

Hållbar hantering av byggavfall, återbruk av brandklassade produkter

Margaret McNamee
Therése Göras
Cecilia Wetterqvist
Karolina Lundh
Per Blomqvist
Susanne Blomqvist

BRANDFORSK
2021:7



BRAND
FORSK

Referensgrupp

Mattias Delin, Brandforsk

Maria Glädt, White Arkitektur

Andreas Hägg, NCC

Lotta Zachrisson, PEAB

Anna Bernstad Saraiva, Akademiska hus

Anneli Kouthoofd, SBUF

Brandforsk återpublicerar projektrapporten från Lunds universitet, som även publiceras på deras hemsida www.lu.se för referens.

"Investigating machine learning for fire sciences – literature review and examples"

www.rise.se

BRANDFORSK

2021:7

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

Margaret McNamee^a, Therése Göras^b, Cecilia Wetterqvist^c, Karolina Lundh^c, Per Blomqvist^d och Susanne Blomqvist^d

Rapport 3241

ISRN: LUTVDG/TVBB--3241--SE

Antal sidor/Number of pages: 86 (inklusive bilagor)

Illustrationer/Illustrations: 22

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 ger en översikt av forskning inom återbruk av material och produkter med fokus på dem med brandtekniska krav. Dessutom presenteras schablonmässig materialanvändning i vanliga byggnader och en genomgång av gällande lagstiftning och dess påverkan på möjligheten att återbruka material och produkter med tillhörande brandtekniska krav. Slutligen presenteras en möjlig metod att införa mer storskaligt återbruk av dessa material och produkter.

© Copyright:

Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2021

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2021

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 14009) och Brandforsk (projektnummer 721 001) vilket uppmärksammas tacksamt. Projektgruppen har bestått av Margaret McNamee (projektledare, LTH), Therese Göras (projektägare, Skanska), Cecilia Wetterqvist och Karolina Lundh (Bengt Dahlgren Brand & Risk) samt Per Blomqvist och Susanne Blomqvist (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:

Mattias Delin, Brandforsk

Maria Glädt, White Arkitektur

Andreas Hägg, NCC

Lotta Zachrisson, PEAB

Anna Bernstad Saraiva, Akademiska hus

Anneli Kouthoofd, SBUF

Projektgruppen vill också tacka följande kollegor för stöd i datahämtning och värdefulla diskussioner:

Nils Olsson, Bengt Dahlgren Brand & Risk

Maria Perzon, Bengt Dahlgren Brand & Risk

Anton Zita, Bengt Dahlgren Brand & Risk

Axel Mossberg, Bengt Dahlgren Brand & Risk

David Gustafsson, Skanska

Lund, 2021.

Sammanfattning

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 byggnadssektorn är dock stor. 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 vi ska lyckas uppnå uppställda mål, t.ex. då står byggnadssektorn för mer än en tredjedel av allt avfall som genererades i Sverige. Det finns flera sätt att minska mängden avfall, t.ex.:

- Minska mängden som produceras genom effektiv materialanvändning,
- Material- eller energiåtervinning, samt
- Återbruk av material och produkter.

Återbruk är särskilt intressant då det finns stor potential till klimatsmarta lösningar. Det pågår flera initiativ som riktar sig särskilt till att undersöka möjligheten till storskaligt återbruk men dessa har oftast haft sitt fokus på att återbruka produkter som inte har några särskilda prestandakrav gällande brand kopplade till dem. Arbetet som presenteras i denna rapport har därför lagt sitt fokus på material och produkter med tillhörande brandtekniska krav. En stor del av strukturen (dvs material, produkter och konstruktionen) i en byggnad har någon typ av brandtekniskt krav kopplat till sig. Återbrukande av dessa produkter är därför högst relevant att studera då de oklarheter som finns kopplade till möjligheterna för återbruk till stor del hindrar återanvändning av dessa produkter idag.

Projektet har genomförts i två huvudsakliga delar, del 1 bestående av en litteraturstudie och översikt av materialanvändning i vanliga byggnader idag och del 2 bestående av en genomgång av gällande regelverk. Litteraturstudien visar att det finns en del forskning kopplat till återbruk av vissa byggnadsmaterial och produkter, men ytterst lite kring återbruk av produkter där man tagit hänsyn till brandtekniska krav. Översikten av materialanvändningen visar att en stor del av klimatpåverkan ligger i byggnadens stomme. Genom kloka val av stommaterial samt återvinning av betydande produkter som betongelement kan klimatpåverkan av byggnaden minskas avsevärt.

Översikten av byggregelverk visar att det finns möjlighet att återbruka material och produkter idag, även sådana som har tillhörande brandtekniska krav, men att detta kräver god kännedom om regelverk och tidig inkludering av återbruksmål i byggprojekten. För att lyckas med återbruk i större skala krävs kompetens, engagemang och en ambition att hitta nya lösningar. Det kräver i sin tur att alla aktörer är beredda att bidra och delvis ändra invanda arbetsmönster. Även om det finns en ambition från början att få med återbruk i ett byggprojekt, saknas det fortsatt ett välfungerande innovationssystem vilket innebär att det kan bli svårt att få tag i återbrukade material och produkter.

Ett storskaligt återbruk av byggprodukter kräver certifikat på kända egenskaper som utfärdas av ett certifieringsorgan. Det finns några olika sätt att uppnå detta mål, men samtliga kräver ett verifieringssystem som ger motsvarande säkerhet som en harmoniserad europeisk standard. Alternativen är då att ta fram ett

verifieringssystem som ger möjlighet till CE-märkning, eller att ta fram ett nationellt system som ger möjlighet till ett typgodkännande eller annan märkning. Utifrån dagens regelverk är det dock inte enkelt att dimensionera brandskydd med återbrukade produkter. För att dimensionera brandskyddet i en byggnad med återbrukade produkter bedöms det därför i många fall medföra krav på analytisk dimensionering. Flera av produkterna som identifierats dominera klimatpåverkan i byggande är dock obrännbara och brandegenskaperna väntas vara beständiga i stor utsträckning under förutsättningen att de inte deformerats eller skadats på annat sätt.

Det finns dock flera olösta frågor kopplat till återbruk av material och produkter (båda med och utan tillhörande brandtekniska krav i flera fall), d.v.s. försäkringsfrågor, kvalitetsfrågor, åldringsbeständighet, m.m. Ett bra sätt att lösa sådana frågor är genom pilotfall där man löser frågorna för specifika projekt för att sedan generalisera lösningarna. Projektet vars resultat presenteras här genomfördes som en förstudie med förhoppning om fortsättning för att pröva möjliga system för återbruk i verkliga byggprojekt.

På kort sikt är det viktigt, när det gäller återbruk av material och produkter med tillhörande brandtekniska krav, att skapa en tydlighet i processer för att underlätta hantering av återvunnet byggavfall baserat på de förslagen som diskuterats här. Vidare finns ett tydligt behov av att skaffa erfarenhet från faktiska byggprojekt där återbruk av produkter med brandtekniska egenskapskrav planeras. Att följa sådana projekt och undersöka hur återbruk faktiskt implementeras kommer ge insikt i hur en process kan lyftas från en skrivbordsprodukt till någonting som är praktiskt användbart.

Summary

The building sector is very important for Sweden and the Swedish economy. According to The Swedish Centre for Innovation and Quality in the Built Environment, the Swedish building and construction sector has an annual turnover of approximately 1 000 billion kronor and employs some 550 000 workers. Further, the trade organization states that the value of the built environment in Sweden is approximately 6 000 billion kronor. In other words, the built environment is estimated to equate to approximately half of the nation's combined wealth. The climate impact of the built environment is great. Given the size of the sector's impact, there is a significant potential for improvement through change of standard practice and modernization. In 2017, the Swedish government determined that despite numerous ongoing initiatives, it is imperative that Sweden increase the present level of activity if we are to succeed with stated goals, e.g. as the building sector is responsible for more than one third of all waste generated in Sweden annually. There are several main ways to reduce the amount of building waste, e.g.:

- Reduce the amount of waste produced in the first place by efficient use of material,
- Material or energy recycling, and
- Resue of material and products.

Reuse is particularly interesting as there is a significant potential for climate smart solutions. There are presently several ongoing projects investigating the potential for large scale reuse of building material and products but these have often had their focus on the reuse of products that do not have any particular fire safety requirements associated with them. The work presented in this report has therefore focused on material and products with fire safety requirements associated with them. A large part of the structure (i.e. the material, products and construction itself) in a building have fire safety requirements coupled to their design and use. It is of particular interest to focus on these products as there are uncertainties concerning whether it is legally possible to reuse such products or to identify which obstacles presently exist concerning their reuse.

The project has been divided into two main parts: part 1 comprised of a literature study and an overview of material use in typical buildings today; and, part 2 comprised of a thorough review of the regulations coupled to the use and reuse of building materials and products. The literature study has shown that while there is literature available concerning the reuse of certain building material and products, very little published work has investigated the impact of fire safety requirements on the potential for product or material reuse. The overview of material use shows that a large part of the climate impact of buildings is associated with the building structure. Intelligent selection of construction material and reuse of products such as concrete elements have the potential to significantly reduce the climate impact of a building.

The overview of building regulations shows that large scale reuse of material and products is possible under the present regulatory framework, even for products with fire safety regulation associated with them, but that this requires a solid working knowledge of the building regulations and early inclusion of reuse as a building objective. To succeed with reuse in large scale will require an improved understanding of the existing possibilities and an ambition to find new solutions. This will require stakeholders to be willing to develop and use some new methods to find new solutions. Even if there is an ambition to include reuse in a building project, some parts of the innovation system are still lacking which means that it can be difficult to obtain sufficient volumes of material and products needed for large building projects.

Large scale reuse of building products will require certificates of known properties from a certified body. There are a number of ways to achieve this goal, but all will require a verification system that given a level of safety corresponding to a harmonized European standard. The alternative is to develop a certification system that makes it possible to issue CE-marks, or an equivalent national system for type approval. Based on present regulations, it is not clear how to design fire protection using reused products. Design of the fire protection for a building with reused products will, therefore, in many cases require analytical performance-based design. Several of the products identified as dominating the climate impact of buildings are, however, non-flammable and the fire performance of these products is expected in many cases to be maintained over time provided they have not been damaged in some way.

There are, however, still numerous questions connected to reuse of material and products (both those with and without associated fire safety requirements), e.g. insurance of such products, quality assurance, aging, etc. One method that is suitable to explore these questions is through pilot case studies. In such case studies, the questions can be resolved for a specific case and then the potential for generalization explored. Indeed, the results presented in this report were developed as part of a preparatory study to investigate the potential for such case study research and generalization of findings. It is the project group's intention that the results will argue eloquently for the need for continued studies centered around specific building projects.

