

Hållbar hantering av byggavfall – återbruk av brandklassade produkter, fördjupning

Margaret McNamee
Therése Göras
Cecilia Wetterqvist
Karolina Kundh
Axel Mossberg
Per Blomqvist
Susanne Blomqvist
Anna Sandinge

BRANDFORSK
2024:1



BRAND
FORSK

Referensgrupp

Anneli Kouthoofd, SBUF

Mattias Delin, Brandforsk

Maria Glädt, White Arkitektur

Andreas Hägg, Säkerhetspartner

Lotta Zachrisson, PEAB

Anna Bernstad Saraiva, Malmö stad

Gustav Sandqvist, Akademiska hus

Björn Hedskog, BSL

Per Håkansson, Kompanjongruppen

Daniel Johansson, NCC

Karin Hedin, White Arkitektur

Reviderad version 2024-02-02,
gäller figur 18 på sidan 70 och figur 21 på sidan 90

Denna rapport utgör ett slutligt arbetsmanuskript för det rubricerade projektet. Den officiella projektrapporten, till vilken referens bör ske återfinns på Lunds universitets hemsida:

**”Hållbar hantering av byggavfall
- återbruk av brandklassade produkter, fördjupning”**

www.lu.se

BRANDFORSK
2023:1

Brandforsks verksamhet möjliggörs av stöd från olika organisationer i samhället. Läs mer om våra stödorganisationer på www.brandforsk.se



Hållbar hantering av byggavfall – återbruk av brandklassade produkter, fördjupning

Margaret McNamee, Therése Göras, Cecilia Wetterqvist, Karolina Lundh, Axel Mossberg, Per Blomqvist, Susanne Blomqvist och Anna Sandinge

Rapport 3258

ISRN: LUTVDG/TVBB--3258--SE

Antal sidor/Number of pages: **106** (inklusive bilagor)

Illustrationer/Illustrations: **22**

Tabeller/Tables: **10**

Sökord/Keywords

Återbruk, brandklassade produkter, cirkulär ekonomi, hållbar brandsäkerhet, materialflöden

Abstract

Samhällsbyggnadssektorn är av stor betydelse för Sverige och den svenska ekonomin men dess klimatpåverkan är betydande, t.ex. står sektorn för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning och genererar en betydande del av de totala materialflödena och avfallsmängderna i samhället. Samtidigt som byggsektorn orsakar stor klimatpåverkan finns stora möjligheter att genom förändring och modernisering bidra positivt till att minska hela samhällets klimatpåverkan. Det pågår många aktiviteter med fokus på att minska byggavfall på olika sätt. Frågan om återbruk av material och produkter har rönt allt mer intresse senare år men ytterst lite arbete har uppmärksammat produkter med tillhörande brandtekniska krav. Denna rapport sammanfattar del 2 av ett forskningsprojekt kring återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav. Rapporten vidareutvecklar processer för återbruk av sådana produkter och material, presenterar en intervjustudie kring utvecklingen av kulturen för återbruk inom byggsektorn samt innovationssystemet.

© Copyright:

Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2024

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2024

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
www.brand.lth.se

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
www.brand.lth.se

Förord

Arbetet har finansierats av SBUF (projektnummer 14137) och Brandforsk (projektnummer F2022/1693) vilket uppmärksammas tacksamt. Projektgruppen har bestått av Margaret McNamee (projektledare, LTH), Therése Göras (projektägare, Skanska), Cecilia Wetterqvist, Karolina Lundh och Axel Mossberg (Bengt Dahlgren Brand & Risk) samt Per Blomqvist, Susanne Blomqvist och Anna Sandinge (RISE Research Institutes of Sweden).

En referensgrupp (RG) kopplat till projektet har generöst delat med sig av data samt sina erfarenheter och kontakter. Utan deras input hade projektgenomförandet inte varit möjligt. Följande medlemmar har ingått i referensgruppen:

Anneli Kouthoofd, SBUF

Mattias Delin, Brandforsk

Maria Glädt, White Arkitektur

Andreas Hägg, Säkerhetspartner

Lotta Zachrisson, PEAB

Anna Bernstad Saraiva, Malmö stad

Gustav Sandqvist, Akademiska hus

Björn Hedskog, BSL

Per Håkansson, Kompanjongruppen

Daniel Johansson, NCC

Karin Hedin, White Arkitektur

Vi vill också tacka alla som deltagit i intervjuer. Utan er medverkan hade det inte varit möjligt att undersöka erfarenheter från tidigare projekt eller delar av det tekniska innovationssystemet kopplat till återbruk.

Lund, 2024.

Sammanfattning

Samhällsbyggnadssektorn är av stor betydelse för Sverige och den svenska ekonomin med en omsättning inom den svenska bygg- och anläggningssektorn på drygt 1 000 miljarder kronor årligen och sysselsättning av cirka 550 000 personer. Tillsammans utgör den byggda miljön ungefär hälften av nationalförmögenheten. Vanliga uppskattningar visar att sektorn motsvarar cirka 40 % av Sveriges totala energianvändning och genererar en betydande del av de totala materialflödena och avfallsmängderna i samhället. Det finns ett tydligt behov av att sektorn minskar sin klimatpåverkan, storleken på sektorn medför att det finns många sätt att angripa problemen på.

Projektet som sammanfattas i denna rapport föregicks av en förstudie som visade på möjligheten att använda återbruk av byggnadsprodukter och material som ett sätt att minska klimatpåverkan av byggnadssektorn. Inom nuvarande studie har man genomfört en första analys av återbrukets tekniska innovationssystem (TIS), undersökt lärdomar från flera pågående eller nyss avslutade byggnadsprojekt där man använt (eller försökt använda) återbruk av produkter eller material med tillhörande brandtekniska krav, samt utvecklat flera produktspecifika processer för återbruk.

Projektet visar att även om byggnadssektorn arbetat med återbruk under flera decennier är innovationssystemet fortfarande underutvecklat, men också att det finns flera saker som skulle kunna genomföras för att öka utvecklingen. Utveckling av metoder till stöd för CE-märkning eller motsvarande skulle underlätta marknadsutvecklingen. Vidare har ett flertal policyområden identifierats där arbetet skulle minska trösklar till införande av storskaligt återbruk, för produkter och material med och utan tillhörande brandtekniska krav. Det konstateras att flera processer eller funktioner kopplat till Återbrukets TIS är underutvecklade, men det finns möjlighet att brygga över dessa brister genom mer forskning likt det som bedrivits inom projektet.

Processer inom ramen för analytisk dimensionering som tagits fram inom projektet, för dörrar, innertak och brandgasspjäll, visar på en möjlighet att bestämma egenskaperna av produkter och material för att avgöra deras potential för återbruk.

Två viktiga marknadshinder identifierades som naturligt kommer att minska över tid. Dessa hinder är; 1) låg tillgång och efterfrågan av återbruksprodukter samt 2) låg erfarenhet av inverkan av åldring på olika produkter med tillhörande brandtekniska krav, inklusive avsaknaden av erfarenhet kring hur åldring i en livscykel påverkar förväntad livscykel på åldrade produkter. Pågående pilotprojekt kommer att förbättra situationen men utan mer forskning kommer kunskapsinhämtningen riskera att ta mycket lång tid.

Summary

The construction sector is of great importance to Sweden and the Swedish economy, with an annual turnover of just over SEK 1,000 billion and employment of approximately 550,000 people. Indeed, the built environment makes up about half of the national wealth. Common estimates show that the sector corresponds to around 40% of Sweden's total energy use and generates a significant part of the total material flows and waste volumes in society. There is a clear need for the sector to reduce its climate impact, but the size of the sector means that there are also many ways to attack the issue.

The project summarized in this report was preceded by a feasibility study that illustrated the potential of the reuse of building products and materials as a way to reduce the climate impact of the construction sector. Within the current study, an initial analysis of the technical innovation system (TIS) for reuse has been carried out, lessons learned from several ongoing or recently completed building projects where reuse of products or materials with associated fire safety requirements has been used (or proposed even if not ultimately implemented), and several product-specific processes have been developed for recycling.

The project shows that although the construction sector has worked with reuse for several decades, the TIS is still underdeveloped, but that there are several things that could be implemented to increase development. Development of methods to support CE marking or equivalent would facilitate market development. Furthermore, a number of policy areas have been identified where the work would reduce thresholds for the introduction of large-scale reuse, for products and materials with and without associated fire requirements. It is stated that several of the processes or functions connected to TIS for reuse are underdeveloped, but there is an opportunity to bridge these holes through more research similar to what was conducted within the project.

Analytical design processes developed within the framework of the project, for doors, ceilings and fire dampers, demonstrate the ability to determine the properties of products and materials to determine their potential for reuse.

Two key market barriers were identified that will naturally decrease over time. These obstacles are; 1) low supply and demand for recycled products and 2) low experience of the impact of aging on various products with associated fire-technical requirements. Ongoing pilot projects will improve the situation, but without more research, knowledge acquisition will risk taking a very long time.

Innehållsförteckning

Förord	i
Sammanfattning	ii
Summary	iii
Innehållsförteckning	iv
Nomenklatur	vii
Lista över figurerna i rapporten	viii
Lista över tabellerna i rapporten	ix
1. Inledning	10
1.1 Introduktion	10
1.2 Syfte	11
1.3 Begränsningar och avgränsningar	11
1.4 Definitioner	12
1.5 Rapportens disposition	13
2 Metod	15
2.1 Introduktion	15
2.2 Flera delar som input till rekommendationer	16
2.3 Intervjustudie	16
3 Återbruksmarknaden	18
3.1 Introduktion	18
3.2 Agenda 2030	18
3.3 EU:s Taxonomi	19
3.4 Miljöbyggnad	19
3.5 Svanen	20
3.6 NollCO2	21
3.7 BREEAM	21
3.8 LEED	21
4 Återbruk som tekniskt innovationssystem (TIS)	22
4.1 Introduktion	22
4.2 Inverkan av företagskultur på innovation	23
4.3 Tekniska innovationssystemets (TIS) uppbyggnad	25
4.3.1 Strukturella komponenter i det tekniska innovationssystemet (TIS)	26
4.3.2 Funktioner (processer) som definierar marknaden	28
4.4 Analys av ”Återbrukets TIS”	32

4.4.1	Metod för analys av ett TIS.....	32
4.4.2	Beskrivning intervjustudie som del av TIS-kartläggning.....	32
4.4.3	Koppling till de olika stegen.....	33
5	Regelverk.....	41
5.1	Introduktion.....	41
5.2	Möjligheter i enlighet med BBR	42
5.3	Möjligheter i enlighet med EKS.....	45
5.4	Möjligheter i enlighet med LSO	46
5.5	Möjligheter att hantera hinder identifierade i projektförstudie	46
6	Fallstudier och intervjuer	47
6.1	Introduktion.....	47
6.2	Beskrivning ingående fallstudier.....	47
7	Återbruksprocessen	51
7.1	Introduktion.....	51
7.2	Generell process.....	51
7.3	Analytisk dimensionering för återbruk	54
7.4	Certifierad process för återbruk.....	55
8	Återbruk av utvalda byggprodukter.....	57
8.1	Introduktion.....	57
8.2	Återbruk av dörrar med brandteknisk klass	57
8.2.1	Gällande regelverk och provningsprocesser	58
8.2.2	Återbruk av dörrar inom genomförda fallstudier och intervjuer.....	64
8.2.3	Dimensionering brand vid återbruk av dörrar	66
8.2.4	Slutsatser dörrar	66
8.3	Återbruk av innertaksplattor	67
8.3.1	Gällande regelverk och provningsprocesser	67
8.3.2	Återbruk av innertaksplattor inom genomförda fallstudier samt litteratur	69
8.3.3	Dimensionering brand vid återbruk av innertaksplattor	69
8.3.4	Slutsatser	70
8.4	Återbruk av brandgasspjäll	71
8.4.1	Gällande regelverk och provningsprocesser	71
8.4.2	Återbruk av brandgasspjäll inom genomförda fallstudier samt litteratur	73
8.4.3	Dimensionering brand vid återbruk av brandgasspjäll	73
8.4.4	Slutsatser	74
9	Återbruk av utvalda konstruktionsdelar.....	75

9.1	Introduktion.....	75
9.2	Återbruk av konstruktionsstål	75
9.2.1	Gällande regelverk och provningsprocesser	75
9.2.2	Återbruk av konstruktionsstål inom genomförda fallstudier samt litteratur.....	77
9.2.3	Dimensionering brand vid återbruk av konstruktionsstål	77
9.3	Återbruk av betong	78
9.3.1	<i>Gällande regelverk och provningsprocesser</i>	78
9.3.2	Återbruk av betong inom genomförda fallstudier samt litteratur	79
9.3.3	Dimensionering brand vid återbruk av betong	80
9.4	Slutsatser utvalda konstruktionsdelar	82
10	Diskussion.....	83
10.1	Introduktion.....	83
10.2	Återbruk som tekniskt innovationssystem	83
10.3	Processer för återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav	84
11	Slutsatser och forskningsbehov.....	88
11.1	Slutsatser	88
11.2	Forskningsbehov.....	88
12	Rekommendationer	89
12.1	Dörrar med tillhörande brandtekniska krav	89
12.2	Innertaksplattor	89
12.3	Brand- och brand-/brandgasspjäll	90
12.4	Konstruktionsstål.....	91
12.5	HDF-bjälklag	91
	Referenser.....	92
	Bilaga 1: Information inför intervjuer inom projektet:	99
	Bilaga 2: Intervjuguide – kulturbärande intervjuer	100
	Bilaga 3: Intervjuguide – fallstudier	102

Nomenklatur

Beteckning	Betydelse
BIM	Building Information Modelling
BBR	Boverkets byggregler
CE	Bokstäverna CE är en förkortning för Conformité Européenne vilket betyder i överensstämmelse med för produkten aktuell EU-lagstiftning.
EAD	European Assessment Document, syftar till en harmoniserad teknisk specifikation som har utvecklats av EOTA och utgör basen för en Europeisk teknisk bedömning (ETA).
EKS	Boverkets konstruktionsregler
EN	Europeisk standard
EN ISO	Europeisk och ISO standard, betecknar att samma standard gäller inom båda standardiseringsorganisationerna
EOTA	European Organisation for Technical Assessment är en europeisk sammanslutning av tekniska utvärderingsorganisationer för konstruktionsprodukter
HDF	Håldäck (förspänd)
hEN	Harmoniserad produktstandard
LSO	Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor
NANDO	EU-kommissionens publika databas för registrerade nationella certifieringsorgan
NR	Nybyggnadsreglerna
PT	Platt-termoelement
SBA	Systematiskt brandskyddsarbetet
SBN	Svensk byggnorm, tidigare BBR
SS-EN	Europeisk standard som antagits i Sverige
TIS	Tekniskt innovationssystem

Lista över figurerna i rapporten

Figur 1: Schematisk bild över informationsgenerering och flöde i arbetet.....	16
Figur 2: Den generella strukturen hos ett tekniskt innovationssystem (TIS). Omritad med inspiration från Satalkina and Steiner (2020).....	22
Figur 3: Schematisk beskrivning av det som skapar en innovationskultur inom företag (omarbetad efter Abdul-Halim et al. (2019)).....	24
Figur 4: Schematisk bild av ett TIS, uppdaterad från McNamee et al. (2021b; 2021a).....	25
Figur 5: Schematisk bild av analysmetoden utvecklad av Bergek et al. (2008a).....	32
Figur 6: Schematisk överblick över aktiviteter och kompetenser som ingår i Återbrukets TIS. Notera att regelverk (inklusive lagar, förordningar mm) ligger båda innanför och utanför varför det läggs på gränsen mellan det som ligger inom TIS:et och det som ligger utanför. Bilden är bara illustrativ med exempel på aktiviteter och kompetenser.	33
Figur 7: Schematisk analys av mekanismer som främjar respektive hindrar återbruk kopplat till policybehov. Bilden är indikativ snarare än heltäckande.	39
Figur 8: Översikt över lagstiftningens hierarki i Sverige.....	42
Figur 9: Förenklad figur över klassisk indelning av olika byggnader i byggnadstekniska klasser. Illustration återges med tillåtelse från Bengt Dahlgren.	43
Figur 10: Förenklad figur över indelning av olika verksamhetsklasser. Illustration återges med tillåtelse från Bengt Dahlgren.	44
Figur 11: Process för återbruk av produkter med brandtekniska egenskaper.	51
Figur 12: Mer detaljerad beskrivning av process för att fastställa egenskaper hos produkter.	52
Figur 13: Mer detaljerad beskrivning av hur man verifierar att produkten uppfyller kravnivån.....	53
Figur 14: Principschema för metodik vid brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter.....	55
Figur 15: Schematisk bild som visar alternativ för verifieringssystem för en återbrukad byggprodukt (McNamee et al., 2021b; a).	56
Figur 16: Översikt av relationen mellan produktstandarder och teststandarder för brandmotståndskarakterisering av dörrar.	59
Figur 17: Översikt av processen för att återbruka dörrar.....	66
Figur 18: Översikt av processen för att återbruka innertakspaltor.	70
Figur 19: Översikt av processen för att återbruka brandgasspjäll.....	73
Figur 20: Översikt av process för återbruk av dörrar (återfinns även i kapitel 8).	89
Figur 21: Översikt av process för återbruk av innertakspaltor (återfinns även i kapitel 8).	90
Figur 22: Översikt av process för återbruk av brand- och brand-/brandgasspjäll (återfinns även i kapitel 8).	91

Lista över tabellerna i rapporten

Tabell 1: Sammanfattning av tekniska, ekonomiska och organisatoriska hinder som identifierades i förstudien, uppdaterad och baserat på McNamee et al. (2023).....	11
Tabell 2: Sammanfattning av nyckelbegrepp.....	12
Tabell 3: Rapportens disposition.....	13
Tabell 4: Sammanfattning av intervjuerna för kartläggning av innovationssystemet samt fallstudier.....	17
Tabell 5: Exempel på strukturella aspekter inom Återbrukets TIS (aktörer baseras på information från ccbuild.se).	34
Tabell 6: Sammanfattning av analysen av TIS funktionalitet och målsättning för Återbrukets TIS som är under utveckling.....	37
Tabell 7: Förklaring av mätparametrar för historisk och nuvarande klassificering av branddörrar.	64
Tabell 8: Lista över provningsmetoder som krävs för att uppnå en viss klass enligt EN13501-1 (SIS, 2019).	68
Tabell 9: Prestandakriterier för brandprovning av brandbeständiga spjäll enligt SS-EN13501-3 (SIS, 2005c).	72
Tabell 10: Klassificeringssystemet för återbrukade betongelement (DCE = Dissassembled Concrete Elements) från Suchorzewski et al. (2023), förenklat och översatt till svenska.	81

1. Inledning

1.1 Introduktion

Samhällsbyggnadssektorn är av stor betydelse för Sverige och den svenska ekonomin. Enligt branschorganisationen IQ Samhällsbyggnad omsätter den svenska bygg- och anläggningssektorn drygt 1 000 miljarder kronor årligen och sysselsätter omkring 550 000 personer. Dessutom menar de att värdet på fastighetsbeståndet i Sverige uppgår till uppskattningsvis drygt 6 000 miljarder kronor. Tillsammans utgör den byggda miljön ungefär hälften av nationalförmögenheten. Klimatpåverkan från byggandet i Sverige är nära 10 miljoner ton CO₂-ekv per år (Westlund et al., 2014). Dessutom står sektorn för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning och genererar en betydande del av de totala materialflödena och avfallsmängderna i samhället. Samtidigt som byggsektorn orsakar stor klimatpåverkan finns stora möjligheter att genom förändring och modernisering bidra positivt till att minska hela samhällets klimatpåverkan.

Under 2017 konstaterade Sveriges regering att trots att det pågår många bra initiativ angående resurshantering i Sverige måste aktivitetstakten öka om man ska lyckas uppnå uppställda mål (Naturvårdsverket, 2018). Byggsektorn stod för mer än en tredjedel av allt avfall som genererades inom Sverige 2018, och andelen ser ut att öka stadigt. Det är därför angeläget att byggsektorn tar ett större ansvar för hantering av återvunnet material. För att lyckas med det krävs dock ökad kunskap om hur materialet används idag samt vilka möjligheter och hinder som finns för att kunna öka andelen återvunnet material. Nyligen avslutades en förstudie för att undersöka nuläget angående återbruk inom byggnadssektorn, med fokus på återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav. Studien visade att det finns flera pågående initiativ kopplade till återbruk av material och produkter både nationellt och internationellt men att det finns ytterst få fall då man beaktar brandtekniska krav för den återbrukade produkten (McNamee et al., 2021b; a). Detta innebär att dessa värdefulla produkter mister möjligheten att användas i en cirkulär ekonomi. En stor del av strukturen (d.v.s. material, produkter och konstruktionen) i en byggnad har nämligen någon typ av brandkrav kopplat till sig, och likt andra områden finns potential för återbruk av material och produkter med brandkrav om man kan lägga ett fokus på dessa krav och lösa de hinder som finns.

Förstudien identifierade tekniska, ekonomiska och organisatoriska hinder till storskaligt återbruk, se Tabell 1. Flera av dessa hinder relateras till frågor som, t.ex., demonterbarhet, produkt- och materialbegränsningar, säker rivning, inställning i pågående byggprojekt, kunskap, samverkan, osäkerheter i projektering, lagring mm.

Tabell 1: Sammanfattning av tekniska, ekonomiska och organisatoriska hinder som identifierades i förstudien, uppdaterad och baserat på McNamee et al. (2023).

Tekniska	Ekonomiska	Organisatoriska
<ul style="list-style-type: none"> • Demonerbarhet, d.v.s. hur lätt det är att demontera ett objekt i en byggnad • Produkt och materialbegränsningar, t.ex. påverkan av åldring, samt huruvida det är rent eller sammansatt material 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostnaden för återbrukade produkter och material jämfört med nytt • Kostnaden för förvaring och logistiken kopplat till återbrukade produkter jämfört med nya 	<ul style="list-style-type: none"> • Inställning • Säker rivning • Avsaknad av marknad • Samverkan • Ökad osäkerhet i projekt • Begränsad tid • Lagring • Lagstiftning • Tillförlitlighet (garantier och kvalitetsfrågor) • Certifiering • Bristfällig information/kunskap

1.2 Syfte

Mot bakgrund av ovanstående problemställningar är syftet med projektet att fortsätta arbetet som påbörjades inom förstudien genom att undersöka flera fallstudier där projektdeltagare följer flertalet byggprojekt för att undersöka hur återbruk fungerar idag. Detta görs bl.a. genom en grundlig analys av återbrukets tekniska innovationssystem (TIS).

Dessutom syftar projektet till vidareutveckling av en generisk process som en startpunkt för utveckling av produktspecifika återbruksprocesser samt anpassar denna generiska process till återbruk av de produkter som identifierats i undersökta fallstudier.

1.3 Begränsningar och avgränsningar

Det finns många produkter med tillhörande brandklassning som skulle vara intressanta att studera. Projektet har dock haft begränsat med tid och resurser och intervjustudier är tidsödande. Därför har endast en handfull produkter undersökts. Projektet har totalt genomfört ca 20 intervjuer, ytterligare hade säkert kunnat ge ytterligare information, d.v.s. mättnad har inte nåtts vad gäller informationsinhämtning från faktiska fall eller från innovationssystemet i stort. Val av intervjudeltagare har delvis varit baserat på kontakter inom projektgruppen och dels vilka som blivit kontaktade som också varit beredda att avsätta tid till intervjuer.

Det ska noteras att vid utförandet av denna studie pågick ett arbete med att förändra gällande regelverk (BBR) som ligger till grund för brandteknisk dimensionering av byggnader. De förhandskopior avseende det nya regelverket, "Möjligheternas Byggregler", som har kunnat granskas avseende denna förändring gör

gällande att arbetet med brandteknisk dimensionering kommer att förändras något på sikt. Men de bedömningar som redovisas i denna studie bedöms kunna ligga till grund för hantering av återbrukade produkter med brandtekniska egenskapskrav även framgent, åtminstone så långt projektgruppen kan se. Återbruksmarknaden är dock under snabb utveckling så analysen som presenteras kan behöva uppdateras över tid.

1.4 Definitioner

Projektet undersöker återbruk av produkter eller material. Inom detta område fokuserar projektet därför särskilt på produkter och material som har något tillhörande brandtekniskt krav.

Det finns ett antal begrepp inom området ”återvinning” som har delvis överlappande betydelse och som används på olika sätt i olika sammanhang, för att vara så tydlig som möjligt har dessa begrepp sammanfattats i Tabell 2.

Tabell 2: Sammanfattning av nyckelbegrepp

Begrepp	Definition
Återvinning	En avfallshantering som innebär att avfallet kommer till nytta för produktion av nya material eller produkter eller energi efter större omarbetning.
Down-cycling	Återbruk av material eller produkter i enklare användningsområden än ursprungsanvändningen, t.ex. återbruk av en branddörr som en vanlig (ej brandklassad) innerdörr.
Energiåtervinning	En avfallshantering som innebär att materialet används som bränsle eller annan energikälla.
Innovation	En innovation är något originellt och principiellt nytt av betydelse – inom vilket område som helst – som vinner insteg i ett samhälle (Wikipedia, 2023). En innovation kan vara en produkt, tjänst, process, modell, metod eller något annat nytt (ISO, 2020). Inom denna rapport relaterar innovation till något nytt som påverkar möjligheten till återbruk.
Innovationssystem	En uppsättning relaterade eller interagerande element som syftar till att skapa innovation. Ett innovationssystem kan relatera till ett land eller nation, t.ex. ett nationellt innovationssystem, en region, en industrisektor, en hel eller delar av en organisation, ett kluster eller nätverk av organisationer, en gemenskap av utövare eller något slags värdenätverk eller ekosystem med flera olika intressenter. Inom rapporten relaterar

	innovationssystemet till den som finns i Sverige med koppling till återbruk.
Materialåtervinning	En avfallshantering som innebär att materialet bryts ner (antingen kemiskt eller mekaniskt) så att den kan användas som råvara till nyttillverkning av material
TIS	Technical Innovation System = Teknisk innovationssystem. En TIS relaterar till socio-tekniska system med fokus på utveckling, spridning och användning av någon teknologi, vilket kan vara både kunskap, en produkt eller en kombination av båda (Bergek et al., 2008a).
Up-cycling	Återbruk av material eller produkter i användningsområden som upplevs vara av högre kvalitet än vid ursprungsanvändningen.
Återbruk	En avfallshantering som innebär att material eller produkter från tidigare byggnader eller byggnadsprojekt, efter rivning eller demontering, kan användas igen med ett minimum av bearbetning. Det innebär att, t.ex., krossat betongrester i vägar inte är återbruk medan återanvändning av betongelement är återbruk.

1.5 Rapportens disposition

Arbetet inom projektet har i bedrivits enligt metodbeskrivningen i kapitel 2, vilket innebär att projektet består av två huvudsakliga delar. Under projektets gång, har kapitelindelningen växt fram något organiskt och följer inte dessa delar då de är mycket sammanflätade. Presentation av resultat och arbetsföljden (d.v.s. rapportens disposition) sammanfattas i Tabell 3.

Tabell 3: Rapportens disposition.

Kapitel	Koppling till studiedel
2. Metod	Beskriver tillvägagångssättet i projektet
3. Återbruksmarknaden	Kopplas till båda projektdelarna. Sammanställer vilka krav det ställs på återbruk i de vanligaste byggnadscertifieringssystem samt genom informella marknadskrafter
4. Återbruk som innovationssystem	Kopplas till båda projektdelarna och undersöker förutsättningarna för storskaligt återbruk genom bred analys av det tekniska innovationssystemet kopplat till återbruk
5. Regelverk	Sammanfattning av förutsättningarna som tagits ur analys av regelverk i förstudien (McNamee et al., 2021b; a) samt generell introduktion till möjligheterna inom olika regelverk med koppling till återbruk

6. Fallstudier och intervjuer	Beskrivning av olika fallstudier som ingått i projektet utifrån de intervjuer som genomförts med koppling till specifika byggprojekt
7. Återbruksprocessen	Sammanfattning av processer för återbruk
8. Återbruk av utvalda byggprodukter	Analys av möjligheter till återbruk kopplat till ett fåtal specifika produkter
9. Återbruk av utvalda konstruktionsdelar	Analys av möjligheter till återbruk kopplat till ett fåtal specifika konstruktionsmaterial
10. Diskussion	Diskussion av lärdomar från projektet
11. Slutsatser och fortsatt forskningsbehov	Presentation av slutsatserna från projektet och rekommendationer för att vidareutveckla återbruksmarknaden samt identifiering av fortsatt forskningsbehov

2 Metod

2.1 Introduktion

Projektet genomförs genom två tätt *sammanhållna* delar:

Del 1 – Vidareutveckling av processer för återbruk av brandtekniska produkter och material.

Denna del innehåller följande arbete:

- Undersökning av certifieringssystem för hållbara byggnader som en metod att främja återbruk (med en diskussion om dess betydelse för återbruk av brandtekniska produkter) genom sammanställning av de vanligaste certifieringssystemen
- Undersökning och analys av innovationssystemet kopplat till återbruk (med fokus på återbruk av brandtekniska produkter) genom analys av det tekniska innovationssystemet samt intervjuer med några nyckelaktörer
- Förslag till process för screening av material och produkter baserat på erfarenheten från del 2
- Utveckling av processer för återbruk av brandtekniska produkter baserat på erfarenheten från del 2.

Del 2 – Fallstudier där man undersöker flera faktiska byggprojekt som arbetat aktivt med återbruk kring bl.a. produkter och material som har tillhörande brandtekniska krav.

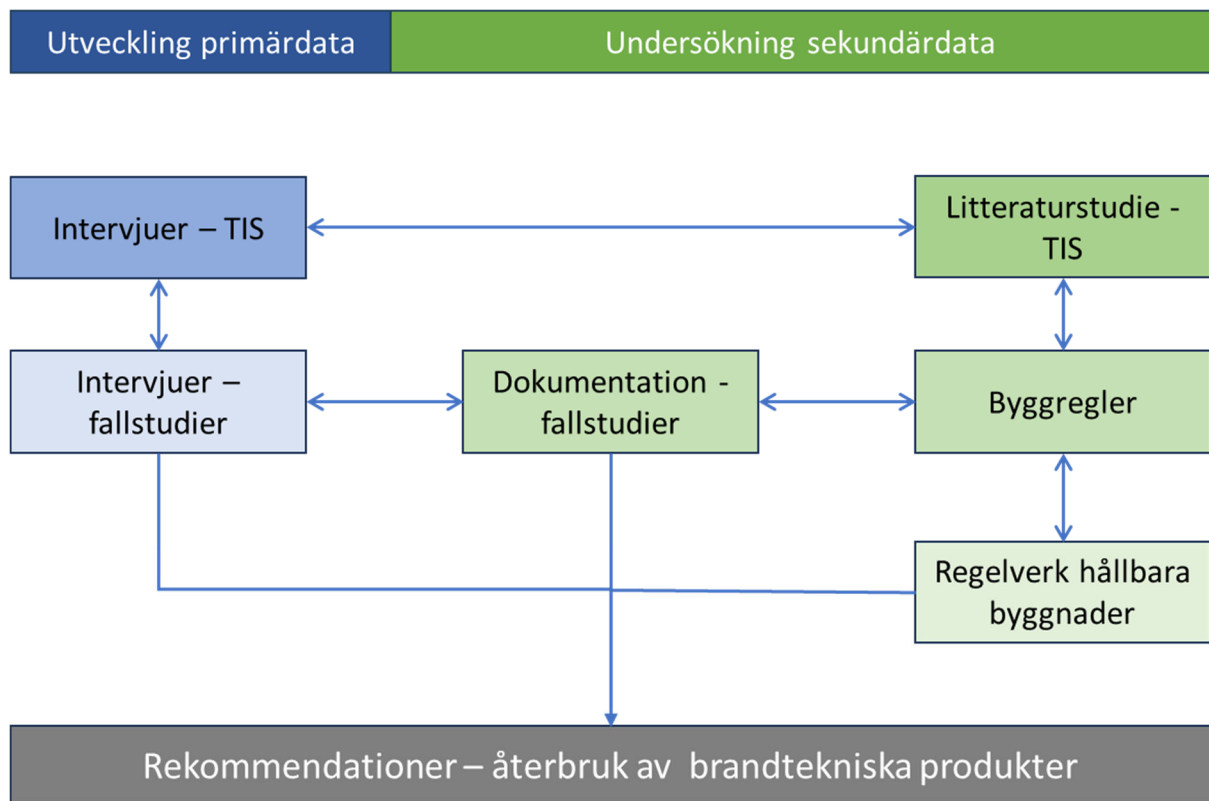
Denna del innehåller följande arbete:

- Undersökning av faktiska historiska fall med återbruk av brandtekniska produkter genom undersökning av rapporter mm kopplat till fallen samt intervjuer med nyckelaktörer.
- Val av ett urval brandtekniska produkter för vidare studie genom en kombination av kartläggning av regelverk och praxis samt undersökning av verkliga fall. Urvalet av brandtekniska produkter har baserats på en kombination av de produkter som identifierades som viktiga i förstudien samt vilka produkter som hanterats i verkliga fall; d.v.s. branddörrar, konstruktionsstål, betong, innetakplattor, samt brandgasspjäll.
- Processerna som utvecklats diskuteras baserat på erfarenheterna från fallstudierna.

Då delarna inte varit helt separata processer, presenteras resultat i kapitel baserat på ämnesområde hellre än projektdel. För information om rapportdisposition hänvisas till Tabell 3.

2.2 Flera delar som input till rekommendationer

Då de två delarna av projektet är sammanflätade presenteras ett flöde för arbetet inom de olika delarna i Figur 1. Projektet delas då upp i utveckling av primärdata (genom intervjuer) samt undersökning av sekundärdata från litteraturstudien kopplat till utveckling av återbrukets tekniska innovationssystem, analys av byggregler, dokumentation från fallstudierna samt analys av certifieringssystem för hållbara byggnader.



Figur 1: Schematisk bild över informationsgenerering och flöde i arbetet.

2.3 Intervjustudie

Semi-strukturerade intervjuer har använts inom båda delarna i projektet. I ena fallet har intervjuerna varit riktade till intressenter som arbetar eller beslutar om återbruk i sina respektive företag för att undersöka mognaden hos återbrukets tekniska innovationssystem. I annat fall har man intervjuat representanter för de fallstudier som ingått i projektet. Tabell 4 sammanfattar de olika intervjuerna som ingått i utvecklingen av primärdata.

Tabell 4: Sammanfattning av intervjuerna för kartläggning av innovationssystemet samt fallstudier

Företag/bransch	Antal intervjuer	Kommentar
Aktörer – kartläggning TIS		
Återbruksspecialist	1	
Brandkonsult	3	
Arkitektbyrå	1	
Entreprenör	3	
Kommunal beställare	2	
Fallstudier		
Kromet, kontorshus Göteborg	1	
Återhus	2	
Onsala Rymdrum, Onsala	2	En av de som ”intervjuats” lämnade skriftliga svar på frågorna då det inte kunde hittas en tid för liveintervju
Emmaus Skola, Västerås	1	
Förskolan hoppet, Göteborg	1	
Produkttillverkare - takplattor	1	
Produkttillverkare - branddörrar	1	
Återbruksspecialist	1	
SUMMA	20	

Intervjuerna genomfördes med minst 2 st personer närvarande från projektet. Inför intervjuerna kontaktades samtliga och informerades om projektet samt hantering av personuppgifter och intervjudata, se Bilaga 1. Intervjuerna för kartläggning av Återbrukets TIS och fallstudierna hade intervjuguider med olika inriktning, men med delvis överlappande frågor, se Bilaga 2 och Bilaga 3.

3 Återbruksmarknaden

3.1 Introduktion

För att framöver kunna bygga med lågt klimatavtryck jämfört med dagens nivå blir återbruk en viktig del, så även för att nå målen om ökad cirkularitet. Krav på återbruk vid upphandling av byggprojekt behövs för att öka omställningstakten. I den senaste versionen av certifieringssystemen för byggnader som används i Sverige har det tillkommit nya krav på att använda återbrukat material vilket bidrar i omställningen till mer cirkulära flöden. Att certifiera en byggnad är frivilligt men anses ofta höja marknadsvärdet på byggnaden.

En utmaning för att skala upp återbruket är att mer material behöver göras tillgängligt på återbruksmarknaden. Stora volymer användbara produkter slängs i stället för att återbrukas. Den största anledningen är att återbruk kräver mer tid i projektet. Entreprenörer vill kunna köpa återbrukade produkter via samma säljkanaler som de köper nytt material. Det förenklar processen när volymen av återbrukat material inte räcker till samtidigt som det underlättar och effektiviserar inköpsarbetet.

För att ta vara på mer material vid rivning så behöver man demontera i stället för att riva vilket kräver mer tid. För att inte skada produkterna behöver hanteringen av materialet ske varsamt. Kvalité och innehåll behöver bedömas för att farliga ämnen inte ska cirkuleras. Logistik och tidsmässig tajming är också frågor som måste lösas. Fler aktörer som kan köpa, sälja och mellanlagra material hade ökat återbruksnivåerna. Ju mer lokalt återbruket kan ske desto mer lönsamt blir det. För att produktionen i byggprojektet ska kunna följa tidplanen behöver tillgången av återbrukat material säkerställas i ett tidigt skede.

