalentreprenören själv tar fram lösningarna och de är sällan anpassade för demontering. Vissa delar kan vara möjliga att demontera eller återanvända, men frågan har inte varit särskilt aktuell hittills. Han menar dock att detta håller på att förändras. På Stålbyggnadsdagen föregående år lyftes exempelvis ett projekt från Nederländerna, ett demonterbart mobilitetshus, vilket tyder på att diskussionen är på väg in i Sverige, särskilt i samband med klimatberäkningar och cirkulärt byggande. Han tror att ämnet kommer bli mer aktuellt inom fem till åtta år, då fler rimligtvis kommer ställa krav på demonterbarhet i byggprojekt.

Det handlar enligt honom framför allt om ett nytt sätt att tänka. Stålkonstruktioner behöver inte vara särskilt problematiska, det viktiga är att redan i planeringsfasen välja skruvade kopplingar som är åtkomliga för demontering. Skruvade kopplingar som exempelvis senare gjuts in i betong förlorar sitt värde ur demonteringssynpunkt, eftersom det kräver omfattande arbete för att frilägga dem. Enligt honom bör man kunna skruva ned byggnaden på samma sätt som man bygger upp den, förutsatt att

detta planeras och beaktas tidigt i processen. Det ställer krav på både utförandet och på konstruktörerna, som behöver ta hänsyn till byggplanering och produktionsflöde. Han konstaterar också att olika entreprenörer föredrar olika metoder, ”vissa föredrar svetsning, andra skruvning”.

Han nämner att hallar och parkeringshus är goda exempel på byggnadstyper som redan idag skulle kunna göras demonterbara, då de är funktionsstyrda och inte lika starkt formgivna av arkitekten. När det gäller kontorsbyggnader och andra byggnader där arkitektonisk utformning väger tungt, kan det vara mer utmanande att skapa demonterbara lösningar. Visuella och funktionella krav, som hygienstandarder, kan påverka möjligheten att använda exempelvis synliga skruvade kopplingar.

När det gäller återbruk har han erfarenhet av återvunnet stål i flera projekt, och i ett pågående projekt används återanvänd TRP-plåt som fasadmateriäl. Däremot fanns det inte tillräckligt med återbrukade stålbalkar på marknaden för att de skulle kunna användas i konstruktionen. Han lyfter initiativ som materialbanker, exempelvis Varvsstaden i Malmö, där material från demonterade industribyggnader har inventerats och återanvänts inom området. Detta ser han som ett inspirerande exempel och något som kan bli vanligare i framtiden, särskilt när byggnader från 1970-talet börjar demonteras, och i ännu större utsträckning när byggnader som uppförs idag ska demonteras om 50 till 100 år.

Han anser att komponenter som fasadbeklädnad, aluminiumprofiler, lättbalkar och sandwichpaneler redan idag har goda förutsättningar att återanvändas. Stommar i stål är också intressanta, men bara om de är lättåtkomliga för demontering. Om komponenterna är ingjutna eller placerade i trånga utrymmen blir demontering betydligt mer komplicerad.

Inspektion & återbruk

För att återanvända stål krävs i dagsläget att materialet först inspekteras och därefter genomgår provningar, såvida det inte finns materialspecifikationer tillgängliga. Med materialspecifikationer avses dokumentation, exempelvis relationshandlingar, där det framgår vilket material stålet är och enligt vilken norm det är tillverkat. I äldre byggnader saknas ofta denna typ av dokumentation, vilket innebär att provningar måste genomföras för att säkerställa materialets egenskaper.

Respondenten ser en framtida möjlighet att utveckla en tabellbaserad modell där en säkerhetsfaktor justeras beroende på stålets ålder. Exempelvis skulle äldre stål från 1930-40-talet kunna tilldelas en högre säkerhetsfaktor, exempelvis 1,5, medan modernare stål ges en faktor på 1,0, förutsatt att det finns tillräckligt med information för att fastställa vad som är en rimlig säkerhetsnivå. Genom att tillämpa dessa säkerhetsfaktorer i en probabilistisk beräkning menar respondenten att det skulle vara möjligt att garantera stålets bärförmåga.

I nuläget är det dock en omfattande och kostsam process att verifiera stålets prestanda, vilket gör att vissa entreprenörer hellre väljer att köpa nytt stål. För att främja återanvändning behövs därför förenklade processer. Enligt respondenten skulle ett möjligt steg vara att införa säkerhetsfaktorer med inbyggda marginaler som täcker upp osäkerheten vid återanvändning, vilket skulle göra processen både smidigare och mer tillgänglig.