In the short term it is important, for the reuse of material and products with associated fire safety requirements, to create clear processes to support the management of reused building waste based on the proposals presented in this report. Further, there is a clear and pressing need to obtain more experience from actual building projects where reuse of material and products with associated fire safety requirements is planned. Research following such project to investigate how reuse is actually implemented will give insights to a process that can be moved from a tabletop exercise to something applicable in real life.

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Summary	7
Lista över figurerna i rapporten	11
Lista över tabellerna i rapporten	12
1 Inledning.....	13
1.1 Syfte	15
1.2 Metod.....	15
1.3 Begränsningar och avgränsningar	17
1.4 Definitioner.....	17
1.5 Rapportens disposition	18
2 Hållbara affärsmodeller.....	19
2.1 Introduktion.....	19
2.2 Cirkulär ekonomi	21
3 Litteraturstudie.....	23
3.1 Metod.....	23
3.2 Resultat	24
3.2.1 CIB Task Group 39.....	25
3.2.2 Konferenspublikationer	27
3.2.3 Journal publikationer.....	28
3.2.4 Tekniska rapporter	32
4 Materialanvändning vid byggnation.....	37
4.1 Beräkna byggnadens klimatavtryck	37
4.1.1 Metod klimatberäkningar	37
4.1.2 Byggnader med stomme av betong.....	37
4.1.3 Byggnader med stomme av stål	39
4.1.4 Byggnader med stomme av trä	39
4.2 Återbruk av produkter	40
4.3 Klimatpåverkan för olika val av brandskyddsmetod.....	41
4.4 Diskussion och slutsatser	42
5 Översikt av relevant regelverk	43
5.1 Regelverk.....	43

5.1.1	Plan- och bygglagen (2010:900) (PBL) och Plan- och byggförordningen (2011:338) (PBF)	43
5.1.2	Byggproduktförordningen (CPR)	44
5.1.3	Boverkets författningssamling (BFS)	44
5.1.4	Boverkets Byggregler (BBR).....	44
5.1.5	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD)	47
5.1.6	Boverkets allmänna råd om brandbelastning (BBRBE)	48
5.1.7	Boverkets konstruktionsregler (EKS).....	48
5.1.8	Lag om skydd mot olyckor (LSO 2003:778) samt Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:3)	49
5.1.9	Byggherrens ansvar inom ramen för studerade regelverk.....	49
5.2	Produktgodkännanden och märkning.....	50
5.2.1	CPR, CE-märkning och prestandadeklaration	50
5.2.2	Typgodkännande och tillverkningskontroll.....	51
5.2.3	Certifieringsorgan och certifikat.....	52
5.3	Äldre ”praxis”	52
5.4	Identifierade hinder och möjligheter för återbruk i gällande regelverk	53
5.4.1	Identifierade hinder avseende material- och produkttegenskaper	53
5.4.2	Identifierade hinder avseende brandteknisk dimensionering av byggnader	54
5.4.3	Möjligheter avseende hantering av produkters kända egenskaper.....	54
5.4.4	Möjligheter avseende brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter	56
6	Diskussion.....	57
6.1	Varför återbrukas inte mer material idag?.....	57
6.2	Vad behövs för att skala upp återbruket?	57
6.3	Utveckling av innovationssystemet kring återbruk	58
6.4	Möjliga metoder avseende storskaligt återbruk med certifierat verifieringssystem	59
6.5	Möjlig metod avseende brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter.....	61
7	Slutsatser och forskningsbehov.....	64
8	Referenser.....	67
	Bilaga A – LUBsearch databaser.....	72
	Bilaga B – Detaljerad sökresultat.....	74
	Bilaga C – Samtliga artiklar som ingått i den längre granskningen av litteraturen.....	79

Lista över figurerna i rapporten

Figur 1: Avfallsmängder i Sverige fördelat på bransch i Mton (Source: http://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Statistik-A-O/Avfallsmangder/ . Återgiven under Creative Commons licens.)	14
Figur 2: Schematisk bild av avfallshanteringstrappa baserad på EU:s avfallshanteringsstrategi (EC, 2010).	14
Figur 3: Fördelning flerfamiljshus i Stor-Stockholm baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]	20
Figur 4: Fördelning flerfamiljshus i Stor-Göteborg baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]	20
Figur 5: Fördelning flerfamiljshus i Stor-Malmö baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]	21
Figur 6: Schematisk beskrivning av linjär ekonomisk modell.....	21
Figur 7: Schematisk bild som visar biologisk och teknisk cirkulär ekonomi. Reproduceras med tillåtelse av CirEko. Baserat på förlaga från Ellen McArthur Foundation (Ellen McArthur Foundation, 2021).	22
Figur 8: Schematisk bild som visar relationen mellan linjär och cirkulär ekonomi. Omarbetad från (Geissdoerfer et al., 2020).	22
Figur 9: Översikt över metod i samband med litteraturstudien. Omarbetat från (Pagnon Eriksson and Johansson, 2020).	24
Figur 10: Olika byggnadsdelar i en typisk bostad, oavsett om det är hus eller lägenhetshus. Modifierad från (Hechler et al., 2012) med input från (Heinsoo and Westerbring, 2016).	27
Figur 11: Schematisk bild som visar på utvärdering av stål för återbruk i Japan, fritt översatt från (Fujita and Masuda, 2014)	29
Figur 12: Schematisk process för att välja hur man ska hantera stål återbruk i samband med att en byggnad nått slutet på sin livscykel. Fritt översatt från Coelho et al. (2020).	34
Figur 13: Exempel på klimatbelastning per byggdel för ett hus med betongstomme.	38
Figur 14: Exempel på andel utsläpp per livscykelmodul för hus med betongstomme.	38
Figur 15: Exempel på klimatbelastning per byggdel för ett hus med trästomme.	39
Figur 16: Exempel på andel utsläpp per livscykelmodul för hus med trästomme.	40
Figur 17: Klimatpåverkan för olika brandskyddsmetoder av stålpelare i en kontorsbyggnad med 6 plan..	41
Figur 18: Översikt hierarki berörda regelverk.	43
Figur 19: Schematisk bild av struktur och funktions som finns i en TIS. Omarbetad från (Bergek et al., 2008) och (Hellsmark and Jacobsson, 2009).	59
Figur 20: Schematisk bild som visar alternativ för verifieringssystem för en återbrukad byggprodukt.	60
Figur 21: Principschema för metodik vid brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter.	63
Figur 22: Skiss som visar på utveckling av möjligheten till återbruk av brandtekniska produkter.	65

Lista över tabellerna i rapporten

Tabell 1: Sammanfattning av nyckelbegrepp.....	17
Tabell 2: Rapportens disposition.....	18
Tabell 3: Sammanfattning av sökord använda i de olika databaserna. Se Bilaga B för detaljerad information om kombinationerna av sökord som användes.	23
Tabell 4: Sammanfattning av system för att kunna klassificera byggnadsdelar för återbruk, fritt översatt från (Iacovidou and Purnell, 2016).	31
Tabell 5: Sammanställning av hinder för återbruk inom byggsektorn. Omarbetat från Brismark (2020).	35
Tabell 6: Sammanställning av AVCP-system för tillverkare och anmält organ.....	51

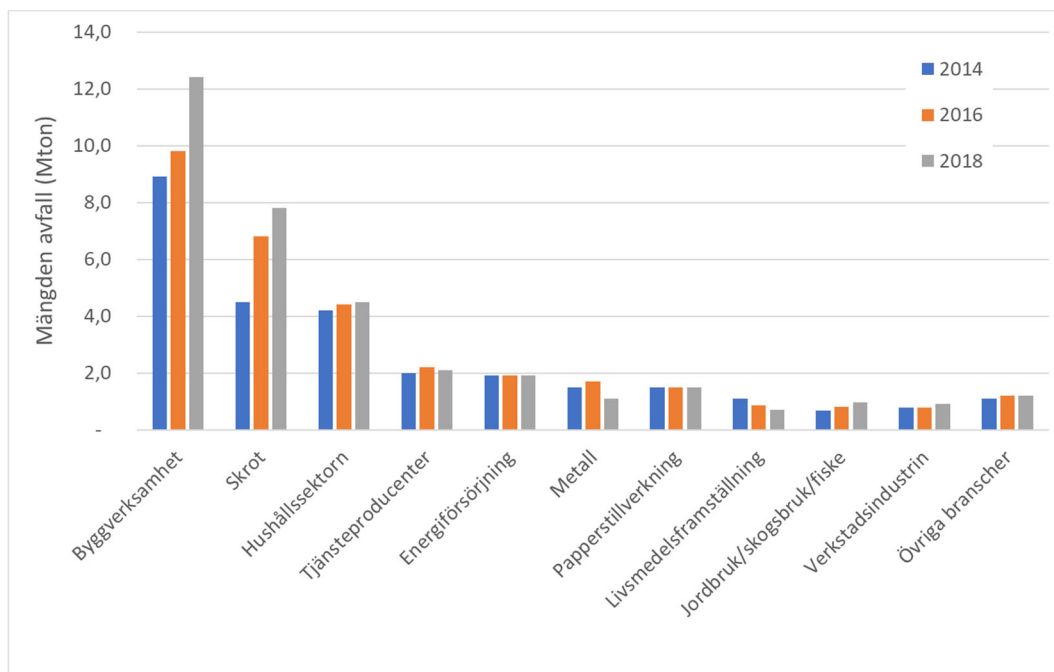
1 Inledning

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-equiv 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.

År 2016, publicerade Förenta nationerna (FN) Agenda 2030 med 17 mål till stöd för hållbar utveckling (A/Res/70/1). Inom den byggda miljön krävs minskad och förändrad materialanvändning. Särskilt mål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 12 (Hållbar konsumtion och produktion) är relevanta när vi tänker på byggsektorn. Att nå mål om minskad miljöpåverkan av byggsektorn kräver förändring på många sätt (Meacham and McNamee, 2020). Till 2030 har EU som mål att 70% av allt avfall ska återbrukas, materialåtervinnas eller nyttjas på annat sätt (EC, 2010). Återvinning av material i byggsektorn uppskattas av Boverket till ca 50% även om dataunderlaget är ganska osäkert. Men detta räcker inte för att nå miljökvalitetsmålen ”God bebyggd miljö” och ”Giftfri miljö”, utan 70% återvunnet avfall till 2020 krävs för att uppnå dessa mål och läget bör anses vara akut (Boverket, 2020a). Största delen av rivningsavfallet från byggsektorn hamnar som fyllnadsmaterial inom infrastrukturprojekt, och endast 10% återbrukas som konstruktionsmaterial (Nguyen and Péter, 2019).

Under 2017 konstaterade Sveriges regering att trots att det pågår många bra initiativ angående resurshantering i Sverige måste aktivitetstakten öka om vi ska lyckas uppnå uppställda mål (Naturvårdsverket, 2017). Byggsektorn stod för mer än en tredjedel av allt avfall som genererades inom Sverige 2018, se Figur 1, och mängden 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.