Arkitekter behöver designa byggnaden utifrån tillgängligt material på återbruksmarknaden. Någon enstaka aktör jobbar utifrån den modellen idag men fler skulle behöva ha det angreppssättet. Återbrukat material gör varje byggnad unik. Att hantera fler variationer av produkter avseende dimensioner och andra egenskaper är dock en utmaning både under projektering och produktion. De aktörer som kommit längst med återbruk i sina fastigheter är bra på att bygga en historia kring byggnaden och använder det som en strategi för att stärka sitt varumärke, s.k. ”story telling”. De marknadsledande företagen inom återbruk har tydligt uppsatta mål som är förankrade i ledningen vilket medför att visionerna om cirkulära flöden inte prioriteras bort i projekten vilket ofta är fallet där målstyrningen inte är lika tydlig.

Det tillkommer allt fler digitaliserade lösningar på marknaden för att inventera, märka upp produkter och hantera logistiken på ett rationellt sätt. Digitaliserade lösningar bidrar till att skala upp återbruket och underlätta hanteringen. Det finns projekt som märker produkterna med QR-koder och chip vilket medför att en hel lastbil kan scannas av samtidigt.

3.2 Agenda 2030

År 2016 antog FN sina mål till stöd för en hållbar utveckling (SDG) som en del av Agenda 2030 (A/Res/70/1). Agenda 2030 är en handlingsplan som syftar till stärka samarbetet genom en gemensam förståelse för vad som måste göras för att skapa en hållbar värld (McNamee et al., 2019). Det snabba antagandet av denna ram är säkerligen på grund av det nästan universella erkännandet av behovet av

gemensamma mål och definitioner kopplat till hållbarhet. Steg för att uppnå ökad hållbarhet inom den byggda miljön inkluderar att minska mängden jungfruliga material och utnyttja mer förnybara resurser.

Inom Agenda 2030 är det framför allt mål 12.2, ”Hållbar förvaltning och användning av naturresurser”, och mål 12.5, ”Minska mängden avfall markant, genom att återbruka mer material”, som pekar ut återbruk som en viktig del för att bidra till mer hållbar konsumtion och produktion. Senast 2030 ska man uppnå en hållbar förvaltning och en mer effektiv användning av våra naturresurser. Man ska även minska mängden avfall genom bl.a. ökat återbruk.

3.3 EU:s Taxonomi

EU:s taxonomi är en EU-förordning som klassificerar vilka ekonomiska aktiviteter som betraktas som hållbara. Taxonomin ska stimulera hållbara investeringar och bidra till att EU når målen inom Agenda 2030. EU:s taxonomi antogs i juni 2020 och utgör en ramreglering för att kunna uppskatta vilka kommersiella verksamheter som kan anses vara miljömässigt hållbara. För att en verksamhet ska anses vara miljömässigt hållbar ska den bidra väsentligt till ett eller flera av sex målområden i taxonomin. Man väljer minst ett mål att väsentligt bidra till (SC-Significant Contribution), för övriga mål får man inte göra väsentlig skada (DNSH – Do No Significant Harm). De sex målområden är:

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.

Vid nybyggnation och renovering av befintliga byggnader finns några DNSH-mål som bidrar till ökat återbruk. Minst 70 vikt-% av bygg- och rivningsmaterial ska förberedas för återbruk och återvinning. Man ska även begränsa avfallsgenereringen genom selektiv rivning för att underlätta återanvändning och återvinning. Kraven på att bygga mer resurseffektivt, anpassningsbart, flexibelt och nedmonterbart bidrar också till ökat återbruk.

Dessutom finns det förslag inom målet om cirkulär ekonomi att en högre andel av bygg- och rivningsmaterial ska förberedas för återbruk och återvinning. Dessa är dock inte antagna ännu, men ökade krav är att vänta.

3.4 Miljöbyggnad

Miljöbyggnad är det certifieringssystem som används mest i Sverige och är anpassat till den svenska marknaden. Miljöbyggnad lanserades 2009 och sedan 2011 erbjuds den av Swedish Green Building Council (Berggren, 2014). Majoriteten av alla certifierade byggnader i Sverige utförs enligt Miljöbyggnad. I den senaste versionen av certifieringssystemet, Miljöbyggnad 4.0, ställs krav på både demonterbarhet och

användning av återbrukade produkter. En annan nyhet i version 4.0 är att man kan visa att byggnaden i vissa avseenden linjerar med EU:s taxonomi beroende på vilka indikatorer man väljer.

Certifieringssystemet påverkar graden av återbruk i ett projekt med följande indikatorer:

- Klimatpåverkan (indirekt)
- Flexibilitet och demonterbarhet
- Cirkulära flöden
- Avfallshantering

Miljöbyggnad premierar en konstruktion som kan demonteras den dag byggnaden ska rivs vilket ökar möjligheterna till återbruk. Även anpassningsbarhet och flexibilitet är något som premieras.

Indikatorn cirkulära materialflöden syftar till att främja återbruk men även att använda byggvaror med återvunnet innehåll. Innan material återbrukas ska en inventering utföras för att säkerställa att material inte innehåller farliga ämnen.

Den som återbrukar ansvarar för att återbrukade produkter uppfyller alla nationella lagar och regler, kvalitetskrav, regler för CE-märkning, aktuella miljöregler samt arbetsmiljöregler.

Vill man nå den högsta nivån avseende avfallshantering ska minst 70 viktprocent av det ofarliga byggavfallet sorteras för att kunna återbrukas eller materialåtervinnas, vilket linjerar med EU:s taxonomi.

Rutiner ska finnas för att under förvaltningsskedet av en byggnad upprätthålla en loggbok med bl.a. instruktioner som underlättar återbruk.

3.5 Svanen

Svanen är ett certifieringssystem som används på den nordiska marknaden. Certifieringssystemet erbjuds av Miljömärkning Sverige på uppdrag av den svenska regeringen (Berggren, 2014). De verksamheter som Svanen certifierar är bostäder, äldreboenden, kontor, förskolor och skolor. I den senaste versionen av certifieringssystemet, Svanen generation 4, ställs fler krav och högre krav på återbruk jämfört med tidigare versioner.

I Svanen är det numera obligatoriskt att minst 70% av det ofarliga byggavfallet ska förberedas för återanvändning eller återvinning. Om man når en nivå över 75% så ger det extra poäng.

Innan återbrukade byggprodukter används ska en riskanalys dokumentera eventuell förekomst av farliga ämnen. Om oönskade ämnen upptäcks ska analyser utföras av ett ackrediterat laboratorium och erhållna värden ska jämföras med tillåtna gränsvärden. Återbrukade material ska dokumenteras i en digital loggbok på samma sätt som nya produkter registreras.

Att utforma en byggnad för ökad demonterbarhet och flexibilitet ger också poäng i syfte att skapa cirkulära flöden och möjliggöra återanvändning.

Man har redan aviserat att i nästa version av certifieringssystemet kommer man utvärdera möjligheten att ytterligare öka kraven på återbruk, skärpta krav på demonterbarhet och anpassningsbarhet samt ökade krav på andel byggavfall som förbereds för återanvändning.

3.6 NollCO2

Certifieringssystemet NollCO2 är ett relativt nytt system (sedan ca 2021) och används idag som en tilläggs-certifiering tillsammans med annat certifieringssystem framför allt på den svenska marknaden. För att en byggnad ska kunna certifieras ska klimatpåverkan kraftigt reduceras och åtgärder vidtas för att balansera klimatpåverkan till nettonoll CO₂ emissioner. Trots att systemet räknar återbrukade produkter med noll klimatpåverkan, visar erfarenhet från byggprojekt att det är vanligare att man väljer produkter med hög grad av återvunnet material för att sänka klimatavtrycket från byggnaden, än att man väljer återbrukade produkter i större skala.

3.7 BREEAM

BREEAM är världens första hållbarhetsklassificeringssystem för byggd miljö och även om det ursprungligen lanserades för Storbritannien, är det nu en internationell standard som finns tillgänglig i lokalt anpassade versioner, bl.a. i Sverige (Meacham et al., 2023). I BREEAM ska man göra en livscykelanalys och minska sin klimatpåverkan. Det medför inte att man måste nyttja återbrukade material men återbruk är ett sätt för att minska klimatavtrycket. Man ska även göra en rivningsinventering och bedöma vad som är möjligt att återbruka.

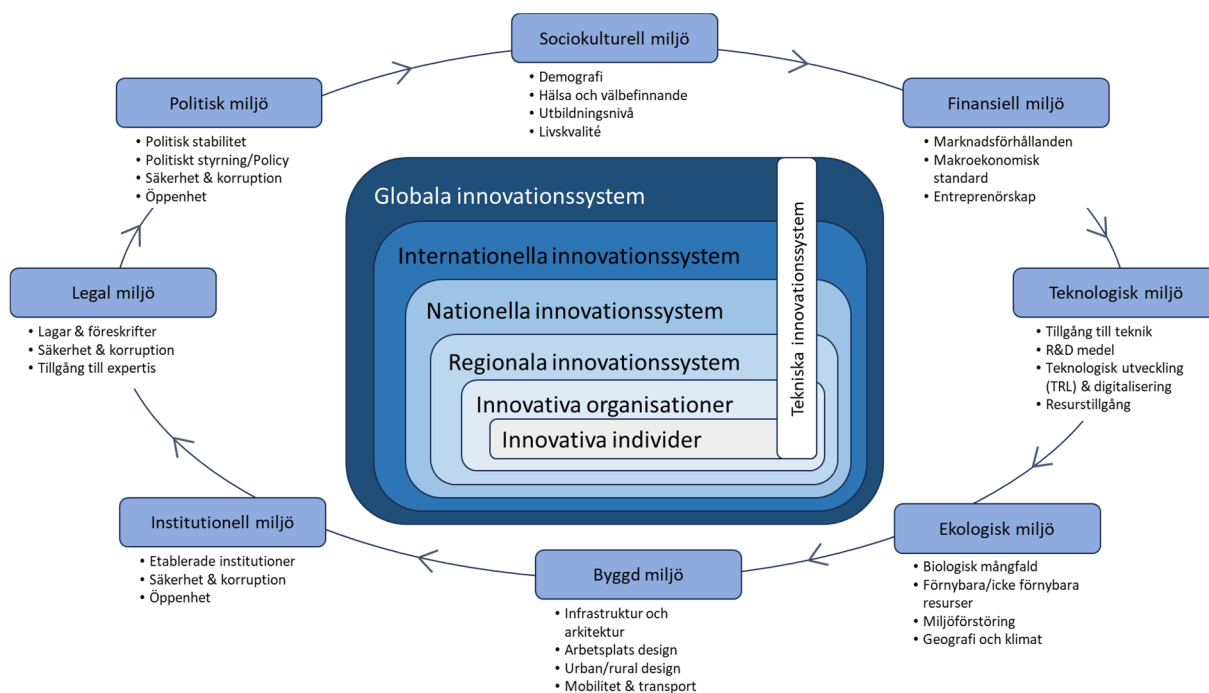
3.8 LEED

LEED skapades 2000 av US Green Building Council (US GBC) för att betygsätta design och konstruktionsmetoder (Meacham et al., 2023). I LEED finns det två områden som berör återbruk. Det ena området är reduktion av byggnadens klimatavtryck och det andra området är ansvarsfull råvaruutvinning. Inom dessa områden går det att få vissa poäng om man använder återbrukade material.

4 Återbruk som tekniskt innovationssystem (TIS)

4.1 Introduktion

Ett innovationssystem kan vara många saker för olika människor eller aktörer. Generellt kan det definieras som ett system som skapar förutsättningarna för innovation. Medan definitionen på innovationssystem kan variera, är de flesta överens om att utan ett fungerande innovationssystem blir det svårt att bygga en marknad. Studien av innovationssystemet som bedrivits inom projektet har därför tagit sitt avstamp i att definiera hur man inom projektet ser på innovationssystemet och hur systemet kan analyseras för att identifiera möjliga rekommendationer för att förbättra systemet. Innovationssystemet kan förstås ses som ett interaktivt lärande system som fokuserar på lärandekapacitet hos individer, organisationer, regioner, länder och så vidare (Satalkina and Steiner, 2020). Systemet påverkas av många olika förutsättningar, både inom systemet och utanför, se Figur 2.



Figur 2: Den generella strukturen hos ett tekniskt innovationssystem (TIS). Omritad med inspiration från Satalkina and Steiner (2020).

Fokus för arbetet med TIS inom projektet har lagts på en analys av det tvärgående tekniska innovationssystemet. Det tekniska innovationssystemet är inte begränsat till ett geografiskt område och inte heller till en viss typ av organisation eller individ. Därför är ett TIS både svårare och enklare att följa än t.ex. marknadsutvecklingen för en specifik produkt. Ett TIS behöver inte begränsas till en specifik produkt eller material och teknologi kan också inkludera kunskap som innovation (Hellsmark, 2010), men antalet aktörer som kan inkluderas i en analys är mycket stort varför detta projekt endast har hunnit med ett urval.

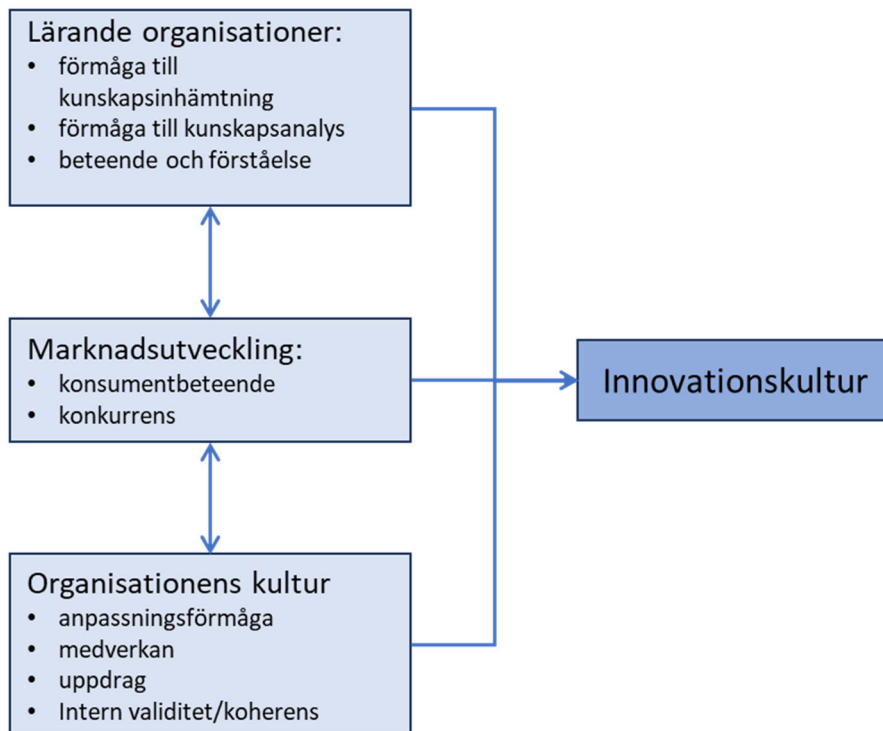
I förstudien till detta återbruksprojekt (McNamee et al., 2021b; a) föreslogs ”cirkulär ekonomi” som grunden för det tekniska innovationssystem, där återbruk är en av flera möjliga affärsmodeller för att uppnå den cirkulära ekonomin. I nuvarande projekt har affärsmodellen kopplat till återbruk, med ett tydligt fokus

på brandklassade produkter, därför varit utgångspunkten. Återbruk har under de senaste decennierna (sedan sent 1990-tal tills nu) varit ett ämne som rönt stor uppmärksamhet. Sedan 1999, har den Internationella styrelsen för forskning och innovation inom byggnadskonstruktion (CIB) haft återkommande möten med syftet att skapa en omfattande lägesbeskrivning av forskning kring dekonstruktion och materialåterbruksprogram globalt. Arbetet har resulterat i fyra internationella rapporter (Chini, 2000; Chini and Schultmann, 2002; Chini, 2003; 2005) kring ämnet, varav tre stycken granskades särskilt i förstudien (Chini, 2000; Chini and Schultmann, 2002; Chini, 2005). Samtliga visade att arbetet med återbruk hade kommit olika långt i olika länder, där t.ex. Australien redan 2005 hade en relativt hög andel återvinning av material även om det var oklart hur mycket av det faktiskt var återbruk, medan Tyskland vid det tillfället hade ytterst lite återbruk och det skedde mest som down-cycling. Bland länderna som studerades hade endast Nederländerna och Nya Zeeland börjat organiserat återbruk av byggavfall i någon större utsträckning. Tyvärr har det efter CIB arbetet inte kommit några uppföljande studier och det finns stora osäkerheter angående tillförlitligheten hos statistiken som presenterades under tiden arbetet pågick. Därför vet man mycket lite om huruvida utvecklingen fortsatt på ett positivt sätt eller stagnerat i de olika länderna. Gemensamt för de flesta studier som undersöktes i förprojektet var att flera länder lyfte att brandsäkerhet är viktigt vid återbrukande av produkter och material men att det är ytterst svårt att beakta, t.ex. ansågs produkter som innehåller medel för att uppnå ett visst brandbeteende (t.ex. ytbehandling eller flamskyddande tillsatser) svåra att återbruka.

Man kan konstatera att även om återbruk har varit ett ämne som studerats sedan slutet av 1990-talet har man inte lyckats skapa någon större marknad, åtminstone inte i Sverige. Inom projektet har den första analys av läget för återbruk som TIS därför genomförts med fokus på Sverige, delvis generellt men med ständig blick på återbruk specifikt av brandklassade produkter. Målet med denna studie är att identifiera förbättringspotentialen i TIS för återbruk som ett sätt att identifiera relevanta åtgärder för att förbättra uppbyggnaden av marknaden. För att bättre förstå inverkan av kulturen för återbruk hos somliga aktörer inom innovationssystemet har en intervjustudie genomförts som komplement till analysen av innovationssystemet.

4.2 Inverkan av företagskultur på innovation

Betydelsen av företagskultur för innovation kopplat till återbruk har varit fokus för en del av intervjuerna inom projektet. Innovation ur företagssynvinkel anses vara omfattande av nya idéer eller beteenden av organisationen (Beyene et al., 2016). Frågan som projektet velat undersöka inom projektet är huruvida företagen som arbetat med återbruk i stort och återbruk av brandklassade produkter i synnerhet haft en företagskultur som stödjer detta. Vår hypotes har varit att en innovationskultur kopplat till specifika frågor är en kombination av den lärande organisation, marknads utveckling och organisations generella kultur, se Figur 3 (Abdul-Halim et al., 2019).



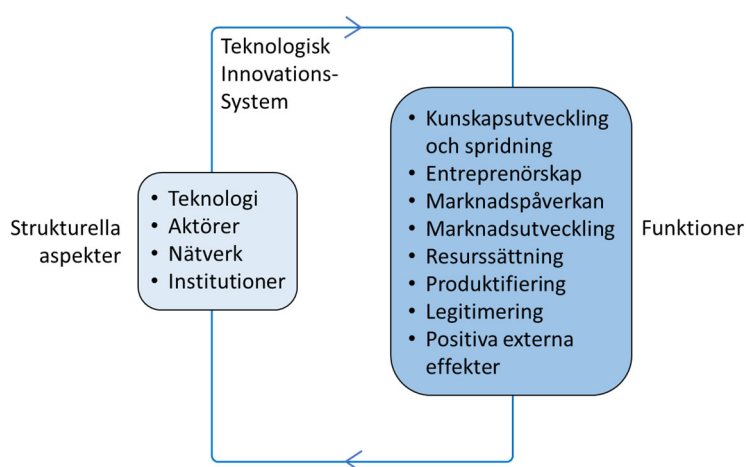
Figur 3: Schematisk beskrivning av det som skapar en innovationskultur inom företag (omarbetad efter Abdul-Halim et al. (2019)).

En kultur som stödjer innovation underlättar möjligheten för företaget att ta till sig nyheter men underlättas också av att organisationen har en god förmåga till kunskapsinhämtning och analys samt ett beteende som innebär att lärande uppmuntras och en förståelse för att det kräver tid. Detta underlättas dessutom av att det finns en marknadsutveckling som skapar en efterfrågan och lagom med konkurrens. Slutligen verkar företag som har en innovationskultur ha en anpassningsförmåga som underlättar förändring för att anamma innovationer, en medverkan från delaktiga medarbetare och en känsla av ansvarstagande hos medarbetare där man anser sig ha ett uppdrag från företaget att implementera innovationer. Som fundament bör det finnas en samsyn kring dessa frågor för att skapa förutsättningarna, d.v.s. en koherens inom organisationen. Tidiga förespråkare (så kallade "early adopters") inom ett företag kan vara viktiga men dessa arbetar delvis i motvind om det inte finns en samsyn kring värdet av innovationsarbete.

Intervjuerna visar att samtliga intervjuade aktörer uppfattar att det finns ett starkt engagemang kring hållbarhetsfrågor som genomsyrar organisationen. Inom samtliga intervjuade organisationer finns det ett intresse inom företagen för att arbeta med frågor som minskar klimatpåverkan av byggen. Det varierar huruvida återbruk nämns explicit som en del i hållbarhetsarbetet men det finns implicit. Flera nämnde att återbruk blir viktigare då det blir vanligare att räkna klimatavtryck hos olika byggnader. Det är naturligt att återbruk finns med, även om ingen specifikt har nämnt återbruk av produkter eller material med tillhörande brandkrav tyckte de flesta att dessa ingick i det breda begreppet "material" eller "produkt". Det fanns några bland de intervjuade som gärna arbetar med brandklassade produkter och material men på företagsledningsnivå är det endast en liten fråga. En hierarki kunde skönjas där klimatpåverkan och klimatanpassning är det övergripande frågan som företagen arbetar med. Detta ses som en viktig del i hållbarhetsarbetet. Återbruk är då underordnad det övergripande arbetet med minskad klimatpåverkan, och är endast ett av flera sätt som företagen arbetar med det.

4.3 Tekniska innovationssystemets (TIS) uppbyggnad

Ett tekniskt innovationssystem (TIS) består av fyra huvudsakliga strukturella delar; *teknologi*, *aktörer*, *nätverk* och *institutioner* (Bergek et al., 2008a), som interagerar (skapa innovation om man så vill) genom ett antal olika processer eller funktioner. Dessa funktioner kan beskrivas på olika sätt men projektet har utgått från metoden utvecklad av Bergek et al. (2008a) för analys av återbruks-TIS varför det också varit naturligt att utgå från deras lista över funktioner: *kunskapsutveckling och spridning*, *entreprenörskap*, *marknadspåverkan*, *marknadsutveckling*, *resurssättning*, *produktifiering*, *legitimering* och *positiva externa effekter* (Bergek et al., 2008b). De strukturella aspekterna av ett TIS samspelar då i en iterativ loop med funktionerna, se Figur 4.



Figur 4: Schematisk bild av ett TIS, uppdaterad från McNamee et al. (2021b; 2021a).

Ett stort värde med att tänka ur ett TIS-perspektiv är att inte behöver definiera TIS utifrån geografiska gränser, även om man inom projektet kommer att begränsa sig huvudsakligen till analys av det svenska TIS för återbruk. "Huvudsakligen" då viss analys av det europeiska regelverket ändå är nödvändigt utifrån hur det påverkar det svenska. Anledningen att utgå ifrån TIS-perspektivet är att det lämpar sig väl till analys av uppbyggnadsfasen av ett innovationssystem. Det har tidigare konstaterats att det kan ta flera årtionden för ett TIS att etablera sig till en fungerande marknad (Hellsmark, 2010), vilket verkar vara fallet för återbruk. Ett nytt innovationssystem som det som rör återbruk har inte studerats utifrån ett TIS-perspektiv tidigare varför en sådan analys väntas komma leda till ett mycket djupare förståelse av möjligheter och hinder för marknadens uppbyggnad och expansion.

Först är det dock viktigt att definiera de ingående delarna av ett TIS, samt exemplifiera (där möjligt) hur man kopplar detta till återbruks-innovationssystem. Mycket av materialet i denna rapportdel har tagits ur Hans Hellsmarks doktorsavhandling (Hellsmark, 2010). Det finns många andra källor (se t.ex. Bergek et al. (2008a); Markard and Truffer (2008); Hellsmark and Jacobsson (2009)); men publicerade vetenskapliga artiklar är av nöd oftast mycket korta medan en doktorsavhandling på ca 450 sidor har plats att breda ut beskrivningarna och diskussionen av TIS, varför doktorsavhandlingen varit analysens utgångspunkt. Bergek et al. (2008a) har inte explicit inkluderat teknologin som en av de strukturella komponenterna i ett TIS men

då Hellsmark (2010) gjort det har projektet valt att inkludera det. Denna beskrivning hindrar inte från att applicera metoden för analys av ett TIS som Bergek et al. (2008a) utvecklat för att identifiera luckor i innovationssystemet kopplat till återbruk. Då Bergek et al. (2008a) beskrivit ”definiera TIS i fokus” som det första steget i sin analys, kan det liknas med identifiering av teknologin som ett strukturellt element i TIS enligt Hellsmark (2010). Genom att man delar ett TIS i strukturella delar och processer blir det möjligt att nysta ut vad som åstadkommit i innovationssystemet istället för att fokusera bara på de individuella delarna i systemet (Bergek et al., 2008a).

4.3.1 Strukturella komponenter i det tekniska innovationssystemet (TIS)

De strukturella delarna i ett TIS utgör hjärtat i innovationssystemet. Dessa delar (teknologi, aktörer, nätverk och institutioner) svarar på varför innovationssystemet finns och vilka som bör kopplas till den.

Teknologi i fokus

Hellsmark (2010) definierar teknologi utifrån Carlsson et al. (2002), som summan av de intellektuella resurser som är nödvändiga för produktion och distribution av material/produkter och tjänster. Grunden i teknologin är dock kunskap, som finns både skyddad genom patent men också som latent kunskap hos de som arbetar med utvecklingen och tillverkningen av produkter och tjänster. Inom detta projekt består TIS därför av kluster av komplementära teknologiska förmågor och kapacitet som skapar förutsättningarna för att omsätta denna kunskap i dessa produkter och tjänster. Allteftersom kunskap ökar expanderar TIS och skapar nya möjligheter för nya aktörer. En positiv spiral kan snabbt öka möjligheten till marknadsutveckling genom att man kommer till en s.k. ”tipping point” där små ändringar i förutsättningar leder till stora förändringar i utfall (Ghaffarzadegan et al., 2023). Utan att somliga förutsättningar för marknadsutveckling skapats uteblir den positiva spiralen och marknaden förblir liten. Inom återbrukssektorn har projektet utgått från att *teknologin* består av kunnande kring återbruk som produkt eller tjänst.

Aktörerna skapar marknaden

Nästa strukturella komponent i TIS är *aktörer*. Vilken del av vår breda definition på teknologi som aktörerna arbetar med eller intresserar sig för påverkar vilka processer aktörerna aktivt deltar i. Enligt Hellsmark (2010) har man historiskt utgått från ”organisationer” som nyckelaktörer i utvecklingen av ett TIS. Han argumenterar dock för betydelsen av individer i den tidiga utvecklingsfasen. Trots att återbruk inte är något nytt får man fortfarande anse att marknaden är i denna tidiga utvecklingsfas. Därför kommer analysen att försöka identifiera viktiga enskilda aktörer i utvecklingen, dock inte enskilda individer p.g.a. att arbetet varit begränsat till ett fåtal intervjuer och endast baserat på ad hoc sökningar för att stödja framtagna teser. Viktiga individer kan endast identifieras genom långt större arbete.

Tydligt i analysen av aktörer är att man kan dela in dessa i befintliga och etablerade aktörer (s.k. ”incumbants”) och nya aktörer som ser en möjlighet genom en marknads- eller samhällsutveckling. Dessa etablerade aktörer är ofta tröga att reagera på förändringar i marknaden, då de kan ha djupt rotade värden och förmågor som kräver att rådande paradigmen fortsätter (Hellsmark, 2010). Detta kan leda till s.k. ”lock-

in” effekter där man hindras från att se nya möjligheter p.g.a. viss kognitiv tröghet, man tror att trender kommer vara kortlivade och tycker att nya sätt att arbeta inte funkar för etablerade rutiner. En del av intervjuerna har sökt ta reda på om sådan tröghet existerar i etablerade aktörer inom byggbranschen.

Tidigare forskning har visat att ändringar i etablerade processer kan komma inifrån etablerade industrier och från nya aktörer men att det finns viss svårighet om man är för tidig som ny aktör. Det kan finnas fall där man helt enkelt är för tidig i marknadsutvecklingen med sin idé och har svårt att hålla ut tills marknaden är tillräckligt utvecklad att underhålla nya aktörer (Bayus et al., 1997). Det är viktigt att finna en balans mellan efterfrågan och kvaliteten av produkten eller tjänsten som kan erbjudas. Exempel på nya aktörer inom återbruksmarknaden inkluderar diverse återbruksspecialister som t.ex., mindre företag och projekt eller initiativ som CC Build.

Nätverk som skapar förändring

När det finns aktörer som är aktiva i ett TIS, är det naturligt att det bildas olika typer av nätverk. Dessa nätverk kan agera för att utveckla och sprida gemensam kunskap, påverka regelverk samt är viktiga för utveckling av värderingar (kultur normer) för att bygga marknaden, även om litteraturen hävdar att nästa strukturella del (institutioner) är ännu viktigare kulturbyggare, mer om detta nedan. Nätverken kan vara viktiga mötesplatser där mindre aktörer (samarbetspartners och konkurrenter) kan utbyta både implicit och explicit kunskap (Jacobsson, 2008). Vidare kan nätverk agera gemensamt för att påverka uppfattningar om vad som är möjligt eller önskvärt för att påverka investeringsbeslut eller skapa efterfrågan. Betydelsen av nätverk i en tidig marknadsuppbyggnadsfas kan vara oproportionerlig om marknaden består av många mindre aktörer som ensamma har svårt att påverka sin situation.

Som nämns ovan kan nätverk bestå både av samarbetspartner och konkurrenter. Man har en gemensam önskan om marknadsutveckling men kanske inte samsyn kring lösningar (Hellsmark, 2010). Utvecklingen av ett TIS för återbruk har också sett utveckling av flera viktiga nätverk, t.ex. Återbruk i väst och CCBuild, bara för att nämna några. En del är lokala eller regionala medan andra har ambitionen att vara nationella och binda samman spridda aktörer och regionala noder.

Institutioner som stödjer utvecklingen

Institutioner har beskrivits som de som skapar spelets regler (Hellsmark, 2010). Detta kan vara båda i form av hårda lagar och föreskrifter eller genom informella regler, påverkanskampanjer, kulturbildning och utbildning. Generellt brukar man identifiera tre typer av ”regler” (Scott, 2014):

1. Regelverk som ställer krav, d.v.s. lagar, föreskrifter, standarder
2. Normativa regler som undermedvetet styr, d.v.s. värderingar och samhällsnormer
3. Kognitiva regler som medvetet styr, d.v.s. religion, målsättningar.

Det finns en stark samverkan mellan aktörer, nätverk och institutioner genom att institutioner, nätverk och aktörer består av individer som kan förekomma i flera olika roller i varje strukturell del av ett eller flera TIS. Därför är det viktigt att inse att det finns ett samspel mellan individerna, aktörerna, nätverk och institutionerna och spelets regler. Aktörerna och nätverken är inte passiva mottagare för regelverk utan i allra

högsta grad delaktiga i utvecklingen av regelverken som institutionerna arbetar fram. Ett exempel som är särskilt relevant för återbruk gäller frivilliga certifieringssystemen för byggnader som beskrivs i kapitel 3. Dessa utvecklas för att både stödja en marknad genom erkännande av hållbart byggande samtidigt som dessa certifieringssystem utvecklas av marknaden som ett självberättigande.

4.3.2 Funktioner (processer) som definierar marknaden

Om de strukturella aspekterna av ett TIS är hjärtat så är processerna som pågår i ett TIS blodomloppet. Det räcker inte att de strukturella aspekterna finns för att innovationssystemet ska ”fungera”. Det krävs processer för att marknadskrafterna ska kunna bygga marknaden. Dessa processer har projektet valt att kalla ”funktioner” i likhet med flera innovationsforskare (se t.ex. Carlsson et al. (2002); Bergek et al. (2008a); Bergek et al. (2008b); Jacobsson (2008); Hellsmark and Jacobsson (2009); Hellsmark (2010)). Som ovan, kommer processerna beskrivas en efter en. Det är viktigt dock att komma ihåg att de agerar samverkande. En del forskare har undersökt processerna i ett TIS som emergenta, d.v.s. olika beroende på kontext (Klein Woolthuis et al., 2005). Detta kan ge en del insikter men är svårt att generalisera varför projektet valt att utgå från processerna som utvecklats av bl.a. Bergek, Jacobsson och Hellsmark för att förstå marknaden och dess behov.

Kunskapsutveckling och spridning

Kunskapsutveckling och spridning är den process där kunskapsbasen i innovationssystemet fördjupas och dissemineras. Enligt Bergek et al. (2008a) brukar denna process vara central i ett TIS då det är en viktig del i hur de strukturella elementen kan lära sig och utveckla innovationssystemet i sig. Man kan dela kunskapsutvecklingen i två huvudspår; att *veta om* (explicit kunskap) och att *veta hur* (implicit kunskap). I det första fallet (att veta om) handlar det om explicit kunskap som enkelt kan spridas. I det andra fallet (att veta hur) handlar det om implicit kunskap som är svårare att överföra till andra. I det andra fallet är uttrycket ”learning by doing” (att lära sig genom aktiviteter) särskilt viktigt då implicit kunskap bättre överförs genom erfarenhet.

Möjligheten för de strukturella elementen i ett TIS att absorbera kunskap och sprida den beror delvis på den *absorptionskapacitet* som finns hos olika aktörer, d.v.s. möjligheten för aktörer i ett TIS att ta till sig den nya kunskapen, samt möjligheten för aktörer att *införliva* och *skapa vinst* (”appropriability”) från den kunskapen som de absorberat över tid (Hellsmark, 2010). Dessa begrepp är viktiga då det krävs en kritisk massa expertkunskap för att ett TIS ska fungera. Med detta menas att det måste finnas tillräckligt många som kan bygga innovationssystemet och skapa vinst för att attrahera fler och skapa nya möjligheter. Vidare har nätverken stor betydelse när det gäller att sprida ny kunskap snabbt inom innovationssystemet.

Fungerande kunskapsutveckling och spridning är särskilt viktig för att processerna kopplade till *entreprenörskap* och *produktifiering* ska fungera då ny kunskap kan inspirera nya entreprenörer samt visa nya möjligheter till tillverkning genom mobilisering av nya resurser.

Entreprenörskap

Entreprenörskap innebär den process där entreprenörer testar nya teknologier, tillämpningar och marknadsmöjligheter som i sin tur skapar nya affärsmöjligheter och lärande (Hellsmark, 2010). Genom att det finns många entreprenörer som är beredda att testa sina marknadsidéer, reducerar man osäkerheten i marknaden och även risken att ett TIS skulle misslyckas i stort, även om risken för varje individuell entreprenör fortsatt kan vara hög (Jacobsson, 2008).

Fungerande *entreprenörskap* stärker de strukturella aspekterna i ett TIS. Vidare stärker en fungerande entreprenöriell process både *produktifierings-* och *kunskapsutveckling och spridningsprocesserna*. I slutändan, kommer en välfungerande entreprenöriell process att öka sannolikheten för att fler vågar testa innovationssystemet och att innovationssystemet lyckas.

Marknadspåverkan

Marknadspåverkan innebär initiativ som stärker marknaden och hjälper strukturella aspekter att våga ta sig in i en ny marknad (Hellsmark, 2010). Dessa initiativ kan vara möjliga entreprenöriella eller politiska visioner, samt eventuell förväntan hos investerare på marknadstillväxt. Dessa förväntningar kan vara baserad på analys av marknadstrender eller konsumentbeteende vilket, tidigt i utvecklingen av ett TIS, kan bero på de som tidigt anammar teknik eller kunskap (s k ”early adopters”).

Marknadspåverkan inkluderar nya regler eller föreskrifter som skapar nya möjligheter och stimulerar innovation, eller informella trender som t.ex. arbetet till stöd för klimatpåverkan. Ett exempel som påverkar återbruk är införande av klimatdeklarationer för nya byggnader som tydligt visar på värdet av återbruk i att sänka klimatpåverkan av byggnaden. Marknadens förväntan är att detta kommer utvidgas till att omfatta fler byggdelar och även införande av maxtak för klimatpåverkan vilket innebär att det skapar en rörelse mot mer återbruk. Vidare kan olika typer av kriser eller externa faktorer påverka utvecklingen av ett TIS. Långa varma somrar som dessutom innehåller häftiga skyfall och översvämningar blir tydliga tecken på klimatförändringar som ökar intresset för klimatanpassningar som t.ex. att minska klimatpåverkan från byggsektorn.

Denna process påverkar och påverkas av processen om *legitimering*. Ökning av både *marknadspåverkan* och *legitimering* stärker uppbyggnaden av ett TIS p.g.a. att det ökar attraktiviteten hos marknaden för nya aktörer.

Marknadsutveckling

Marknadsutveckling som process hänvisar till faktorer som stärker utvecklingen och utbredningen av en teknologi (Hellsmark, 2010). För ett nytt TIS, kan marknaden saknas eller vara mycket underutvecklad. Detta innebär att det finns många osäkerheter för aktörer som är intresserade av att delta i det TIS. Dessa osäkerheter reduceras genom t.ex. ökad efterfrågan, institutionellt deltagande genom lagar och föreskrifter, eller ökad produktion som skapa stordriftsfördelar. Inom återbruk kan ökad produktion förstås som en ökad demontering av byggnader som alternativ till rivning.