Hinder och Möjligheter

Enligt respondenten utgör den mänskliga faktorn ett betydande hinder för demontering och återbruk. Kostnadsaspekten lyfts fram som den främsta utmaningen, tätt följd av gestaltungsfrågor. Det största hindret som identifieras är dock tillgången på återanvänt stål.

Respondenten ser inga större hinder för att det stål som projekteras i dag ska kunna återanvändas om 30 år. Vissa beställare har redan idag klimatmål som inkluderar krav på användning av återanvända stålkonstruktioner. Ett exempel är certifieringssystemet Miljöbyggnad, där många beställare strävar efter att uppnå en guld nivå. För att uppnå denna nivå på vissa parametrar krävs att 50 procent av materialen består av återanvända produkter, vilket kan inkludera både stål och andra byggprodukter.

Respondenten nämner också att det finns beställare med ambitiösa klimatmål, särskilt kopplat till CO₂-avtryck och återbruk. För dessa aktörer blir hållbarhet en del av deras marknadsföring - ett sätt att profilera sig som klimatmedvetna och ansvarstagande inom branschen.

Cirkularitet

Respondenten framhåller att det finns stora fördelar med stål:

"Jättestora fördelar, stål är ett fantastiskt material."

Det poängteras att även om trä är ett utmärkt material, så finns det begränsningar – allt kan inte byggas i trä. Därför är kombinationen av stål och trä viktig, eftersom de kompletterar varandra och fungerar bra till olika typer av konstruktioner.

"Hybridstommar är en bra blandning mellan stål och trä."

Respondenten menar också att återanvändning av stål kan bidra till minskad energiförbrukning, särskilt i stålproduktionen. Genom att återbruka materialet minskar behovet av ny elproduktion som annars krävs i ståltillverkning.

"Om vi återanvänder stål kommer vi slippa en del elproduktion för att kunna driva stålproduktion."

På global nivå skulle ett ökat återbruk av stål kunna leda till betydande minskningar av elförbrukningen inom stålindustrin.

Framtid & utveckling

Respondenten lyfter fram de stora fördelarna med BIM och digitala verktyg inom byggbranschen:

"Extremt stora fördelar med BIM och digitala verktyg."

Ett exempel är digitala tvillingar – en exakt digital representation av den verkliga byggnaden. Dessa modeller gör det möjligt att visualisera och navigera i byggnaden, till exempel genom VR-teknik där man kan röra sig i miljön och se detaljer som skruvförband, installationer och olika byggnadsdelar.

För stålkonstruktioner kan modellen innehålla all nödvändig information: balktyp, kvalitet, dimension, typ av förband och rostskydd - vilket eliminerar behovet av tidskrävande mätningar och kontroller. All data finns samlad, som i en omfattande digital arkivlåda. "Då vet man att man har den, vilket slipper mycket mätningar och toleranser. Allt inbakat redan som en stor digital arkivlåda."

Respondenten menar att vi redan är på väg mot mer återbruk, men att det krävs fler aktörer i branschen som är villiga att satsa på detta arbetssätt: Ett stort hinder är tillgången - det är svårt att få tag i återbrukat stål, och ekonomin spelar en avgörande roll.

Citat:

"Det är beställaren som i slutändan ska förvalta byggnaden och som därför också måste föra vidare kravet till entreprenören".

"Det leder till att totalentreprenören själv tar fram lösningarna och de är sällan anpassade för demontering".

"Det viktiga är att redan i planeringsfasen välja skruvade kopplingar som är åtkomliga för demontering"

"Vissa föredrar svetsning, andra skruvning".

"Vi måste hitta processer att underlätta det, ett sätt hade varit säkerhetsfaktorer på marginalsida som täcker de fallen".

"Största hindret är tillgång till återanvänt stål".

"Om vi återanvänder stål kommer vi slippa en del elproduktion för att kunna driva stålproduktion."

"Det måste finnas ett ekonomiskt incitament för att använda det i nya projekt."

"Det får inte bli dyrare än att köpa nytt i längden."

"Då vet man att man har den, vilket slipper mycket mätningar och toleranser. Allt inbakat redan som en stor digital arkivlåda."

"Hybridstommar är en bra blandning mellan stål och trä."

"Extremt stora fördelar med BIM och digitala verktyg."

"På väg mot mer återbruk redan, men krävs att det finns fler spelare i branschen som vill jobba för att återbruka."