Figur 1: Avfallsmängder i Sverige fördelat på bransch i Mton (Source: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Avfallsmangder/>. Återgiven under Creative Commons licens.)

Hållbar hantering av byggnadsavfall rymmer flera hanteringsvägar. Inom EU regleras och rekommenderas flera olika typer av angreppssätt för att minska avfall, en så kallad avfallstrappa eller avfallspyramid, se Figur 2. Översta steget i trappan gäller undvikande av att material blir till avfall, därefter återbruk av material, återvinning av material och energi, och slutligen deponi (EC, 2010). Bara för ett par år sedan skedde det ytterst lite utveckling kring införande av återbruk av byggmaterial (Nguyen and Péter, 2019) numer pågår många aktiviteter som visas i rapporten men fortfarande saknas mycket kopplat till brandtekniska krav. Det finns troligtvis flera anledningar till att återbruk införts relativt långsamt inom byggbranschen, inte minst hanteringskostnader men kunskapsbrist om möjligheterna är stor och informationsbrist leder till att många möjligheter missas.



Figur 2: Schematisk bild av avfallshanteringstrappa baserad på EU:s avfallshanteringsstrategi (EC, 2010).

Det pågår idag flera initiativ där man undersöker möjligheten till återbruk och återvinning av material och produkter från byggen. Det finns flera hinder i de fall där det finns byggtekniska krav på prestanda som kan ha förändrats sedan materialet eller produkterna togs i bruk, t.ex. akustik, kemikalieanvändning, mm.

Andra pågående initiativ inom bl.a. Centrum för Cirkulärt Byggande har haft ett fokus på dessa byggtekniska krav. Stora delar av en byggnad (dvs material, produkter och konstruktionen) har dock också någon typ av brandtekniskt krav kopplat till sig. Likt andra områden finns potential för återbruk av material och produkter med brandtekniska krav men det finns flera frågor som behöver redas ut innan det blir möjligt. Det är till exempel oklart hur ett brandtekniskt krav ska verifieras då kravet i normalfallet verifieras genom brandteknisk typprovning och CE-märkning kopplat till en produktstandard. En möjlig väg för vissa produkter skulle kunna vara att genomföra enskilda stickprov för de produkter man avser återbruka, men då måste det säkerställas att den provning som genomförs är representativ för alla de produkter vars egenskaper man avser verifiera. Det är även oklart vilka brandprovningssmetoder som vid en begränsad verifiering är mest lämpliga för åldrade material och produkter. Certifierade kvalitetssystem med kontrollprogram och märkning för återbrukade byggprodukter är sannolikt nödvändigt för ett effektivt storskaligt återbruk.

Utöver detta sker ständiga förändringar i byggreglerna kopplat till brandskydd, vilket har effekt på möjligheten till återbruk. Exempelvis infördes 2012 tilläggsklasser för röktäthet hos dörrar mot utrymningsvägar och trapphus, vilket innebär att en lägenhetsdörr i en byggnad som är äldre än 2012 sannolikt inte kan användas som lägenhetsdörr i en ny byggnad idag utan att åtgärder vidtas för att förbättra dörrens röktäthet. Ett exempel på sådan åtgärd skulle vara att säkerställa en tät tröskel och sedan verifiera att kravet är uppfyllt genom så kallad analytisk dimensionering. Det finns dock inga direkta vägledningar eller standardiserade tillvägagångssätt kring hur en verifiering av denna typ av åtgärd ska genomföras.

På grund av dessa brister sker idag endast återbruk av material där det inte föreligger brandtekniska krav kopplat till deras användning. Ska samhället nå 70% återvunnet avfall är det nödvändigt att lösa dessa frågor för att stödja etablering av en cirkulär ekonomi.

1.1 Syfte

Mot bakgrund av ovanstående problemställningar krävs det ett omfattande arbete med att ta fram metoder för storskaligt återbruk. Detta projekt utgör en förstudie med syfte att:

- Kartlägga vilka produkter och material med tillhörande brandtekniska krav som passar för återbruk i stor skala i Sverige
- Undersöka kunskapsläget angående återbruk (med fokus på konstruktions- och rivningsavfall) av dessa material och produkter
- Kartlägga eventuella möjligheter och hinder i bygglagstiftningen

1.2 Metod

Projektet har genomförts som en förstudie inom området återbruk av brandklassade produkter. Projektet omfattar således två delar:

Del 1 – Litteraturstudie och kartläggning av produkter och material

Lärandet från pågående aktiviteter är viktigt varför projektet arbetat med att ta fram en översikt över pågående arbete internationellt med relation till återbruk av konstruktions- och rivningsavfall av produkter med tillhörande brandklassning. Litteratur söks genom LTHs omfattande databas över vetenskapliga publikationer (LUBsearch) samt genom Google scholar i första hand. Vidare genomfördes en kartläggning av vanligt förekommande produkter och material som finns inom det svenska konstruktions- och rivningsavfallsområdet baserat på data från pågående byggprojekt inom Skanskas verksamhet. Informationen som presenterats representera medelvärden för ett antal projekt för att göra den så allmän som möjligt. Input från referensgruppen användes också som del av kartläggningen av pågående aktiviteter.

Frågor som har undersöks i denna del sökte svar på flera frågor som t. ex.:

- Vilka material använder vi idag för att uppskatta möjligheten till storskalig återvinning?
- Vad vill vi kunna återbruka som inte går idag och varför?
- Hur påverkar åldring brandegenskaperna hos byggprodukter?
- Vilken process finns idag för att ta med återbruk i projekt, t.ex. hur hanterar man kvalitets och godkännande frågor idag och hur tar vi hänsyn till eventuella giftiga eller miljöfarliga tillsatser i produkter?
- Hur hanterar man dessa frågor internationellt?
- Hur skulle storskaligt återbruk avseende vissa produkter/material med brandtekniska krav kunna genomföras?

Del 2 – Analys av bygglagstiftningen

I denna del utfördes en genomgång av föreskrifter och allmänna råd i BBR avseende brandskyddsprojektering för att identifiera vilka material och produkter som eventuellt kan hindras från återbruk genom bygglagstiftningen. Syftet var att få fram ett underlag för att kunna rekommendera eventuella åtgärder för att underlätta återbruk av produkter och material där brandtekniska krav föreligger. Tolkning av gällande nationell och Europeisk bygglagstiftning genomfördes och förslag avseende metoder för säkra avsteg för att skapa förutsättningarna för storskaligt återbruk utvecklades.

Frågor som undersökts i denna del inkluderade bl.a.:

- Inom vilka föreskrifter i regelverket medför lagstiftningen ett hinder avseende återbruk för produkter generellt och identifierade produkter i del 1 i synnerhet?
- Hur kan dessa hinder hanteras?
- Hur hanteras de krav som ställs inom svensk lagstiftning, finns olikheter avseende problematik?
- Vad medför åldring av produkter ur ett bygglagstiftningsperspektiv (t.ex. jämförelse med nybyggnadskrav och ändringskrav)?

Flera medarbetare inom Skanska och Bengt Dahlgren som ingår i pågående initiativ kopplat till återbruk av installationer och material har intervjuats som input till båda delarna i projektet (se förordet).

1.3 Begränsningar och avgränsningar

Som en förstudie kommer projektet inte ha möjlighet att studera pågående byggprojekt och deras hantering av återbruk. Detta kommer vara ett fokus på ett uppföljningsprojekt om det beviljas. Vidare ligger utvecklingen av en process för storskaligt återbruk inom nästa projekt. Detta projekt angriper frågan om en sådan process endast översiktligt.

1.4 Definitioner

Projektet undersöker återbruk av produkter eller material. Inom detta område fokuserar vi 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 1.

Tabell 1: 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.
Energiåtervinning	En avfallshantering som innebär att materialet används som bränsle eller annan energikälla.
Materialåtervinning	En avfallshantering som innebär att materialet bryts ner (antingen kemiskt eller mekaniskt) så att den kan användas som input till nyttillverkning av material
Återbruk	En avfallshantering som innebär att material eller produkter från tidigare byggnader eller byggnadsprojekt kan efter rivning eller demontering kan användas igen med ett minimum av bearbetning. Det innebär att, t.ex. krossat betongrester i vägar är inte återbruk medan återanvändning av betongelement är återbruk.
Down-cycling	Återbruk av material eller produkter i enklare användningsområden än ursprungsanvändningen, t.ex. återbruk av en branddörr som en vanlig (ej brandklassad) innerdörr.
Up-cycling	Återbruk av material eller produkter i användningsområden som upplevs vara av högre kvalitet än vid ursprungsanvändningen.

1.5 Rapportens disposition

Arbetet inom projektet har i grova drag följt de två delarna beskrivna under §1.2 Metod. Under projektets gång, visade sig dock att det fanns ett behov av att lägga till en beskrivning av begreppen kopplade till cirkulär ekonomi för att contextualisera arbetet kring återbruk. Disposition sammanfattas i Tabell 2.

Tabell 2: Rapportens disposition.

Del	Kapitel
Del 1: Litteraturstudie och kartläggning av produkter och material	Kapitel 2: Cirkulär ekonomi
	Kapitel 3: Litteraturstudie
	Kapitel 4: Materialanvändning vid byggnation
Del 2: Analys av bygglagstiftningen	Kapitel 5: Översikt relevant regelverk
Sammanställning	Kapitel 6: Diskussion
	Kapitel 7: Slutsatser och forskningsbehov