Genom denna process kan flera aktörer våga ta steget till *entreprenörskap* och *produktifiering*. Samspel med samhället i stort blir viktigt. Marknadsutveckling brukar kunna ses gå igenom flera olika faser från *specialist* till *niche* till *etablerad*. Det är i de tidiga utvecklingsfaserna som andra processer blir särskilt viktiga så att det finns möjlighet till utveckling. När processen *marknadsutveckling* är välfungerande påverkar den med andra ord alla andra processer positivt men det kräver stöd från de andra processerna i den tidiga utvecklingsfasen.

Resurssättning

Funktionen *resurssättning* handlar om processen där man stärker olika typer av resurser inom ett TIS. Det kan bestå av aktörer inom ett TIS och deras förmåga att mobilisera olika typer av humankapital, t.ex. tekniska experter, ingenjörer, marknadsföring, mm. Dessa resurser kan mobiliseras genom utbildning eller komma med erfarenhet från andra TIS eller genom att förflytta sig från en aktör till en annan inom samma TIS (Hellsmark, 2010). Forskning och utveckling är också ett sätt att påverka resurssättning som dessutom är kopplad till utbildning på universitetsnivå. Förutom humankapital, kan resurssättning handla om investering i ett TIS (från särskilda investerare, staten, forskningsfinansiering mm), mobilisering av komplementära produkter och tjänster eller byggande av infrastruktur genom t.ex. nätverk.

Resurssättning som funktion påverkar därigenom alla andra processer inom ett TIS då denna process ger arbetskraft till alla andra processer.

Produktifiering

Enligt Handelshögskolan i Stockholm innebär att *produktifiera* att man 'paketerar en tjänst eller produkt tydligare'. Bergek et al. (2008b) ser *produktifiering* som en process som ökar utveckling och investering i artefakter som produkter, produktionsanläggningar och fysisk infrastruktur. Tidigt i uppbyggnaden av ett TIS är teknologin ofta underutvecklad. Initiativ som demonstrationsprojekt, där offentliga aktörer finansierar utvecklingen bl.a. genom att ta den ökade kostnaden som hör till implementering av en innovation utan att det finns färdiga produkter och tjänster, kan vara avgörande i denna tidiga fas. Vidare spelar demonstrationsprojekt en viktig roll genom att skapa nätverk och minska de tekniska osäkerheterna för intressenter genom att lösa en del tekniska frågor. Demonstrationsprojekt kan också öka allmänhetens kunskap och efterfrågan på produkten eller tjänster och därigenom öka legitimiteten hos ett TIS. Vidare kan offentliga och kommersiella aktörer aktivera marknaden genom att man skapar innovationsupphandlingar.

Produktifiering har därför förmågan att påverka flera funktioner i ett TIS, t.ex. *kunskapsutveckling* och *spredning*, *entreprenörskap*, *legitimering* och *marknadspåverkan*.

Legitimering

Legitimering betyder den process som stärker social acceptans och efterlevnad av relevanta regler och föreskrifter (Bergek et al., 2008b). *Legitimering* är strategiskt viktigt i ett TIS då det kan användas för att motivera allokering av nödvändiga resurser. Det kan skapas både genom de som redan finns i ett TIS samt genom extern marknadspåverkan, t.ex. med koppling till återbruk genom ökad betydelse och erkännande av klimatpåverkan. En rörelse i marknaden där användning av återbrukade produkter blivit normaliserad innebär att även nya byggnader får acceptans för att innehålla återbrukade material och produkter. Det blir ett säljargument, i stället för att det uppfattas som ”billigt”, uppfattas det som ansvarstagande.

En ny marknad har sällan legitimitet från början. Det är något som byggs upp genom att en teknologi (artefakt eller kunskap) når acceptans och ses som ett godtagbart alternativ till traditionella lösningar. För det krävs ofta att man når bred acceptans bland experter ur flera olika perspektiv, t.ex. kostnad-nytta, utseende, funktionalitet mm.

Denna process påverkar och påverkas av *marknadspåverkan*. Som förklarats tidigare kan en ökning av initiativ för att påverka marknadens förutsättningar även påverka marknadens legitimitet.

Positiva externa effekter

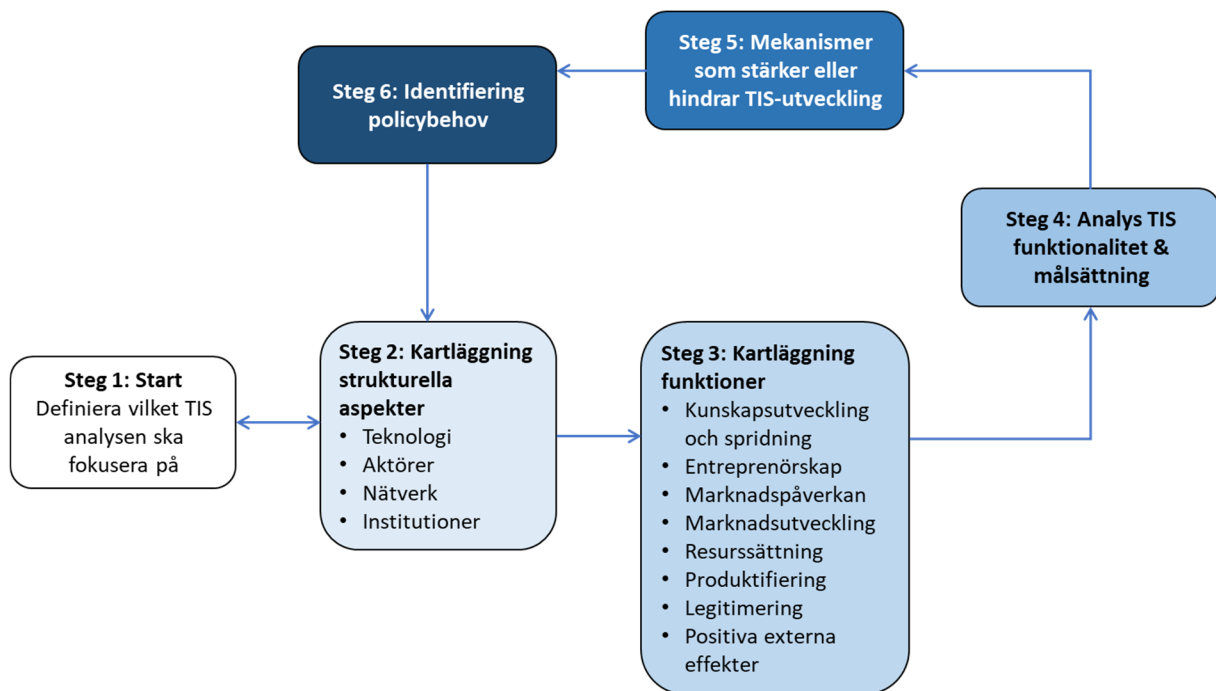
Processen *positiva externa effekter* hänvisar till den process som stärker gemensamma delar av innovations- och spridnings-arbetet, t.ex. det faktum att en aktör genom sina investeringar kan förbättra förutsättningarna för en annan aktör inom samma TIS. *Positiva externa effekter* kan skapas när, t.ex. kluster av aktörer samlas geografiskt. Bergek et al. (2008b) har identifierat flera positiva externa effekter av att företag klustras geografiskt, t.ex. utveckling av en större arbetsmarknad där kunskap utvecklas och sprids enklare; att det sker en specialisering som ytterligare underlättar kunskapsutveckling och spridning; samt att informell kunskap utvecklas och sprids genom etablering av många kontaktytor. Dessutom blir det enklare för underleverantörer och kunder att kunna få access till flera aktörer samtidigt.

Utveckling av *positiva externa effekter* ger störst utdelning till de som är sena att komma till marknaden. Dessa kan då ”komma ikapp” tidigare deltagare i ett TIS med mindre investering på grund av att marknaden nu etablerats och att man slipper göra samma misstag som de som varit med sedan början. Utvecklingen av *positiva externa effekter* har dessutom potential att påverka alla andra funktioner positivt.

4.4 Analys av ”Återbrukets TIS”

4.4.1 Metod för analys av ett TIS

Återbrukets TIS har analyserats med hjälp av den metod som Bergek et al. (2008a) utvecklat. Metoden bygger på en systematisk och iterativ analys av de strukturella och funktionella delarna i ett TIS. Analysen består av sex steg som är utvecklade för att ge information om vilka mekanismer inom TIS:et som stärker respektive hindrar dess utveckling samt vilka policybehov som finns, se Figur 5.



Figur 5: Schematisk bild av analysmetoden utvecklade av Bergek et al. (2008a).

Analysen av Återbrukets TIS kommer att ske delvis genom litteraturanalysen som genomfördes i förstudien och som kompletterats under den andra delen av studien; delvis genom intervjuer med olika strukturella delar i TIS:et.

4.4.2 Beskrivning intervjustudie som del av TIS-kartläggning

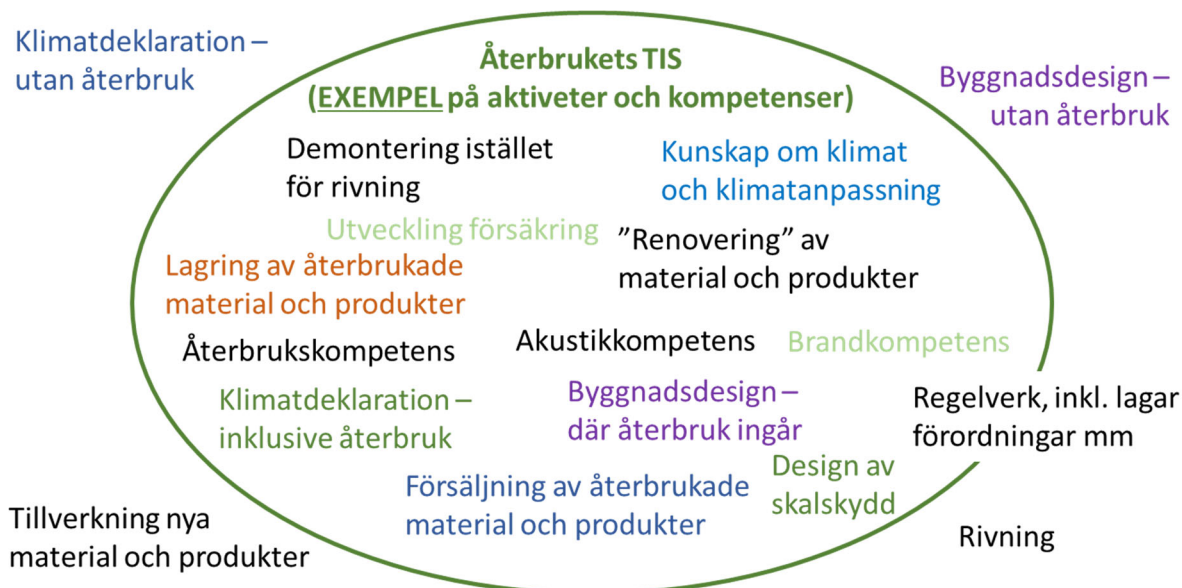
Enligt beskrivningen i Kapitel 2, har semi-strukturerade intervjuer använts inom båda delarna i projektet. För att undersöka Återbrukets TIS har intervjuer varit riktade till intressenter som arbetar eller beslutar om återbruk i sina respektive företag för att undersöka mognaden hos återbrukets tekniska innovationssystem. En lista över intervjuer finns i

Tabell 4 och intervjuguiden för denna del finns i Bilaga 2.

4.4.3 Koppling till de olika stegen

Steg 1: Start

I ett första steg behöver man definiera vilket TIS som ska analyseras. Inom projektet har man utgått från att återbruk som fenomen/marknad/innovationssystem kan analyseras som ett TIS. Det innebär att i första steget behöver man definiera vad som ingår (och inte) i Återbrukets TIS. Figur 6 ger en schematisk överblick över detta. Generellt för Återbrukets TIS är det kompetens om den återbrukade produktens egenskaper som behövs, där ingår brandegenskaper, men också många andra egenskaper. Tillverkning av nya produkter ingår inte i Återbrukets TIS men "tillverkning" av nya tjänster kan ingå om dessa relateras specifikt till tillgängliggörande av återbrukade produkter.



Figur 6: Schematisk överblick över aktiviteter och kompetenser som ingår i Återbrukets TIS. Notera att regelverk (inklusive lagar, förordningar mm) ligger både innanför och utanför varför det läggs på gränsen mellan det som ligger inom TIS:et och det som ligger utanför. Bilden är bara illustrativ med exempel på aktiviteter och kompetenser.

Steg 2: Kartläggning strukturella aspekter

När Återbrukets TIS har identifierats kan man påbörja arbetet med att identifiera de olika strukturella aspekterna inom det tekniska innovationssystemet. De strukturella aspekterna inom ett TIS är; teknologi, aktörer, nätverk och institutioner. Exempel på alla fyra kategorier av dessa strukturer sammanfattas i Tabell 5.

Inom projektet har *teknologi* uppfattats som kunskap om återbruk (hellre än en specifik produkt eller tjänst) som ett sätt för sektorn att reducera sitt klimatavtryck både genom att minska avfall och genom att minska klimatavtrycket av material och produkter i en byggnad då återbrukade produkter och material inte räknas i klimatbalansen för byggnaden.

Projektet har inte genomfört en detaljerad kartläggning av samtliga *aktörer* inom sektorn, men en översikt över aktörer indikerar att större delen av värdekedjan finns idag, se Tabell 5. Företag som finns som medlemmar representerar en bred grupp generalister och specialister, t.ex. återbruksspecialister, renoveringsföretag, produkt- och materialtillverkare, konsulter, byggföretag, försäkringsbolag, arkitekter, fastighetsbolag, kommunala förvaltningar och diverse forskningsaktörer.

De viktigaste *nätverk* som identifierats med fokus på Västsverige är CCBuild och Återbruk i väst. Ytterligare återbruksnätverk finns inom olika branscher. *Institutioner* som har betydelse inom återbruk inkluderar Boverket och Miljödepartementet.

Tabell 5: Exempel på strukturella aspekter inom Återbrukets TIS (aktörer baseras på information från ccbuild.se).

Teknologi	Aktörer	Nätverk	Institutioner
Kunskap om återbruk som aktivitet	Återbruksspecialister, t.ex. Kompanjongruppen, Stena Stål Renoveringsföretag, t.ex. Renova Produkt- och materialtillverkare (som återtar och renoverar sina produkter för återbruk), t.ex. Daloc Konsulter, t.ex. Bengt Dahlgren, Brandskyddslaget, WSP Byggföretag, t.ex. Skanska, NCC Försäkringsbolag, t.ex. Trygg Hansa Arkitekter, t.ex. White Arkitektur Fastighetsbolag, t.ex. Vasakronan, Kommunala förvaltningar, t.ex. Göteborgs stad Forskningsaktörer, t.ex. universitet och högskolor samt forskningsinstitut	CCBuild Återbruk i väst	Boverket Miljödepartementet

Steg 3: Kartläggning funktioner

Det finns ett flertal funktioner som får ett TIS att fungera; kunskapsutveckling och spridning, entreprenörskap, marknadspåverkan, marknadsutveckling, resurssättning, produktifiering, legitimering, och positiva externa effekter. Dessa har analyserats individuellt för att kunna dra slutsatser om helheten.

Kunskapsutveckling och spridning bedrivs båda genom forskning inom fältet och dess publicering samt genom nätverksträffar och dialog. Inom Återbrukets TIS med fokus på produkter med brandkrav, har forskningen till stor del lyft att brandkrav komplicerar möjligheten till återbruk (Iacovidou and Purnell, 2016). Det har funnits ett fåtal studier kopplat till, t.ex. branddörrar som undersöker möjlighet att återbruka denna typ av

produkt (Bergstedt and Wallentheim, 2021; Klint and Hedskog, 2022), men fokus för forskning och kunskapsutveckling har varit mot produkter och material som inte har allt för många tillhörande funktionskrav (se t.ex. Chini (2000); Chini and Schultmann (2002); Chini (2003; 2005)).

Inkluderande av produkter eller material med tillhörande brandkrav innebär att man måste ta hänsyn till brandregler. Det har tidigare saknats en detaljerad kartläggning av brandkrav för olika geografiska områden vilket innebär att produkter och material med tillhörande brandkrav har helt enkelt inte återbrukats. Ett fåtal intressenter har arbetat med att lösa frågan kring CE-märkning av återbrukade produkter, t.ex. tegel (EOTA, 2017; ETA-Denmark A/S, 2018). Likande arbete har genomförts för att försöka underlätta återbruk av stålkomponenter i byggnader men detta har inte i dagsläge berört brandkrav (MVR, 2021).

Generellt sker kunskapsspridning genom nätverk eller publikationer. Det är fortsatt mycket få publikationer kring återbruk av produkter eller material med tillhörande brandkrav, vidare verkar fokus för nätverk som CC-Build vara på annat än just brandegenskaper i samband med återbruk. Funktionen för *kunskapsutveckling och spridning* är idag välutvecklad för återbruk generellt men fortsatt underutvecklad för produkter och material med tillhörande brandkrav.

Funktionen *entreprenörskap* har undersökts bl.a. genom intervjuer. Det finns idag många aktörer som arbetar med återbruk på olika sätt (CCBuild, 2023), men det är endast ett fåtal som försöker utveckla nya teknologier eller marknadsmöjligheter kopplade till återbruk i stor skala (CCBuild, 2023; Dacke.online, 2023). I dialog med ett företag som arbetar aktivt med återbruk som sin centrala tjänst observerade man att antal aktörer som specialiserar sig på återbruk har ökat på senare år. De stora utmaningarna är frakt och logistik. Mellanlagring och demontering är frågor som idag kan lösas. Ett hinder med att skapa en stor marknad för återbruk enligt intervjun är att de flesta kommuner har fastnat i ett tänk att återbruksmarknaden ska vara lokal. Detta blir problematiskt för att man behöver stora mängder produkter och material för att få ta del av skaleffekter som skapar vinst. En liten lokal marknad är för begränsad för att driva en framgångsrik handel. För att få återbruksmarknaden att lyfta och attrahera flera entreprenörer krävs ökad volym och bättre hantering av logistiken. Personen som har intervjuats menar att det finns goda möjligheter till det med dagens teknik men att det är viktigt att skapa förtroende för marknaden genom att det endast erbjuds högkvalitetsprodukter genom nätet. Både CCBuild och Dacke.online erbjuder information om standarden hos materialen som läggs upp på nätet men den intervjuade menar på att det inte ens bör erbjudas material och produkter av sämre kvalitet. Erbjudande av undermåliga produkter och material riskerar att skapa dåligt rykte för återbruk som fenomen, vilket skulle kunna leda till att det väljs bort när det hade varit möjligt.

En viktig förutsättning för entreprenörskap är *marknadsutveckling*. Vilka visioner som finns inom verksamma aktörer eller uppfattning av marknadens potential, skapar positiv eller negativ utveckling. En studie av nuläget för marknadsutvecklingen inom Återbrukets TIS genomfördes 2022 på uppdrag av Offentliga fastigheter (Glasare and Haglund, 2022). Studien visade att ca 75% av de som ingick i undersökningen har uttalade mål om återbruk antingen som del av deras vision, strategi, ett prioriterat område eller som specifika mål. Det lyftes dock att det fortfarande finns ett behov av branschstandarder och definitioner av både cirkularitet och återbruk, att det endast är när arbetet med återbruk prioriteras gentemot andra projektval som det faktiskt får genomslag, att det fortfarande krävs en etablerad marknad för återbruk (något som kopplas till legitimering av marknaden som process), det saknas robusta lösningar för logistik av återbrukade produkter och material samt att leverantörer för nya produkter och material behöver bli en

tydligare del av återbruksmarknaden då dessa har etablerad logistik hantering. Utvecklingen av marknaden som presenteras i Glasare and Haglund (2022) stärks av intervjuerna med olika aktörer inom Återbrukets TIS. Flertalet aktörer identifierar återbruk som prioriterad inom företaget och inom branschen. Det lyfts flera hinder (t.ex. kvalitetssäkring, tillgång till tillräckliga volymer av produkter och material mm) men bekräftas att det finns en tydlig önskan om att utveckla Återbrukets TIS.

Marknadspåverkan sker inom återbruksmarknaden idag på flera olika sätt. Regeringens arbete i Sverige för implementering av Agenda 2030 kan ses som en marknadspåverkan. Regeringens ambition att Sverige ska vara ledande i genomförandet av Agenda 2030 (Regeringskansliet, 2023) innebär att klimatarbetet och stödet för implementering av de 17 globala hållbarhetsmålen skapar ett klimat som främjar återbruk, dock inte på detaljningsnivån att man främjar återbruk av produkter med tillhörande brandkrav. Boverkets arbete med klimatdeklaration (Boverket, 2023b) kan ses som ett led i nationens arbete med implementering av Agenda 2030. Boverkets arbete främjar återbruk då klimatpåverkan för tillverkning av en återbrukad produkt eller material inte inkluderas i beräkningen. I fallet med återbrukade produkter eller material behöver man endast räkna med klimatkostnaden för renovering av produkten eller materialet för att den ska kunna användas igen. Kopplat till produkter och material med tillhörande brandkrav finns försök till marknadspåverkan, t.ex. genom utveckling av metoder för hur man ska kunna ta hänsyn till minskade utsläpp på grund av bränder när man väljer installationer eller design som har högre brandsäkerhet (Olsson and Göras, 2018; Mcnamee and Sandvik, 2022). Det behöver dock skapas brandstandarder för de produkter och material man vill återbruka för att skapa ett bestående intryck på marknaden. Införande av krav på återbruk (procent) i olika certifieringssystem för hållbara byggnader är en tydlig marknadspåverkan som har potential att öka återbruk, dock inte speciellt återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav.

Resurssättning är svår att utvärdera baserat på denna något korta studie av Återbrukets TIS. Det kan konstateras att det finns många aktörer som till synes identifierar återbruk som viktigt och kan antas sätta till resurser. Det är dock fortfarande ett fåtal bolag som fokuserar på återbruk på heltid och av dessa är det endast lite fokus på produkter och material med tillhörande brandkrav. Det verkar som detta är en trång sektor inom TIS:et.

Produktifiering krävs för att nya aktörer ska se möjligheten i att agera inom marknaden. Demonstrationsprojekt har tidigare identifierats som viktiga för att illustrera möjligheterna. Det finns ett flertal demonstrationsprojekt, bl.a. dem som presenteras i kapitel 6, men dessa har delvis visat på svårigheten med storskaligt återbruk. Det finns fortfarande behov av att bygga på produkter och tjänster kopplat till återbruk för att marknaden ska växa.

Starkt kopplat till resurssättning och produktifiering är *legitimering*, vilket krävs för att återbruksmarknaden ska vara ett självklart val i samband med nybyggnation och renovering av byggnader. Om marknaden upplevs som legitim, där det finns etablerade processer och regler för återbruk, blir det enklare för etablerade aktörer att avsätta resurser för att arbeta med återbruk. Endast för ett fåtal produkter finns idag etablerade processer för återbruk, t.ex. tegel (EOTA, 2017) och stål (MVR, 2021). Det krävs att flera processer utvecklas, med tillhörande dokumentation, för att marknaden ska upplevas som legitim att medverka inom.

Sista funktionen inom Återbrukets TIS är den som skapas av *positiva externa effekter*. Denna funktion verkar t.ex. i Västsverige där CCBuild och Återbruk i väst har skapat regionala kluster av aktörer som arbetar för att främja återbruk i stort. Dessa nätverk innebär att det finns en kritisk massa så att olika aktörer vågar

planera för återbruk inom sina projekt då man litar på att det kommer finnas kompetenta konsulter, erfarna utförare och insatta upphandlare som kan erbjuda fungerande alternativ som innehåller återbruk. Dessa nätverk innebär också att nya aktörer snabbt kan ta sig in i TIS:et och med en låg insats verka på marknaden.

Steg 4: Analys av TIS funktionalitet och målsättning

Analys av TIS:et bör utgå från hur välutvecklad marknaden är enligt Bergek et al. (2008a). Till exempel, en marknad som är i sin tidiga utvecklingsfas bör inte utvärderas utifrån volym utan utifrån antal testprojekt som pågår. Utvärdering av TIS:et på fel sätt kan leda till missuppfattning om marknadens potential och riskerar att skapa en känsla av besvikelse över att marknaden verkar vara på väg att misslyckas. De två faser i utvecklingen som Bergek et al. (2008a) identifierat är dock inte helt diskreta och förståelse för marknadens styrkor och svagheter kan därför bäst utvecklas genom en analys av marknaden utifrån både synvinkeln att den är i utvecklingsfasen och synvinkeln att den är välutvecklad och kan jämföras med andra liknande TIS. Detta projekt har dock fokuserat på den första synvinkeln och hur väl olika processer fungerar analyseras baserat på att marknaden är under utveckling.

Tabell 6 visar en sammanfattning av styrkor och svagheter med olika funktioner inom Återbrukets TIS. Det är viktigt att beakta att uppbyggnadsfasen för Återbrukets TIS inte förväntas präglas av snabb utveckling och tillväxt av ekonomiska aktiviteter (även om sådan förväntan kan finnas hos vissa aktörer) men bör präglas av många pågående aktiviteter och ett uttalat experimenterande av olika aktörer på marknaden. Pågående aktiviteter har därför inte utvärderats utifrån volym utan snarare utifrån om de finns och erkänns inom marknaden.

Tabell 6: Sammanfattning av analysen av TIS funktionalitet och målsättning för Återbrukets TIS som är under utveckling.

Funktion	Svagheter	Styrkor
Kunskapsutveckling och kunskapsspridning	<ul style="list-style-type: none"> • Saknas ordentliga vetenskapliga studier av återbruk • Fåtal erkända spridningskanaler • Spridning ofta lokal eller regional, krävs utveckling av nationella kanaler. 	<ul style="list-style-type: none"> • Starka nätverk som utvecklar och sprider kunskap.
Entreprenörskap	<ul style="list-style-type: none"> • För få aktörer som arbetar med återbruk som sin huvudsyssla 	<ul style="list-style-type: none"> • Många etablerade aktörer arbetar delvis med återbruk
Marknadspåverkan	<ul style="list-style-type: none"> • Avsaknad av krav specifikt mot återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav • Avsaknad av acceptabel klimatpåverkan för byggnader 	<ul style="list-style-type: none"> • Regeringskansliets arbete med införande av Agenda 2030 • Boverkets arbete med klimatdeklarationer • Införande av återbrukskrav i certifieringssystem för hållbara byggnader

Marknadsutveckling	<ul style="list-style-type: none"> • Saknas överenskomna definitioner och standarder för återbruk 	<ul style="list-style-type: none"> • Tydlig kultur för återbruk med uttalade strategier, visioner eller mål som främjar återbruk.
Resurssättning	<ul style="list-style-type: none"> • För få aktörer som arbetar helt med återbruk • För få etablerade aktörer som satsar heltidstjänster på återbruk 	<ul style="list-style-type: none"> • Det finns utpekade personer med ett ansvar för återbruk hos flera aktörer som arbetar med återbruk.
Produktifiering	<ul style="list-style-type: none"> • Endast få produkter och tjänster på marknaden kopplat till återbruk • Dålig konkurrens kring återbruk 	<ul style="list-style-type: none"> • Det finns några websidor som erbjuder begagnade produkter för återbruksmarknaden. • Det finns några företag som erbjuder tjänster kopplat till inventering för återbruk och som erbjuder stöd i planering för återbruk.
Legitimering	<ul style="list-style-type: none"> • Avsaknad av ordentliga processer 	<ul style="list-style-type: none"> • Stort antal experiment och demonstrationsprojekt med återbruk
Positiva externa effekter	<ul style="list-style-type: none"> • Allt för många kommuner ser återbruk som lokal eller regional marknad istället för nationell eller internationell 	<ul style="list-style-type: none"> • Nätverk i olika regioner (t.ex. Återbruk i väst och CCBuild) skapar positiva kluster med företag som arbetar med återbruk.

Analysen visar att marknadsutvecklingen är mycket positiv till återbruk samt att flera initiativ skapar marknadspåverkan som är positiv till återbruk. Det är dock tydligt att det gäller återbruk generellt och inte återbruk specifikt av produkter och material med tillhörande brandkrav. Det finns ett tydligt behov av flera processer för att öka legitimering av marknaden, detta skulle hjälpa till med resurssättning och entreprenörskap.

Steg 5: Mekanismer som stärker eller hindrar TIS-utveckling

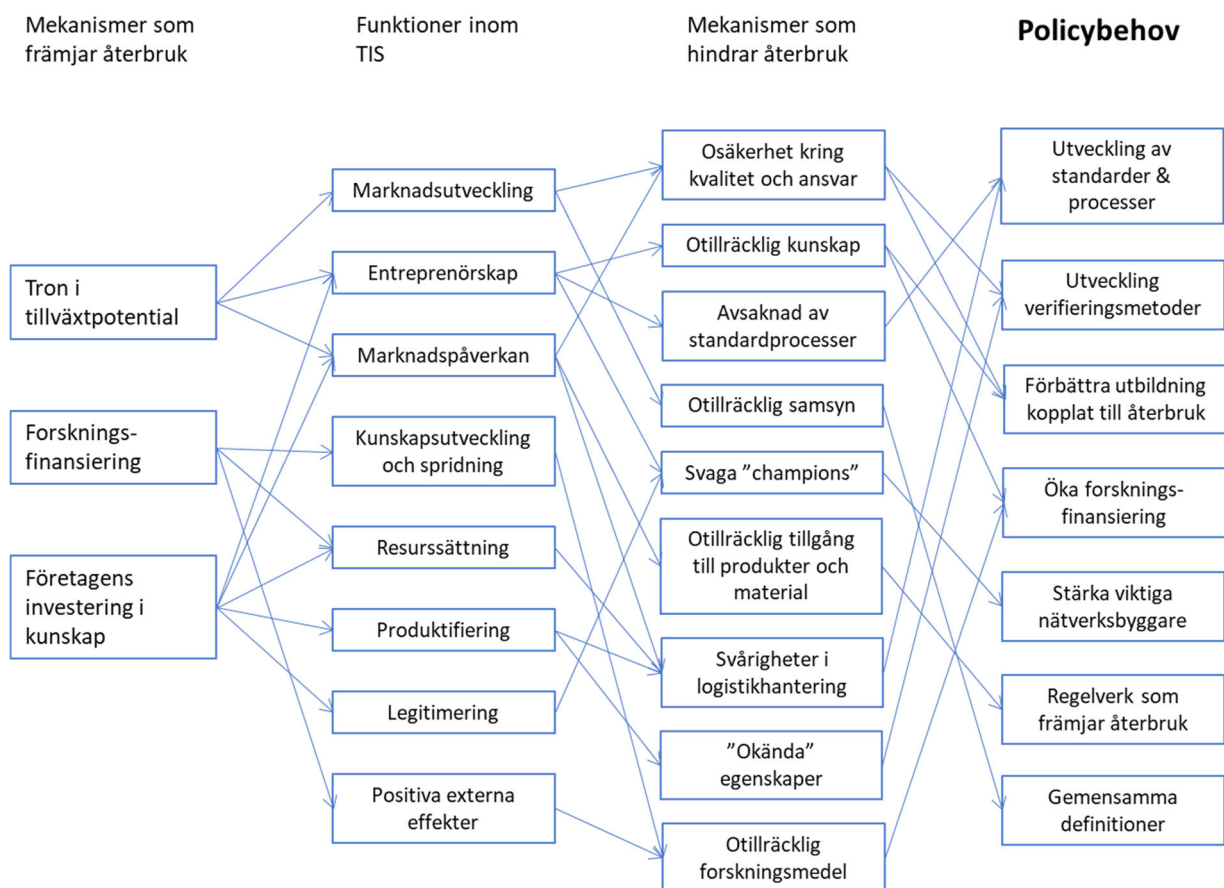
Byggmarknaden är snedvriden för att föredra *nya* produkter och material. Delvis finns etablerad logistikhantering för nya produkter och material som delvis saknas för återbrukade produkter. Vidare ställs detaljkrav, bl.a. angående brandegenskaper, som kräver dokumentation som är anpassade till nytillverkade produkter och material. Svårigheten med att etablera kända egenskaper hos produkter och material som marknaden skulle kunna återbruka innebär att det är enklare att utgå från nytillverkade. Processer under byggnation är utvecklade för ”just-in-time”-hantering av produkter och material vilket inte passar återbruk där det är svårt att planera hur stor volym som kommer finnas. Detta skapar vissa ”lock-in” effekter där det kostar mer att använda återbrukade produkter än nya.

Under marknadsformationsfasen som Återbrukets TIS befinner sig i är det därför viktigt att utveckla pilotprojekt som kommer kunna utbyta information och erfarenheter. CCBuild är en organisation som är väl positionerad för att ta denna roll (d.v.s. kunskapsutveckling och spridning) för att stärka marknadsförutsättningarna. Forskningsmedel och starka offentliga beställare skapar möjligheten för nya entreprenörer och etablerade aktörer att våga satsa på återbruk då beställaren kan axla osäkerheterna i produkt och materialegenskaperna (både för återbruk generellt och för produkter och material med tillhörande brandkrav). Demonstrationsprojekt (med offentlig finansiering) stärker möjligheten att resursätta arbetet med återbruk, inte minst av produkter och material med tillhörande brandkrav.

Att ändra uppfattningen att återbruksmarknaden behöver vara lokal eller regional ökar möjligheten att skapa skal fördelar genom att man ökar volymen av produkter i rörelse.

Steg 6: Identifiering policybehov

För att underlätta identifiering av policybehov, har en karta över vilka mekanismer som främjar återbruk och vilka som hindrar återbruk tagits fram baserat på tidigare steg i analysen. Dessa har kopplats till identifierade funktioner för att sedan kopplas till frågor som policyarbete skulle kunna underlätta, se Figur 7.



Figur 7: Schematisk analys av mekanismer som främjar respektive hindrar återbruk kopplat till policybehov. Bilden är indikativ snarare än heltäckande.

Analysen identifierar flera behov som sträcker sig från behovet av gemensamma definitioner till utveckling av regelverk som specifikt främjar återbruk. I dagsläget ser man att allt fler certifieringssystem för hållbara byggnader inkluderar återbruk specifikt men det är inte fallet för regelverk ännu. Flera andra policybehov har också identifierats som t.ex. utveckling av standarder och processer, utveckling av verifieringsmetoder, förbättrad utbildning, ökad forskningsfinansiering samt att stärka viktiga nätverksbyggare.

5 Regelverk

5.1 Introduktion

I en förstudie till denna studie utfördes en genomlysning avseende gällande regelverk vid uppförande av byggnader, för att utröna vilka hinder och möjligheter dagens regelverk ger avseende möjligheter för återbruk (McNamee et al., 2021b; a). Vid byggnation finns det regler som styr den brandtekniska dimensioneringen, och regler som ställer krav på de ingående produkterna. För grundlig genomgång av gällande regelverk hänvisas därför till förstudien. I detta kapitel redogörs för de delar av regelverket som bedöms ha en signifikant påverkan avseende *möjligheter* för återbruk av produkter med brandtekniska egenskapskrav.

Boverkets byggregler (BBR) (Boverket, 2020) och Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) är de regelverk som bedöms mest intressanta att hänvisa till för att möjliggöra återbruk på ett robust tillvägagångssätt. Genom att följa dessa regelverk uppfylls lagkraven i Plan -och bygglagen, vilket är den lag i Sverige som styr hur byggnader ska utformas och vilka byggprodukter som är lämpliga att använda.

I kapitel 8 paragraf 4 i PBL anges ett antal tekniska egenskapskrav som ska uppfyllas för ett byggnadsverk. Ett av dessa tekniska egenskapskrav är säkerhet i händelse av brand. Vad som avses med säkerhet i händelse av brand förtydligas i plan- och byggförordningen kapitel 3 paragraf 8. Där anges att en byggnad ska vara projekterad eller utförd enligt 5 punkter för att uppfylla kravet på säkerhet i händelse av brand enligt PBL:

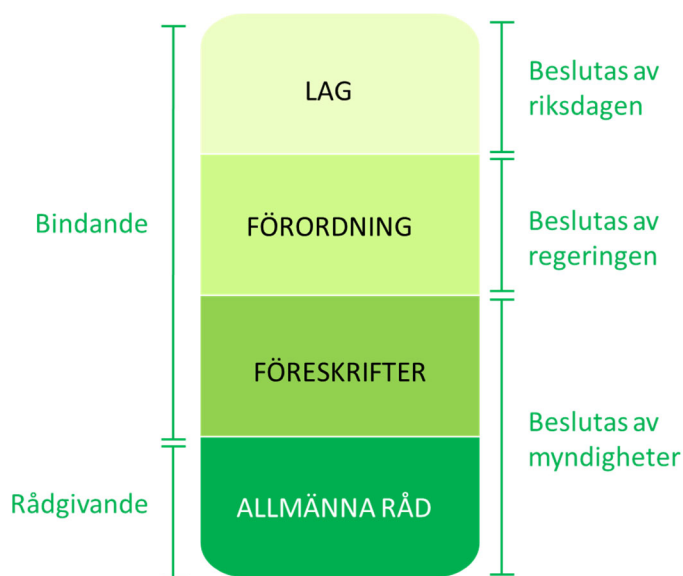
1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,
2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,
3. spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,
4. personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och
5. hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand.

Ovan krav är således de grundläggande kraven i byggreglerna som ligger till grund för brandteknisk utformning av byggnader¹. Nedan redogörs för möjligheterna avseende brandteknisk dimensionering av byggnader enligt BBR samt EKS och regelverket LSO som anger hur brandskydd ska efterlevas under byggnadens nyttjande.

Det finns en tydlig hierarki för lagar, förordningar, föreskrifter och allmänna råd i Sverige som påverkar hur regelverk skrivs och implementeras, se Figur 8. Sveriges lagar beslutas av riksdagen, i lagen kan det finnas bestämmelser om att regeringen eller en myndighet får meddela förordningar samt föreskrifter. Dessa förordningar och föreskrifter ska då hålla sig inom den lag de verkar under. Förordningarna beslutas av regeringen. I förordningarna finns bestämmelser som inte behöver regleras i lagen utan på förordningsnivå. Det är vanligt att förordningar har som syfte att förtydliga och precisera det som står i lagen. När lagar och

¹ Det finns även andra kravställare på byggnadstekniskt brandskydd, t.ex. Arbetsmiljöverket, försäkringsbolag och egna ambitioner från fastighetsägare/byggherrar. Men de grundläggande kravställningarna kopplat till byggnadsverk och produkter för byggnader anges i huvudsak i byggreglerna.

förordningar inte är tillräckligt tydliga kan Sveriges myndigheter ta fram mer detaljerade regler, så kallade föreskrifter. De allmänna råden, som också skrivs av myndigheter, beskriver i ytterligare detalj hur någon bör eller kan uppfylla lagen, förordningen eller föreskriften. I de allmänna råden brukar detaljnivån vara hög och här kan en lösning eller metod finnas beskriven. Ett allmänt råd kan koppla direkt till lagen, förordningen eller föreskriften. Till skillnad från lag, förordning och föreskrifter är inte de allmänna råden bindande.



Figur 8: Översikt över lagstiftningens hierarki i Sverige.

5.2 Möjligheter i enlighet med BBR

Gällande dagens regelverk är det BBR (Boverkets byggregler) som gäller vid ny- och ombyggnation. Det ska dock förtydligas att vid ändring/ombyggnation finns möjlighet att till viss del förhålla sig till det regelverk som gällde vid byggnadens uppförande, genom de så kallade ändringsreglerna. Dock gäller i flera fall att nybyggnadskrav ska uppnås, men det förekommer ett visst handlingsutrymme för hur dessa ska uppnås jämfört med om det är en nybyggnation, där kravnivån är anpassad för nya produkter.

Brandteknisk dimensionering av en byggnad bygger i många fall på en helhetsbedömning, där en kombination av valda utformningar för t.ex. utrymningsstrategi, tillsammans med valda produkter med brandtekniska egenskaper, ger en brandsäkerhetsnivå för byggnaden. I lagtexter anges att byggnadens robusthet ska beaktas och i ändringsregler anges specifikt att avsteg aldrig får medföra en oacceptabel risk för människors säkerhet, vilket också utgör en grund vid argumentationer för olika utformningar utifrån analytisk dimensionering.

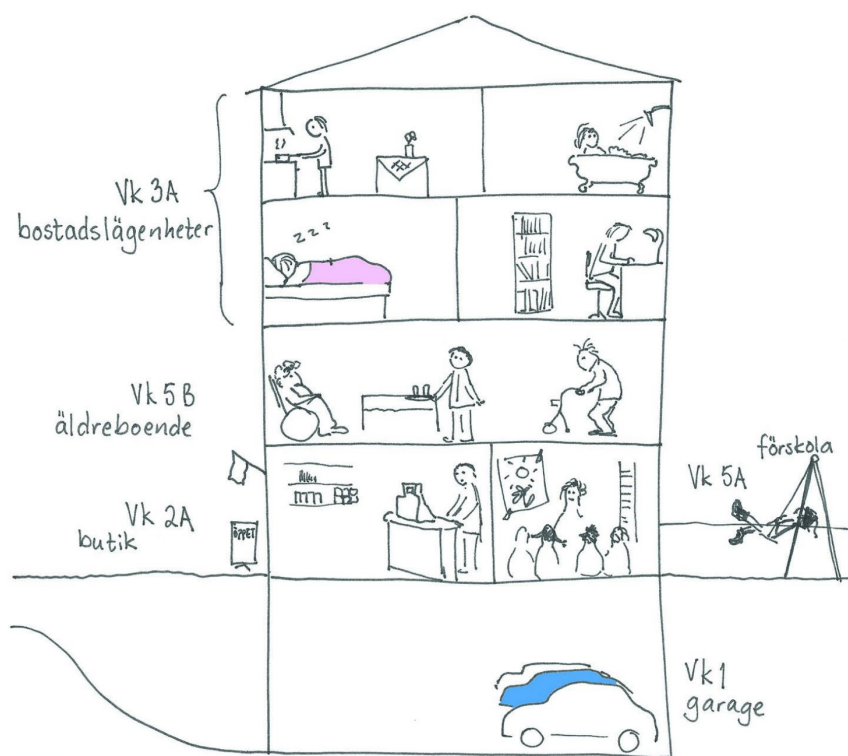
Grundförutsättningar för brandteknisk kravnivå i en byggnad

Kravnivån i en byggnad baseras på byggnadens komplexitet och vilka verksamheter den ska användas till. För att fastställa byggnadens komplexitet i sin utformning delas byggnader in i olika byggnadsklasser, i grova drag baserat på hur många våningsplan den utförs eller är utförd i. De ”enklaste” byggnaderna tillskrivs klass Br3 och byggnaden med högst krav enligt förenklad dimensionering tillskrivs Br1. Utöver detta finns även Br0-byggnader, vilket är den byggnadsklass som ställer högst krav, och alltid medför krav på att brandskyddet verifieras genom analytisk dimensionering. Se figur nedan för förklaring av olika byggnadstekniska klasser.



Figur 9: Förenklad figur över klassisk indelning av olika byggnader i byggnadstekniska klasser. Illustration återges med tillåtelse från Bengt Dahlgren.

Avseende verksamheter baseras olika verksamhetsklasser på om personer i byggnaden förväntas vara vakna eller sova, om de har möjlighet att utrymma själva samt om de förväntas ha god lokalkännedom i byggnaden eller inte. Verksamhetsklass baseras också på antalet personer i en brandcell. Se figur nedan för exempel på olika verksamhetsklasser.



Figur 10: Förenklad figur över indelning av olika verksamhetsklasser. Illustration återges med tillåtelse från Bengt Dahlgren.

Byggnadsklass och verksamhetsklass styr i sin tur vilka krav som gäller i aktuell byggnad avseende bl.a. utrymningsstrategi, ytskiktsskrav, brandcellsgränser och bärverkskrav. Det kan konstateras att erforderlig kravnivå kan skilja stort mellan vilken byggnadsteknisk klass och verksamhetsklass som är aktuell. I enklare byggnader gäller oftast att byggnaden ska dimensioneras för att hantera ett brandmotstånd under 30 minuter, medan det för mer komplicerade byggnader kan krävas ett brandmotstånd i upp till 240 minuter.

Avseende ytskiktsskisser inomhus påverkas kravet av vilken byggnadsklass som gäller, samt verksamhetsklass, men även vilken typ av utrymme som berörs och om ytskiktet sitter på golv, vägg eller tak. Detta medför att kravnivån för olika utrymmen kan variera, även om produkten som sådan är densamma. I vissa utrymmen kan den vara godkänd, och i andra inte. Detta behöver beaktas vid återbruk.

Skillnaderna i kravnivå visar på att byggnadens komplexitet och verksamhet i byggnaden påverkar hur den betraktas utifrån ett brandtekniskt perspektiv. Detta kan påverka bedömningen avseende lämplighet att använda återbrukade produkter inom vissa byggnadsklasser eller verksamhetsklasser, då återbrukade produkter kan vara förenade med faktorer som påverkar robustheten i utformningen.

Dimensioneringsmetoder

Boverkets byggregler (BBR) är uppbyggt av ett antal föreskrifter och allmänna råd där föreskrifter är ett förtydligande av grundkraven i PBL och PBF vilka måste följas. Möjlighet finns att i vissa enskilda fall göra mindre avsteg från föreskriftstext, men dessa måste då först godkännas av Byggnadsnämnden. Allmänt råd är till skillnad från en föreskrift inte en bindande regel utan är ett förslag på en utformning eller nivå som uppfyller föreskriften. Det går alltså att tillämpa andra lösningar för att uppfylla kraven i föreskrifterna än

de som anges i de allmänna råden, men då behöver en verifiering av att erforderlig säkerhetsnivå nås redovisas genom så kallad analytisk dimensionering.

Om det finns möjlighet att genom uppföljning av befintlig dokumentation, provning eller andra kontroller fastställa kända egenskaper, och också kunna likställa nivån hos återbrukade produkter med samma nivå som nya produkter, finns möjlighet att dimensionera brandskyddet enligt gällande regelverk i likhet med ”vanlig” nybyggnation. Detta bedöms framförallt vara en möjlighet för de produkter och byggnadsdelar där specifik CE-märkning för återbrukade produkter finns. I annat fall finns möjlighet att dimensionera brandskyddet med analytisk dimensionering, och visa på att erforderlig skyddsnivå uppfylls på annat sätt än föreslaget i allmänt råd.

För att dimensionera brandskyddet i en byggnad med återbrukade produkter bedöms det, med dagens förutsättningar att dimensionera brandskydd, i många fall medföra krav på analytisk dimensionering. Detta då dagens kunskapsläge i de flesta fall inte medger processer där egenskaper hos återbrukade produkter i storskaligt format formellt fastställts.

5.3 Möjligheter i enlighet med EKS

Boverkets konstruktionsregler (EKS) (Boverket, 2023c), anger hur de europeiska konstruktionsstandarderna (s.k. eurokoder) ska tillämpas. EKS utgör tillsammans med eurokoderna det svenska regelverket för verifiering av byggnadsverks bärförmåga, stadga och beständighet. Grundförfattningen för EKS är BFS 2011:10 och den senaste ändringsförfattningen för EKS är EKS 12, med ändringar t.o.m. BFS 2019:1.

EKS anger ett antal säkerhetsklasser (BFS 2015:6), säkerhetsklass 1 (låg risk) – 2 (normal risk) - 3 (hög risk), för byggnader med hänsyn till omfattningen av personskador som kan uppkomma vid brott i en byggnadsverksdel. Brandsäkerhetsklasserna graderas från 1 (mycket liten) till 5 (mycket stor) utgående från risk.

I allmänna råd ges exempel på indelning av säkerhetsklasser och brandsäkerhetsklasser för olika byggnadsdelar i olika byggnadsverk, och säkerhetsnivåerna påverkas av byggnadernas byggnadstekniska klass samt våningsantal.

I en förstudie till denna studie (McNamee et al., 2021b; a) konstaterades att flera aktörer undersökt möjligheterna med återbruk av bärande konstruktionsdelar i stål och betong, och det har bedömt möjligt utifrån konstruktionstekniska perspektiv. I dessa utredningar har dock brandskyddet inte beaktats explicit. Om återbrukade konstruktionsdelar bedöms kunna utgöra bärande konstruktion i en byggnad bedöms det dock rimligt att de även i många fall kan fylla bärande funktion vid brand.

5.4 Möjligheter i enlighet med LSO

LSO, Lag (2003:778) om skydd mot olyckor, utgör det regelverk som ligger till grund för räddningstjänsters tillsyn av brandskyddet i byggnader under dess brukstid, och fastställer även kravet på att ett systematiskt brandskyddsarbete (SBA) bedrivs av verksamheter i byggnader under dess brukstid. Inom ramen för SBA ska brandskyddet kontrolleras regelbundet, och där ingår t.ex. regelbunden kontroll av dörrar i brandcellsgränser, brandteknisk utformning av ventilationssystem och kontroll av utrymningsvägar.

Inom ramen för SBA finns möjlighet att påverka hur återbrukade produkter kontrolleras, för att t.ex. beakta osäkerheter avseende produkters prestanda. Det kan dock innebära att det behöver utvecklas strategier för att följa upp återbrukade komponenter eller byggnadsdelar med brandtekniska krav på ett annat sätt än nya produkter. Det skulle exempelvis kunna innebära ett tätare kontrollintervall avseende sådana produkter och komponenter. Med den typen av åtgärder bedöms det finnas möjligheter för en robust brandteknisk utformning med återbrukade produkter och komponenter.

5.5 Möjligheter att hantera hinder identifierade i projektförstudie

I Tabell 1, i kapitel 1 redovisas tekniska, ekonomiska och organisatoriska hinder för återbruk som identifierades som en del av ett förstudie till denna studie (McNamee et al., 2021b; a).

Avseende de tekniska hindren finns möjlighet att hantera dessa inom brandteknisk dimensionering. Att beakta demonterbarhet är en faktor som generellt kan hanteras vid ny- och ombyggnation, genom att t.ex. inte placera installationer ingjutna i byggnaden eller i svåråtkomliga utrymmen. Avseende stommen och liknande delar påverkar hur dessa sammanfogas möjlighet till demonterbarhet, det kan t.ex. finnas tillfällen då skruv som infästningsmetod kan vara bättre än andra metoder för detta.

Påverkan av åldring kan bevakas i det systematiska brandskyddsarbete som enligt LSO ska bedrivs inom alla verksamheter. Genom att prova olika brandtekniska installationer regelbundet, och dokumentera resultaten, finns möjlighet att följa funktionen hos en produkt. Hur åldring påverkat produkten som helhet ger dock en sådan redovisning inte svar på.

Åldring tangerar också teknisk livslängd, vilken avgör hur ofta en produkt eller ett material behöver renoveras eller ersättas. Vad som anges som teknisk livslängd avseende olika material, produkter och utformningar kan dock vara olika. Teknisk livslängd kan hänvisas till som den livslängd som faktiskt är möjlig, under normala omständigheter, men också till hur ofta man i praktiken byter ut materialet, vilket kan ha andra orsaker än att produkten eller materialet inte längre är funktionsdugligt. Att systematiskt spara information avseende den tekniska livslängden hos en produkt eller ett material kan underlätta vid bedömningen av huruvida en produkt eller ett material är lämpligt för återbruk.

Avseende risken för kunskapsluckor avseende produkter och material bedöms detta kunna förebyggas genom sparad dokumentation som sammanställs i relationsskedet av en byggnation, samt ett aktivt arbete med drift och underhåll för att följa upp funktionen.

6 Fallstudier och intervjuer

6.1 Introduktion

Fem olika byggnadsprojekt har utgjort grund för fallstudier. Tre av dessa valdes ut under arbeten med en förstudie till detta projekt, då de identifierades som utförda projekt med stort fokus på återbruk och det bedömdes rimligt att det i dessa projekt återbrukats produkter med brandtekniska egenskapskrav. Under arbetet med denna fördjupning har ytterligare projekt tillkommit, där konstruktionsdelar återbrukats.

Kopplat till dessa fallstudier har fler intervjuer utförts, och utifrån dessa intervjuer identifierades ytterligare personer kopplade till specifikt intressanta produktkategorier som förekommit i fallstudierna. I denna rapport hänvisas löpande till intervjurens resultat, nedan beskrivs övergripande de fem byggprojekten samt några produktrelaterade och generella erfarenheter projektet tagit från dessa.

6.2 Beskrivning ingående fallstudier

Onsala Rymdrum

Onsala Rymdrum är ett besökscenter för publik verksamhet tillhörande Chalmersfastigheters rymdforskningsanläggning placerad i Onsala. Projektet har omfattat en om- och tillbyggnation av tidigare besökscenter, ansvarig entreprenör i projektet var NCC. Med hänsyn till byggnaden storlek och verksamhetsklass tillskrivs byggnaden lågt ställda brandtekniska krav utifrån BBR.

Det nya besökscentrumet är till stor del byggt av återbrukat material, bl.a. zinkpanelerna runt taket, toaletterna och köket. Grundmuren är delvis byggd med överblivna delar av betongpålar från byggprojekt i Göteborg och innerväggarnas plywoodskivor har alla ett förflutet som temporärt golvskydd under bygget av Platina-huset i Göteborg. Avseende produkter med brandtekniska egenskapskrav har följande återbrukats:

- Dörr med brandteknisk klass
- Brandgasspjäll
- Ventilationskanaler
- Stålstomme

Intervjuobjekten beskriver projektet som utmanande utifrån flera olika aspekter. Byggprocessen i sig gör det svårt att hantera avvikelser kopplade till ritningsunderlag, när man inte vet exakt vilka produkter som ska användas var det i vissa fall utmanande att uppfylla de krav som fastställts i bygglovsprocessen. Logistik och lagerhållning var ytterligare två aspekter som beskrivs som utmanande. Inom projektet valde man att skapa ett eget lager för att lagerhålla produkter och material som potentiellt kunde ingå i byggnaden. Avseende produkter och material sammanfattas det dock som att det mesta som önskade återbrukas gick att återbruka. Dock lyckades man inte återbruka en identifierad stålkonstruktion, då rivningen av bygganden som den satt i utfördes på sådant sätt att stålkonstruktionen förstördes. Detta identifieras också som ett återkommande problem, att rivnings- och demonteringsprocesser utförs på sådant sätt att produkterna och materialen förvanskas. Avseende produkterna med brandtekniska egenskapskrav ansågs de inte svårare att återbruka än andra produkter. Produkterna har demonterats varsamt och återmonteras enligt monteringsanvisningar för

motsvarande nya produkter. Dess funktion har också särskilt testats inför ibruktagandet. Osäkerheten avseende åldring har hanterats genom att konstatera att för aktuell byggnads- och verksamhetsklass är den brandtekniska skyddsklassen att betrakta som låg. Införandet av förekommande brandcellsgränser utgjorde i praktiken generell egenambition, varpå ev. bristande funktion hos en brandteknisk komponent inte bedömdes bryta mot något lagkrav.

Svävarterminalen

Svävarterminalen var en befintlig byggnad som uppfördes 1984 och demonterades 2022 och som ägdes av Malmö Stad, vilka också varit mycket delaktiga i återbruksarbetet i projektet. Byggnaden har utgjort avgångshall för resor med båt till Kastrup. I byggnaden fanns material och produkter som betraktades som värdefulla att återbruka, såsom plåt, sten och stål, vilket är råvaror som inte bedömts försämrats med tiden. Avseende produkterna i byggnaden som avsågs att återbrukas var dörrar med brandteknisk klass av stort intresse, och hade identifierats som en produkt med återbrukspotential.

Malmö stad har valt att ta vara på en del material själva, till exempel belysning som kan konverteras till LED, kabelstegar och undertaksplattor. Ett företag har tagit hand om all fasadplåt och en del plåt från byggnadens tak för att göra skyltar och det finns andra fastighetsägare som visat intresse för bl.a. dörrar och stengolv. Stålprofiler har använts inom ett nytt vattenreningsverk. Dock konstateras i intervjun att de dörrar med brandtekniska krav som man hade för avsikt att återbruka faktiskt inte återbrukades. Vid tillfället för rivning fanns inget specifikt projekt där dörrarna hade passat, och det bedömdes för komplicerat att demontera dörrarna på sådant sätt att inte deras prestanda skulle påverkas.

Kromet

Även projektet ”Kromet” har ingått i fallstudien, vilket var en befintlig kontorsbyggnad i centrala Göteborg och där arbetet utgjort en rivningsentreprenad. Återbruksansvarig beskriver att nästan allt material, såsom fönster, fasadplåt, fasadelement av betong, innerdörrar, invändiga glaspartier, entrédörrar, undertaksplattor, textilmattor, köksskåp, trappa, kabelstegar, wc-porslin och installationer har gått till återbruk eller återvinning. Mycket av materialet har dock gått till privatpersoner, och inom ramen för detta projekt har det inte gått att följa produkter med brandtekniska egenskapskrav till andra byggnader.

Men anledning av detta finns ingen specifik produkt representerad från detta objekt, vilket till viss del visar på svårigheterna med återbruk av just produkter med brandtekniska egenskapskrav. Dock kan antas att flera produkter faktiskt har haft något brandtekniskt krav, utan att man reflekterat över detta. T.ex. krav avseende ytskikt eller upphängning av ventilationskanaler.

Boverkets nya huvudkontor i Karlskrona

En kontorsbyggnad uppförd 1985 i Lund har rivits, och från denna har Skanska återbrukat HDF-bjälklag från IKANO Bostad till Boverkets nya huvudkontor i Karlskrona. Inför demontering utfördes en detaljerade återbruksinventering, och detaljerade ritningar och arbetsbeskrivningar gick att finna, vilket beskrivs som framgångsfaktorer i projektet.

För att utvärdera bjälklagen skickades prover till RISE vilka utförde borrh- och krossprovningar och man bedömde karbonisering, rost och livslängd enligt processen utvecklad av Återhus (Återhus, 2022). Resultaten visade på mycket god kvalitet, och de bedömdes ha en återstående livslängd om minst 50 år.

Bjälklag som valdes ut för återbruk utgjorde bjälklag som varit inne i byggnaden, för att säkerställa vilken miljö de varit i under dess brukstid. Bjälklagen användes i den nya byggnaden till yttertakskonstruktionen, då detta inte utsätts för samma typer av laster som ett bjälklag mellan våningsplan.

Vid demontering erfordrades stämning av hela byggnaden, och kapning erfordrades vilket påverkade de spännvidder som bjälklagen kunde användas för.

Gällande brandtekniska egenskapskrav har dessa inte varit i fokus i projektet, men har inte heller upplevts som hinder. I den befintliga kontorsbyggnaden har bjälklag troligen haft ett bärverkskrav i brandteknisk klass R60. På dess nya plats, som yttertak, har konstruktionen ett brandtekniskt krav om lägst R30.

Erfarenheterna från projektet visade på att samverkan med stomleverantör var nyckeln. Man identifierade också risker vid transporter och omlastning, och att det vid dessa moment inträffade händelser som påverkade prestandan på elementen. En branschgemensam lagringsplats efterlyses också, med en sådan menar man från projektets sida att ytterligare material hade kunnat sparas för att återbrukas på andra håll.

Som erfarenhet konstateras också att byggnader inte är anpassade för återbruk, vilket medför svårigheter avseende bl.a. demontering. För att underlätta återbruk i framtiden bör detta tas med som en aspekt vid projektering av nya byggnader.

Återhus – Yrket 4

‘Återhus – att bygga hus av hus’ är ett innovationsprojekt som fokuserat på att möjliggöra återbruk av hus genom att utveckla metoder, processer och verktyg för att kunna återbruka tunga byggnadsdelar såsom stommar och fasader av stål och betong (Återhus, 2022). Inom projektet samverkar flera parter, och RISE har varit en del i att utveckla olika processer, bl.a. en metod för att bedöma kvalitén av befintlig betong. Projektet utgörs av totalt fyra pilotprojekt, inom ramen för denna studie har dock endast ett av dessa ingått i intervjustudien.

Det framkommer att byggnaden i det pilotprojektet, där betong återbrukas som konstruktionsmaterial, utgör en mindre komplex byggnad varpå brandskyddskraven är begränsade. Vidare utgör just det aktuella exemplet en tillfällig byggnad, vilket kan ha haft inverkan på bedömningar avseende lämplighet för återbruk. Det har ej framkommit att några särskilda anpassningar avseende brandskydd har utförts. Dock fastslås av projektet, att de tekniska aspekterna av återbruk av tunga byggnadsdelar inte utgör ett hinder för branschens omställning att bygga med återbrukade produkter (Återhus, 2023).

Förskolan Hoppet

”Hoppet” är ett innovationsprogram som drivs av Göteborgs Stad, där fokus på klimatet står i centrum. Inom programmet uppförs bl.a. en rad förskolor, och den första förskolan på Backa Kyrkogatan i Göteborg är i bruk. Byggnaden stod färdig i december 2021 och beräkningar visar att, tack vare klimatsmarta val av material och metoder, hade 62 procent av de klimatpåverkande utsläppen kapats jämfört med en traditionellt uppförd förskola (Göteborgsstad, 2023).

I kommande projekt beskriver Göteborgs Stad att de kommer fokusera på återbruk, träbyggnation, klimatförbättrad betong samt införa maximalt värde på koldioxidutsläpp i byggprojekten som ingår i innovationsprogrammet Hoppet, men redan i första projektet ingick återbruk till viss del.

Innertaksplattor var en produkt som återbrukades, och denna produkt nämns återkommande i intervjustudien som en produkt som lämpar sig väl för återbruk och att de återbrukas frekvent inom projekt idag. Dock ger svaren lite olika bild av kunskapsläget avseende denna produkt. I vissa fall har beaktats att produkten har ett ytskiktsskrav avseende brand, men i andra fall har det inte beaktats alls.

7 Återbruksprocessen

7.1 Introduktion

Nedan beskrivs en generell process för återbruk, med särskilt fokus på hur brandtekniska egenskaper bör hanteras, samt detaljerade processer för produkter, material och konstruktionsdelar.

7.2 Generell process

För återbruk finns flera exempel på generella processer, och i stort finns flera gemensamma faktorer för produkter med brandtekniska egenskapskrav som för andra produkter, såsom demontering, transporter, lagerhållning m.m. Nedan beskrivs dock en generell process, som tagits fram inom detta projekt, där fokus på brandtekniska egenskaper redovisas, då vissa aspekter kan vara av särskild vikt att beakta avseende just sådana produkter. Processen är en vidareutveckling av den metodik för brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter som presenterades i förstudien till detta projekt.

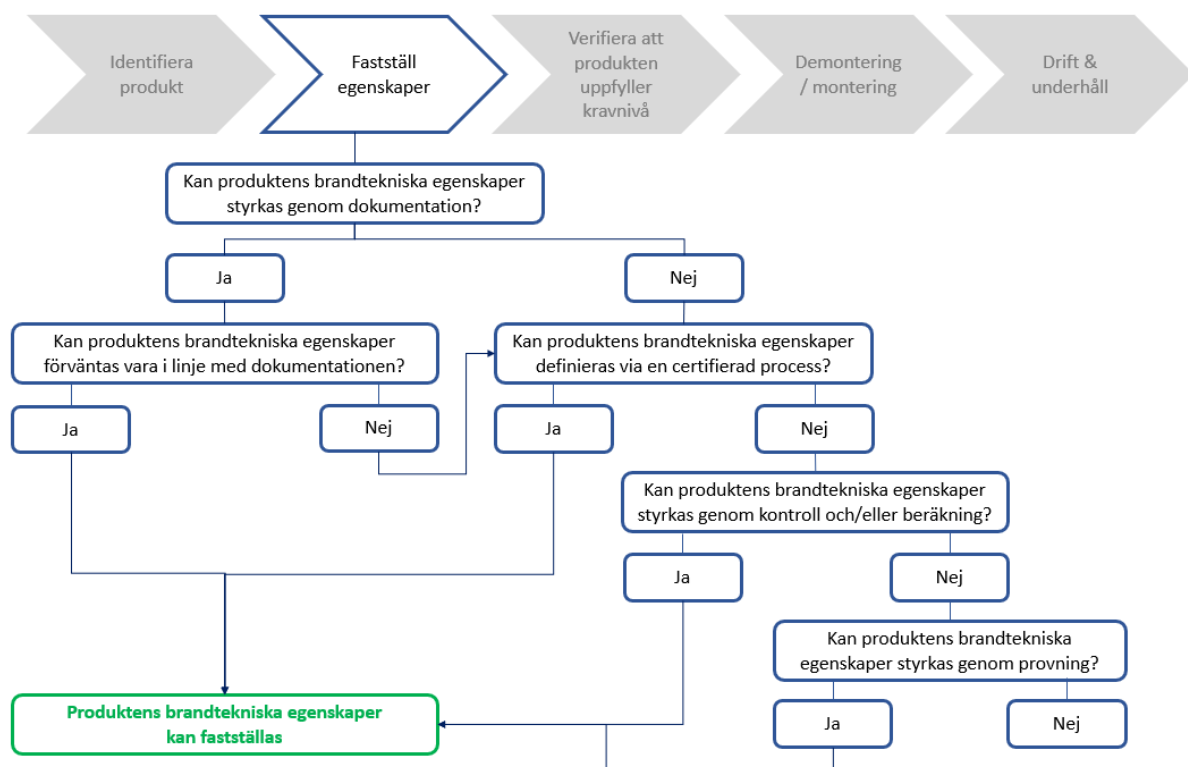


Figur 11: Process för återbruk av produkter med brandtekniska egenskaper.

Processen inleds med att identifiera en produkt för återbruk samt fastställande av produktens skick. Det är även viktigt att tidigt identifiera huruvida produkten är möjlig att demontera och återmontera utan att skada,

eller på annat sätt negativt påverka produkten, så att dess brandtekniska egenskaper inte längre kommer vara möjliga att fastställa eller tillämpa i avsett utförande.

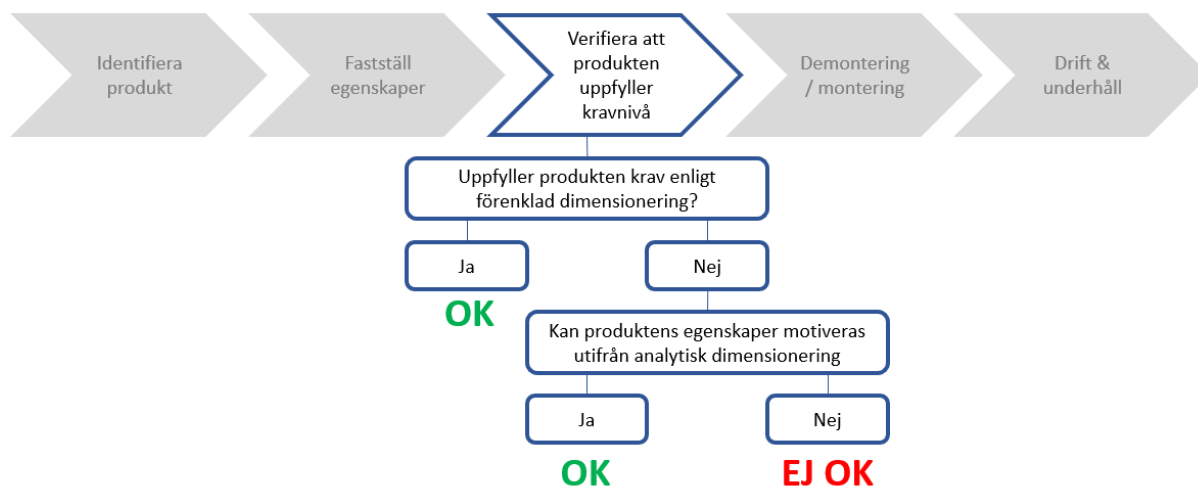
Efter att en produkt har identifierats behöver produktens egenskaper fastställas, vilket kan ske på olika sätt, se Figur 12. För en produkt vars brandtekniska egenskaper är väldokumenterade och vars utförande är sådant att de brandtekniska egenskaperna fortsatt kan förväntas vara i linje med dokumentationen (här är det t.ex. relevant att göra en bedömning av hur åldring kan ha påverkat produktens egenskaper) bedöms egenskaperna kunna fastställas relativt enkelt för en analytisk dimensionering. Om så inte är fallet kan produktens egenskaper behöva fastställas genom andra metoder, så som genom kontroll och/eller beräkning (vilket t.ex. är möjligt för bärande betong och stål). Om det inte finns andra metoder för att fastställa produktens brandtekniska egenskaper kan det krävas att produkten genomgår provning. I och med att brandteknisk provning ofta är förstörande är det då viktigt att säkerställa att den provade produkten i ett sådant fall kan bedömas vara representativ för de produkter som avses återbrukas. I det fall en certifierad process finns tillgänglig för att bedöma produktens egenskaper ges kända egenskaper och då kan förenklad dimensionering tillämpas.



Figur 12: Mer detaljerad beskrivning av process för att fastställa egenskaper hos produkter.

Efter att de brandtekniska egenskaperna är fastställda ska verifiering av huruvida produkten uppfyller dagens kravnivå ske, se Figur 13. Hur en sådan verifiering behöver utformas, och vad den behöver innehålla, beror på de fastställda kända, och även okända, egenskaperna hos produkten. Kända egenskaper kan medföra att produkterna kan följa förenklad dimensionering. Det kan också vara så att analytisk dimensionering behöver utföras för att motivera att de kända egenskaperna inte uppfyller gällande kravnivå alternativt för att hantera

osäkerheter i de brandtekniska egenskaperna. Okända egenskaper behöver hanteras med analytisk dimensionering alternativt att produkten tillämpas i ett utförande som inte innebär krav på brandtekniska egenskaper, exempelvis i brandtekniska tillämpningar som utförs av egen ambition av byggherren. I vissa fall kan det även bli aktuellt att uppgradera produkten för att kunna använda den i avsedd tillämpning. Det kan t.ex. handla om att förstärka svaga delar av en dörr eller att brandskyddsmåla en stålkonstruktion. Det behöver då säkerställas att förstärkningens påverkan på produktens brandtekniska egenskaper kan betraktas vara känd.



Figur 13: Mer detaljerad beskrivning av hur man verifierar att produkten uppfyller kravnivån.

Efter att produkten verifierats uppfylla korrekt kravnivå behöver den demonteras och återmonteras. Som tidigare nämnts behöver det göras på sådant sätt att de brandtekniska egenskapskraven inte bedöms påverkas negativt utifrån hur de bedömts och verifierats i föregående steg. För många produkter med brandteknisk klass/brandtekniska egenskaper är montage en viktig del och korrekt montage är ofta en förutsättning för att korrekt brandteknisk klass ska upprätthållas. Om produkten som återbrukas inte har några monteringsanvisningar är det därför viktigt att det görs en bedömning av hur montage ska ske för att upprätthålla korrekta brandtekniska egenskaper. Det är även viktigt att de brandtekniska egenskaperna av provas efter montering, om det är möjligt i den tillämpning som produkten används i.

Efter att produkten monterats är det viktigt att allt underlag som legat till grund för både fastställande av produktens brandtekniska egenskaper, verifiering av kravnivå samt eventuella viktiga delar av demontering och återmontering dokumenteras korrekt. Det är även viktigt att produkten ges en plan för erforderligt underhåll och provning under fortsatt drift. För vissa produkter kan det vara relevant att införa utökade kontroller i kontrollplanen för att säkerställa att produktens egenskaper fortsatt håller över tid.

I denna studie har det identifierats att certifierade återbruksprocesser för vissa byggnadsdelar finns, vilket underlättar möjligheten till storskaligt återbruk. De hanterar dock inte specifikt brandteknisk dimensionering men kan utgöra en utgångspunkt för en sådan bedömning.

Nedan beskrivs två olika processer, en för fallet där analytisk dimensionering erfordras, och en för en certifierad process.

7.3 Analytisk dimensionering för återbruk

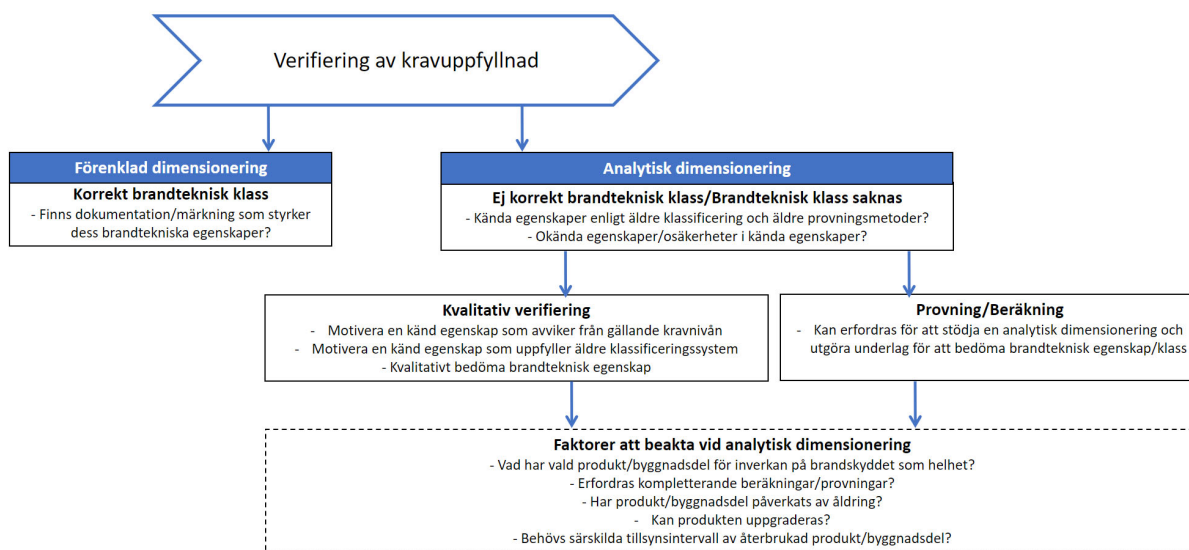
Byggmaterial och byggprodukter som används ska enligt regelverket ha *kända egenskaper* i de avseenden som har betydelse för byggnadens förmåga att uppfylla kraven. Kända egenskaper, och okända egenskaper, fastställs i samband med bedömningen av produkten. Bedömning av produkten kan ske genom t.ex. okulär bedömning, genomgång av dokumentation, olika typer av kontroller samt ev. beräkning/provning av produkten.

I vissa fall kan produkten ha egenskaper som är väldokumenterade och tillförlitliga, men baseras på typgodkända eller klassificeringssystem enligt äldre metoder. Det skulle då kunna vara fall där produkten inte direkt kan bedömas uppfylla nybyggnadskrav, utan kravnivån kan vara förknippad med äldre regelverk eller liknande. För sådana produkter kan provningsstandarder och dylikt behöva studeras för att produktens egenskapskrav ska kunna betraktas som och utvärderas kopplat till det bruk/funktion som den är avsedd för i förhållande till den kravnivå som anges i gällande regelverk.

Att fastställa egenskaper hos valda produkter och material är således en aspekt som kan hanteras i samband med den analytiska dimensioneringen. En annan aspekt som behöver hanteras är hur ev. osäkerheter hos produktens eller materialets brandtekniska egenskaper påverkar den brandtekniska utformningen utifrån ett helhetsperspektiv.