2 Hållbara affärsmodeller

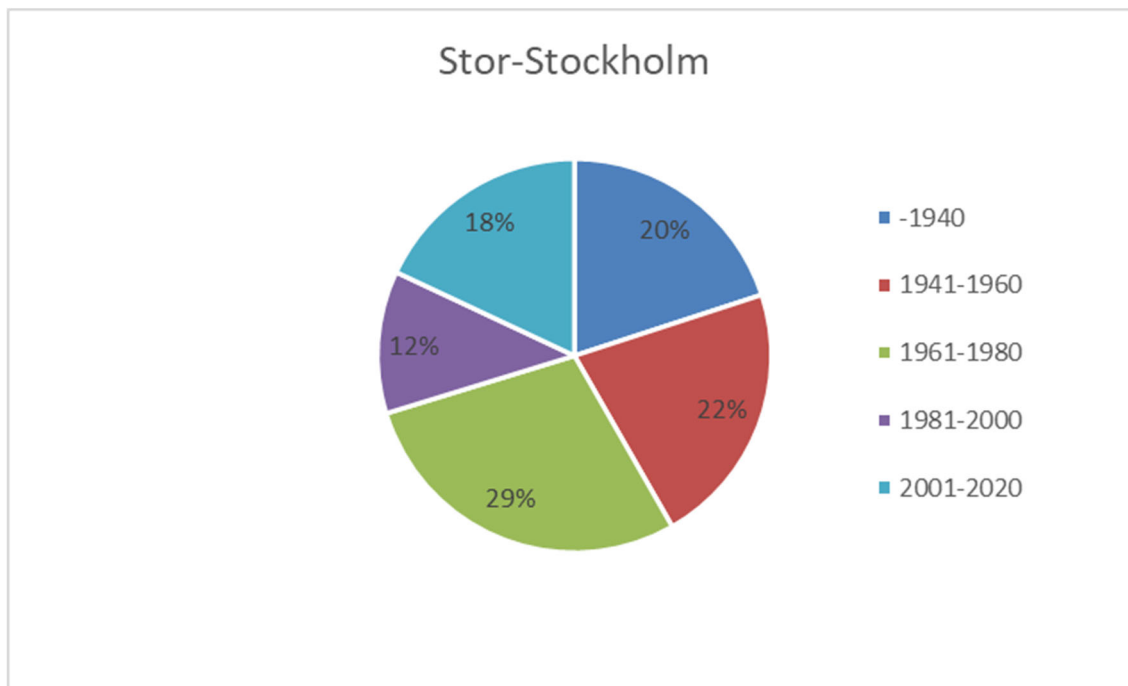
2.1 Introduktion

Den senaste IPCC rapporten konstaterar att observerade ökningar i växthusgaser sedan 1750 är utan tvekan p.g.a. mänsklig aktivitet (IPCC, 2021). Den observerade uppvärmningen av den globala yttemperaturen de senaste 200 åren saknar motstycke när man jämför med temperaturuppskattningar över mer än 2000 år. Det är angeläget att minska utsläpp av växthusgaser vilket har resulterat i ett flertal initiativ de senaste årtiondena, t.ex.:

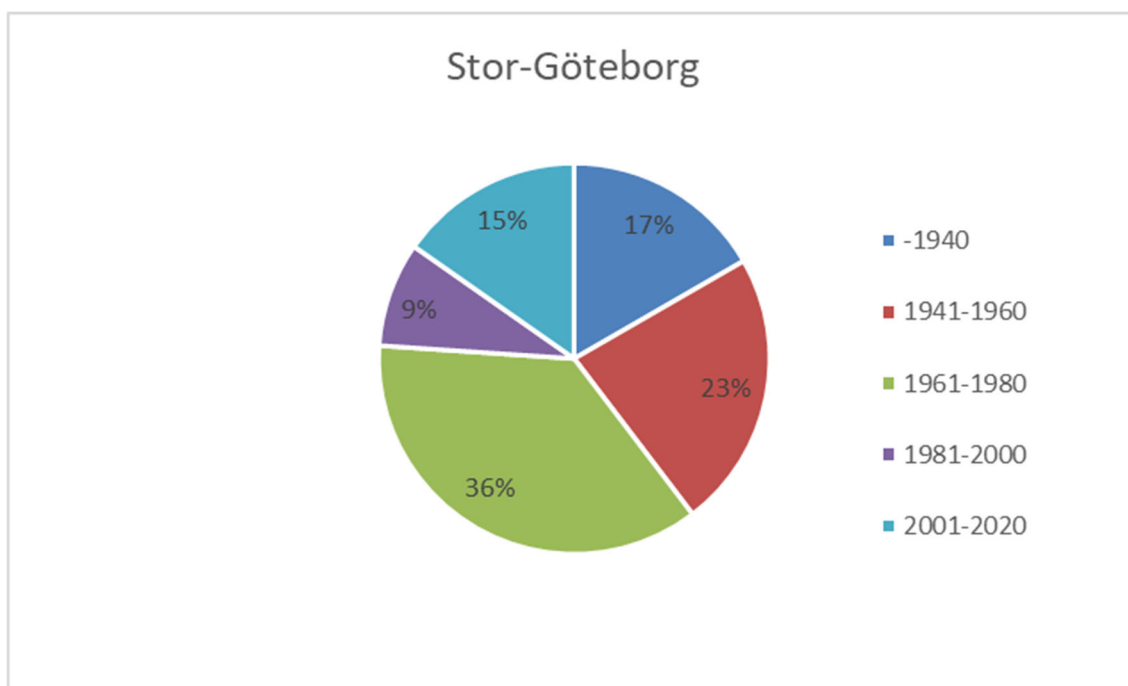
- 1987 Förenta nationerna (FN) skapar sin rapport om hållbar utveckling – Our Common Future (UN, 1987)
- 1992 den första FN konferensen om miljö och utveckling hålls i Rio de Janeiro, Brasilien – Earth Summit, skapar Rio-avtalet och Agenda 21
- 1999 beslutas Sveriges 15 miljö kvalitetsmål av Sveriges riksdag
- 2005 beslutas ett 16:e miljö kvalitetsmål av Sveriges riksdag
- 2010 Sveriges generationsmål beslutas
- 2015 FN antar Agenda 2030 och de 17 globala hållbarhetsmål
- 2017 beslutar Sveriges riksdag att införa systemet med etappmål
- 2019 presenterar EU sin Nya gröna giv för att skapa en hållbar framtid

Gemensamt bland dessa initiativ är insikten att det finns ett tydligt behov av hållbara mål och modeller för att stödja dessa.

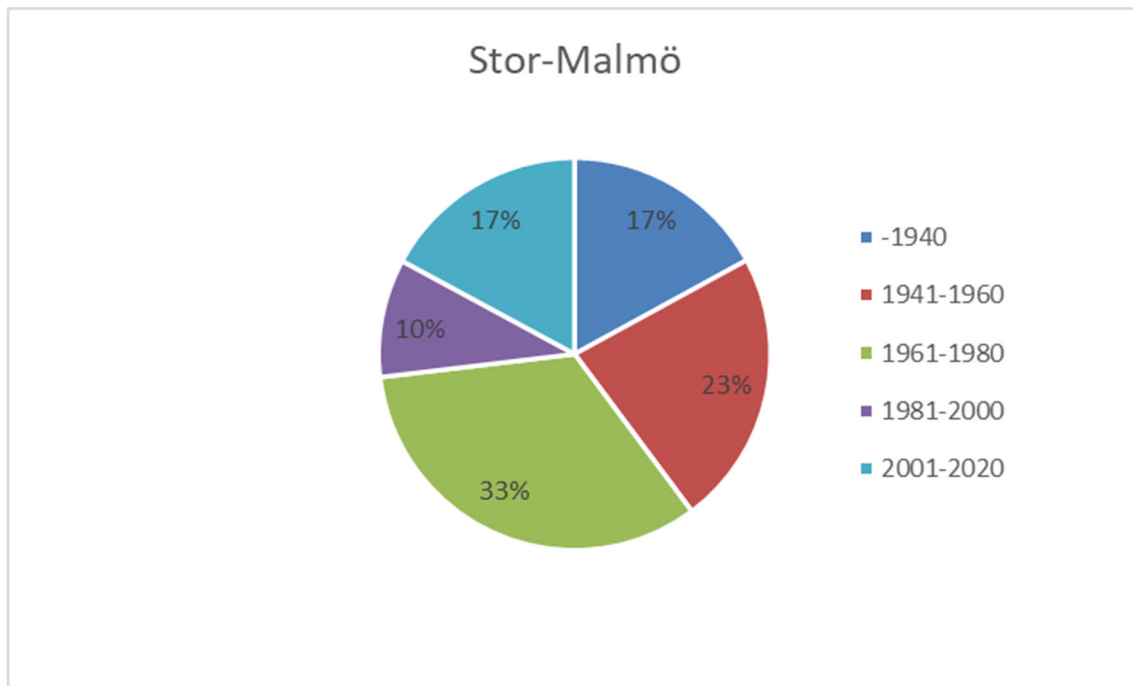
Byggsektorn svarar för ca 40% av Sveriges totala koldioxidavtryck (Westlund et al., 2014). Sektorn har därför en stor potential att påverka hållbar utveckling positivt genom att minska energianvändning och/eller materialanvändning. Det är värt att notera att det finns möjlighet att påverka båda genom diverse material och konstruktionsval vid nybyggnation och vid renovering eller ombyggnad av existerande byggnader. En stor del av det bestånd som kommer vara byggt 2050 finns redan. I UK har man uppskattat att ca 80% av byggnaderna som kommer finnas 2050 är redan byggda (UK GBC, 2021). Liknande uppskattning har inte funnits för Sverige men även i Sverige finns tydliga spår att största delen av den byggda miljön är gammalt eller mycket gammalt. Efter byggnadsexplosionen under miljonprogrammen och rivningsåren under 1980-90-talet finns ett uppdämt behov av nya bostäder men det förändrar inte det faktum att byggtakten är relativt långsam och att de flesta byggnader finns redan, se Figur 3-Figur 5 (Storm et al., 2013). Det är tydligt att det finns ett stort behov av att renovera existerande byggnader idag och att så kommer vara fallet i framtiden.



Figur 3: Fördelning flerfamiljsbus i Stor-Stockholm baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]



Figur 4: Fördelning flerfamiljsbus i Stor-Göteborg baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]



Figur 5: Fördelning flerfamiljshus i Stor-Malmö baserad på byggår. [SCB Statistikdatabasen BO0104AB]

Traditionellt har byggsektorn följt en linjär ekonomisk modell där konstruktionen huvudsakligen använder nytt material för att fylla det ökande behovet av byggnader. En linjär ekonomi bygger på principen att utvinna-producera-konsumera-kasta, se Figur 6.

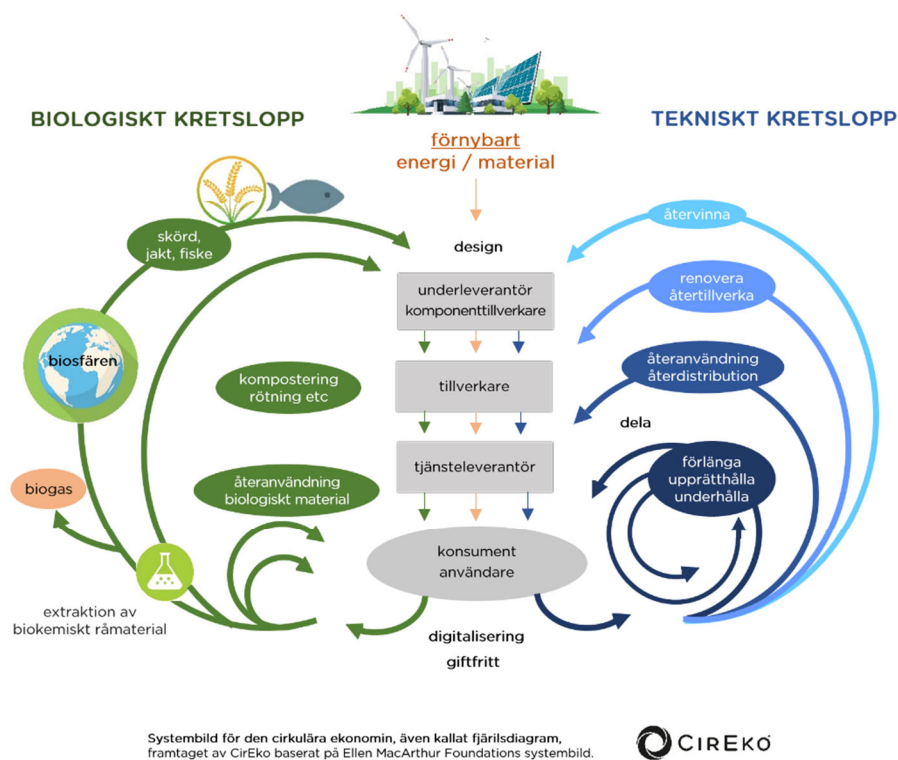


Figur 6: Schematisk beskrivning av linjär ekonomisk modell.