Att fastställa ett material eller en produkts brandtekniska egenskapskrav kan vara förenat med svårigheter avseende aspekter kopplade till bl.a. åldring och prestanda. Dock finns det möjlighet att väga in den osäkerheten i en analytisk dimensionering av applikationen, detta då man vid en analytisk dimensionering av det tekniska brandskyddet har möjlighet att se till byggnaden och riskbilden som helhet. Genom bl.a. scenarioanalyser och robusthetsanalyser, i kombination med konservativa antaganden, finns möjlighet att väga in osäkerheter avseende vissa komponenters funktion, såsom t.ex. åldring och hur produkter påverkas av demontering och återmontering. Som kompensation kan t.ex. människors möjlighet att utrymma byggnaden förbättras eller ytterligare brandtekniska barriärer installeras. Genom att höja nivån på vissa delar av brandskyddet över kravnivån i BBR, t.ex. genom installation av automatiska släcksystem, kan även det vid en analys av byggnadens brandskydd som helhet möjliggöra att vissa osäkerheter kring produkters funktion vid brand kan accepteras eller att det brandtekniska kravet på produkten helt kan bortses från.

Erfarenheter inom projektgruppen, studerade rapporter och intervjuer utförda inom projektet visar på att flera brandskyddsprojektörer anser att analytisk dimensionering är en möjlig metod för att dimensionera med återbrukade produkter. Däremot finns inget vedertaget arbetssätt, och bedömningarna blir till viss del personberoende. Personberoendet är dock inte unikt för denna typ av bedömningar, även kvalitativa analyser utifrån andra aspekter blir till viss del personberoende vilket avspeglas i byggprocessen när diskussioner avseende olika utformningar uppstår. I Figur 14 redovisas en övergripande metod för att dimensionera med återbrukade produkter (McNamee et al., 2021b; a).



Figur 14: Principschema för metodik vid brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter.

7.4 Certifierad process för återbruk

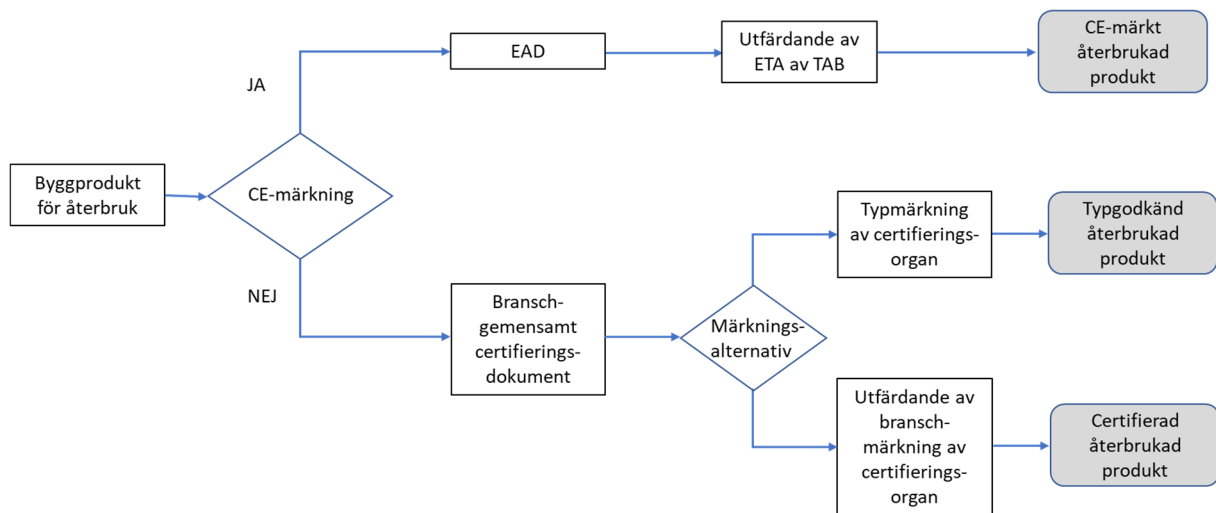
Storskaligt återbruk av byggprodukter ställer stora krav på produktens egenskaper, demontering, lagerhållning och distributionskedjor. För detta krävs en slags kommersiell verksamhet kring återbrukade produkter. Att fastställa produktens bedömda egenskaper genom ett verifieringssystem är väsentligt, då det annars hamnar på byggherren att fastställa produktens kända egenskaper.

Ett verifieringssystem bör ha samma säkerhet på egenskapsredovisning som i en harmoniserad EN-standard (hEN) för nyproducerade produkter (se BFS 2013:14). För detta krävs t.ex. ett certifieringssystem för enskilda produkter med krav på egenskapsredovisning framtaget av ett certifieringsorgan. Detta skulle ge återbruksaktörer möjlighet att få ett certifikat på att deras återbrukade produkter och aktörens arbetssätt är enligt ett fastställt regelverk.

Det finns idag vissa återbrukade produkter som går att CE-märka. För att kunna CE-märka en produkt som faller utanför existerande hEN krävs att återbruksaktören tillsammans med EOTA tar fram ett EAD som specificerar egenskapskrav som produkterna och aktören skall uppfylla. Annan märkning kan vara en branschspecifik märkning utfärdad av ett certifieringsorgan.

Det kommersiella återbruket behöver aktörer som är skickliga på att demontera och lagerhålla produkterna. På så sätt kan man i ett tidigt byggskede säkerställa att produkter, med önskvärda egenskaper, finns vid det tillfälle då de behövs.

Den övergripande processen för återbruk av byggprodukter med och utan CE-märkning sammanfattas i Figur 15.



Figur 15: Schematisk bild som visar alternativ för verifieringssystem för en återbrukad byggprodukt (McNamee et al., 2021b; a).

Exempel på återbruksprocesser av typen branschgemensamma ges i kapitel 9.1, återbruk av konstruktionsdelar. Här beskrivs certifiering av återbrukade stålkonstruktioner vilket erbjuds av Nordcert. Certifieringen bygger på den återbruksprocess som tagits fram av Mekaniska verkstädernas riksförbund (MVR, 2021). Certifieringen är i nuläget inte ackrediterad. Vidare beskrivs en återbruksprocess för konstruktionsbetong framtagen av RISE i Återhusprojektet. Processen innehåller ett förslag på klassificering av återbrukad betongelement. Även denna process är inte i nuläget ackrediterad.

8 Återbruk av utvalda byggprodukter

8.1 Introduktion

I en förstudie till denna studie fastställdes en rad produkter och material som bedömdes ha stor potential för återbruk med hänsyn till materialens klimatpåverkan, men också på grund av dess frekvens i befintliga byggnader. Baserat på klimatberäkningar av en byggnad ser man vilka delar av byggnaden som ger det största klimatavtrycket och följaktligen också vilka material och byggnadsdelar i byggnaden som har störst besparingspotential. Klimatavtrycket för en byggnad varierar beroende på vilka system och material som väljs för olika delar.

Byggnadens stomme och grundläggning är de byggnadsdelar som ofta dominerar en byggnads klimatavtryck, varpå stål och betong för sådan funktion ses som mycket önskvärda att återbruka. Trä är inte lika vanligt förekommande i befintliga byggnader för dessa funktioner, men ses framgent som ett byggnadselement som kommer önskas kunna återbrukas.

Installationer av olika slag ger inte samma utslag i klimatkalkyler, men intresset är stort inom byggbranschen att även återbruka sådana produkter och material, för att utifrån ett helhetsperspektiv beakta återbruk.

Utifrån utförda intervjustudier och med hänsyn till gällande referensobjekt har följande produkter och material studerats i detalj avseende hur de hanteras i återbruksprocessen idag:

- Dörrar med brandteknisk klass
- Undertak
- Brandgasspjäll
- Betong som konstruktion; HDF-bjälklag
- Konstruktionsstål

Brandtekniska produkter berörs vidare i detta kapitel. För konstruktioner hänvisas till kap. 9.

8.2 Återbruk av dörrar med brandteknisk klass

Dörrar med brandteknisk klass är en återkommande produkt som nämns som intressanta att återbruka i intervjustudien. Anledningen till att de lyfts som en intressant produkt är för att de är vanligt förekommande i befintliga byggnader. Det ska dock noteras att det inte är en produkt som signifikant påverkar en byggnads klimatkalkyl, utan snarare bedöms som intressant med hänsyn till de mängder som finns samt att det kan bygga en kultur eller vana att återbruka i projekt.

Det finns flera faktorer som måste beaktas för att dessa ska kunna utgöra föremål för återbruk. Dels erfordras en miljökonsekvensutredning, t.ex. fick asbest användas som isolering i dörrar fram till 1976 varpå äldre dörrar är förenade med risk för miljögifter (Miliute-Plepiene et al., 2021). Vidare medför krav på t.ex. utrymningsbeslag och till- och frångänglighetskrav att dörrar ofta är belagda med flera krav som måste ingå i en provning än just brandkravet. Nedan redogörs explicit för vad som gäller avseende just den brandtekniska klassen på dörrar.

8.2.1 Gällande regelverk och provningsprocesser

BBR, kapitel 5:534 anger att ”Dörrar, luckor och portar i en avskiljande konstruktion ska utformas så att brandcellsgränser upprätthålls. (BFS 2011:26)”. Sådana dörrar skall därför ha brandtekniska egenskaper vilka lägst motsvarar den brandtekniska klass som gäller för brandcellsgränsen, utom för vissa angivna undantag i andra delar av föreskrifterna/de allmänna råden.

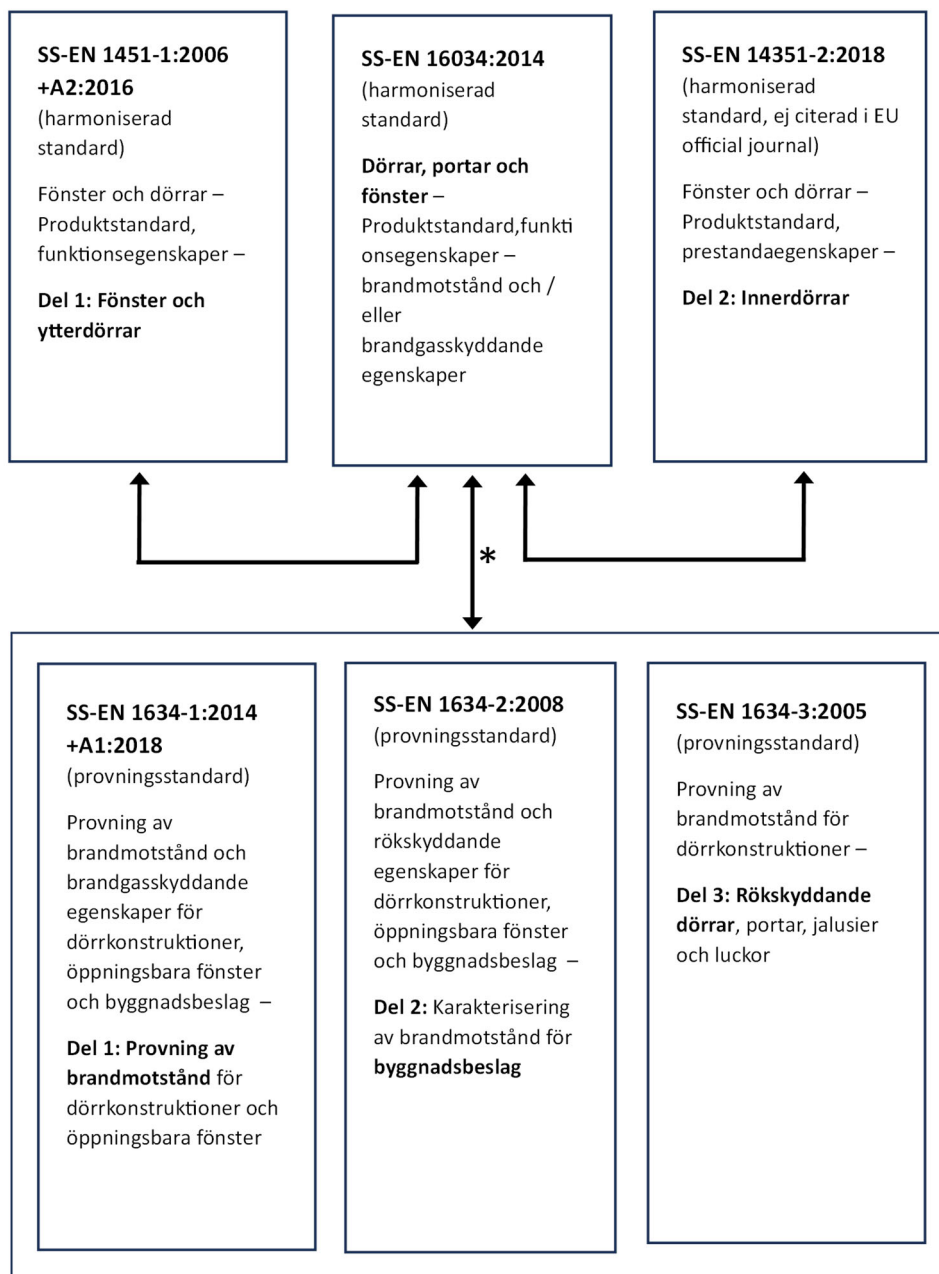
Branddörrar klassificeras enligt SS-EN 13501-2 (SIS, 2016) och innefattar brandmotståndsklasserna E (integritet), I₂ (isolering) samt även I₁ vilken inte används i Sverige, W (strålning), samtliga med efterföljande tidsangivelse, samt i vissa fall tilläggsklasser för röktäthet (S_a alternativt S₂₀₀) och självstängande funktion (C0 till C5, där lägst klass C1 ska tillämpas i Sverige). Branddörrar provas och klassificeras alltid tillsammans med karm och andra tillbehör.

CE-märkning

Ytterdörrar skall sedan 2014 CE-märkas enligt produktstandarden SS-EN 14351-1 (SIS, 2006) för öppningsbara fönster och ytterdörrar. Standarden kräver redovisning av en rad parametrar och här ingår även brandprestanda för ytskick (reaction-to-fire) enligt SS-EN 13501-1 (SIS, 2019), men just detta krav ställs inte för ytterdörrar utan enbart för fönster. Från 2019 skall ytterdörrar därutöver CE-märkas enligt produktstandarden SS-EN 16034 (SIS, 2014c). Denna standard hänvisar till provningsstandarderna SS-EN 1634-1 (SIS, 2014a) för brandmotstånd samt SS-EN 1634-3 (SIS, 2005b) för brandgastäthet. I båda fall beskrivs klassificeringen av testresultat av SS-EN 13501-2 (SIS, 2016). Då det finns en harmoniserad produktstand för ytterdörrar gäller inte tidigare regler för nationell typgodkännande.

Innerdörrar kan inte CE-märkas då produktstandarden SS-EN 14351-2 (SIS, 2018b) för innerdörrar ännu inte är harmoniserad. Standarden fastställdes och publicerades 2018, men den är ännu inte citerad i Official Journal och finns inte listad på NANDO, Europakommisionens lista på harmoniserade standarder. Datum för harmonisering av standarden finns inte angiven. För innerdörrar, precis som för ytterdörrar, gäller standarden SS-EN 1634-1 (SIS, 2014a) för brandmotstånd samt SS-EN 1634-3 (SIS, 2005b) för brandgastäthet. Innerdörrar kan alltså inte CE-märkas och detta innebär att brandklassning av innerdörrar tillsvidare istället kan typgodkännas och att befintliga typgodkännanden är giltiga.

Figur 16 ger en översikt av relationen mellan produktstandarder och provningsstandarder för bestämning av brandmotståndsegenskaper. Bilden är inte komplett och visar t.ex. inte tilläggsstandarder, s.k. EXAP-standarder vilka beskriver utökad applikation av provningsresultat för t.ex. variationer i dörrbredd, typ av beslag m.m.



Figur 16: Översikt av relationen mellan produktstandarder och teststandarder för brandmotstånds-karakterisering av dörrar.

Krav i BBR

Föreskrifter och allmänna råd om dörrars egenskaper förekommer i olika sammanhang i BBR. Den huvudsakliga föreskriften avseende dörrar och brandmotstånd ges i avsnitt 5:534 (Dörr, lucka och port). Detta föreskrivande avsnitt säger att ”Dörrar, luckor och portar i en avskiljande konstruktion ska utformas så att brandcellsgränser upprätthålls”. Allmänna råd förtydligar sedan tolkningen av föreskriften för olika situationer. Till exempel finns det ett undantag för dörrar mot utrymningsvägar vilket ges i de allmänna

råden i avsnitt 5:534, vilket säger att ”Dörrar som ansluter till utrymningsväg kan utformas i lägst brandteknisk klass EI 30-S_a”. Detta baseras på att man bedömer att brandbelastningen i en utrymningsväg är relativt låg. Vidare säger de allmänna råden i samma avsnitt att ”Dörrar till trapphus, med undantag för hissdörrar, bör vara täta, även i dörrens underkant. Sådana dörrar kan utformas med brandgastäthet S₂₀₀.”

Redan i avsnittet 5:23 (Byggnadsdelar, klasser och definitioner) ges i underavsnittet 5:2311 (Dörrar) allmänna råd om brandmotståndskrav för dörrar. Observera att detta avsnitt inte innehåller någon föreskrivande text.

Det allmänna rådet i BBR 5:2311 säger att ”Dörrar med krav på brandmotstånd i klass EI XX kan utformas i lägst klass EI₂ 15/EW XX enligt SS-EN 13501-2 och där XX står för den tid i minuter som brandmotståndet motsvarar.

För dörrar i klass A2-s1,d0 kan kravet på isolering, I, anses vara uppfyllt om temperaturstegringen på den från branden vända sidan är högst 280 °C i genomsnitt och högst 330 °C i enstaka punkter.”

Det första stycket i det allmänna rådet innebär att, som exempel, ett EI 60 krav på en branddörr i BBR kan uppfyllas med en dörr som klarar EI₂ 15/EW 60. Det andra stycket ger möjlighet för avsteg från de normala temperaturkriterierna för den kalla sidan av dörren för dörrar uppbyggda av obrännbara material. Bakgrunden till detta undantag från de normala klassificeringsreglerna är att man velat ge möjlighet att underlätta användningen av äldre ståldörrar vilka har svårt att klara de normala kraven på isoleringsförmåga utan att bli orimligt dyra, men som från erfarenhet anses som säkra. Detta motsvaras av historiska dörrar med klassen A XX som är vanligt förekommande i befintliga byggnader.

Undantaget för högre temperaturer på den icke brandutsatta sidan som ges av det allmänna rådet ovan kommer att försvinna i och med att CE-märkning av alla branddörrar blir obligatoriskt. Som nämndes tidigare är CE-märkningen redan obligatorisk för ytterdörrar medan typgodkännande fortfarande är möjligt för innerdörrar där CE-märkningsprocessen fördröjts. När det gäller andelen av branddörrar där typgodkännande (t.ex. A 60 eller EI 60 med förhöjd temperatur) fortfarande är relevant är den stor, då lägenhetsdörrar i de flesta fall räknas som innerdörrar. Det är enbart mot öppen loftgång där lägenhetsdörrar räknas som ytterdörrar.

Provning av branddörrar

Dörrarna provas med en brandmotståndsugn enligt SS-EN 1634-1 (SIS, 2014a) vilken även hänvisar till den generella brandmotståndstandard EN 1363-1 (SIS, 2020). Dörrar utsätts för den standardiserade branden från en sida. Mätningar och observationer görs på den andra sidan. De huvudsakliga parametrarna som bestäms vid provningen av en dörr är E (integritet), I (isolering) och W (strålning). För dörrar med brandteknisk klass utförs normalt två prover för att erhålla brandteknisk klass oavsett vilken sida av dörren som är brandutsatt.

Integriteten (E) mot brand är ett krav vilket definieras av observation av sticklågor (>10 s), håll – glipor, eller att varma brandgaser inte får ta sig igenom till den kalla sidan av dörren.

Kravet på isolerande förmåga (I) är en maximal temperaturhöjning på den kalla sidan av dörrbladet på 140 °C som medel och en maximal temperaturhöjning av 180 °C i enstaka punkter.

Medeltemperaturen mäts med fem termoelement, ett på mitten av dörrbladet och ett på mitten av varje fjärdedelssektion av dörrbladets yta. För bestämning av maximal temperatur mäts temperaturen i ytterligare punkter där man kan förvänta högre temperaturer t.ex. närmare dörrbladets kant. Till det kommer att temperaturen på dörrbladet mäts med ett rörligt termoelement. Den maximala temperaturökningen ges av det individuella termoelement som registrerar högst värde.

I den europeiska standarden för brandmotståndsprovning av dörrar, EN 1634-1 (SIS, 2014a), anges två varianter på placeringen av termoelement på dörrbladets kant, I_1 och I_2 , där I_2 är den mindre stränga varianten beroende på att termoelementen på dörrbladet placeras längre ifrån karmen (100 mm jämfört med 25 mm). I Sverige accepteras genom Boverkets byggregler testresultat på både I_1 och I_2 och endast I (d.v.s. dörrar utvärderade mot tidigare nationell svensk standard). I Sverige utför testlaboratoriet RISE tester av isoleringsförmågan enbart med termoelementplaceringen I_2 .

Det är även krav på temperaturen på karm, där klassificering med montering av termoelement enligt I_2 på karm tillåter en maximal temperaturhöjning på 360 °C, medan I_1 endast tillåter en maximal temperaturhöjning på 180 °C.

W står för krav på begränsning av värmestrålning ($< 15 \text{ kW/m}^2$) en meter från den kalla ytan av provobjektet. Denna parameter kombineras enbart med kravet på integritet (E) då W-kriteriet är uppfyllt per automatik i det fall kravet på isolering (I) redovisas.

Dörrar kan alltså klassificeras efter provning som t.ex. $EI_2 XX$, $EW XX$ eller $E XX$ där XX står för tiden fram till där kraven på parametrarna inte längre är uppfyllda. Klasserna beskrivs i SS-EN 13501-2 (SIS, 2016).

I vissa fall krävs klassificering av egenskapen röktäthet där provning görs med en speciell röktäthetsugn enligt EN 1634-3 (SIS, 2005b). Dörren testas normalt från bägge sidorna, dels med luft vid rumstemperatur och med luft uppvärmd till 200 °C. De två fallen ger tilläggsklasserna S_a och S_{200} . Kravet är att läckaget genom dörren inte får bli för högt.

Historiska förändringar av provningsutförandet

BBR uppdateras kontinuerligt vilket medför att brandtekniska krav kan läggas till, tas bort eller ändras över tid. Ett exempel på ett relativt nytt brandtekniskt krav är brandgastäthet på dörrar (S_a eller S_{200}) som omnämns i flera paragrafer i BBR, t.ex. angående dörrar mot luftslussar och brandslussar (5:241) samt mot utrymningsväg (5:534). Kravet infördes i samband med revidering av boverkets byggregler 2011. Kravnivån medför att dörrar äldre än detta inte per automatik uppfyller den kravnivå som gäller idag, då kravet inte fanns tidigare. I konsekvensutredningen anges att det nya kravet till viss del tillkommit för att harmonisera med EU standarder, och att det påförda kravet bedöms ge en ökad säkerhet utan att kostnaderna ökar.

En annan förändring avseende dörrar är att klassificeringssystemet har ändrats. I äldre regelverk, t.ex. Svensk byggnorm (SBN) och Nybyggnadsregler (NR), hänvisas till brandtekniska klasser A och B. När BBR ersatte dessa 1993 ändrades klassificeringssystemet till E (integritet) och I (isolering) vilket ger dagens gällande dörrklasser E eller EI. Avseende ståldörrar, nya och befintliga, uppfyller de dock generellt klass A/A2-s1,d0 då de är obrännbara, och brandteknisk klass A tillämpas därmed fortsatt som alternativ till motsvarande brandteknisk klass EI (i enlighet med BBR 5:2311). Detta möjliggör att i miljöer där brandgastäthetskrav ej

föreligger kan dörrar även med dagens regelverk utföras i brandteknisk klass A. Det kan även tilläggas att en tidigare klass B dörr, t.ex. en trädörr, hade isoleringskrav på temperaturstegring på dörrblad på 140 °C i genomsnitt och högst 180 °C i enstaka punkter, d.v.s. samma som för det som blev klass EI.

I BBR infördes beteckningen EI₂ i och med BBR 11 från 2005, där även beteckningarna S_a och S_m för brandgastäthet infördes (beteckningen S_m ändrades sedan till S₂₀₀ men prestandakravet är det samma). Man använde här beteckningen EI₂ för krav på integritet och isolering, men gav den tidigare svenska klassbeteckningen (EI) inom parentes. Detta för att man valt att likställa dessa i råden. Krav på brandgastäthet gavs först i BBR 19 vilken utkom i slutet av år 2011. Tidigare var det kravet på integritet (E) som implicit styrde kravnivån gällande rökstäthet och enligt Boverket är t.ex. en EI 30 dörr relativt tät mot rök och brandgaser (Boverket, 2023a).

I nuvarande BBR (Boverket, 2020) skrivs krav på brandmotstånd i huvudsak som EI XX och provningsresultat av isolerande förmåga är nu gällande både enligt I₂, I₁ men även enbart I. (Boverket, 2020) En anledning till den ospecifika skrivningen är att man ville ha en direkt koppling och fortfarande kunna använda de tidigare nationella brandklasserna. Detta är gällande innan införandet av harmoniserade europeiska standarder för alla dörrar, som då också innebär att nationellt utvärderade dörrar (I utan någon parameter) försvinner.

Vid provning mot tidigare nationell standard utvärderades inte temperaturen på karmen. Temperaturen mättes men inga krav fanns. När det gäller kanten av dörrbladet gav standarden tillåtelse att mäta 100 mm från kant men praxis var att detta inte gjordes så länge som det inte satt något specifikt som kunde påverka dörrbladets isoleringsförmåga. Exempel på detta var t.ex. infälld dörrstängare eller nyckeltub. Detta gör att man inte har en direkt korrelation mellan tidigare och nuvarande provningsresultat för dörrar.

Andra förändringar av provningsförfarandet efter införandet av harmoniserade europeiska provningsmetoder (från ca 2005) innefattar beskrivningen av placeringen av yttermoelementen samt ugnens styrning mot plattermoelement istället för mot enkla mantlade 1-mm diameter termoelement. Effekterna av dessa ändringar beskrivs nedan.

Ytermoelementen för den kalla sidan av provkroppen består av en utifrån isolerad kopparbricka med en fastsvetsad termotråd. Tidigare utgick beskrivningen av kopparbrickans placering ifrån avståndet till isoleringen, nu utgår beskrivningen ifrån centrum på kopparbrickan. Det innebär att man nu mäter ytemperaturen närmare dörrbladets kant, vilket är ett hårdare krav då temperaturen vid kanten är högre jämfört med längre in på dörrbladet. Men den avgörande förändringen av temperaturmätningen på dörrbladet är att europastandarden föreskriver mätning av maxtemperatur nära kant på dörrbladet med dedikerade termoelement.

De nu använda plattermoelementen ger en bättre styrning av ugnen jämfört mot den tidigare styrningen mot termoelement. Men användningen av plattermoelement påverkar det faktiska värmeflödet från ugnen till provkroppen genom att plattermoelementet bättre representerar det totala värmeflödet till en provkropp. Dessutom har plattermoelementet en större termisk tröghet jämfört med ett vanligt termoelement. Speciellt i början av ugnsprövningens brandkurva gör plattermoelementets egenskaper att ugnen styrs mot ett högre faktiskt värmeflöde för att följa den standardiserade temperaturkurvan. Detta innebär att värmeflödet till provkroppen med nuvarande provningsförfarande är högre/tuffare jämfört mot tidigare förfarande.

Faktorer som påverkar eventuellt återbruk

En brandmotståndsprovning av dörrar är tekniskt komplicerad och bygger på bestämning av uppnådd kravnivå för ett flertal parametrar. Då den generella provningsmetoden förändrats tekniskt under åren samt att både kravnivåer och till viss del kravställda parametrar förändrats, gör det svårt att förutse en återbrukad branddörrs egenskap och prestanda.

Man bör utgå ifrån att dörrar i de flesta fall är designade för att klara de krav som rådde vid tiden då de sattes på marknaden. Men då både krav och provningsmetodik har förändrats med tiden, kan man förutsätta att en äldre återbrukad dörrs egenskaper för specifika parametrarna kan skilja sig vid en jämförelse mot dagens krav.

Vid en jämförelse mot krav uttryckt som EI₂ XX bör enbart dörrar provade mot EN 1634-1 (efter år 1999), eller som har provats mot just denna kravställning (från 2005), ha någon möjlighet att leva upp till kraven. Tidigare provade dörrar bör ha sämre egenskaper både vad gäller integritet och isolering. För integritet är det främst styrningen av ugnen med plattermoelement som ger osäkerhet i prestanda, när det gäller isolering är den maximala temperaturökningen inte uppmätt med termoelement vid kant och normalt inte heller på karm.

Dörrar provade mot krav uttryckt som EI XX efter år 2005 skulle vid ett återbruk ha möjlighet att fortfarande leva upp till dessa krav. Tidigare certifierade dörrar har samma problematik med prestandan för integritet som nämndes ovan, däremot bör prestandan för isolering vara bättre då termoelementplaceringen för yttermoelement på dörrbladet inte förändrats avsevärt.

Dörrar med certifierade egenskaper innan år 2012 har i de flesta fall ingen prestanda vad gäller röktäthet. Eventuell röktäthet behöver därför bedömas enligt andra metoder, om alls möjligt, för dörrar som är äldre än så.

Då röktäthetskraven står i allmänna råd och inte i föreskrift finns därför här en möjlighet att göra en analytisk dimensionering. En analytisk dimensionering innebär att kraven i Boverkets byggregler uppfylls på ett annat sätt än att de allmänna råden följs, men vid en sådan dimensionering måste byggherren visa på tillräcklig riskreducering i varje enskilt fall.

Tabell 7 förtydligar historiska och nuvarande klasser och sambandet mot mätparametrar och standarder.

Tabell 7: Förklaring av mätparametrar för historisk och nuvarande klassificering av branddörrar.

Parameter	Klassifikation							
	EI ₁ XX (EN 1634-1)	EI ₂ XX	EI ₂ 15 +W XX	EI XX	Obrännbar EI XX, förhöjd temp.	EI XX (SS 02 48 28)	A XX	B XX
T _{medel} (140 °C)	x	x	x	x	- (280 °C)	x	- (280 °C)	x
T _{max} (180 °C)	x	x	x	x	- (330 °C)	x	- (330 °C)	x
+ T _{max-kant} (100 mm)	-	x	x	-	-	-	-	-
+ T _{max-kant} (25 mm)	x	-	-	-	-	-	-	-
Yt-TC justering mot kant	x	x	x	x	x	-	-	-
T _{karm}	180 °C	360 °C	360 °C	-	-	-	-	-
Ugns- styrning	PT	PT	PT	PT	PT	TC	TC	TC
Sa/Sm/ S200	x	x	x	x	x	-	-	-

8.2.2 Återbruk av dörrar inom genomförda fallstudier och intervjuer

Intresset för att återbruka dörrar med brandteknisk klass bedöms ur ett marknadsperspektiv som stort, i utförda intervjuer nämns denna produkt återkommande som intressant för återbruk. Vissa aktörer som intervjuats beskriver dock produkten som komplex, inte bara utifrån ett brandtekniskt perspektiv. Kravställningar avseende lås och beslag medför att dörrarna är relativt utmanande att förändra utifrån provuppställningarna. Dörrar tenderar även till att bli mer och mer specifika i sina uppbyggnader, och varje provning endast gäller för det specifika utförande som provats. Det medför att det även vid nybyggnation, med helt nya dörrar, förekommer problem med att få produkter CE-märkta om detaljer avseende t.ex. beslag behöver justeras utifrån det provade utförandet.

Dörrar med brandtekniska egenskapskrav har berörts i flera tidigare studier. I en tidigare studie har det tagits fram en generell guide för återbruk av dörrar (Kaminsky Arkitektur, 2022). I den hänvisas till brandkonsulten för kvalitetssäkring av brandklass. I en annan rapport redovisas vilka aspekter som behöver beaktas gällande återbrukspotential avseende dörrar, alltså vad brandkonsulten bör beakta vid utvärdering av en befintlig dörr (Klint and Hedskog, 2022). Dörrar har även studerats inom ramen för examensarbetet ”Återbruk av brandklassade dörrar” (Bergstedt and Wallentheim, 2021) i vilken det konstateras att en av anledningarna till komplexiteten berör personsäkerheten, då det bedöms svårt att säkerställa en återbrukad dörrs egenskaper.

Inom ramen för detta projekt har ingen statistik som fastställer att det är dörrrens beskaffenhet som medför att en brandcellsgräns fallerar vid händelse av brand identifierats. I samband med platsbesök under byggnaders drift är det dock inte ovanligt att uppställda dörrar i brandcellsgräns observerats, och

dörrstängare och dörröppningsautomatiker som medför att dörren inte sluter tätt som avsett. Dessa händelser är dock inte beroende av själva dörrbladet eller dörrens infästning, utan tillskrivs snarare bruket av dörren, oberoende av dörrens prestanda.

I intervju med en dörrleverantör framkommer att de i dagsläge är tveksamma till återbruk av dörrar med brandteknisk klass, då dess prestanda inte alltid bedöms kunna säkerställas om dörren flyttas från ett läge till ett annat. De anser dock att dörren gärna kan återbrukas, och att den i sådant fall är en dörr med bättre prestanda än en vanlig dörr, men inte att den rakt av kan användas som en dörr med brandteknisk klass. Att hitta en metod för storskaligt återbruk bedömer de inte som möjligt, då varje dörr är unik utifrån dess tidigare placering och användning. Demonteringsprocessen kan även bli olika för olika dörrar. Däremot anser tillverkarna att möjlighet finns att hantera dörrar utifrån ett projektspecifikt perspektiv, men då inom ramen för analytisk dimensionering. Som riktlinje gällande åldersbeständighet anger en av dörrleverantörerna att deras dörrar i trä har en teknisk livslängd om ca 30 år, och att deras dörrar i obrännbart material har en livslängd om ca 60 år.

Dörrar med brandteknisk klass har identifierats i två av fallstudierna. Avseende dörrar från Svävarterminalen avskrevs dock dessa för återbruk då demonteringen bedömdes som svår, och det inte fanns något uppenbart behov av dörrarna på annan plats. I Onsala Rymdrum har dock en dörr med brandteknisk klass återbrukats. Processen för bedömningen av produkten följer den process som föreslås för bedömning av komponenter i denna handling.

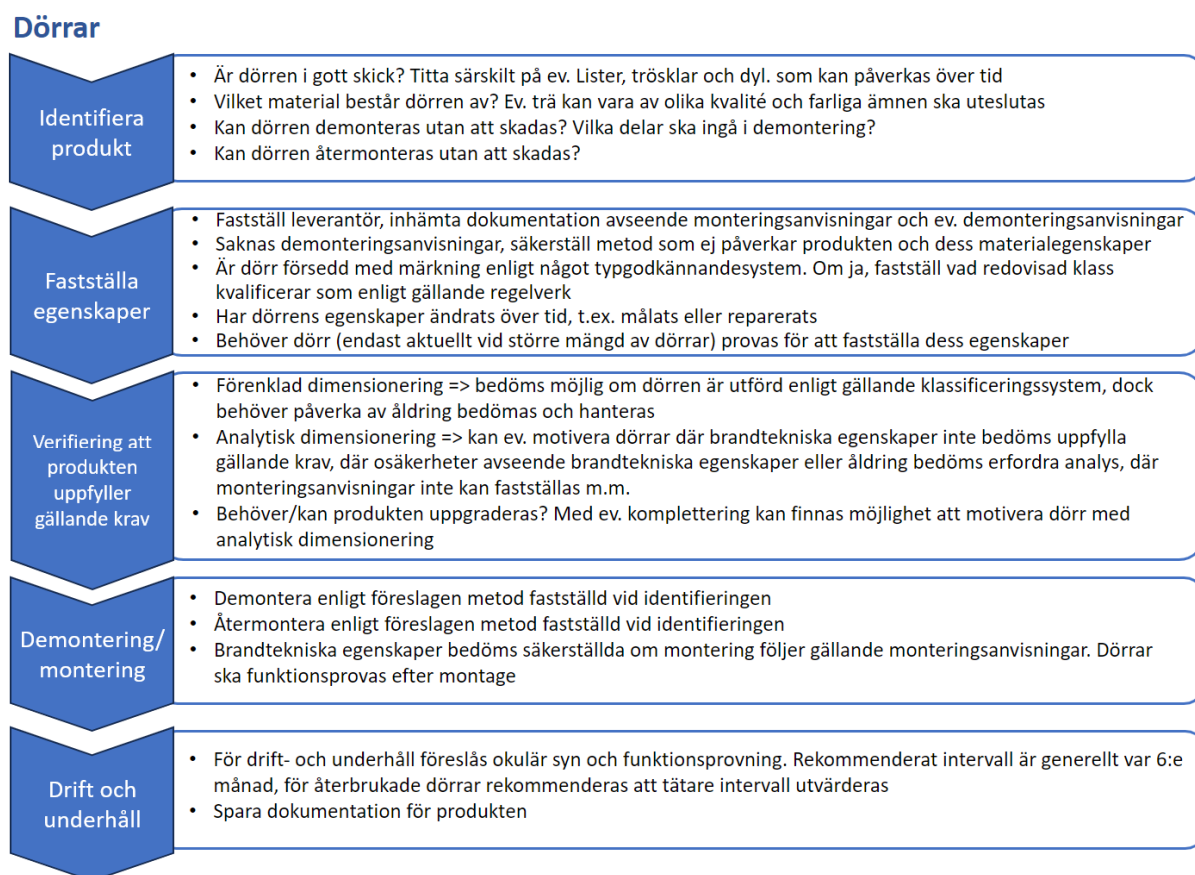
Vidare utfördes en analytisk dimensionering avseende utformningen som helhet, med ett kvalitativt resonemang där osäkerheten avseende produktens prestanda hanterats genom att konstatera att för aktuell byggnads- och verksamhetsklass är den brandtekniska skyddsklassen att betrakta som låg, och införandet av förekommande brandcellsgränser utgjorde i praktiken en egenambition, varpå en ev. något lägre funktion hos en brandteknisk komponent inte bedömdes bryta mot något lagkrav.

I rapportstudier framkom ytterligare exempel på återbruk av brandklassade dörrar, och även i intervjustudien lyftes fler exempel. I ett fall förklaras processen med att dörren betraktades som brandklassad då den hade en stämpel som angav en brandteknisk klass, och att den angivna brandtekniska klassen på denna stämpel fortsatt gällde efter flytt av dörren. Det är oklart om någon ytterligare bedömning gjordes i det fallet. I ett annat fall beskrivs motsvarande bedömning, men där har man också redovisat en okulär besiktning, det är dock oklart vem som ansvarade för den besiktningen.

I intervjustudien lyfts också goda exempel på återbruk av dörrar inom kulturmärkta byggnader, och det påpekas att handlingsutrymmet då tycks vara annorlunda. Samma erfarenheter finns avseende ändringar/ombyggnationer, där befintliga dörrar kunnat bibehållas, även om detta inte nödvändigtvis är att betrakta som återbruk.

8.2.3 Dimensionering brand vid återbruk av dörrar

I Figur 18 beskrivs hur dörrar kan hanteras i enlighet med den generella processen.



Figur 17: Översikt av processen för att återbruka dörrar.

Dörrar är en komplex produkt med flera ingående komponenter, men det är också en väl genomarbetad produktgrupp utifrån ett återbruksperspektiv. Det finns fler vägledningar om hur dörrar kan hanteras, se kap. 8.2.2, och tillsammans ger dessa processer en god inblick i vilka faktorer som behöver hanteras i en återbruksprocess av dörrar.

8.2.4 Slutsatser dörrar

Redovisningen av gällande ändringar av regelverk, provningsförfaranden och klassificeringssystem visar på att relativt stor kunskap krävs för brandtekniska bedömningar av dörrar för återbruk. Det är viktigt med en förståelse för vilka skillnader som gäller utifrån dörrens ålder, provningsförfarande och eventuell tidigare brandteknisk klass för att ha möjlighet att beakta dessa i en analytisk verifiering av utformningen som helhet.

Under 1970-talet skedde en förändring avseende brandklassade dörrar, och asbest förbjöds som ingående komponent. Det medför att dörrar äldre än så bör undersökas extra noga avseende asbestinnehåll.

Provningsuppställningar visar också på att det finns flera komponenter i en dörrkonstruktion som är av stor vikt för dess funktion. Dörrbladet är en komponent, men även delar som omsluter detta, såsom karm, gångjärn, lister, drev, fog och låskista, är av stor vikt för dörrens funktion vid brand.

Dörrar med brandteknisk klass förekommer ofta i utrymningsväg, varpå även dess fria mått behöver beaktas vid återbruk. Generellt gäller att dörrar ska medge en fri bredd om 0,80 meter eller 1,20 meter² beroende på personantal. Krav avseende fri bredd utgör dock allmänt råd varpå analytisk dimensionering är möjlig.

Att återbruka dörrar med brandteknisk klass bedöms vara möjligt, men baseras oftast på projektspecifika bedömningar så som gällande regelverk ser ut idag.

8.3 Återbruk av innertaksplattor

Innertaksplattor i tak monteras ofta som en ljudabsorbent, eller så fyller de funktion att dölja installationer som går i taket. Samtliga nyproducerade produkter som faller inom omfattningen för SS-EN 13964 (SIS, 2014b) ska CE-märkas. Standarden sätter inga begränsningar för vilket material innertaksplattorna kan tillverkas av. Standarden täcker tre olika produktgrupper. Endast undertaksplattan, undertaksplatta och bärverk samt underliggande bärverk. Detta projekt har avgränsats och undersöker endast den del som täcker underlagsplatta med bas av mineralull (akustikskiva). Tabell ZA.1.4 i SS-EN 13964 listar de essentiella egenskaperna som är aktuella för undertaksplattor. Det är endast kravet på brandegenskaper (Reaction to fire) där tillverkaren måste deklarerat ett värde i sin DoP (Declaration of Performance). Övriga egenskaper kan deklarerat NPD (No Performance Determined) om inte landet där produkten sätts på marknaden har krav för just den egenskapen.

8.3.1 Gällande regelverk och provningsprocesser

I BBR 2011:6 kap 5:521 Väggar, tak, golv och fast inredning står det att material/produkter för dessa applikationer ska vara svåra att antända, inte medverka till snabb brandspridning, inte snabbt utveckla stora mängder värme eller brandgas, inte deformeras, inte falla ned, smälta eller droppa (BSF 2011:26).

De brandtekniska klasserna som anges i de allmänna råden är B-s1,d0, C-s2,d0 och D-s2,d0 beroende på byggnadsklass. I utrymningsvägar anges endast de två högre klasserna för innertak. Gällande byggnadsklass ställer också krav på underliggande struktur. De allmänna råden anger att innertak bör vara fäst på material av A2-s1, d0 eller K₂10/B-s1, d0 för Br1 och Br2 byggnader. Det samma gäller även för utrymningsvägar i dessa byggnadsklasser.

Innertaksplattor klassificeras enligt standarden EN 13501-1 (SIS, 2019). Produkters brandtekniska klass, A1 – F, utvärderas tillsammans med tilläggsklasserna s och d för rök och droppar. Innertaksplattor med bas av mineralull har normalt en obrännbar klass. Beroende på vilken brandklass produkten ska uppnå ställs olika krav på provningsmetoder enligt EN 13501-1, se Tabell 8.

² För dörrar med 1,2 meter fri bredd får dörrblad inkräkta med maximalt 50 mm.

Tabell 8: Lista över provningsmetoder som krävs för att uppnå en viss klass enligt EN13501-1 (SIS, 2019).

Klass enligt EN 13501-1	Provningsmetod	Tilläggsklass
A1	EN ISO 1182, och	
	EN ISO 1716	
A2	EN ISO 1182, eller	s 1 – 3 (rök) d 0 – 2 (brinnande droppar)
	EN ISO 1716, och	
	EN 13823	
B	EN 13823	s 1 – 3 (rök) d 0 – 2 (brinnande droppar)
	EN ISO 11925-2	
C	EN 13823	s 1 – 3 (rök) d 0 – 2 (brinnande droppar)
	EN ISO 11925-2	
D	EN 13823	s 1 – 3 (rök) d 0 – 2 (brinnande droppar)
	EN ISO 11925-2	
E	EN ISO 11925-2	d 2 (brinnande droppar)
F	EN ISO 11925-2	

Klass A1 och A2 kallas obrännbara klasser medan klass B – F kallas brännbara klasser.

Klass A1 ger inga begränsningar gällande montering av produkten.

Klass A2 – E är påverkade av hur produkten är avsedd att monteras och ska replikeras under provningen. Montering är sådant som bakomliggande strukturer under provning samt om produkten provas med skarvar eller ej. Monteringen av produkten beskrivs alltid i provningsrapporten. Valet av montering beskrivs som begränsningar under kapitlet ”Field of application” i klassificeringsrapporten.

Klass F betyder att produkten inte klarade kravet för klass E.

EN ISO 1716, EN ISO 1182 och EN ISO 11925-2 är småskaliga men förstörande provningar. Endast en liten mängd prov behövs för dessa metoder. EN 13823 är en förstörande provning som kräver att ca 7 m² av produkten används för en komplett provning.

8.3.2 Återbruk av innertaksplattor inom genomförda fallstudier samt litteratur

Innertaksplattor beskrivs av flera aktörer som en enkel produkt att återbruka och är en vanligt förekommande produkt som återbrukas enligt intervjustudien.

Ett exempel är förskolan Hoppet i Göteborg där ca. en tredjedel av byggnadens innertaksplattor är återbrukade. De återbrukade plattorna genomgick en okulär besiktning och en brandskyddsprojektör bedömde brandegenskaperna. Ingen renovering av plattorna gjordes. I projektet med de återbrukade plattorna såg man att demontering och hantering av plattorna var viktig då produkten är skör. Byggherren tog ansvar för produktgarantin medan funktionsgarantin låg på montören.

Motsvarande förfarande nämns för fler projekt, dock framkommer att det är få som eftersöker en bedömning från en brandskyddsprojektör. Att undertaksplattor är ålagda med ett brandtekniskt krav förefaller inte vara känt för alla.

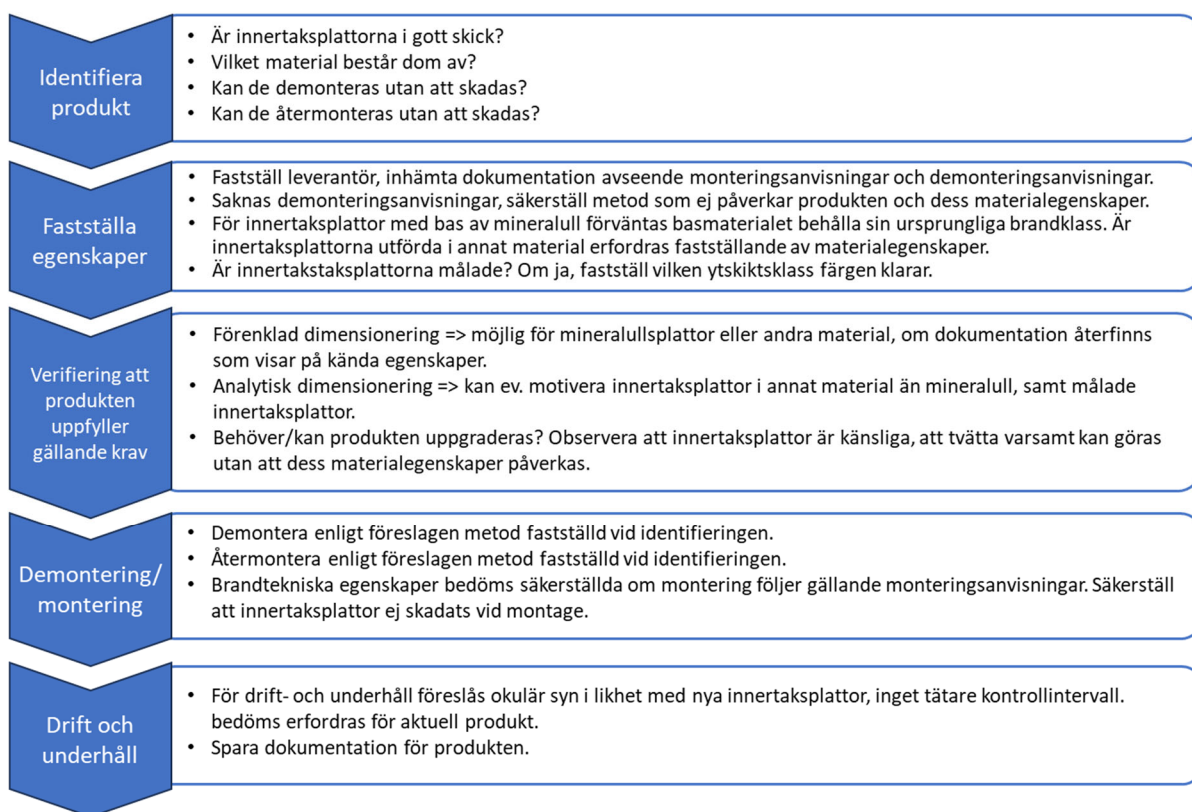
En tillverkare av innertaksplattor har skapat ett system för att återta innertaksplattor för materialåtervinning. De begagnade plattorna återtas och materialet återvinns för produktion av nya plattor. Tillverkaren, vilken har intervjuats, uttryckte intresse även för ett framtida återbruk. Tillverkaren har intentioner att vara en attraktiv aktör gällande framtida återbruk genom att ha system som underlättar återbruk. Detta skulle t.ex. kunna vara att erbjuda förpackningssystem, bidra med att identifiera produkter och deras prestanda samt hur de eventuellt skulle kunna uppgraderas vid behov. Tillverkaren anser även att bärverket borde gå att återbruka, men att det kräver lite mer arbete och aktsamhet för att inte skada kopplingarna mellan metallen. Demonteringsprocessen är viktig så att plattorna inte skadas. Undertaksplattorna är sköra och bör komma ner i kartong direkt för att inte skadas. För att få ett storskaligt återbruk av undertaksplattor behövs en infrastruktur och industriell verksamhet.

Det förekommer att undertaksplattor rekonditioneras (tvättning, målning eller byte av ytskikt) innan plattorna återbrukas. Detta är inget som tillverkaren rekommenderar då både brandklass och akustik kan förändras.

8.3.3 Dimensionering brand vid återbruk av innertaksplattor

I Figur 18 beskrivs hur innertaksplattor kan hanteras i enlighet med den generella processen.

Innertakstaksplattor



Figur 18: Översikt av processen för att återbruka innertakstakplattor.

Innertakstakplattor med bas av mineralull tillverkade enligt SS-EN 13162 (SIS, 2012) kommer sannolikt inte få förändrade brandegenskaper över tid. Det är viktigt att följa produktens montering i klassifikationsrapporten för att hävda produktens ursprungliga brandklass.

Det bör särskilt observeras om innertakstakplattor är målade, de kan då ej per automatik tillskrivas den brandtekniska klass de hade vid utförandet utan vald färg måste då utvärderas.

Tillhörande bärverk ska normalt tåla temperaturer på 300°C under 10 minuter utan att förlora bärförmågan. Bärverk utförda i metall bedöms normalt uppfylla detta krav och bör därmed kunna återbrukas ur ett brandperspektiv.

8.3.4 Slutsatser

Intervjuer och litteraturstudier visar på att förståelsen för att innertakstakplattor har brandtekniska egenskapskrav är relativt låg, och man tänker inte på att dessa egenskaper ändras om de t.ex. målas. Beroende på vilket material undertakstakplattan är tillverkade av kan olika typer av kvalitetskontroller bli aktuella.

Innertakstakplattor med bas av mineralull tillverkade enligt SS-EN 13162 (SIS, 2012) bör inte få förändrade brandegenskaper över tid. Standarden SS-Innertakstakplattor med bas av mineralull tillverkade enligt EN 13162 (SIS, 2012) kommer sannolikt inte få förändrade brandegenskaper över tid, vilket gör att de skulle kunna lämpa sig väl för återbruk. EN 13162 säger i kapitel 4.2.7.2 att brandegenskaperna av mineralullen

inte förändras över tid. Dessa produkter består dock ofta också av ett målat ytskikt och hur ytskiktet/färgen påverkas av åldring är inte känt utan behöver bedömas.

Om undertaksplattorna genomgår någon typ av renovering t.ex. nytt färgskikt behöver verifierande provning eller annan bedömning av produkten göras. Materialleverantörer har en viktig roll genom att kunna tala om vad som händer med produkterna över tid, hjälpa till att kunna identifiera produkter och förklara hur eventuella defekter som uppkommit på produkten ska behandlas.

8.4 Återbruk av brandgasspjäll

Vid en brand i en byggnad kan ett brand- eller brand/brandgasspjäll hindra spridning av rök och varma gaser genom ventilationssystem från utrymmet där det brinner till intilliggande utrymme.

8.4.1 Gällande regelverk och provningsprocesser

Ett brandgasspjäll klassificeras med avseende på brand enligt SS-EN 13501-3, "Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement – Del 3: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter brandmotstånd för produkter för ventilationssystem" (SIS, 2005c). Standarden listar tre prestandakriterier (prestandakrav sammanfattas i Tabell 9):

- Integritet (E-klassificering)
Läckage efter 5 minuters provtid får inte överstiga $360 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Sprickor eller öppningar får inte överstiga angivna mått. Det får inte ske någon antändning av bomullstuss vid läckageprov eller förekomma kontinuerliga flammor på den ej exponerade sidan.
- Isolering (I-klassificering)
Temperaturen mäts i flera punkter på den ej exponerade sidan. Medeltemperaturen i dessa punkter får inte överstiga $140 \text{ }^\circ\text{C}$ över den initiala medeltemperaturen. Temperaturökningen får heller inte vara mer än $180 \text{ }^\circ\text{C}$ i någon av de enskilda mätpunkterna.
- Brandgasläckage (S-klassificering)
Läckage genom spjället får inte överstiga $200 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ före start av brandprovet eller efter de första 5 minuterna i testet.

Tabell 9: Prestandakriterier för brandprovning av brandbeständiga spjäll enligt SS-EN13501-3 (SIS, 2005c).

Klassificering	Storlek som ska provas	Läckagegräns vid omgivningstemperatur [m ³ /(m ² h)]	Brandprovning	
			Läckagegräns [m ³ /(m ² h)]	Temperaturökningsgräns [°C], medel/max
E	max	Krävs inte	360*	Krävs inte
E-S	Max	200	200*	Krävs inte
	min	200	Ingen provning	Krävs inte
EI	max	Krävs inte	360*	140/180
EI-S	Max	200	200*	140/180
	min	200	Ingen provning	Ingen provning

* Läckagegränser gäller endast 5 minuter från provningens start.

Brandprovningen av brandgasspjäll görs enligt SS-EN 1366-2, ”*Provning av brandmotstånd för installationer i byggnader – Del 2: Brandspjäll*” (SIS, 2015). Standarden presenterar flera olika uppställningar och sätt att montera och prova spjället. Det kan till exempel monteras direkt på den brandavskiljande konstruktionen eller en bit ifrån i en ventilationskanal. Innan brandprov öppnas och stängs spjället 50 gånger för att säkerställa funktionen. Det görs även ett test av eventuellt läckage innan test för att fastställa prestandan. När testet startar är spjället öppet och ett luftflöde går genom ventilationskanalen och spjället. Brännarna i ugnen tänds och under de första 2 minuterna ska spjället automatiskt stängas. Om det inte stänger under denna tid, är testet underkänt. 5 minuter efter tändning av brännare påbörjas en kontinuerlig mätning av temperatur och integritet på flera platser i provuppställningen. Läckage genom spjället mäts kontinuerligt.

När en produkt provas fastställs dess brandtekniska klass likt tabell 8, men även hur det får monteras. Detta är av stor vikt att notera vid montage, då det finns produkter som t.ex. är godkända för montage i ett bjälklag men inte i en vägg. År 2012 skedde en förändring i regelverket, och tidigare system med typgodkännande av brandgasspjäll utgick, och ersattes med krav på CE-märkning enligt standarden EN 15650. Då det medförde att vissa krav förändrades, primärt krav avseende funktionskontroll, har en nationell märkning, P-märkning, gällt som möjligt komplement. P-märkning är ett frivilligt nationellt system som anger att produkten uppfyller krav i BBR och utförs av RISE enligt CR 032. Produkten kan fås både CE-märkt och P-märkt.

Den stora skillnaden har primärt gällt krav avseende funktionskontroll. Enligt CE märkning ställs krav på funktionskontroll 2 gånger om året, och detta ska utföras manuellt eller automatiskt. Enligt P-märkning ska funktionskontroll ske automatiskt var 48:e timme. Funktionskontroll av spjällen kan bidra till ett ökat slitage men bidrar samtidigt till en bättre övervakning av att funktionen faktiskt fungerar. Det är därför viktigt att göra ett medvetet och lämpligt val av funktionskontroll vid återbruk av spjäll. Det är även viktigt att beakta eventuellt slitage från tidigare funktionskontroller, speciellt om produkten varit P-märkt.

Möjlighet till P-märkning av spjäll kommer dock utgå under 2024, med hänsyn till en dom inom EU (Svensk Ventilation, 2023).

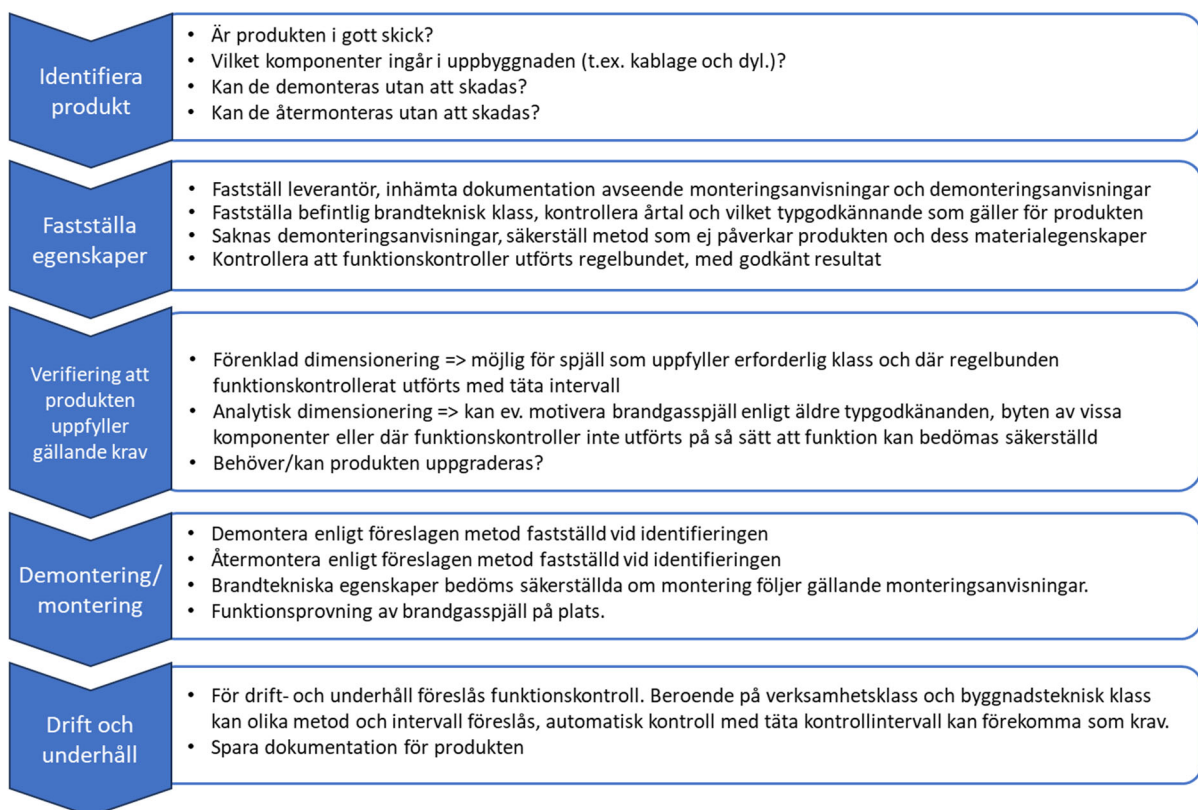
8.4.2 Återbruk av brandgasspjäll inom genomförda fallstudier samt litteratur

Brand-/brandgasspjäll har återbrukats inom ett av de studerade objekten. Spjällen bedömdes på plats av återbrukskonsult innan demontering, och återmonterades i enlighet med de monteringsanvisningar som fanns för produkten av ventilationsentreprenör. Aktuella spjäll var ca 5 år gamla varpå de utifrån teknisk livslängd bedömdes vara i gott skick. Det systematiska brandskyddsarbetet hade också varit välfungerande, brand-/brandgasspjäll funktionskörs automatiskt och regelbundet enligt gällande krav, varpå deras funktion ansågs vara välövervakad.

8.4.3 Dimensionering brand vid återbruk av brandgasspjäll

I Figur 18 beskrivs hur brandgasspjäll kan hanteras i enlighet med den generella processen:

Brandgasspjäll



Figur 19: Översikt av processen för att återbruka brandgasspjäll.

8.4.4 Slutsatser

Avseende brandgasspjäll och brand/brandgasspjäll ställs krav om funktionskontroll med jämna intervall. Det medför generellt att det är en produkt vars funktion är välövervakad. De placeras även ofta lättåtkomligt, för att underlätta kontroll- och underhållsarbeten, och kan därför bytas eller repareras vid behov. Vid identifiering av produkt är dock väsentligt att utreda ålder och typ av typgodkännande, för att säkerställa vilka krav produkten är testad och godkänd för.

Vid val av spjäll anger leverantören ofta en teknisk livslängd för produkten, den kan variera men exempel finns på produkter som anger 25 – 50 år (EkoVent, 2007) och produkter som anger 50 – 75 år (BeventRasch, 2007). Det tyder på att de generellt inte bedöms påverkas av åldring som direkt påverkar spjällens brandtekniska funktion och att de är placerade i en miljö som inte förändras över tid, vilket minskar osäkerheterna kring dess prestanda.

Det är dock av stor vikt att följa produktens monteringsanvisningar. Då märkningssystem av produkten dessutom kommer förändras inom kort bör också krav avseende funktionskontroll fastställas och redogöras för tydligt.

9 Återbruk av utvalda konstruktionsdelar

9.1 Introduktion

Konstruktionsdelar av stål och betong ingår i en byggnads bärande stomme, vilket är en av de byggnadsdelar som tidigare konstaterats genererar störst klimatpåverkan vid upprättande av en byggnad. Med anledning av detta är det komponenter där klimatvinsten blir stor om återbruk är möjligt, och byggnadsdelar som återkommande nämns i intervjuerna som önskvärt att återbruka.

Flera arbeten har identifierats där möjligheterna att återbruka konstruktionsstål och betong har utretts, men ingen vägledning för hur brandtekniska krav ska uppfyllas har identifierats.

Nedan följer en beskrivning av hur konstruktioner dimensioneras brandtekniskt idag, befintliga återbruksprocesser samt hur brandskydd bör beaktas.

9.2 Återbruk av konstruktionsstål

9.2.1 Gällande regelverk och provningsprocesser

Konstruktionsstål förlorar sin bärförmåga när det utsätts för höga temperaturer, beroende på materialets sammansättning sker detta vid olika temperaturer (Phan et al., 2010). Vid deformation på grund av brand fås normalt det som kallas ”ett segt” brott.

Vid brandteknisk dimensionering av bärverk i en byggnad gäller EKS, som i sin tur hänvisar till olika europastandarder. Följande finns att förhålla sig till vid dimensionering av bärande stål:

- SS-EN 1090-1:2009+A1:2011 Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner –Del 1: Bedömning av bärverksdelars överensstämmelse med ställda krav
- SS-EN 1991-1-2 Eurocode 1: Laster på bärverk Del 1-2: Allmänna laster – Termisk och mekanisk verkan av brand
- SS-EN 1993-1-1:2005 Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader
- SS-EN 1993-1-2:2005 Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-2: Brandteknisk dimensionering
- SS-EN 1993-1-12:2007 Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-12: Tillägsregler för stålsorter upp till S700

Under 2014 infördes även krav på prestandadeklaration och CE-märkning för bärverk och bärverksdelar i stål.

Med utgångspunkt från ovanstående regelverk dimensioneras bärverk utifrån faktorer som lastutnyttjandegrad, spännvidder, lasteffekter m.m.

Bärverkskomponenter kan fylla funktion som brandavskiljande (EI) element och bärande element (R) samt vara belagda med krav att kunna hantera mekanisk påverkan (M).

- Integritet (E-klassificering)
Utvärderas med utgångspunkt från provresultat och klassificeringsstandarden EN 13501-2, eller

med hjälp av beräkningsmetoder som ges i EN 1994-1-2 och genom brandexponering enligt den standardbrandkurva som EN 13501-2 hänvisar till.

- Isolering (I-klassificering)

Utvärderas med utgångspunkt från provresultat och klassificeringsstandarden EN 13501-2, eller med hjälp av beräkningsmetoder som ges i EN 1994-1-2 och genom brandexponering enligt den standardbrandkurva som EN 13501-2 hänvisar till.

- Lastbärande förmåga (R-klassificering)

En komponents bärförmåga vid brand får utvärderas med utgångspunkt från provresultat och klassificeringsstandarden EN 13501-2, eller med hjälp av beräkningsmetoder som ges i de Eurokoder och genom brandexponering enligt den standardbrandkurva som EN 13501-2 hänvisar till.

- Mekanisk påverkan (M-klassificering)

Utvärderas med utgångspunkt från provresultat och klassificeringsstandarden EN 13501-2 och genom brandexponering samt exponering av mekanisk påverkan enligt EN 1363-2.

Egenskap E och M får enbart utvärderas genom provning enligt klassificeringsstandarden EN 13501-2.

För brandteknisk dimensionering hänvisas i SS-EN 1993-1-2 till olika beräkningsmodeller och tabellerade värden. Som ett alternativ till dimensionering genom beräkning, får brandteknisk dimensionering baseras på resultat av brandförsök, alternativt brandförsök i kombination med beräkningar. Detta är dock ett ovanligt tillvägagångssätt i praktiken.

Ingående produkter av stål och aluminium ingår i klass A1 enligt den europeiska klassificeringen med avseende på reaktion vid brandpåverkan. Ingen ytterligare dokumentation krävs för materialen gällande detta.

I förstudien ”Återbruk av stålkomponenter”, utförd 2018, konstateras att gällande regelverk inte utgör hinder för återbruk av stålkomponenter, dock måste materialegenskaperna säkerställas. Icke standardiserade stålsorter kan användas så länge deras materialegenskaper är kända, uppfyller grundläggande krav och dokumenteras på ett tillförlitligt sätt. Vid materialbestämning konstateras att oförstörande provningsmetoder inte kan ersätta förstörande provning i alla lägen, men att de med fördel kan ingå i anpassade provningsprocedurer.

År 2021 lanserade Mekaniska Verkstädernas Riksförbund en krav- och processbeskrivning för hur återbruk av stål ska ske (MVR, 2021). Där finns en tydlig procedur för hur beskaffenheterna hos befintligt stål fastställs. När dessa är fastställda kan dimensionering utföras med samma principer som nytillverkat stål. I processen finns också tydliga krav vad som gäller vid demontering. Om det vid inspektion eller demontering framgår att stål kan ha varit utsatt för en brand avskrivs de från möjlighet till återbruk.

Inom den ovan nämnda proceduren för återbruk nämns inte brandteknisk dimensionering. Då produkten efter fastställande av egenskaper likställs med nytillverkat stål bedöms det dock möjligt att vid brandteknisk dimensionering också hantera produkten som att den är ny.

9.2.2 Återbruk av konstruktionsstål inom genomförda fallstudier samt litteratur

Konstruktionsstål har återbrukats i ett av referensobjekten, och även nämnts i intervjustudien. Gällande det stål som återbrukades inom referensobjektet var det brandtekniska kravet att betrakta som lågt och det återbrukade stålet skulle dimensioneras för att klara brandteknisk klass R15, vilket kunde uppfyllas med obehandlat stål i den aktuella konstruktionen. Även i fallet som nämns i litteraturstudien var den brandtekniska klassen låg, och återbruk avsåg bärande del av fläktrum på tak.

En stor utmaning i den processen, och som också nämnts i andra fall, är demonteringen av stål. Stål är ett förhållandevis mjukt material och behöver demonteras varsamt för att inte skadas. I en av intervjuerna nämndes att återbruk av en stålkonstruktion önskats men att den avsedda konstruktionen skadats vid rivning/demontering, vilket gjorde att återbruk inte var möjligt.

Flera stålleverantörer återtar stålpartier och genomför bedömningar enligt krav- och processbeskrivningen för stål, för att sedan kunna sälja det vidare till kund. Den generella process som finns framtagen beskrivs som välfungerande och använd. Enligt en leverantör är efterfrågan stor, men det är svårare att hitta stål som uppfyller de krav som ställs enligt processen för återbruk än att köpa nytt. Det indikerar att återbruk ändå sker i viss omfattning, och att framtagen process fungerar.

9.2.3 Dimensionering brand vid återbruk av konstruktionsstål

Om konstruktionsstål bedöms lämpligt att återbruka enligt den generella processen för återbruk av stål (MVR, 2021) och nyttjas för byggnadens konstruktion, dimensioneras de likt nytt stål enligt SS-EN i förkommande fall. Då stål är ett oorganiskt och homogent material bedöms det kunna vara en applicerbar tillämpning. Det har inom ramen för detta projekt inte identifierats några studier som indikerar att brandtekniska egenskapskrav hos komponenter som bedöms godkända för återbruk skulle påverkas av åldring. Enligt den generella processen för återbruk av stål anges också att rekonditionering kan utföras, vilket är en verkstadsprocess som medför att en återbrukad stålkonstruktion i princip erhåller samma egenskaper som nytillverkat stål.

Vid brandteknisk dimensionering av konstruktionsstål finns olika sätt att uppnå erforderligt brandskydd. Stålkonstruktioner kan överdimensioneras, så att man med beräkningar visar på att utformningen uppfyller erforderliga krav oskyddat. Vanliga sätt är också att brandskyddsmåla stål med speciell brandskyddsfärg som vid brandpåverkan sväller och ger erforderligt skydd, eller så kan stål kläs in med beklädnadsskivor eller isolering. Stålpelare kan även fyllas med betong för att nå korrekt brandteknisk klass. Det kan finnas små hål i konstruktionsstål, efter t.ex. olika infästningar, som inte påverkar dess bärförmåga men kan påverka hur värme sprids i konstruktionen. Detta bör beaktas vid val av skyddsmetod avseende brand, speciellt vid val av brandskyddsmålning så att färg ger den funktion som förväntas.

Dock finns det studier som visar att brandskyddsmålning, vilket är en metod att uppnå erforderliga krav för bärande konstruktioner vid brand, påverkas av åldring (Wang et al., 2020). Detta är dock primärt aktuellt kopplat till underhåll av brandklassade stålprodukter eftersom brandskyddsfärg dimensioneras för en specifik användning, kopplat till utnyttjandegrad och liknande, vilket inte kan förväntas vara samma vid återbruk. Vid återbruk är det därför av stor vikt att befintlig färg avlägsnas och en brandskyddsmålning bedöms inte kunna flyttas till en ny plats och förväntas ha det skydd som målningen gav i tidigare användning.

Om skyddsmetoden med brandskyddsfärg väljs, är det av stor vikt att tillse att färg har möjlighet att fästa på konstruktionen i likhet med en ny produkt. I en intervju framkommer att blästring kan rekommenderas för att tillse att ytan på stålet är ordentligt rengjord.

9.3 Återbruk av betong

Konstruktionsbetong är en produkt som är attraktiv att återbruka då betong ger ett stort klimatavtryck. En vanligt förekommande betongprodukt som bedöms ha potential för återbruk är håldäcksplattor. De kan längdanpassas genom kapning och innehåller nästan alltid bara spännarmering vilket inte påverkas av kapning (Gustavsson, 2023).

9.3.1 Gällande regelverk och provningsprocesser

Produktstandarden SS-EN 1168, *förtillverkade betongprodukter – håldäcksplattor* (SIS, 2005a) specificerar i Tabell ZA.1 de viktigaste egenskaperna för håldäcksplattor och de är:

- Betongens tryckhållfasthet
- Armeringens dragbrottshållfasthet och sträckgräns
- Spännarmeringens dragbrottshållfasthet
- Mekanisk hållfasthet
- Brandmotstånd (kopplat till bärförmåga)
- Akustik (luftljudsisolering och stegljudsisolering)
- Toleranser och detaljutformning
- Beständighet

Standarden SS-EN 1168 (SIS, 2005a) specificerar två typer av brandprov, brandmotstånd och reaktion vid brandpåverkan. Standarden hänvisar till SS-EN 13369 (SIS, 2018a) för brandprovningmetoder.

Enligt SS-EN 13369, *Gemensamma regler för förtillverkade betongprodukter* (SIS, 2018a), ska brandmotstånd och reaktion vid brandpåverkans deklarerats när det är relevant för produktens avsedda användning. Brandmotstånd deklarerats i brandklasser, d.v.s. standardiserat brandmotstånd.

För att verifiera det standardiserade brandmotståndet kan tre metoder användas:

- Klassificering genom provning
Klassificering baserad på provningsdata utförs enligt EN 13501-2, *Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement – Del 2: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter brandmotstånd och/eller brandgastäthet, utom för produkter för ventilationssystem* (SIS, 2016). Provningsresultatens tillämplighet kan utökas till att gälla för andra spännvidder, tvärsnitt och laster med hjälp av beräkningsmetoder.
- Klassificering med tabellerade värden
Tabellerade värden finns in standarden SS-EN 1992-1-2, *Eurokod 2: Dimensionering av*

betongkonstruktioner – Del 1-2: Allmänna regler – Brandteknisk dimensionering (SIS, 2004) och kan i tillämpliga fall kompletteras med regler i produktstandarder.

- Klassificering genom beräkning
Baseras på beräkningsmetoder beskrivna i SS-EN 1992-1-2 (SIS, 2004), eller på de regler som gäller för platsen där produkten ska användas. Kompletterade regler kan ges i produktstandarder.

Brandprovning med klassificering enligt SS-EN 13501-2 gäller bl.a. för byggelement med eller utan brandavskiljande funktion som är belastade eller inte. Provningsen utförs i en stor brandmotståndsgugn där elementet är monterat vertikalt eller horisontellt, beroende på slutanvändning. Sidan monterad in i ugnen exponeras för brand med standardbrandkurvan för temperatur och tid. Testet pågår tills önskad tid för klassificeringen är uppnådd och kan vara 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 eller 360 minuter. Provningsen utvärderar flera olika egenskaper som verkställs i olika klasser. Relevanta brandklasser och egenskaper för betongelement är:

- R – lastbärande förmåga
- E – integritet med krav på ingen brand genom konstruktionen eller på den ej exponerade ytan, varma gaser får inte antända bomullstuss vid test på den kalla sidan samt inga sprickor eller förändrade öppningar.
- I – termisk isolering, d.v.s. förmågan hos elementet att motstå exponering av brand. Verifieras genom temperaturmätning i flera punkter på den ej exponerade sidan. Medeltemperaturen får inte överstiga 140 °C och ingen mätpunkt får vara högre än 180 °C.
- W – strålning, d.v.s. förmågan hos elementet att motstå brandexponering på den exponerade sidan. Det maximala strålningsvärdet är 15 kW/m². Denna klass ges i kombination med integritet, d.v.s. EW.
- M – mekanisk påverkan, d.v.s. förmågan att motstå slag. Testet ska representera att en annan komponent tappar sin bärförmåga vid påverkan av brand och faller ner eller slår i elementet. Under provet utsätts elementet för slag direkt efter att exponeringstiden för önskad klass uppnåtts.