Byggsektorn har en stor miljöpåverkan men det innebär att det också finns en stor potential till positiv förändring (Heinsoo and Westerbring, 2016). Ska vi möta de framtida behoven kommer inte den linjära ekonomiska modellen vara hållbar. För att uppnå de hållbarhetsmålen som utvecklats sedan 1990-talet krävs det ett nytt sätt att agera för att skapa en hållbar marknad.

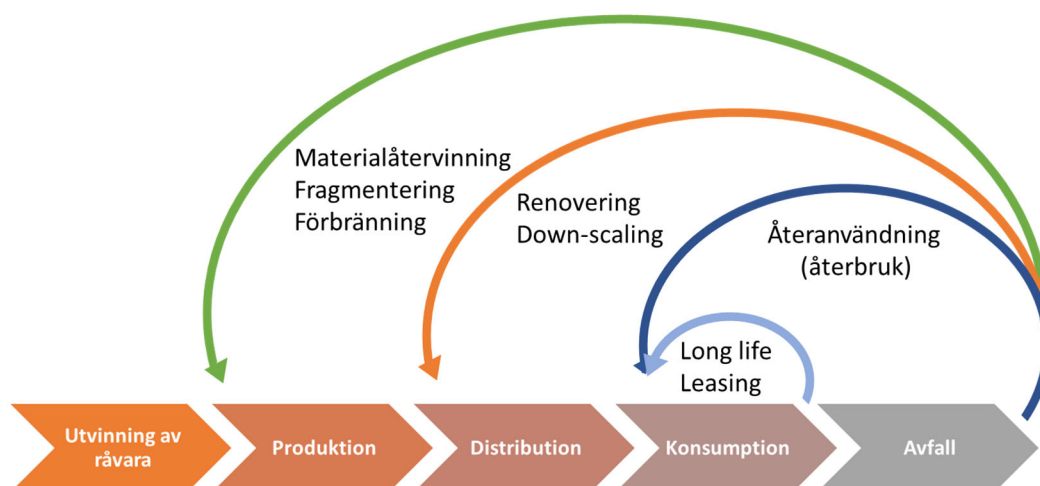
2.2 Cirkulär ekonomi

En cirkulär ekonomisk modell erbjuder fördelar jämfört med den linjära modellen och förespråkas av allt fler aktörer inom byggsektorn (se t.ex. (Ellen McArthur Foundation, 2021), (Boverket, 2020b) och (EU, 2020)). Det finns en del grundläggande gemensamma nämnare i utbyggnaden av en "cirkulär ekonomi" men det är inte en ekonomisk lösning utan många olika ekonomiska modeller som kan anpassas till den specifika marknaden eller situationen (Whalen and Whalen, 2020). Gemensamt för den cirkulära modellen är att i stället för en utvinna-producera-konsumera-kasta modell ska material- och resursflöden vara cirkulära, se Figur 7.



Figur 7: Schematisk bild som visar biologisk och teknisk cirkulär ekonomi. Reproduceras med tillåtelse av CirEko. Baserat på förlaga från Ellen McArthur Foundation (Ellen McArthur Foundation, 2021).

Cirkulär ekonomi kan också relateras till ett linjärt tankesätt enligt Figur 8. Figuren visar tydligt att det finns flera affärsmodeller som kan öka cirkulariteten i systemet, t.ex. leasing, renovering, energi- och materialåtervinning mm. Detta projekt har sitt tydliga fokus på återanvändning eller återbruk.



Figur 8: Schematisk bild som visar relationen mellan linjär och cirkulär ekonomi. Omarbetad från (Geissdoerfer et al., 2020).

3 Litteraturstudie

3.1 Metod

Syftet med litteraturstudien har varit att samla in kunskap om återbruk av material och komponenter med brandtekniska krav samt kartlägga vilka material och komponenter som är lämpliga för återbruk. Litteraturstudien inleddes med en litteratursökning. Den arbetsgång som använts för litteratursökningen visas visuellt i Figur 9 och utgår från den metod som tidigare presenterats av Pagnon Eriksson and Johansson (2020). Det första steget i litteratursökningen var att definiera sökord. Detta gjordes genom diskussion inom projektgruppen och utifrån den projektbeskrivning som tagits fram. Då dessa specificerats inleddes sökningen. De databaser som användes till sökningen var LUBsearch, Google Scholar och Google. Bilaga A ger en full lista över databaserna inom LUBsearch.

Varje sökning inleddes med att ett sökord användes. I de fall där sökningen ledde till ett stort antal träffar avgränsades resultatet genom att endast inkludera publikationer på svenska eller engelska, inom ett visst tidsintervall eller genom att addera flera sökord. Tabell 3 sammanfattar använda sökord och träffar. Bilaga B ger detaljerad information angående använda sökord och träffar.

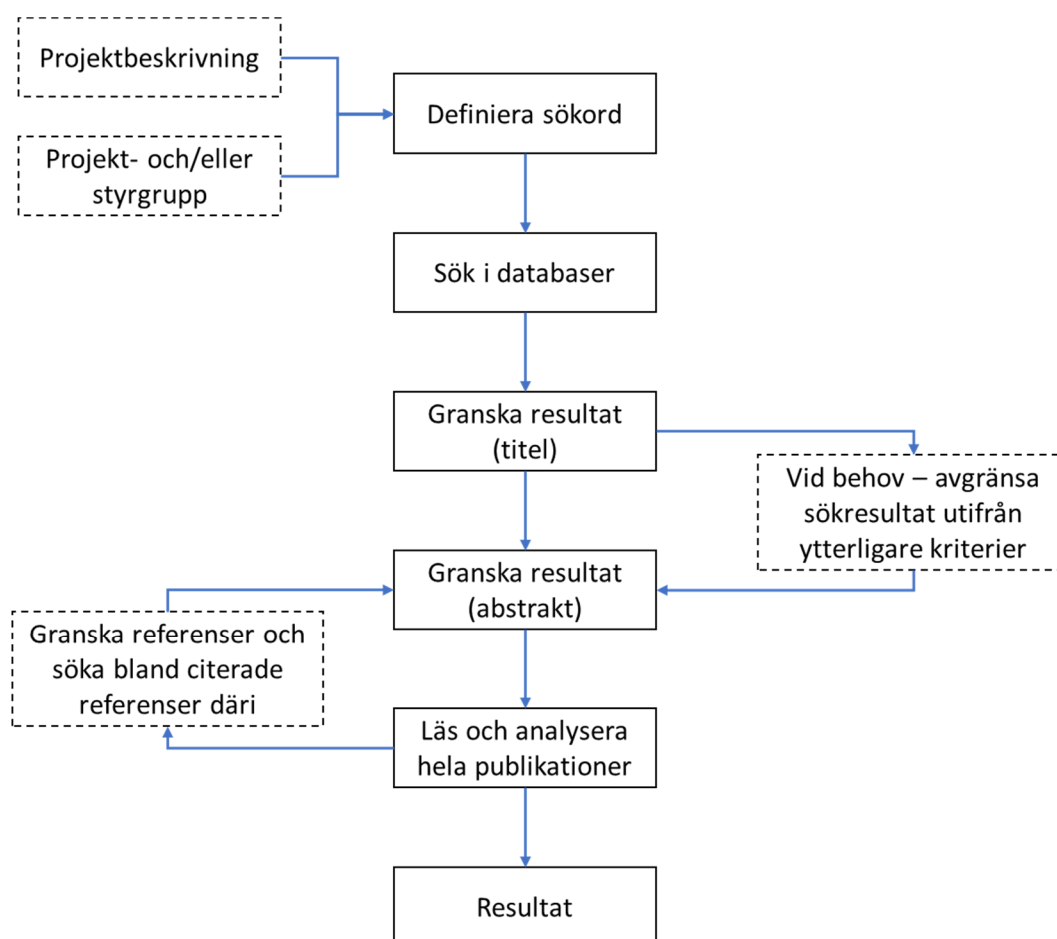
Tabell 3: Sammanfattning av sökord använda i de olika databaserna. Se Bilaga B för detaljerad information om kombinationerna av sökord som användes.

Databas	Sökord (svenska/engelska)
LUBsearch	Återbruk/recycling, återanvändning/reuse, brand/fire, brandskydd/fire protection, åldring/aging, nedbrytning, recycled fire protection, hållbarhet, reclaim, cirkulär materialanvändning, brandskydd efter tid, cirkularitet, disassembly, deconstruction, cirkulär ekonomi/circular economy, deconstruction and demolition waste/demontering/dekonstruktion, design for disassembly
Google Scholar	Återbruk/recycling, återanvändning/reuse, brandskydd/fire protection, åldring/aging, design for deconstruction, brandskydd efter tid, construction products, cirkularitet, disassembly, deconstruction, cirkulär ekonomi/circular economy, construction and demolition waste
Google	Återbruk/återvinning/recycling, återanvändning/reuse, brandskydd/fire protection, åldring/aging, brandskydd/fire protection, construction products, nedbrytning, hållbarhet, reclaim, cirkulär materialanvändning, design for deconstruction, cirkularitet, brandskydd efter tid

Den litteratur som erhöles vid sökningarna granskades och en bedömning gjordes för var och en av sökträffarna om de ansågs relevanta eller inte. I det första urvalet lästes titeln på publikationen och om den

bedömdes vara relevant lästes även abstract. De publikationer som bedömdes ha relevans för arbetet efter att titel och abstract hade lästs sparades för en noggrannare genomläsning därefter.

För att hitta ytterligare publikationer av relevans granskades sökord och keywords i den utvalda litteraturen, och nya sökord lades till ytterligare sökningar. Från den utvalda litteraturen skapades även en snöbollseffekt, genom att referenserna till litteraturen granskades för att hitta ytterligare publikationer att använda i arbetet. Utöver den litteratur som hittats i sökningen har även rapporter, rekommenderande bl.a. av referensgruppen, inkluderats i litteraturstudien.



Figur 9: Översikt över metod i samband med litteraturstudien. Omarbetat från (Pagnon Eriksson and Johansson, 2020).

3.2 Resultat

Bilaga B visar att flera tusen referenser hittades i litteraturundersökningen. Dessa gallrades hårt för att identifiera vilka som var relevanta för produkter med egenskaper som regleras ur brandsynpunkt. Cirka 40 publikationer identifierades med relevans för vidare granskning inom projektet. Av dessa har samtliga granskats och ett kort referat skrivits. En bedömning har gjorts av relevans för projektet. Samtliga artiklar som ingått i den detaljerade granskningen finns i Bilaga C. Samtliga som bedömts som högrelevanta för detta projekt har sammanfattats nedan. Publikationer har delats in i flera kategorier:

1. CIB Task Group 39 rapport
2. Konferenspublikationer
3. Journalpublikationer

4. Tekniska rapporter.

Artiklarna som sammanfattas inom varje kategori har listats kronologiskt från äldst till nyast.

3.2.1 CIB Task Group 39

Arbetsgrupp 39 inom den Internationella styrelsen för forskning och innovation inom byggnadskonstruktion (CIB) instiftades 1999 med målsättningen att skapa en omfattande lägesbeskrivning av forskning kring dekonstruktion och materialåterbruksprogram globalt. Arbetet resulterade i fyra internationella rapporter kring ämnet. Tre av dessa har granskats som särskilt intressanta. Informationen är numer något föråldrad men bedöms som värdefull input till det fortsatta arbetet och sammanfattas därför här.

Design for Deconstruction and Materials Reuse, Rapport #266 (Chini, 2000)

Rapporten innehåller 10 artiklar kring ämnet Design for Deconstruction som presenterades vid ett möte i CIB Task Group 39 i Wellington, New Zealand. Detta möte presenterade några tidiga arbeten kring behovet av att tänka holistiskt och med fallstudier kring demontering och rivningsproblematik. Det fanns kännedom av att återbrukade material ska klara moderna byggregler men ytterst lite information om hur detta ska säkerställas och ingen information kring brandregelverk och dess implikationer för återbruk.

te Dorsthorst och Kowalczyk (te Dorsthorst and Kowalczyk, 2000), presenterar en fallstudie från Nederländerna kring återbruk av fem flerfamiljehus där man citerar brandmotstånd som en viktig designparameter. Fler problem identifierades under processen med projektet, bl.a. frågor kring fördyring av projektet p.g.a. svårigheter i att återbruka byggnadsdelar som inte passar för demontering. Problematiken kopplat till brandregelverk nämns inte även om viss diskussion av att man måste verifiera att återbrukade material klara moderna byggnadskrav.

Bowes och Golton (Bowes and Golton, 2000), presenterar en fallstudie från UK kring rivning av flerfamiljehus i socialt utsatta områden. Möjlighet till återbruk av några brandklassade produkter nämndes men det fanns ingen diskussion av problematiken kring regelverk och arbetet var inte klart vid tiden för artikelns publikation.

Design for Deconstruction and Materials Reuse, Rapport #272 (Chini and Schultmann, 2002)

Rapporten innehåller 18 artiklar kring ämnet Design for Deconstruction som presenterades vid ett möte i CIB Task Group 39 i Karlsruhe, Tyskland. Endast några av artiklarna behandlar återbruk och därför sammanfattas här. Övriga artiklar behandlar olika typer av återvinning.

Crowther (Crowther, 2002), presenterar olika sätt att konstruera för att underlätta dekonstruktion, t.ex. förenklad design, flexibla byggnadslösningar, öppna ytor som enkelt kan ställas om till nya användningsområden, o.s.v. Dock finns inget omnämnande av brandegenskaper eller regelverk.

Shultmann och Rentz (Schultmann and Rentz, 2002), presenterar metoder som bygger på hantering av information i demonteringsprojekt för att effektivisera materialflöden för återbruk.

te Dorsthorst och Kowalczyk (te Dorsthorst and Kowalczyk, 2002), presenterar definitioner för olika typer av återvinning och återbruk. Design för återbruk delas i tre huvudsakliga områden, design för förändring (möjlighet att använda samma byggnader till något annat än den designades för), design för demontering 1 (där ingående material används med lite bearbetning), och design för demontering 2 (där ingående material används som ny råmaterialström). En LCA modell föreslås för att underlätta beslutsfattande kring vilken metod passar olika produkter.

Elias-Özkan (Elias-Özkan, 2002), är den första artikeln som tydligt identifierar behovet av en marknad som hanterar återbrukade byggprodukter för att återbruk ska kunna ske. Problematiken med brandklassade produkter nämns dock inte.

Hurley et al. (Hurley et al., 2002), diskuterar metoder (inklusive inventering av demonteringspotential innan demonteringen påbörjas) för att bättre identifiera material som kan bli återbrukade för att underlätta demontering och återbruk. Hinder till återbruk listas, inklusive risker med återbruk av använda material eller produkter, t.ex. ekonomiska hinder (t.ex. att betong är ett relativt billigt material som ny så det finns ytterst lite incitament till återbruk), storleksmässiga hinder (t.ex. att få byggnadselement är standardiserade och kan användas i nya byggnader) och fysiska (t.ex. platsbyggda element) och praktiska (t.ex. regelverks- och garantifrågor). Olika konstruktionsprodukter behandlas specifikt, t.ex.; väggtegel, taktegel, hussten och marksten, träprodukter, och smidesprodukter. Fördelar och hinder diskuteras för samtliga produktklasser. En detaljerad diskussion av brandprodukter och regelverk saknas även om Grantham och Lennon nämner brandprodukter.

Chini och Balachandran (Chini and Balachandran, 2002), presenterar design val som kan underlätta återbruk vid demontering av en byggnad. Det som gör artikeln annorlunda mot övriga inom denna konferensvolym är att man tydligt delar upp rekommendationerna i konstruktionen (bärande delar), innerväggar och -tak, installationer och ytskikt. Problematiken med brandklassade produkter nämns dock inte.

Design for Deconstruction and Materials Reuse, Rapport #300 (Chini, 2005)

Denna rapport sammanfattar arbetet inom CIB Task Group 39 med en presentation av state-of-the-art (SOTA) inom demontering och materialåtervinning i tio länder; Australien, Tyskland, Israel, Japan, Nederländerna, Nya Zeeland, Norge, Turkiet, UK och USA. Tyvärr finns inte Sverige med bland länderna som presenterar sin SOTA.

Australien hade redan 2005 en relativt hög återvinning av material från bostadsrivning (man uppskattar det till mellan 50-80% dock utan pålitlig statistik). Det finns en ökande kunskap om att återvinning och återbruk av material är viktigt för att kunna ta tillvara stor del av byggnadens inbäddade koldioxid (CO₂eq).

Tyskland hade ytterst lite återvinning och återbruk av byggnadsmaterial 2005 då studien genomfördes. Det mesta genom down-cycling p.g.a. blandningen av material inom demoleringsavfall. Man har dock börjat närma sig en situation p.g.a. demoleringskostnaderna där det är fördelaktigt att återbruka byggelement. Arbeta pågick med utveckling av metoder för demolering som minskar kostnaderna och ökar graden av återbrukbara material och produkter.

Israel har ytterst lite återbruk och återvinning av material och produkter. Byggnader som rivs är ofta från den tiden på 1940- och 1950-talet. Det är en period som präglades av ekonomiska svårigheter där byggnadsmaterial var av lägre kvalitet varför det finns litet intresse av återvinning och återbruk av det materialet.

Japan producerar stora mängder byggavfall varje år. Det finns viss återvinning av betong och stål men endast genom down-cycling och materialåtervinning, inte genom återbruk då rapporten skrevs.

Nederländerna återvinner eller återbrukar större delen av allt byggnadsavfall från rivna byggnader. Redan 1990 beslutade holländska regeringen att 90% av all konstruktions- och demoleringsavfall skulle återvinnas tills år 2000. Stora delar återvinns som vägmassa. Återbruk har rönt stort intresse på senare tid och ökar.

Återvinningsindustrin är relativt stor i Nya Zeeland (NZ). Redan 2002 beslutade NZ regering att minst 50% av allt byggnadsavfall. Många av byggnader rivs för hand för att sedan sälja material med stor förtjänst. Industrin är dock oreglerad till stor del och det krävs mycket mer arbete för att öka återbruk istället för återvinning.

I Norge var återbruk fortsatt på låg nivå 2005 men flera initiativ hade startats för att öka återvinning och återbruk inom byggnadssektorn, e.g. Økobygg samt ADISA principer (vilket står för "Assembly and Dis-assembly principles") för design av byggnadssystem för framtida återbruk.

Turkiet hade 2005 fortsatt låg återvinning och återbruk av byggnadsavfall. Då rapporten skrevs 2005 ansåg författarna att man ännu inte insett värdet av återvinning och återbruk i Turkiet.

Redan 1999 etablerades en arbetsgrupp för hållbar konstruktion i Storbritannien. Inom gruppen etablerades flera underliggande arbetsgrupper, bl.a. ett för återvinning och återbruk av konstruktions- och rivningsavfall. Då rapporten skrev fanns fortsatt ytterst lite återbruk (av allt utom stål) men att det har börjat öka. Endast UK nämner att material som återvinns eller återbrukas behöver uppfylla brandfunktionskrav innan den kan användas igen.

USA hade 2005 mellan 20-30% återvinning och återbruk av rivningsavfall. Det är stora skillnader på återvinning och återbruk för olika typer av material, t.ex. återvinns nästan 70% av stålavfall medan i princip inget träavfall återvinns. Återbruk är endast i sin linda.