När det gäller reaktion vid brandpåverkan kan betongprodukter som innehåller max 1 % organiskt material i betongsammansättningen (per vikt eller volym, beroende på vilket som är mest kritiskt) deklarerar som brandklass A1 utan att provas (SIS, 2018a). Betongprodukter som innehåller högre halt än 1 % organiskt material ska provas och klassificeras enligt EN 13501-1, *Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement – Del 1: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter reaktion vid brandpåverkan* (SIS, 2019). De klasser som är aktuella gällande reaktion vid brand är främst A1 och A2, d.v.s. klasserna för obrännbart material.

9.3.2 Återbruk av betong inom genomförda fallstudier samt litteratur

Betong beskrivs i litteraturen som ett material med stor potential till återbruk, och ett material som ofta har lång livslängd kvar efter rivning (KTH, 2021). Däremot beskrivs många hinder för detta, men krav avseende brandteknisk klass är inget som utmärker sig i litteraturen som ett av dessa hinder.

I en tidigare undersökning (Gustavsson, 2023) gällande möjligt återbruk av betong listades ett antal eventuella skador som kan finnas på betong. Dessa är bra att känna till vid en bedömning om återbruk av håldäcksplattor:

- Mekanisk åverkan från demontering
- Karbonatisering
- Armeringskorrosion
- Påverkan av klorider
- Kemisk nedbrytning av alkalisilikareaktion
- Annan kemisk påverkan på betongen

Inom aktuellt projekt har två objekt identifierats där betongkonstruktioner återbrukats. Avseende projektet där Skanska återbrukat HDF-bjälklag har dessa återmonterats i en byggnad där bjälklagen tillskrivits lägst brandteknisk klass R30. För att kunna nyttjas som konstruktionsdelar har en utförlig bedömning genomförts, där faktorer som anges i kap 9.3.3. har bedömts. Efter att dessa faktorer har godkänts så har HDF-bjälklagen bedömts som möjliga för återbruk, och dom har inom projektet efter detta hanterats som ”nya” konstruktionsdelar. Avseende brandteknisk klass har dess klassificering säkerställts genom beräkningar. Återbruk av betongelement i det studerade objektet i Återhusprojektet redogörs för i samband med beskrivningen av RISE återbruksprocess i kapitel 9.3.3 nedan.

9.3.3 Dimensionering brand vid återbruk av betong

Betong betraktas som ett obrännbart material i klass A1 eller A2 dock bör den lastbärande funktionen utredas före återbruk.

RISE har inom Återhusprojektet tagit fram ett förslag på en återbruksprocess för konstruktionsbetong (Suchorzewski et al., 2023). Metoden baseras på att bestämma produktens egenskaper genom en process som innefattar kvalitetskontroll genom provningar samt ett beräkningsverktyg för beräkning av produktens återstående livslängd.

Testmetoderna innefattar både icke-förstörande (t.ex. georadar) och förstörande metoder (t.ex. tryckhållfasthet, kloridinhåll och karbonatiseringsdjup) och redovisas i detalj i en tidigare rapport från RISE (Brander et al., 2021). Beräkningen av återstående livslängd har ett fokus på lastbärande förmåga och baseras på indata gällande karbonatisering, kloridinträngning samt korrosion av armeringen.

Man har vidare skrivit ett utkast till ett klassificeringssystem för återbrukade betongelement.

Klassificeringen ges i form av gradering baserad på parametrarna: Återstående livslängd (Service-life), Sprickförekomst (Extent cracking) samt Monteringsmiljö (Target environment). ”Återstående livslängd” beräknas med beräkningsverktyget och innefattar bl.a. degradering av betongtäckningen samt risken för korrosion av armering och summerar omfattningen av konsekvenserna från degraderingen. Parametern ”Sprickförekomst” har lagts till för att kompensera för brister i ingående förenklade modeller för transportprocesser i beräkningsverktyget (kloridinträngning, karbonatisering). ”Monteringsmiljö” ingår som en kvalitativ parameter för klassificeringen då faktorer som temperatur och relativ luftfuktighet har en avsevärd inverkan på degraderingen. Klassificeringssystemet för återbrukade betongelement återges förenklat i Tabell 10.

Tabell 10: Klassificeringssystemet för återbrukade betongelement (DCE = Dissassembled Concrete Elements) från Suchorzewski et al. (2023), förenklat och översatt till svenska.

Klass	Återstående livslängd	Sprickförekomst	Monteringsmiljö
DCE Guld	>100 år	Sprickor <0.05 mm. Dessa påverkar inte transportprocesser.	Samma eller mindre krävande miljö jämfört med ursprunglig.
DCE Silver	<25 år	Sprickor >0.05 mm. Transportprocesser kan påverkas vilket måste beaktas.	Elementet kan vara utsatt för mer krävande miljö under förvaring innan montering. Detta behöver tas hänsyn till i beräkningen.
DCE Brons	Degraderad betongtäckning. Renovering krävs innan återbruk	Sprickor >0.30 mm. Påverkar funktionen av betongtäckningen och måste åtgärdas.	Elementet monteras i en aggressiv miljö.

Klassificering av återbrukade element i pilotstudien visade på stor skillnad mellan elementen från de olika pilotprojekten. Den beräknade återstående livslängden varierade mellan 28 och 3 745 år. Den korta beräknade livslängden i det första fallet var beroende på avsevärd karbonatisering vid hög omgivande fukthalt. Den längsta beräknade återstående livslängden var för element från Yrket 4 och i detta fall var karboniseringsdjupet mycket lågt, även fast elementet var 40 år gammalt. Vidare uppvisade elementet inte några sprickor och monteringsmiljön var inomhus, vilket gav klassen DCE Gold. Slutsatsen var att elementet från Yrket 4 kunde återbrukas utan några begränsningar i återstående livslängd.

Applicerbarhet av den föreslagna återbruksmetoden för beständighet och lastbärande förmåga vid brand är inte utredd. Det är inte uppenbart att processens beräkningar av betongens hållbarhet kopplat till lastbärande förmåga är direkt överförbart till brandmotstånd och lastbärande förmåga vid brand. Spjälkning är t.ex. en känd effekt vilken kan förekomma vid brandpåverkan på betong. Förändringar i fukthalt och materialkaraktistik påverkar förekomsten av spjälkning. Vid åldring förekommer ett antal kemiska processer (t.ex. karbonatisering, alkalisilika reaktion) vilka ger olika typer av förändring av betongen.

9.4 Slutsatser utvalda konstruktionsdelar

Det finns idag en generell process för återbruk av betong och stål, vilka beskrivs ovan. Det är också dessa processer som generellt ligger till grund för bedömningar av konstruktionsdelar. Inom ramen för resp. process nämns brand som en faktor som behöver beaktas, men det är ingen faktor som ingår i de generella processerna.

Om konstruktionsdelar passerar de generella processerna och bedöms som godkända för återbruk, hanteras de för dimensionering likt nya byggnadsdelar. Dimensionering utgår då ofta enligt beräkningsprinciper i EKS.

Avseende stål sker brandteknisk skydd ofta med inklädnader varpå det saknar betydelse om stålets möjligheter att hantera ett brandförlopp påverkas av åldring eller dyl. Det brandtekniska skyddet är inte beroende av stålet i sig. Även i de fall stål konstrueras att klara brandpåverkan exponerat, utgör stål ett oorganiskt, homogent material vars beståndsdelar inte ändrar över tid, varpå det kan anses rimligt att hantera stål i likhet med nya produkter, om de passerat den generella processen för återbruk.

Avseende betong är dock dess beståndsdelar uppbyggda på ett annat sätt. Betongens förmåga att hantera ett brandförlopp beror bl.a. på fukttinhåll, dess sammansättning och armering. Försök har visat att en betongpelare som utsatts för brand inte återfår sin fulla bärverksförmåga (Nair and Salem, 2020). Inom ramen för återbruk idag är det inte aktuellt att återbruka brandutsatta konstruktionsdelar i nya byggnader, men resultaten visar på att det kan finnas komponenter inom ett betongbärverk som påverkas av åldring på så sätt att det påverkar hur ett brandförlopp hanteras. Att likställa återbrukade betongelement med nya, och anta att de har samma brandtekniska egenskaper, bedöms vara förenat med vissa osäkerheter och bör utredas vidare.

10 Diskussion

10.1 Introduktion

Rapporten har utgått från två olika huvudsakliga angreppssätt för att undersöka möjligheten till storskaligt återbruk av byggnadsprodukter och -material:

1. Analys av återbruk som tekniskt innovationssystem (TIS)
2. Utveckling av processer som stöd till återbruk av produkter och material med tillhörande brandtekniska krav.

Som stöd till dessa undersökningar har intervjuer, publicerad litteratur, diverse dokument kopplat till byggnadsregler och ett antal fallstudier använts som underlag. Det är tydligt att det är mycket på gång inom återbruk generellt men även inom återbruk av produkter och material med tillhörande brandtekniska krav specifikt. Inom en förstudie till detta projekt (McNamee et al., 2021b; a), konstaterades det att de viktigaste hindren till återbruk av brandklassade produkter är delvis gemensamma med återbruk av produkter generellt, t.ex. hinder kopplade till spårbarhet, åldringsfrågor, kvalitetsfrågor och behovet av en marknadsplats. Specifikt för brandklassade produkter är dock frågan om hur regelverket påverkar möjligheten för produkter att nå marknaden och ingå i dimensioneringen av byggnadstekniskt brandskydd. Detta projekt har försökt belysa ut detaljfrågor kopplat till just regelverk men samtidigt står det klart att regelverket bara är en av flera marknadskrafter varför Återbrukets TIS har analyserats.

10.2 Återbruk som tekniskt innovationssystem

En första genomlysning av Återbrukets TIS visar att det finns både styrkor och svagheter i samtliga funktioner idag. Bedömningen av TIS:et baserat på analysen är att det är fortsatt i sin linda. Det är en relativt liten volym av produkter som återbrukas och marknaden uppfattas fortfarande som trevande med många pilotprojekt som arbetar med mindre demonstrationsprojekt för att skylta möjligheterna med återbruk. Dessa projekt är beroende av engagerade beställare som har möjlighet att välja att betala mer för genomförande av projektet. De är dock viktiga då det bygger kunskap om återbruk och gör att efterfrågan växer, d.v.s. återbruk ses som en legitim del av lösningen på klimatpåverkan av byggnation. Efterfrågan är särskilt viktig då det hänvisas till att flera entreprenörer är beredda att arbeta med återbruk under förutsättning att kunderna vill det. Större delen av byggmarknaden har pressade kostnadskalkyler vilken kan göra det svårt att inkludera återbruk p.g.a. sämre logistikkedjor, osäker tillgång till produkter och material samt avsaknad av garantier. När det gäller produkter med krav på brandteknisk klass försvåras återbruk beroende på avsaknad av certifierade återbruksprocesser.

Flera initiativ har varit viktiga för att öka både medvetenheten om, kunskap kring och antal projekt med återbruk, t.ex. CCBUILD och Återbruk i väst. En fullständig kartläggning har inte gjorts av alla pågående initiativ så det finns troligen flera viktiga initiativ som inte uppmärksammats i projektet. Det finns ett flertal aktörer som arbetar med återbruk men för att få mer kraft i marknaden krävs det fler som arbetar med återbruk som heltidssyssla istället för som en del i övrigt arbete. Det har blivit vanligare för etablerade

intressenter inom innovationssystemet att avsätta resurser för att arbeta med återbruk i projekt även om det är något som inte är standard utan beslutas från projekt till projekt.

Införande av Boverkets riktlinjer för klimatdeklaration verkar marknadspåverkande i positiv riktning för återbruk, då återbruk minskar klimatpåverkan för byggnader. Särskilt positivt för detta system är att stora konstruktionsdelar, som har större påverkan i klimatdeklarationen, får större incitament att återbrukas. Detta kan leda till att återbruk av de mest klimatpåverkande byggnadsdelarna fokuseras på, snarare än återbruk generellt. Samtidigt finns flera certifieringssystem för hållbara byggnader som specifikt uppmuntrar till återbruk. Det finns dock en viss risk att dessa uppmuntrar till återbruk mer generellt och det kan resultera i att produkter med liten klimatpåverkan återbrukas, vilket gör att klimatbesparingen inte blir särskilt stor. Som exempel kan nämnas återbruk av inredning, som normalt har liten påverkan på en byggnads klimatavtryck och ingår inte i byggnadens klimatkalkyl, ofta eftersträvas. Detta ger ingen stor klimatbesparing, även om sådant återbruk också kan vara viktigt för att normalisera återbruk i samhället.

Angående marknadsutveckling har de aktörer som deltagit i intervjuer gemensamt att det finns en tydlig kultur för återbruk med uttalade strategier, visioner och/eller mål som främjar återbruk. Dock förekommer inget uttalat fall där återbruk skett specifikt av produkter med tillhörande brandtekniska krav. Det finns personer som har ett ansvar för återbruk hos flera av de aktörer som idag arbetar med återbruk, men i många fall utan att det kopplas till typ av produkt eller tekniska krav.

Flera saker behöver arbetas med för att stärka innovationssystemet, t.ex. utveckling av gemensamma definitioner, standarder och processer för återbruk, utveckling av verifieringsmetoder som stödjer användning av återbrukade produkter utan förstörande provningar. Det behövs även förbättrad utbildning kopplat till återbruk, ökad forskning kring återbruk (särskilt med tanke på åldring), stärkta nätverk och nätverksbyggare, och utveckling av regelverk som stödjer återbruk. Analysen visar att marknadsutvecklingen är mycket positiv för återbruk generellt, men att den inte specifikt har beaktat kravställningen för produkter och material med tillhörande brandtekniska krav. Det kan dock ändras i och med att stomdelar ofta har tillhörande brandtekniska krav och det finns ett stort intresse för återbruk av just dessa byggnadsdelar då de har potential att minska en byggnads klimatpåverkan inom klimatdeklarationen markant. Den av Boverket nyligen publicerade vägledning om återbruk av bärverksdelar är ett viktigt steg för ökat återbruk och visar på det stora intresset inom detta område.

10.3 Processer för återbruk av produkter och material med tillhörande brandkrav

Projektet har valt att dela upp analysen av utveckling av processer för återbruk av produkter och material med tillhörande brandtekniska krav i två delar:

- Utvalda byggprodukter: Branddörrar, Innetaxplattor och Brandgasspjäll
- Utvalda konstruktionsdelar: konstruktionsstål och HDF-bjälklag.

Anledning till detta är att utvärderingssystemen skiljer sig markant.

Utvalda byggprodukter

Förstudien (McNamee et al., 2021b; a), identifierade följande exempel på produkter att återbruka vilka har potential att påverka en byggnads klimatpåverkan inom klimatdeklarationssystemet;

- Balkar och pelare av stål, betong och limträ
- **Prefabricerade betongelement**
- **Stålfackverk**
- Sandwichelement (plåtkassetter)
- Takplåt
- Kabelstegar
- **Ventilationssystem**
- Isolering
- **Undertak**
- Trappor.

Det finns dock ett stort intresse av att återbruka en del andra produkter som inte har så stor påverkan på klimatdeklarationen (då deras bidrag till totala klimatpåverkan är under 1%), t.ex. dörrar med brandteknisk klass. Därför har projektet valt att förutom de fyra fetmarkerade produkterna och materialen i listan även undersöka möjligheten med att återbruka sådana dörrar.

Inom ventilationssystem har fokus varit på brand- och brand-/brandgasspjäll då detta är en produktkategori vars prestanda är direkt knuten till en brandteknisk klass. Samtliga utvalda produkter har ingått i något av de byggprojekt där forskningsprojektet har kunnat utföra intervjuer för att få exempel på nuvarande återbruksmetoder och hur de brandtekniska egenskaperna har hanterats. Processerna som tagits fram för de utvalda byggprodukterna bygger på de generiska processer som utvecklades inom förstudien. För konstruktionsdelar har befintliga specifika återbrukssystem använts i de studerade byggprojekten, vilket utvärderats.

Undersökning av återbruk av dörrar med brandteknisk klass visar på behov av stor kunskap om klassificeringssystem som berörda dörrar är provad efter för att kunna göra en bedömning av dörrens brandtekniska prestanda. Flertalet ändringar av brandklassificering av branddörrar har införts under 1970-talet och framåt som innebär att det kan finnas skillnader i brandteknisk prestanda för olika klassificeringar eller att det saknas information om röktäthet för äldre dörrar. Det finns även andra, icke direkt brandkopplade, faktorer så som att äldre dörrar kan innehålla t.ex. asbest som gör att de inte kan återbrukas. Det finns flera komponenter i en dörrkonstruktion som är av stor vikt för dess funktion, t.ex. karm, gångjärn, dörrbladet, lister, drev och fog. Att återbruka dörrar med brandteknisk klass bedöms vara möjligt, men baseras på projektspecifika bedömningar så som gällande regelverk ser ut idag. Det kan även behövas analytisk dimensionering för att hantera faktorer som åldring samt kunna använda äldre dörrar i nya byggnader, i och med att provningsmetoderna uppdaterats och ändrats.

Förståelsen för att innertaksplattor har brandtekniska egenskapskrav är ganska låg, och man tänker inte på att egenskaperna kan ändras om de t.ex. målas. Beroende på vilket material undertaksplattan är tillverkad av kan olika typer av kvalitetskontroller behövas för återbruk. Innertaksplattor med bas av mineralull bör inte få förändrade brandegenskaper över tid. Dessa produkter består dock ofta också av ett målat ytskikt och hur ytskiktet och färgen påverkas av åldring är inte känt. Om innertaksplattorna genomgår någon typ att

renovering t.ex. nytt färgskikt behöver verifierande provning eller bedömning av produkten göras. Att återbruka innertaksplattor med brandteknisk klassa bedöms dock som möjligt.

Avseende brand- och brand-/brandgasspjäll ställs krav om funktionskontroll med jämna intervall. Det medför generellt att det är en produkt vars funktion är välövervakad. De placeras även ofta lättåtkomligt, för att underlätta kontroll- och underhållsarbeten, varpå de kan bytas eller repareras vid behov. Vid återbruk av produkt är det väsentligt att utreda ålder och typ av typgodkännande, för att säkerställa vilka krav produkten är testad och godkänd för. Det är också av stor vikt att följa produktens monteringsanvisningar, där sådana finns. Då märkningssystem av produkten dessutom kommer förändras inom kort bör också krav avseende funktionskontroll fastställas och redogöras för tydligt.

Sammantaget har samtliga produkter som undersökts bedömts möjliga att återbruka. Dock finns det förutsättningar kopplat till produkternas brandtekniska klasser som behöver uppfyllas. Det innebär att bedömningar kopplat till både de brandtekniska egenskaperna samt verifiering av kravnivåer i många fall kommer vara en förutsättning för återbruk av produkter med brandtekniska egenskaper/krav.

Utvalda konstruktionsdelar

Till skillnad från de produkter som diskuterats ovan, finns det idag specifika processer för återbruk av betong och konstruktionsstål. I fallet stål finns en nyligen etablerad nationell branschspecifik certifieringsprocess. För betong har ett förslag på en certifieringsprocess tagits fram i Återhus-projektet. Det är också dessa processer som generellt ligger till grund för bedömningar av konstruktionsdelar, varför man utgått från dessa i projektet. Inom ramen för respektive process nämns brand som en faktor som behöver beaktas, men det är ingen faktor som ingår explicit. I de fall där konstruktionsdelar passerar de generella processerna och bedöms som godkända för återbruk, hanteras de för dimensionering likt nya byggnadsdelar. Dimensionering utgår då ofta enligt beräkningsprinciper i EKS eller Eurokoderna.

Avseende stål sker brandteknisk skydd ofta med inklädnader, och det bedöms att åldring av stålet inte är begränsande för brandbeteende. Även i de fall stål konstrueras att klara brandpåverkan exponerat, utgör stål ett oorganiskt, homogent material som vars beståndsdelar inte ändras över tid. Därmed det kan anses rimligt att hantera stål i likhet med nya produkter, om det passerat den certifierade processen för återbruk.

Avseende betong är dess beståndsdelar uppbyggda på ett annat sätt. Betongens förmåga att hantera ett brandförlopp beror bl.a. på fuktinnehåll, dess sammansättning och armering. Det bör dock nämnas att inga produkter som utsatts för en brand under sin livscykel återbrukas vanligtvis.

Hindren och möjligheter för återbruk

Arbetet med utveckling av processer för återbruk av produkter och material har identifierat att det finns ett antal kunskapsluckor som bromsar återbruk, t.ex.;

- Avsaknad av provningsresultat på äldre produkter. Ett antal fullskaleförsök på representativa produkter (som t.ex. dörrar med brandteknisk klass) skulle kunna underlätta för återbruk.

- Märkning av brandtekniska produkter. Uppvisad klassning på äldre produkter kan vara vilseledande för vissa aktörer som inte tar hänsyn till att brandegenskaperna kan ha ändrats av produktens ålder och historik.
- Proveniens. Avsaknad av information angående vad produkten varit med om under sin livstid förhindrar återbruk alternativt kan innebära att produkter återbrukas eller kasseras på felaktiga grunder.
- Förändringar i provningsmetoder. Utveckling av provningsmetod kan innebära att man inte känner till vissa viktiga brandegenskaper hos äldre produkter, t.ex. har temperaturmätningarna ändrats för dörrar med brandteknisk klass, vilket gör att äldre dörrar inte nödvändigtvis uppfyller dagens provningsnivåer.
- Förändring av byggregler. Utveckling av nya krav kan innebära att äldre produkter inte är godkända för användning i nya byggnader, t.ex. har röktäthetsklasser införts för vissa dörrar med brandteknisk klass. Detta kan försvåra bedömningen av produktens brandtekniska prestanda, vilket kan innebära att produkter kasseras på felaktiga grunder.
- Logistikkedjor. Aktörer som hanterar produkter och material till byggnation har etablerade kontakter och beställarkedjor för nya produkter. Återbrukade produkter kräver etablering av nya kontakter och beställarkedjor vilket försvårar möjligheten att beställa återbrukade produkter. Att fler etablerade leverantörer erbjuder återbrukade produkter genom sina vanliga kanaler skulle underlätta för återbruk.
- Designpraxis. Brandskyddsprojektören blir sällan inblandad i dimensioneringen av själva konstruktionen, då det görs helt av konstruktören, eller vid återbruk av vissa produkter. Därför blir sällan brandtekniska frågor kopplat till återbruk en del av konstruktionslösningen eller produktval. Tätare dialog mellan olika experter under designprocessen skulle underlätta utbyte av fackinformation mellan expertområden.
- Pilotprojekt. Att våga implementera återbruk av produkter med tillhörande brandtekniska krav kräver visst risktagande av byggherren. Pilotprojekt sänker tröskeln för sådant återbruk men det behövs fler pilotprojekt som berör flera produkter och material för att öka återbrukandet.
- Regelverk. BBR:s ändringsregler skulle kunna inspirera till ett motsvarande kapitel avseende återbrukade produkter, där t.ex. ställningstaganden till vissa tidigare godkända brandtekniska klasser, som en del befintliga produkter uppfyller, skulle kunna finnas utredda.
- Åldring. Osäkerhet kring livslängden (framåt) för återbrukade produkter och material leder till minskad villighet att återbruka. Det finns en oro att det återbrukade produkten kanske bara har kort funktionell tid kvar. Ett förslag till att minska denna oro är att återbrukade produkter tillskrivits tätare kontrollintervall i det systematiska brandskyddsarbetet. Detta för att förbättra underhåll och kontroll av produktens prestanda över tid.

11 Slutsatser och forskningsbehov

11.1 Slutsatser

Det är tydligt att det finns ett stort intresse från branschen för återbruk. Det sker återbruk i liten skala kring ett antal produkter (t.ex. dörrar) samt i allt större skala för t.ex. stålkomponenter och tegelsten. De fall där det förekommer i större skala har branschpraxis eller möjlighet till CE-märkning utvecklats. Dessa åtgärder agerar tydligt för att minska tröskeln till marknadsuppbyggnad.

Trots att marknaden varit under utveckling i flera decennier, konstaterar projektet att det tekniska innovationssystemet för återbruk är fortsatt underutvecklat. Utveckling av metoder till stöd för CE-märkning eller motsvarande skulle underlätta uppbyggnaden. Ett flertal policyområden har identifierats där arbetet skulle minska trösklar till införande av storskaligt återbruk, för produkter och material med och utan tillhörande brandtekniska krav. Det konstateras att flera av processerna eller funktionerna kopplat till Återbrukets TIS är underutvecklade men att det finns möjlighet att brygga över dessa hål genom mer forskning likt det som bedrivits inom projektet.

Processer för analytisk dimensionering som tagits fram inom projektets ramar för dörrar, innertak och brandgasspjäll visar på möjligheten att bestämma egenskaperna av produkter och material för att avgöra deras potential för återbruk.

Två viktiga marknadshinder identifierades som naturligt kommer att minska över tid. Dessa hinder är; 1) låg tillgång och efterfrågan till återbruksprodukter samt 2) låg erfarenhet av inverkan av åldring på olika produkter med tillhörande brandtekniska krav, inklusive avsaknaden av erfarenhet kring hur åldring i en livscykel påverkar förväntad livscykel på åldrade produkter. Pågående pilotprojekt kommer förbättra situationen men utan forskning kommer kunskapsinhämtning riskera ta mycket lång tid.

11.2 Forskningsbehov

Framtida forskningsbehov som identifierats inkluderar;

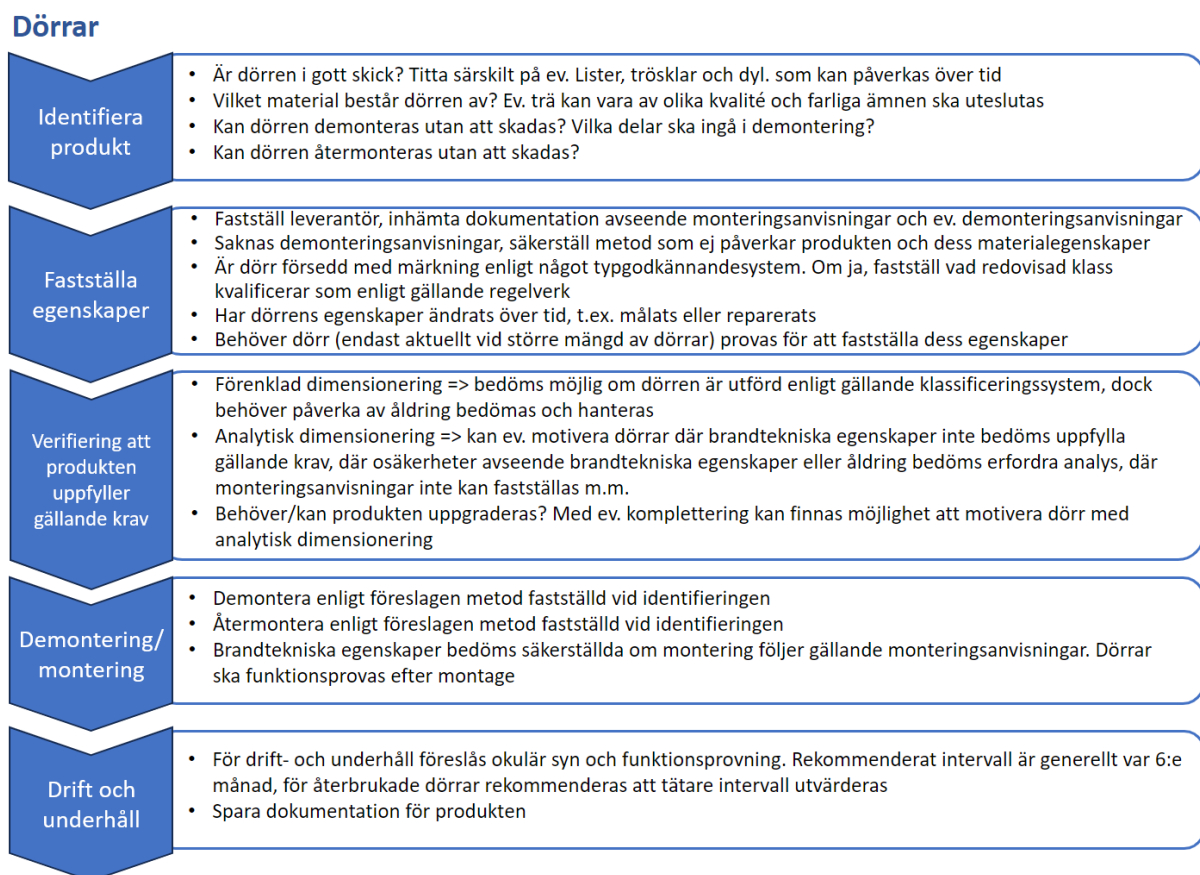
- Utveckling av accepterade produktspecifika processer för fler produkter och material. Begreppet accepterade processer innefattar här verifierade processer för analytisk dimensionering samt certifierade processer.
- Fler pilotprojekt, speciellt projekt där hanteringen av brandtekniska krav på produkter analyseras.
- Ökad dokumentering av historik hos brukade produkter (t.ex. via BIM).
- Studier av ålderspåverkan hos betongelement med olika ålder.
- Utveckling av metoder att renovera äldre produkter för att kunna återbrukas, t.ex. förstärkningsåtgärder av dörrar.

12 Rekommendationer

Projektets rekommendationer kopplas huvudsakligen till de produkter där processer har utvecklats för återbruk. Dessa rekommendationer har samlats per produkttyp nedan.

12.1 Dörrar med tillhörande brandtekniska krav

Erfarenheter från fallstudierna visar att dörrar är en återkommande produkttyp som branschen önskar återbruka och det finns exempel där detta också lyckats. En process har tagits fram och testats, se Figur 20. Branddörrar är dock komplexa och det finns fler svårigheter att hantera som inte bara är förenade med den brandtekniska klassen, t.ex. behöver också lås och beslag anpassas. En viktig faktor som projektet inte kunnat bedöma är dock hur åldring påverkar den brandtekniska prestandan hos produkten om den flyttas från en plats till en annan. Mer forskning krävs för att kunna avgöra denna fråga.



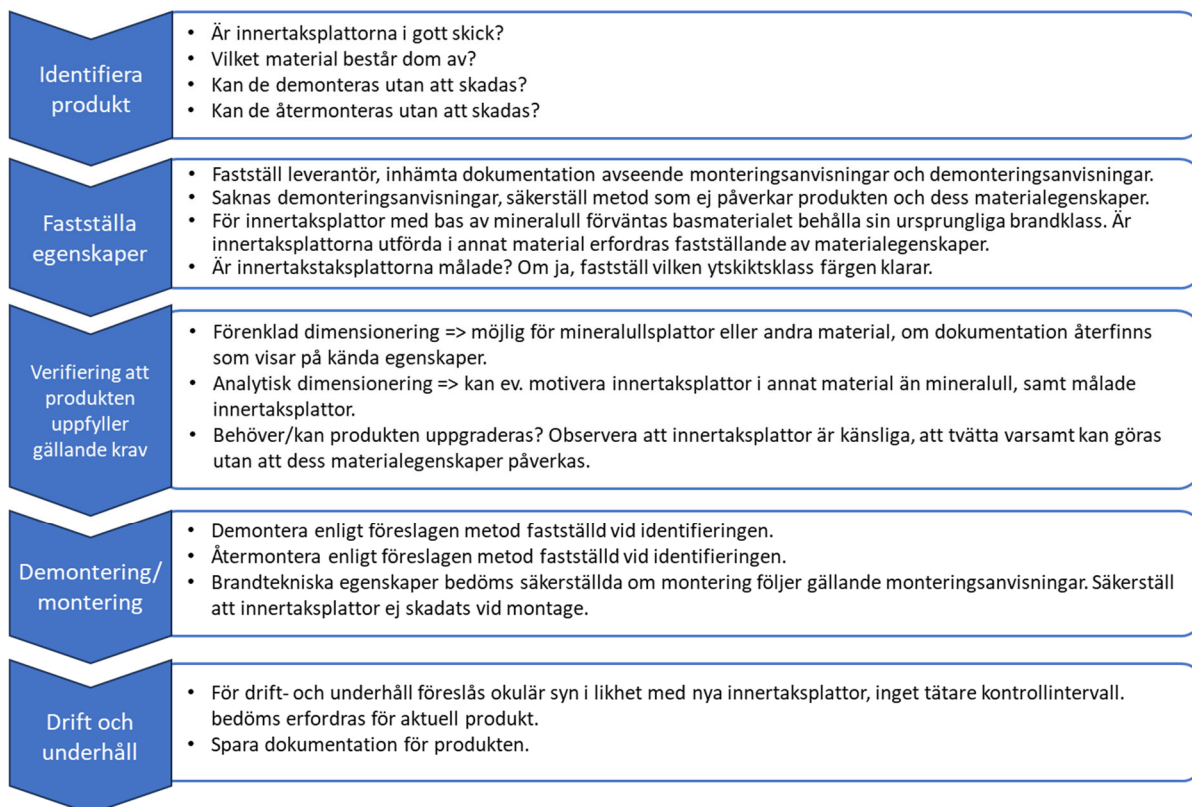
Figur 20: Översikt av process för återbruk av dörrar (återfinns även i kapitel 8).

12.2 Innertaksplattor

Erfarenheter från fallstudierna visar att innertaksplattor är en produkttyp som återbrukas redan idag och det finns exempel där det också lyckats. En process har tagits fram och testats, se Figur 21. Projektet visar dock att det inte alltid är känt att det föreligger en brandteknisk klass att beakta när det gäller innertaksplattor

vilket skulle kunna innebära att man inte alltid tagit hänsyn till det vid pågående återbruk. En viktig faktor som påverkar återbruket är huruvida innertakplattor målats eller täckts på något sätt då detta kan påverka ursprunglig brandteknisk klass. Produkten kan vara skör varför det är viktigt att vara varsam i hanteringen av återbrukade plattor då eventuella skador kan påverka de brandtekniska egenskaperna.

Innertakstaksplattor

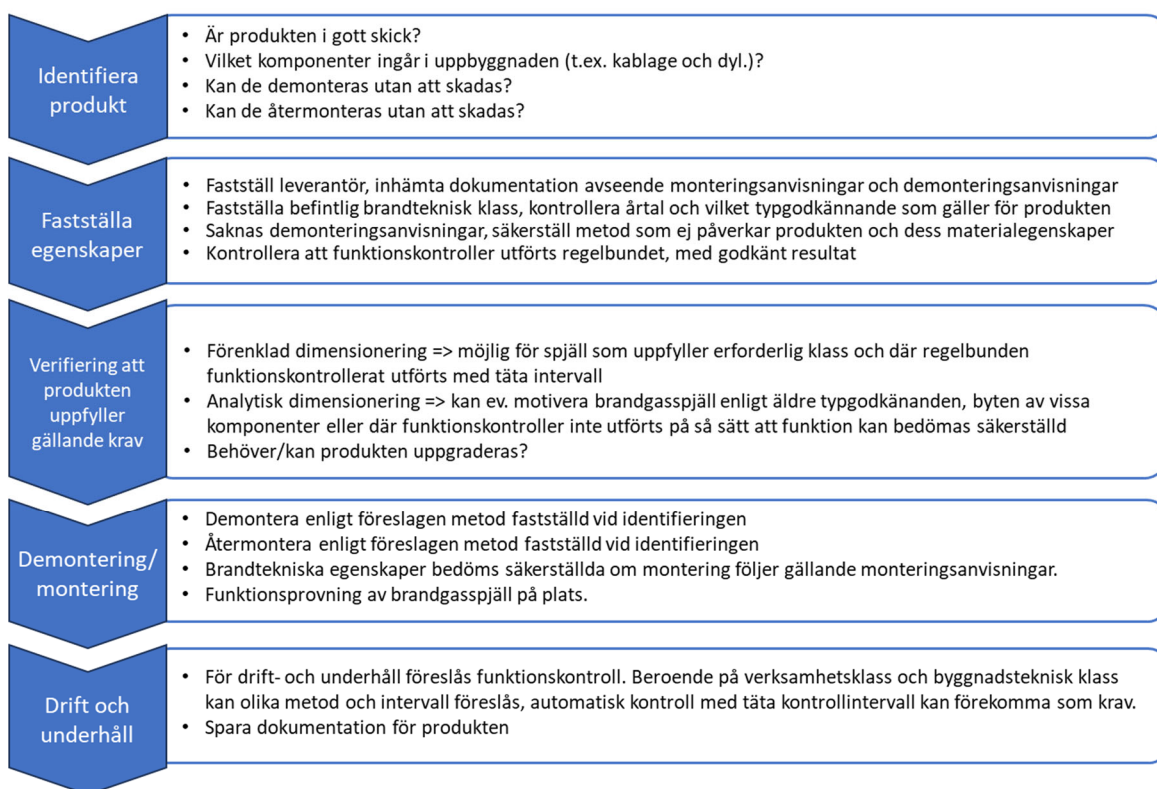


Figur 21: Översikt av process för återbruk av innertaksplattor (återfinns även i kapitel 8).