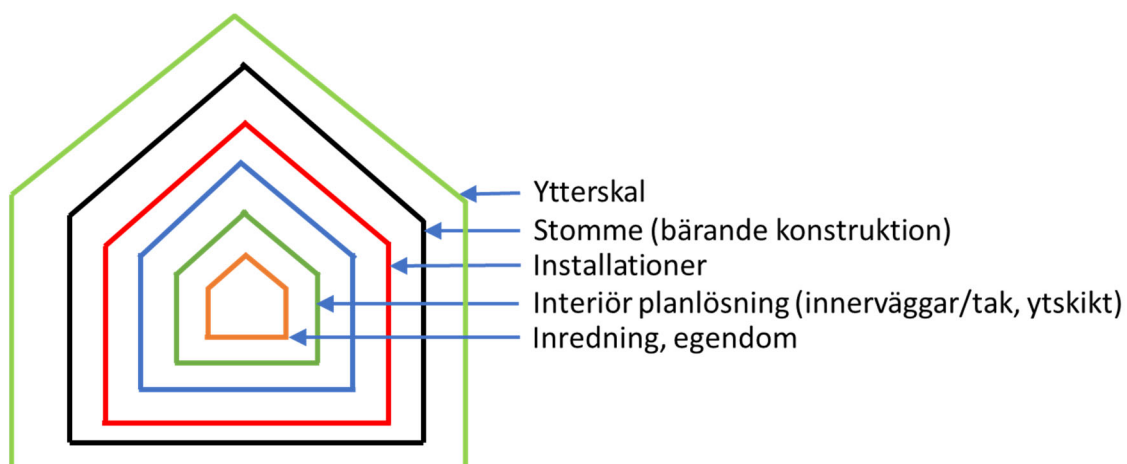
Bland de länder som beskrev läget vad gäller återvinning och återbruk av sitt byggavfall var det endast Nederländerna och Nya Zeeland som redan påbörjat storskalig återvinning och återbruk. Största delen av aktiviteten var dock återvinning av material genom down-cycling. Endast för Storbritannien diskuterades brandtekniska krav och behovet av att dessa skulle tillgodoses i samband med återvinning och återbruk. Inga särskilda lösningar presenterades dock.

3.2.2 Konferenspublikationer

Design for Deconstruction (Hechler et al., 2012)

I sin presentation, konstatera Hechler et al. (2012) att det är nödvändigt att redan på projekteringsskedet planera för att kunna demontera ("deconstruct") byggnader för att underlätta återbruk av material. Artikeln beskriver fördelarna och barriärer till demontering för att ta hand om material för att kunna återbruka det. Det finns också tips för hur man kan underlätta materialhantering, t.ex. genom användning av RFID markörer (radio frequency ID-taggar) för att identifiera och hantera produkter, men det saknas en tydlig koppling till Building Information Systems (BIM) för hantering av sådan information. Det saknas en tydlig koppling till regelverksfrågor generellt, t.ex. nämns inte brandtekniska krav i byggregler annat än kopplat till att användning av t.ex. brandskyddsfärg kan hindra återbruk. Författarna uppmanar till att använda "rena" material för att minska behovet av bearbetning i samband med demontering och återbruk.

Det presenteras en intressant diskussion kring problematiken kopplat till det faktum att olika delar av byggnaden har olika lång livscykel och är olika väl anpassade till återbruk, se Figur 10.



Figur 10: Olika byggnadsdelar i en typisk bostad, oavsett om det är hus eller lägenhetshus. Modifierad från (Hechler et al., 2012) med input från (Heinsoo and Westerbring, 2016).

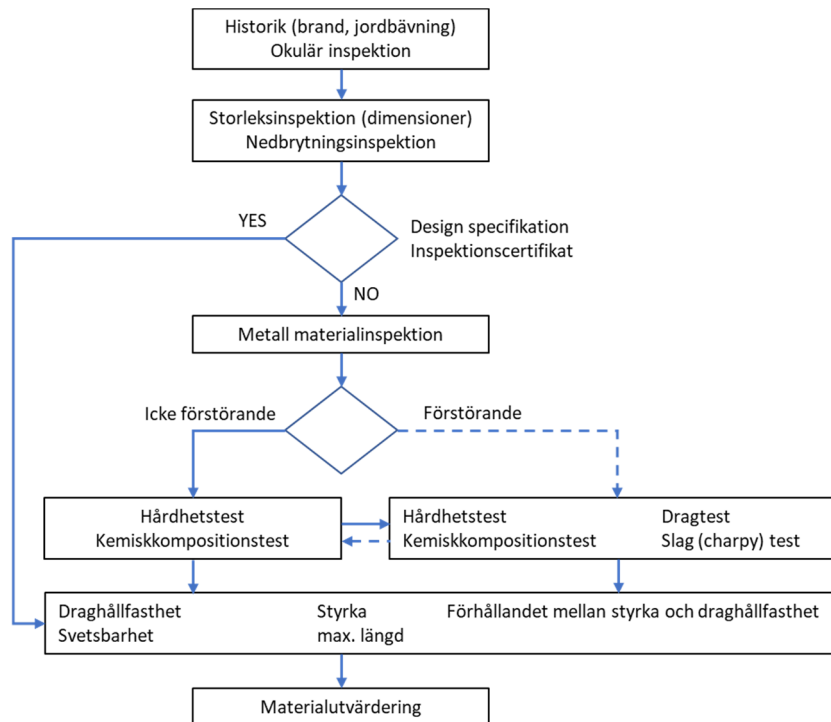
Enligt Hechler et al. (2012), är inredning eller egendom det som ersätts oftast (1 dag till 1 månad enligt ursprungsreferens (Brand, 1997), men om det inkluderar större möbler kan det öka till några år). Planlösning detaljer som innerväggar m.m. ändras mindre ofta med en typisk livscykel på 3-30 år. Installationer uppskattas ha en livscykel på 7-15 år. Slutligen är stommen den byggnadsdelen som har längst livscykel, enligt denna modell mellan 30-300 år. Bilden har modifierats från ursprunget där byggnadens placering har exkluderats då den inte har någon större inverkan på brandregler och ytterskal har lagts till då den kan vara särskilt intressant ur brandsynpunkt. Ett exempel är Grenfell branden där branden spred sig i byggnadens fasad, som var relativt nyrenoverad (Moore-Bick, 2019). Den förväntade livstiden påverkar möjligheten till återbruk och kopplingen till brandtekniska krav.

En metod för "repeat-rethink-renew" presenteras för återbruk av byggelement och material med minimal förändring av produkten genom underlättad montering/demontering och förenklade standarddimensioner på byggelementen eller material. Endast i de fallen då "repeat-rethink" inte fungerar introduceras nya material tillsammans med återvunnet material för att förnya element eller produkter för nya användningsområden. Återbruk av material genom metoderna "repeat" och "rethink" innebär att den livscykel som en produkt är tänkt att ha kan flerdubblas med konsekvent minskning i miljöpåverkan. Exempel av möjligheter till återbruk presenteras men brandegenskaper diskuteras endast ytligt.

3.2.3 Journal publikationer

Application of Various NDT Methods for the Evaluation of Building Steel Structures for Reuse (Fujita and Masuda, 2014)

Fokus för artikeln är på stålkonstruktioner i Japan. Fujita and Masuda (2014) noterar att stålbyggnader demolerar i Japan efter relativt kort tid (30 år) av flera anledningar (fysiska, arkitektoniska, ekonomiska och sociala). Det finns mycket att vinna angående miljöpåverkan av dessa byggnader om man kan återanvända material i cirkulära flöden. Artikeln har specifikt fokuserat på sådana applikationer utan brandskydd vilket underlättar återvinning. En process för materialflöden för återbruk presenteras, se Figur 11. Processen skulle enkelt kunna kompletteras med brandbedömning som en del av den icke destruktiva utvärderingen eftersom detta kan nog genomföras beräkningsmässigt enligt eurokoderna, särskilt då ett av ingångsvärdena i utvärderingen är brandhistoriken (tillika jordbävningshistorik något som får anses vara särskilt betydande i Japan).



Figur 11: Schematisk bild som visar på utvärdering av stål för återbruk i Japan, fritt översatt från (Fujita and Masuda, 2014)

Arbetet bygger i stor utsträckning på att det ska finnas ett gott informationsflöde mellan olika projekt som understöds av en utvecklad databas.

Mining the physical infrastructure: Opportunities, barriers and interventions in promoting structural components reuse (Iacovidou and Purnell, 2016)

Iacovidou and Purnell (2016) presenterar en översikt över möjligheter och hinder för återbruk av konstruktionsmaterial. Detta är ett av de få publikationer som nämner explicit svårigheten med "compliance" och brandsäkerhet som hinder. Utvärdering för återbruk baseras på återbrukspotential och återbrukseffektivitet. Det är viktigt att inte bara fokusera på huruvida det går att återbruka material utan också om det är effektivt att göra det eftersom det finns ett tydligt behov av att fokusera resurser på ett effektivt sätt. Artikeln presenterar inte bara "Design for Deconstruction" (DfD) men också "Design for Reuse" (DfR) som viktiga begrepp för att främja återbruk. En typologi och klassificering av produkter skulle öka möjligheten till återbruk. Klassificeringen skulle enkelt kunna appliceras till svenska förhållanden, se

Tabell 4.

Tabell 4: Sammanfattning av system för att kunna klassificera byggnadsdelar för återbruk, fritt översatt från (Iacovidou and Purnell, 2016).

Klassificering	Beskrivning av klassificering och underdelning
1. Roll	Vilken roll produkten har i byggnaden, t.ex. 1.1 Bärande, 1.2 Delvis bärande, 1.3 Modul (som tegelsten mm), 1.4 Funktionsbärande (som fönster, trappa, ljus mm) osv
2. Material	Vad komponenten består av, t.ex. 2.1 Betong, 2.2 Stål, 2.3 Virke osv
3. Användning	Hur komponenten används tidigare, t.ex. 3.1 Enfamiljshus, 3.2 Flerfamiljshus, 3.3 Affär, 3.4 Industrilokal osv
4. Exponering	Miljön, t.ex. 4.1 Ute, 4.2 Inne, 4.3 Maritimt, 4.4 Korrosivt, 4.5 Temperatur osv
5. Belastning	Historisk belastning, t.ex. 5.1 Statisk belastning, 5.2 Dynamisk belastning, 5.2 Transient belastning osv
6. Återhämtningsmetod	Hur komponenten tagits ur användning, t.ex. 6.1 Demontering, 6.2 Rivning, 6.3 DfD/DfR eller annan känd tillvägagångssätt
7. Restegenskaper	Struktur och funktionsegenskaper hos komponenten, t.ex. 7.1 dimensioner, 7.2 Hållfasthet, 7.3 funktion osv för varje egenskap bör man kunna specificera hur det har fastställts [Det står inte i artikeln men brandklass skulle kunna läggas till här]
8. Kopplingar	Möjligheten för komponenten att kopplas till andra komponenter bör dokumenteras, t.ex. 8.1 standard kopplingar, 8.2 Inga kopplingar
9. Tillgänglighet	När komponenten väntas finnas tillgängligt, var och i vilken kvantitet, t.ex. 9.1 När, 9.2. Var, 9.3 kvantitet osv
10. Generation	Antal gånger komponenten har används

The use of smart technologies in enabling construction components reuse: A viable method or a problem creating solution? (Iacovidou et al., 2018)

Att använda RFID¹-taggar anses vara särskilt väl anpassad till att följa material och produktflöden i byggsektorn. Dels hanterar sektorn stora mängder material där effektiv logistik kan öka produktiviteten, dels p.g.a. att materialet som hanteras har stora värden. RFID används dock sällan idag i produkter utan det är mera vanligt som en del av emballage eller pallhanteringen. Genom att införa RFID i flera produkter skulle det finnas en möjlighet att öka återbrukbarheten hos många produkter och material, dvs öka produkten eller materialets "reusability potential". RFID skulle också kunna underlätta kopplingen mellan nyproduktion och "end-of-life" av en byggnad genom att material- eller produktspecifik information följer med varje objekt. Detta ökar tillförlitligheten hos informationen och förbättra möjligheten till cirkularitet. RFID kan också potentiellt uppdateras under produktens livstid för att öka trovärdigheten hos produktens egenskaper ytterligare, något som skulle kunna minska kvalitetsproblem i återbrukade material och produkter. RFID är också flexibla angående vilken information de kan lagra, t.ex. design datum, tillverkningsdatum, förväntad livscykel, hanteringshistorik, provningsdata, tillåtna användningsområden bland mycket annat.