12.3 Brand- och brand-/brandgasspjäll

Brand- och brand-/brandgasspjäll är en produkt som inte återbrukas i någon större utsträckning idag. Komponenten generellt består av obrännbart material och bedöms dock kunna återbrukas och det finns exempel där det lyckats. Produkten funktionskontrolleras automatiskt regelbundet vilket innebär att dess funktion är välövervakad. En process har tagits fram och testats, se Figur 22. Det bör noteras att kontrollintervall är viktigt och det kan behöva specificeras då kommande regelverk inte ställer samma krav som tidigare.

Brandgasspjäll



Figur 22: Översikt av process för återbruk av brand- och brand-/brandgasspjäll (återfinns även i kapitel 8).

12.4 Konstruktionsstål

Det finns en process för återbruk av stål som upprättats av Mekaniska Verkstädernas Riksförbund (MVR, 2021). Denna process följs av branschen idag och arbete pågår med en utvärderingsmetod för europeiskt godkännande. Gällande konstruktionsdelar projekterar konstruktören generellt systemet baserat på brandingenjörens kravspecifikation, d.v.s. brandspecialisten är inte aktiv i utformningen av konstruktionen. Vår rekommendation är man bör inkludera en brandspecialist i denna bedömning i större utsträckning för återbrukade produkter. Det görs bedömningen i projektet att konstruktionsstål är lämpligt för återbruk enligt gällande process och att även de brandtekniska kraven bör kunna uppfyllas i enlighet med dimensionering för nyproducerat stål. Det finns exempel där det också lyckats.

12.5 HDF-bjälklag

Det finns en process för återbruk av HDF-bjälklag som upprättats av RISE inom Återhusprojektet (Suchorzewski et al., 2023). Gällande konstruktionsdelar projekterar konstruktören generellt systemet baserat på brandingenjörens kravspecifikation, d.v.s. brandspecialisten är inte aktiv i utformningen av konstruktionen. Vår rekommendation är man bör inkludera en brandspecialist i denna bedömning i större utsträckning för återbrukade produkter. Det finns en viss risk med att åldring av betong kan påverka dess brandmotståndsförmåga. Mer forskning behövs för att kunna uttala sig om på vilket sätt denna påverkan ändra förväntad livslängd på återbrukat produkt.

Referenser

- Abdul-Halim, H., Ahmad, N. H., Thurasamy, R. & Geare, A. 2019. Innovation Culture in Smes: The Importance of Organizational Culture, Organizational Learning and Market Orientation. *Entrepreneurship Research Journal*, 9. DOI: 10.1515/erj-2017-0014.
- Bayus, B. L., Jain, S. & Rao, A. G. 1997. Too Little, Too Early: Introduction Timing and New Product Performance in the Personal Digital Assistant Industry. *Journal of Marketing Research*, 34, 50-63. DOI: 10.2307/3152064.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. & Rickne, A. 2008a. Analyzing the Functional Dynamics of Technological Innovation Systems: A Scheme of Analysis. *Research Policy*, 37, 407-429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>.
- Bergek, A., Jacobsson, S. & Sandén, B. A. 2008b. 'Legitimation' and 'Development of Positive Externalities': Two Key Processes in the Formation Phase of Technological Innovation Systems. *Technology Analysis and Strategic Management*, 20, 575-592. DOI: 10.1080/09537320802292768.
- Berggren, J. 2014. *Miljöbyggnad, Guld Värt? : En Undersökning Av Fastighetsägares Erfarenheter Och Tankar Kring Ett Nytt Certifieringssystem*. Högskoleingenjör Student thesis
bachelorThesis
text, Uppsala universitet. Available: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:708758/FULLTEXT01.pdf>
[Accessed October 2023].
- Bergstedt, D. & Wallentheim, J. 2021. *Återbruk Av Brandklassade Dörrar*. Bachelor of Fire Safety Engineering Bachelor, Lund University. Available: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9078108>
[Accessed October 2023].
- BeventRasch 2007. Brand/Brandgasspjäll-Bsk60 Rostfritt Syrafast. Byggvarudeklaration Bvd3 Enligt Kretsloppsrådets Riktlinjer Maj 2007. online. https://old.bevent-rasch.se/wp-content/uploads/BSK60-Rostfritt_Syrafast.pdf [Accessed December 2023].
- Beyene, K. T., Shi, C. S. & Wu, W. W. 2016. The Impact of Innovation Strategy on Organizational Learning and Innovation Performance: Do Firm Size and Ownership Type Make a Difference? *South African Journal of Industrial Engineering*, 27, 125-136. DOI: 10.7166/27-1-1308.
- Boverket 2020. Boverkets Byggregler, Bbr, Bfs 2011:6 Med Ändringar Till Och Med Bfs 2020:4. Karlskrona: Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2020/boverkets-byggregler-bbr/> [Accessed December 2023].
- Boverket. 2023a. *Brandtekniska Klasser För Branddörrar* [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/branddorrar/> [Accessed December 2023].
- Boverket. 2023b. *Klimatdeklaration - En Digital Handbok Från Boverket* [Online]. online: Boverket. Available: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/> [Accessed October 2023 2023].
- Boverket. 2023c. *Om Boverkets Konstruktionsregler, Eks* [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/>
[Accessed December 2023].

Brander, L., Boubitsas, D. & Gabrielsson, I. 2021. Rivningsobjekt – Från Kostnad Till Resurs: Pilotstudie Återbrukspotential För Tunga Stomdelar I Två Rivningsobjekt. *RISE Rapport*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-53487> [Accessed January 2021].

Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M. & Rickne, A. 2002. Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy*, 31, 233-245. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00138-X.

CCBuild. 2023. *Centrum För Cirkulärt Byggande - Organisation* [Online]. online: IVL. Available: <https://ccbuild.se/om-oss/organisation/> [Accessed October 2023].

Chini, A. R. 2000. Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy. Proceedings of the Cib Task Group 39 - Deconstruction Meeting. *CIB Task Group 39 meeting*. Wellington, New Zealand: CIB. https://www.iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_266.pdf [Accessed January 2023].

Chini, A. R. 2003. Deconstruction and Materials Reuse. Proceedings of the Cib Task Group 39 - Deconstruction Meeting *CIB Task Group 39* CIB. https://www.iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_287.pdf [Accessed January 2023].

Chini, A. R. 2005. Deconstruction and Materials Reuse - an International Overview. Final Report from Cib Tg39. *CIB Task Group 39 meeting*. CIB. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB1287.pdf> [Accessed January 2023].

Chini, A. R. & Schultmann, F. 2002. Design for Deconstruction and Materials Reuse. Proceedings of the Cib Task Group 39 - Deconstruction Meeting. *CIB Task Group 39 meeting*. Karlsruhe, Germany: CIB. https://www.iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_272.pdf [Accessed January 2023].

Dacke.online. 2023. *Dacke.Online - Ett Digitalt Hållbarhetsverktyf För Inventering, Köp Och Sälj Av Återbrukade Produkter Av Hög Kvalitet* [Online]. online: Dacke App Available: <https://dacke.online/> [Accessed October 2023].

EkoVent 2007. Brand-/Brandgasspjäll Eko-Jbg2 Aluzink. Byggvarudeklaration Bvd3 Enligt Kretsloppsrådets Riktlinjer Maj 2007. online. https://www.ekovent.se/media/1117/byggvarudeklaration_aluzink.pdf [Accessed December 2023].

EOTA 2017. Recycled Clay Masonry Units. *EAD 170005-00-00305*.

ETA-Denmark A/S 2018. European Technical Assessment Eta-17/0648 of 2018/09/06. online: ETA-Denmark. <https://static1.squarespace.com/static/5fca3a4799a91e5eed259b7/t/5fd886cdacb8b50f066af470/1608025806972/ETA+Gamle+Mursten.pdf> [Accessed December 2023].

Ghaffarzadegan, N., Mostafavi, S. & Kim, H. 2023. Sociotechnical Interdependencies and Tipping-Point Dynamics in Data-Intensive Services. *System Dynamics Review*, 5-31. DOI: 10.1002/sdr.1724.

Glasare, G. & Haglund, P. 2022. Återbruk - Nuläge. Stockholm: Offentliga fastigheter. <https://www.offentligafastigheter.se/download/18.bbb1cad18270128546d2005/1661430682723/Aterbruk-Nul%C3%A4ge.pdf> [Accessed October 2023].

Gustavsson, P. 2023. Svar På Remiss 2215/2021 Om Boverkets Förslag Till Föreskrifter Och Allmänna Råd Om Bärformåga Stadga Och Beständighet I Byggnader. WSP.

<https://www.boverket.se/contentassets/aa38401534f24b229f9c13dcb6985112/wsp.pdf> [Accessed December 2023].

Göteborgsstad. 2023. *Hoppet - Ett Innovationsprogram För Klimatneutralt Byggande* [Online]. online: Göteborgsstad. Available: <https://goteborg.se/wps/portal/enhetsida/hoppet-klimatneutralt-byggnation/Om-Hoppet> [Accessed December 2023].

Hellmark, H. & Jacobsson, S. 2009. Opportunities for and Limits to Academics as System Builders—the Case of Realizing the Potential of Gasified Biomass in Austria. *ENERGY POLICY*, 37, 5597-5611. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.08.023.

Hellmark, H. R. A. 2010. *Unfolding the Formative Phase of Gasified Biomass in the European Union : The Role of System Builders in Realising the Potential of Second-Generation Transportation Fuels from Biomass*. Doctor of Philosophy Doctoral, Chalmers University of Technology. Available: https://www.researchgate.net/publication/277101501_Unfolding_the_Formative_Phase_of_Gasified_Biomass_in_the_European_Union_the_Role_of_System_Builders_in_Realizing_the_Potential_of_Second-generation_Transportation_Fuels_from_Biomass [Accessed September 2023].

Iacovidou, E. & Purnell, P. 2016. Mining the Physical Infrastructure: Opportunities, Barriers and Interventions in Promoting Structural Components Reuse. *Science of the Total Environment*, 557-558, 791-807. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.098.

ISO 2020. Iso 56000:2021 Innovation Management - Fundamentals and Vocabulary. Geneva: ISO. Available: <https://www.iso.org/standard/69315.html> [Accessed September 2023].

Jacobsson, S. 2008. The Emergence and Troubled Growth of a 'Biopower' Innovation System in Sweden. *ENERGY POLICY*, 36, 1491-1508. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.12.013>.

Kaminsky Arkitektur 2022. Öppna Din Dörr! En Praktisk Projekteringsguide För Återbruk Av Dörrar Och Glaspartier. online: CCBUILD. Available: https://ccbuild.se/media/zvkkxfhz/%C3%B6ppna-din-d%C3%B6rr_guiden.pdf [Accessed December 2023].

Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M. & Gilsing, V. 2005. A System Failure Framework for Innovation Policy Design. *Technovation*, 25, 609-619. DOI: 10.1016/j.technovation.2003.11.002.

Klint, F. & Hedskog, B. 2022. Återbruk Med Brandperspektiv – En Konceptstudie Kring Återbruk Av Dörrar, Version 1.0. 1 ed. Stockholm: BSL - Brandskyddslaget. <https://brandskyddslaget.se/wp-content/uploads/2022/11/Återbruk-av-brandskyddskomponenter-1.pdf> [Accessed October 2023].

KTH. 2021. Gammal Betong Får Nytt Liv. Available: <https://www.kth.se/om/nyheter/centrala-nyheter/gammal-betong-far-nytt-liv-1.1077230> [Accessed December 2023].

Markard, J. & Truffer, B. 2008. Technological Innovation Systems and the Multi-Level Perspective: Towards an Integrated Framework. *Research Policy*, 37, 596-615. DOI: 10.1016/j.respol.2008.01.004.

McNamee, M., Göras, T., Mossberg, A., Wetterqvist, C., Lundh, K., Blomqvist, P. & Blomqvist, S. 2023. Challenges and Opportunities for Reuse of Products and Materials with Fire Safety Requirements – a Swedish Perspective. *Fire Safety Journal*, 103857. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103857>.

McNamee, M., Göras, T., Wetterqvist, C., Lundh, K., Blomqvist, P. & Blomqvist, S. 2021a. Hållbar Hantering Av Byggavfall, Återbruk Av Brandklassade Produkter. online: Lund University.

<https://www.brandforsk.se/?projekt=hallbar-hantering-av-byggavfall-aterbruk-av-brandklassade-produkter>
[Accessed December 2023].

McNamee, M., Göras, T., Wetterqvist, C., Lundh, K., Blomqvist, P. & Blomqvist, S. 2021b. Hållbar Hantering Av Byggavfall, Återbruk Av Brandklassade Produkter. online: Lund University. <https://www.sbuf.se/projektresultat/projekt?id=9841bb5e-3e1b-4295-9daa-ed79f524dc67> [Accessed January 2023].

McNamee, M., Meacham, B., van Hees, P., Bisby, L., Chow, W. K., Coppalle, A., Dobashi, R., Dlugogorski, B., Fahy, R., Fleischmann, C., Floyd, J., Galea, E. R., Gollner, M., Hakkarainen, T., Hamins, A., Hu, L., Johnson, P., Karlsson, B., Merci, B., Ohmiya, Y., Rein, G., Trouvé, A., Wang, Y. & Weckman, B. 2019. Iafss Agenda 2030 for a Fire Safe World. *Fire Safety Journal*. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102889.

Mcnamee, R. & Sandvik, M. 2022. Fires in Enclosures. In: MEACHAM, B. J. & MCNAMEE, M. M. (eds.) *Handbook of Fire and the Environment*. Switzerland: Springer.

Meacham, B. J., Frantzich, H., McNamee, M. & Kimblad, E. 2023. Risk and Performance Assessment Framework for a Sustainable and Fire Resilient Building Environment (Safr-Be). In: TARBET, A. (ed.) *SFPE Foundation Research Report*. <https://www.sfpe.org/foundation/foundationresearch/fundedresearch> [Accessed July 2023].

Miliute-Plepiene, J., Bolinius, D. J., Unsbo, H., Emilsson, E., Loh Lindholm, C., Berglund, R. & Ahlm, M. 2021. Byggåterbruksguiden : En Vägledning För Att Underlätta Återbruk Av Byggprodukter I Bostäder. *B-rapport*. Malmö: IVL Svenska Miljöinstitutet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-3910> [Accessed December 2023].

MVR 2021. Mvr Bs04 Återbruk Av Stål I Bärande Konstruktioner, Krav- & Processbeskrivning. Sverige: Mekaniska Verkstädernas Riksförbund. Available: <https://mvr.se/wp-content/uploads/2021/05/mvr-bs04-2021-aterbruk-av-stal-i-barande-konstruktioner-krav-processbeskrivning-utgava-1-april-2021.pdf> [Accessed September 2021].

Nair, A. & Salem, O. 2020. Experimental Determination of the Residual Compressive Strength of Concrete Columns Subjected to Different Fire Durations and Load Ratios. *Journal of Structural Fire Engineering*, 11, 529-543. DOI: 10.1108/JSE-10-2019-0034.

Naturvårdsverket 2018. Nationell Avfallsplan Och Avfallsförebyggande Program 2018-2023 - Att Göra Mer Med Mindre. Reviderad 2020. 2nd ed. online: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/6900/att-gora-mer-med-mindre/> [Accessed September 2023].

Olsson, N. & Göras, T. 2018. Hållbart Brandskydd – En Handbok Om Hållbara Brandskyddsutformningar (Sustainable Fire Protection - a Handbook About Sustainable Fire Protection Design). Gothenburg: Bengt Dahlgrens. <https://bengtdahlgren.se/resource/brandskydd-hallbart-brandskydd> [Accessed October 2022].

Phan, L. T., McAllister, T. P., Gross, J. L. & Hurley, M. J. 2010. Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings. *NIST Technical Notes*. Gaithersburg, USA: NIST National Institute of Standards and Technology. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.1681.pdf> [Accessed December 2023].

Regeringskansliet. 2023. *Sveriges Arbete Med Agenda 2030* [Online]. online: Regeringskansliet. Available: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/globala-mal-for-hallbar-utveckling/> [Accessed October 2023 2023].

Satalkina, L. & Steiner, G. 2020. Digital Entrepreneurship and Its Role in Innovation Systems: A Systematic Literature Review as a Basis for Future Research Avenues for Sustainable Transitions. *Sustainability*, 12, 2764-2764. DOI: 10.3390/su12072764.

Scott, W. R. 2014. *Institutions and Organizations : Ideas, Interests and Identities*, SAGE Publications, Inc. ISBN: 9781452242224

SIS 2004. Ss-En 1992-1-2:2004, Eurokod 2: Dimensionering Av Betongkonstruktioner - Del 1-2: Allmänna Regler - Brandteknisk Dimensionering. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ssen19921220042/> [Accessed December 2023].

SIS 2005a. Ss-En 1169:2005+A3:2011, Förtillverkade Betongprodukter - Håldäckplattor. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsdelar/innertak-golv-trappor/ssen11682005a32011/> [Accessed December 2023].

SIS 2005b. Ss-En 1634-3:2005, Provning Av Brandmotstånd Och Brandgasskyddande Egenskaper För Dörrkonstruktioner, Öppningsbara Fönster Och Byggnadsbeslag - Del 3: Provning Av Brandgästthet För Dörrar, Portar, Jalousier, Luckor Och Öppningsbara Fönster. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ssen163432005/> [Accessed December 2023].

SIS 2005c. Ss-En 13501-3+A1:2009, Brandteknisk Klassificering Av Byggprodukter Och Byggnadselement - Del 3: Klassificering Baserad På Provningsdata Från Metoder Som Mäter Brandmotstånd För Produkter För Ventilationssystem. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ssen1350132005a12009/> [Accessed December 2023].

SIS 2006. Ss-En 14351-1:2006, Fönster Och Dörrar - Produktstandard, Funktionsegenskaper - Del 1: Fönster Och Ytterdörrar. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsdelar/dorrrar-och-fonster/ssen1435112006a22016/> [Accessed December 2023].

SIS 2012. Ss-En 13162:2012+A1:2015, Värmeisoleringsprodukter För Byggnader - Fabrikstillverkade Mineralullsprodukter (Mw) - Egenskapsredovisning. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsmaterial/varme-och-ljudisolerande-material/ssen131622012a12015/> [Accessed December 2023].

SIS 2014a. Ss-En 1634-1:2014, Provning Av Brandmotstånd Och Brandgasskyddande Egenskaper För Dörrkonstruktioner, Öppningsbara Fönster Och Byggnadsbeslag - Del 1: Provning Av Brandmotstånd För Dörrkonstruktioner Och Öppningsbara Fönster. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ss-en-1634-12014a12018/> [Accessed December 2023].

SIS 2014b. Ss-En 13964-1:2014, Undertak - Krav Och Provning. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsdelar/innertak-golv-trappor/ssen139642014/> [Accessed December 2023].

SIS 2014c. Ss-En 16034:2014, Dörrar, Portar Och Fönster - Produktstandard, Funktionsegenskaper - Brandmotstånd Och/Eller Brandgasskyddande Egenskaper. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ssen160342014/> [Accessed December 2023].

SIS 2015. Ss-En 1366-1-1:2015, Provning Av Brandmotstånd För Installationer I Byggnader - Del 2: Brandspjäll. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ssen136622015/> [Accessed December 2023].

SIS 2016. Ss-En 13501-2:2016, Brandteknisk Klassificering Av Byggprodukter Och Byggnadselement – Del 2: Klassificering Baserad På Provningsdata Från Metoder Som Mäter Brandmotstånd, Utom För Produkter För Ventilationssystem. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ss-en-13501-22023/> [Accessed December 2023].

SIS 2018a. Ss-En 13369:2018, Gemensamma Regler För Förtillverkade Betongprodukter. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsmaterial/betong-och-betongprodukter/ss-en-1336920182/> [Accessed December 2023].

SIS 2018b. Ss-En 14351-2:2018, Fönster Och Dörrar - Produktstandard, Funktionsegenskaper - Del 1: Innerdörrar. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsdelar/dorrrar-och-fonster/ss-en-14351-22018/> [Accessed December 2023].

SIS 2019. Ss-En 13501-1:2019 Brandteknisk Klassificering Av Byggprodukter Och Byggnadselement - Del 1: Klassificering Baserad På Provningsdata Från Metoder Som Mäter Reaktion Vid Brandpåverkan. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ss-en-13501-120192/> [Accessed December 2023].

SIS 2020. Ss-En 1363-1:2020, Provning Av Brandmotstånd - Del 1: Allmänna Krav. Stockholm: SIS. Available: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/skydd-mot-brand/brandtalighet-for-byggnadsmaterial/ss-en-1363-12020/> [Accessed December 2023].

Suchorzewski, J., Santandrea, F. & Malaga, K. 2023. Quality Assurance for Reused Concrete Building Elements. *RISE Rapport*. RISE Research Institutes of Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-64292> [Accessed December 2023].

Svensk Ventilation. 2023. *P-Märkning Brandspjäll Upphör* [Online]. online: Svensk Ventilation. Available: <https://www.svenskventilation.se/2023/12/p-markning-brandspjall-upphor/> [Accessed December 2023].

Wang, L. L., Wang, Y. C., Li, G. Q. & Zhang, Q. Q. 2020. An Experimental Study of the Effects of Topcoat on Aging and Fire Protection Properties of Intumescent Coatings for Steel Elements. *Fire Safety Journal*, 111, 102931. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102931>.

Westlund, P., Brogren, M., Hylander, B., Kellner, J., Linden, C., Lönngrén, Ö., Nordling, J., Strömberg, L. & Winberg, F. 2014. Klimatpåverkan Från Byggprocessen. En Rapport Från Iva Och Sveriges Byggindustrier [Climate Impact of the Building Process. A Report from Iva and Swedish Building Industry.]. Online: IVA och Sveriges Byggindustrier. <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf> [Accessed January 2023].

Wikipedia 2023. Innovation. *Wikipedia*, 2023. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Innovation> [Accessed September 2023].

Återhus. 2022. *Återhus - Att Bygga Hus Av Hus* [Online]. online: Återhus. Available: <https://aterhus.nu/> [Accessed December 2023 December 2023].

Återhus 2023. Udi: Återhus - Att Bygga Hus Av Hus Slutrapportering Steg 2. online: Återhus projektet. https://aterhus.nu/wp-content/uploads/2023/08/Slutrapport_Aterhus.pdf [Accessed December 2023].

Bilaga 1: Information inför intervjuer inom projektet:

Hållbart byggande – Återbruk av brandklassade produkter, del 2

Varför får du detta?

Du som får detta brev har tackat ja till att bli intervjuad i forskningsprojektet "Hållbart byggande -Återbruk av brandklassade produkter, del 2" som genomförs av Lunds universitet i samarbete med RISE Research Institutes of Sweden, Bengt Dahlgren Brand & Risk samt Skanska. I det här brevet får du information om projektet och om vad det innebär att delta.

Om projektet

Projektet är en uppföljning efter en förstudie innehållande en litteraturgenomgång och översikt av vanliga material och produkter under byggprocessen samt en genomgång av befintlig lagstiftning med koppling till återbruk av produkter med tillhörande brandkrav. Förstudien visade på den stora potentialen för återbruk av byggnadsprodukter generellt där brandtekniska produkter är en viktig och värdefull del. Du kan ta del av rapporten från forskningsprojektet [här](#).

Nuvarande projekt fokuserar på implementering av återbruk av brandklassade produkter genom fallstudier där projektdeltagare följer flera byggprojekt för att undersöka hur återbruk fungerar idag. Dessutom arbetar projektet med vidareutveckling av en generisk process som en startpunkt för utveckling av produktspecifika återbruksprocesser.

Ditt deltagande

Ditt deltagande i studien går ut på att du bidrar med dina erfarenheter om verkliga fall där man implementerar återbruk av olika produkter. Deltagandet är frivilligt.

Du kommer att bli intervjuad under ca 1 timme av projektets forskare. Du väljer själv hur mycket du vill berätta under intervjun. Du kan när som helst under intervjun välja att dra tillbaka ditt samtycke till deltagande utan att uppge skäl. Intervjun kommer att spelas in och analyseras tillsammans med annat intervjumaterial.

Hantering av personuppgifter

Dina personuppgifter (kontaktuppgifter, inspelning av intervjun och en anonymiserad transkribering som kommer att användas för analys) kommer att behandlas så att obehöriga inte kan ta del av dem. Inspelat och transkriberat material hanteras endast på forskargruppens datorer när man arbetar aktivt med den. Studenter som gör transkriberingen ingår tillfälligt i forskargruppen.

Ansvarig för de uppgifter som samlas in är Lunds universitet. Dina personuppgifter kommer att hanteras i enlighet med EU:s dataskyddsförordning (GDPR) och Lunds universitets riktlinjer (<https://www.lu.se/start/behandling-av-personuppgifter-vid-lunds-universitet>).

Kontaktuppgifter

Forskningshuvudman och personuppgiftsansvarig för projektet är Lunds universitet. Om du har frågor kring studien eller ditt deltagande, kontakta ansvarig projektledare Margaret McNamee, Lunds universitet. Telefon: 0705-465219; E-post: margaret.mcnamee@brand.lth.se.

Bilaga 2: Intervjuguide – kulturbärande intervjuer

Övergripande intervjuguide

Inledande text

Frågorna grupperas tematiskt. Observera att de frågor som lyfts fram i **BLÅ** är kärnfrågor som bör ställas i varje intervju för att underlätta jämförelser mellan fall. I vissa fall kan svaret vara att frågan inte är lämplig för den intervjuade organisationen.

För att vara välinformerad om det specifika fall som står i centrum för en specifik intervju är det viktigt att samla in vissa uppgifter i förväg, t.ex.:

1. Typ av återanvänd produkt
2. Geografiskt läge
3. Ansvariga parter
4. Offentligt tillgänglig information om ärendet

Intervjudel 1 - Kulturbärande frågor

Dessa frågor riktar sig primärt till personer som arbetar övergripande med hållbarhet och återbruk inom organisationer och företag. Dessa personer är inte nödvändigtvis engagerade i specifika projekt. Syftet med frågorna är att utvärdera/fastställa hur ledningens inställning till att arbeta med återbruk påverkar organisationen.

[FÖRTYDLIGA i början vår definition av återbruk]

Teman:

Generellt

1. **Din roll i företaget**
 - Hur länge har du arbetat på företaget
 - Hur länge har du arbetat i din nuvarande roll
2. **Din erfarenhet** [vi vill fånga vad man har för bakgrund innan man började med återbruksfrågor OCH erfarenheten angående återbruksfrågor]
 - Har du arbetat med återbruksfrågor i arbetslivet tidigare
 - Vad har du för utbildning i grunden
 - Hur har du lärt dig om återbruk
 - Har du fått utbildning genom ditt nuvarande eller dåvarande företag

Drivkrafter

1. **Tycker du (personligt och professionellt) att hållbarhet är viktigt?**
 - Om Ja- varför tycker du det är viktigt?
2. **Tror du återbruk kommer bli vanligare i framtiden?**
3. **Vilka krafter tror du driver branschen mot återbruk?**
4. **Vad upplever/tror du är de största bromsklossarna för återbruk i branschen?**

Företagskultur

1. Arbetar ditt företag aktivt för att hitta nya vägar till återbruk eller arbetar ni efter beprövade metoder?
 - Har ni några policydokument kopplat till detta (eller till hållbarhetsarbetet)?
2. Hur uppfattar du ledningens syn på återbruk (eller hållbarhet)?
3. Hur planerar ni som fastighetsägare/byggföretag/arkitekt/konsult/osv att kravställa kring återbruk vid upphandling?
 - Vad hade underlättat kravställning kring återbruk vid upphandling
4. Vilka incitament (ekonomiska eller andra) ser ni att arbeta med återbruk?
5. Upplevs återbruk (eller hållbarhet) som prioriterat i företaget? Skulle det få kosta lite mer med återbrukat material än med nyproducerat?
6. Vad anser ni vara den enskilt viktigaste frågan som måste hanteras för att möjliggöra återbruk i stor skala?

Projekt (case) eller portfölj specifikt

1. Finns krav på återbruk från era kunder?
2. Upplevs frågor om återbruk som något positivt av samarbetspartner, eller mer som besvärligt?
3. Vilka är era mål inom projektet/projektportfölj?
4. Vilka kontakter har ni (t.ex. med återbruksföretag)
5. Vilka saker är enklare/svårare än du trodde de skulle vara?
 - Har det funnits planer på återbruk som ni fått ge upp på grund av att det har varit för svårt (eller kostsamt) att genomföra? Om Ja- vad var det som gjorde det för svårt?
7. Har du tips till andra som skulle vilja komma igång med återbruk? Vad krävs för att lyckas med återbruk?
8. Lämnar ni eget "avfall" till återbruk i samband med överbliven material från nybyggnation eller renovering
9. Ibland har mindre företag inte så konkreta mål med hållbarhet under ett uppdrag och i sådana fall har ni en egen prioriteringslista för saker ni erbjuder eller tipsar om kring hållbarhetsfrågor?

Avslutande ord

1. Vill du lägga till något?
2. Kan vi återkomma om det behövs?

Bilaga 3: Intervjuguide – fallstudier

Övergripande intervjuguide

Inledande text

Frågorna grupperas tematiskt. Observera att de frågor som lyfts fram i **BLÅ** är kärnfrågor som bör ställas i varje intervju för att underlätta jämförelser mellan fall. I vissa fall kan svaret vara att frågan inte är lämplig för den intervjuade organisationen.

För att vara välinformerad om det specifika fall som står i centrum för en specifik intervju är det viktigt att samla in vissa uppgifter i förväg, t.ex.:

1. Typ av återanvänd produkt
2. Geografiskt läge
3. Ansvariga parter
4. Offentligt tillgänglig information om ärendet

Intervjudel 2 – Projektspecifika frågor (får anpassas för varje fall)

Dessa frågor riktar sig primärt till personer som arbetat inom ett specifikt projekt och varit involverad i arbetat med att återbruka specifika produkter/material. Syftet med frågorna är att utvärdera/fastställa hur brandtekniska egenskapskrav hanterats avseende produkterna/materialen.

Generellt

1. **Din roll i företaget**
 - Hur länge har du arbetat på företaget
 - Hur länge har du arbetat i din nuvarande roll
2. **Din erfarenhet** [vi vill fånga vad man har för bakgrund innan man började med återbruksfrågor OCH erfarenheten angående återbruksfrågor]
 - Har du arbetat med återbruksfrågor i arbetslivet tidigare
 - Vad har du för utbildning i grunden
 - Hur har du lärt dig om återbruk
 - Har du fått utbildning genom ditt nuvarande eller dåvarande företag

Projektspecifika frågor

Produktspecifika frågor

1. **Har ni i projektet eller i något tidigare projekt försökt återbruka någon produkt med brandteknisk klass?**
 - Vilken/vilka produkter handlade det om?
 - Vilka brandtekniska krav gällde för produkten?
 - Var fick ni tag på det återbrukade produkterna? Extern marknadsplats, företagsinternt?
 - Hur stora mängder av aktuell produkt återbrukade ni?
2. **Gick det bra eller dåligt?**
 - Vad gjorde att det gick som det gick?
 - Vilka hinder/frågor stötte ni på?
3. **Hur beaktade ni teknisk livslängd avseende den/de återbrukade produkterna/materialen?**

4. Har den brandtekniska klassen påverkat hur man hanterat produkten vid rekonditionering?
5. Hur verifierade ni de återbrukade produkterna väsentliga egenskaper (t.ex. brand, bärande, hälsa, miljö)? Hade produkten även andra tekniska egenskapskrav kopplade till sig (t.ex. akustik)?
6. Hur har ni hanterat garantifrågorna gällande produkten?
7. **Var det några produkter ni hade velat återbruka men inte kunde?**
 - Av vilken anledning gick det inte?

Processspecifika frågor

1. Vad innebar det ekonomiskt att använda den återbrukade produkten?
2. I vilket projekteringskede kom frågan om återbruk upp för den specifika produkten?
3. Vad finns det för krav att återbruka från era beställare/kunder (eller varför valde ni att arbeta med återbruk från början)?
4. Hur har ni hanterat logistikkedjan i ert projekt?
5. **Vilka produktgrupper ser ni ett behov av/möjlighet att återbruka?**

Generella frågor

1. Vad har ni tagit med er för lärdomar till nästa gång? Vilka tips vill ni ge till andra som vill återbruka?
2. **Vad anser du vara den enskilt viktigaste frågan som måste hanteras för att möjliggöra återbruk i stor skala?**

För projekt där brandtekniska produkter återbrukats: be om kontaktuppgifter till brandkonsult för frågor om förenklad/analytisk dimensionering

Projektgrupp



LUNDS
UNIVERSITET

RI
SE

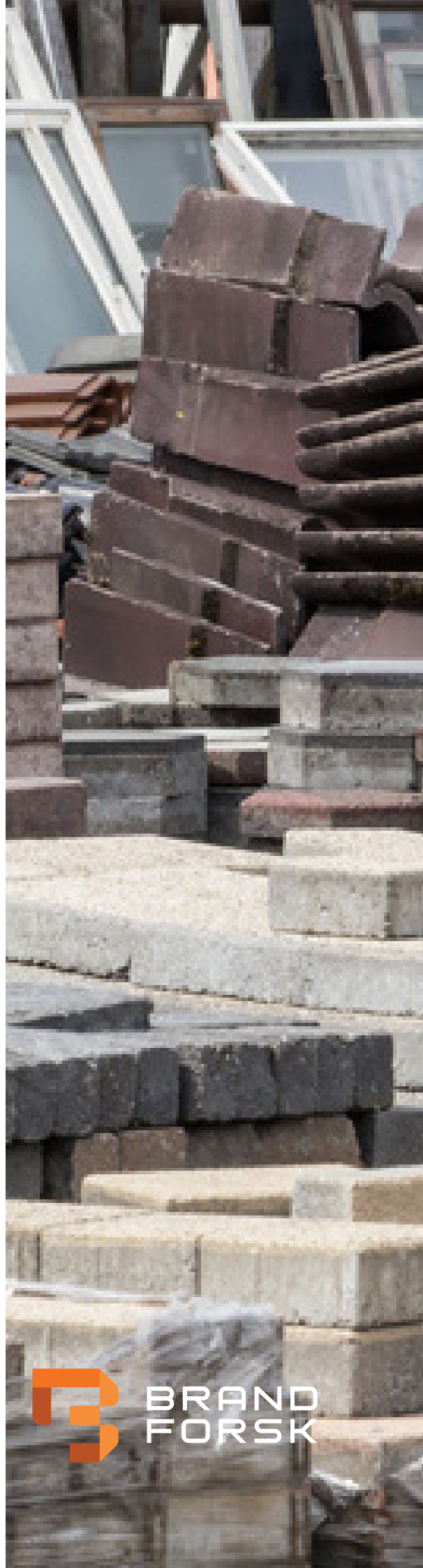
SKANSKA

BENGT
DAHLGREN

Brandforsks verksamhet möjliggörs av stöd från olika organisationer i samhället. Läs mer om våra stödorganisationer på www.brandforsk.se

The logo for Brandforsk, consisting of a stylized orange 'B' followed by the text 'BRAND FORSK' in a bold, sans-serif font.

BRAND
FORSK



Stödorganisationer

under 2022 då detta projekt beviljades

Akademiska hus • Bengt Dahlgren Brand & Risk • BIV Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap • Brand och Bygg Sverige AB • Brandkåren Attunda Brandskyddsföreningen • Brandskyddsföreningen Gävleborg Brandskyddsföreningen Skaraborg • Brandskyddsföreningen Södermanland Brandskyddsföreningen Värmland • Brandskyddsföreningen Väst Brandskyddsföreningen Västernorrland • Brandskyddslaget • Brandutredarna Eld & Vatten • Folksam • Försäkrings AB Göta Lejon • GellCon • If Skadeförsäkring Kingspan Insulation AB • Kiruna Räddningstjänst • Kristianstads Räddningstjänst Kommunassurans Syd Försäkrings AB • Lantmännen • MSB, myndigheten för samhällsskydd och beredskap • NBSG, Nationella Brandsäkerhetsgruppen • NCC Försäkring AB Nerikes Brandkår • Region Stockholm • Trafikförvaltningen • Riksantikvarieämbetet RISE, Research Institutes of Sweden AB • Räddningstjänsten Boden • Räddningstjänsten Kalix Räddningstjänsten Karlstadsregionen • Räddningstjänsten i F-län/Räddsam F Räddningstjänsten Luleå • Räddningstjänsten Oskarshamn • Räddningstjänsten Skinnskatteberg • Räddningstjänsten Syd • Räddningstjänsten Östra Götaland • Räddningstjänsten Mitt Bohuslän • Scania CV AB • St Erik Försäkrings AB • Stanley Security • Sparia Försäkringsbolag • Stockholms Stads Brandförsäkringskontor • Storstockholms Brandförsvär • Sveriges brandkonsultförening • Södertörns brandförsvärsförbund Södra Dalarnas Räddningstjänstförbund • Södra Älvsborgs räddningstjänstförbund Trafikverket • Trygg-Hansa • Uppsala brandförsvär • Värends Räddningstjänst Västra Sörmlands Räddningstjänst • Östra Skaraborg Räddningstjänst

Insamlingsstiftelsen Brandforsk verkar för ett brandsäkert samhälle byggt på kunskap. Det gör vi genom att initiera och finansiera kunskapsutveckling inom området brandsäkerhet, och vi arbetar för att sprida den kunskapen så att den ska göra nytta.

Vi finansierar detta med insamlade medel från våra stödorganisationer som på så sätt bidrar till vår vision om **“Ett brandsäkert och hållbart samhälle byggt på kunskap”**

Brandforsk

info@brandforsk.se, www.brandforsk.se