¹ RFID = Radio frequency identification

Artikeln har som utgångspunkt att återbruk hindras i många fall av svårigheter med planering kring återbrukbart material. Artikeln nämner de tre "R" för att minska miljöpåverkan av konstruktionsavfall: "Reduction", att minska mängden avfall innan det blir till avfall; "Reuse", att återanvända material; och, "Recycling", där energi eller materialavfall återvinns. Guerra et al. (2020) noterar att det är detta område som har studerats minst och där det finns en stor potential att påverka utnyttjande genom användning av BIM. Återbruk i artikeln diskuteras huvudsakligen som avfall, dvs krossade fyllnadsmaterial i olika applikationer. Artikeln har dock lyfts fram då användning av BIM för att hantera materialflöden anses vara viktig även för material och produkter med tillhörande brandtekniska krav.

3.2.4 Tekniska rapporter

Design for Deconstruction – Kartläggning av byggnadselement (Fahlén et al., 2017)

Studien har sitt fokus på att öka kunskapen kring att bygga enligt cirkulära principer genom att utnyttja "Design for Deconstruction" (DfD). Kartläggningen bygger på en enkätstudie kring vilka typer av element som kan vara aktuella att återbruka samt en workshop med branschrepresentanter för att identifiera möjligheter och hinder samt utveckla idéer för DfD.

Stomelement som studerades inkluderar; håldäck, TT-kassetter, massivplattor, bjälklagselement, takkassetter, betongbalkar, bärande prefab pelare, väggar, skalväggar, sandwichväggar och VI-väggar. Enkätsvaren varierade på de flesta frågor med olika svar från olika leverantörer av liknande element. Några gemensamma slutsatser kunde dock dras som kan vara viktiga för framtida projekt;

- De flesta stomelement har lång livscykel och bl.a. regelverk kan förändras mellan när den tillverkades och det kan bli aktuellt med återbruk
- Även om det är tekniskt möjligt att återanvända vissa stomelement finns det stora osäkerheter kopplat till demonteringen
- Olika kopplingar påverkar möjligheten till demontering, t.ex. mekaniska kopplingar kontra gjutna kopplingar
- Det saknas branschstandarder kring hantering av demontering eller hur man skriver demonteringsanvisningar
- Spårbarhet på information är ett problem.

Ett viktigt utvecklingsområde för att fler stomelement ska kunna återbrukas är hur produktinformation hanteras. Det förutspås i rapporten att digitaliseringens möjligheter bör öka återanvändning av byggnadselement genom att det ske en säkrare informationsöverföring mellan olika aktörer och olika delar av produktlivscykeln.

Återbruk av stålkomponenter (Husson and Lagerqvist, 2018)

Det konstateras att stålkomponenter kan återbrukas men att det fortfarande är relativt ovanligt. Det mesta av stålkomponenter från rivning av existerande byggnader skickas till materialåtervinning som skrot. Rapporten undersöker hinder och möjligheter kopplat till stålåterbruk. Tre metoder för återbruk presenteras:

- Bygga nytt utifrån gammal byggnad, vilket bygger på att en gammal byggnad demonteras, rekonditioneras, monteras och används igen i något nytt sammanhang. Metoden får anses var mycket specifik och passar inte till storskaligt återbruk.
- Bygga nytt med återanvända komponenter, vilket bygger på att det finns aktörer som prospekterar i rivningsobjekt för att köpa och lagra använd material som sedan kan erbjudas på marknaden igen.

Metoden kräver uppbyggnaden av lagring samt databas för materialhantering (inklusive lagring av relevanta material- och/eller produkttegenskaper)

- Integrerat återbruk, vilket innebär att återbrukad material kan användas fullt ut som ersättning för nytt material.

Skillnaden mellan de två sistnämnda alternativen är mest frågan om marknadens mognadsgrad.

Rapporten undersöker möjligheten att bestämma egenskaper utifrån icke förstörande provningsmetoder. Ett sätt att öka marknadens förtroende för återbrukad stål skulle kunna vara genom att upprätta miljövarudeklarationer för återanvänt stål, men det noteras att det finns ett behov av att undersöka vilka miljöegenskaper bör inkluderas.

Brandfrågor behandlas specifikt i rapporten. Det noteras att viktiga egenskaper att deklarerat är brandmotstånd och produktens "reaction-to-fire". Frågor som dessutom behöver lösas för återbrukat stål inkludera om det finns en behandling på stålet, t.ex. brandskyddsfärg eller annat ytiskt som kan innehålla kemikalier som blivit förbjudna.

Kunskapsläge kring byggnader med stomme av trä: teknik, hållbarhet och cirkulär materialanvändning (Sandin et al., 2020)

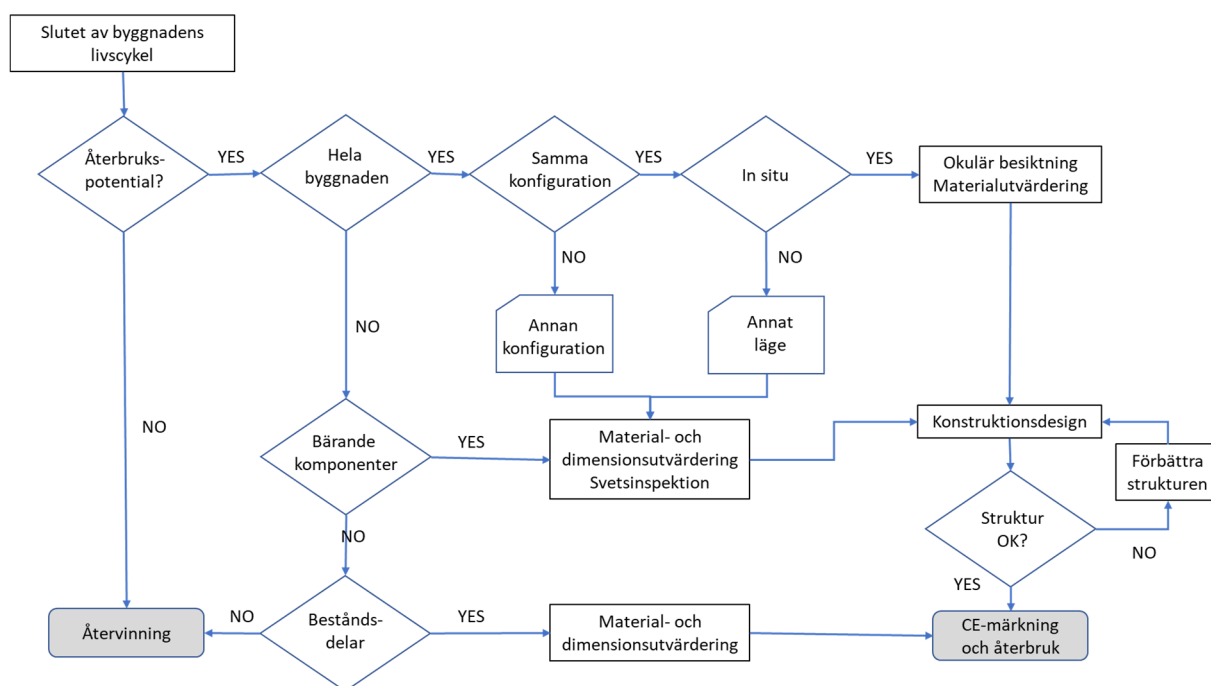
Trästomme är vanligt i byggnader i Sverige. Rapporten undersöker möjligheten till cirkulär användning av trä materialet ur ett svenskt perspektiv. Fokus i denna sammanfattning är kring brand och cirkularitetsfrågor. Andra frågor, såsom ljudproblematiken, behandlas i rapporten men återges inte i denna sammanfattning. En översikt av brandtekniska krav ges i rapporten men översikten är inte lika detaljerad som i kapitel 5. Specifikt för träbyggnader noteras att det gäller att de möter funktionskraven gällande brand. Kopplingen görs dock inte till återbruk. Det konstateras att då det finns god tillgång till trävirke i Sverige samt god avsättning för träavfall i kraftvärmeverk är det inte troligt att trävirke kommer återbrukas i någon större utsträckning i Sverige i överskådlig tid.

European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings (Girao Coelho et al., 2020)

Rapporten sammanfattar resultat från ett EU-projekt (PROGRESS) som fokuserar på att utveckla strategier för återbruk av stål i enplansbyggnader. Några begränsningar i projektet innebar att stålkomponenter som skulle återbrukas var något mer homogent än på hela marknaden. Dessa begränsningar innebar att komponenter skulle uppfylla följande för att inkluderas i studien:

- inte uppvisa korrosion eller någon synlig skada
- vara tillverkade senare än 1970
- vara tillverkade av valsat stål
- kräva relativt lite bearbetning för att kunna återbrukas.

En designprocedur presenteras där en byggnad som ska avsluta sin livscykel där olika alternativ kan göras, se Figur 12. Metoden bygger sedan vidare med betydligt mer detaljerad beskrivning av hur man ska klassificera stålelement som bedöms vara återbrukbara. Notera att stålkomponenterna som diskuteras är stål i konstruktioner som pelare, takbjälkar, fackverk samt paneler (enkla eller dubbla). För t.ex. sandwichpaneler finns en del både brandreaktionskrav och brandmotståndskrav som bör beaktas även i återbrukade material genom deklaration av funktion ("Declaration of Performance").



Figur 12: Schematisk process för att välja hur man ska hantera stål återbruk i samband med att en byggnad nått slutet på sin livscykel. Fritt översatt från Coelho et al. (2020).

Förstudie - kvalitetssäkring av recirkulerade material (Jönsson, 2020)

Ett av de största hindren till återbruk av byggnadsmaterial är frågan om produkt- eller materialkvalitet. Rapporten behandlar därför frågan om kvalitetssäkring av byggmaterial och produkter. Det nämns flera pågående EU projekt inom området:

- BAMB, Buildings as Material Banks, där man undersöker metoder för att kunna återbruka material från rivna byggnader utan att det förlorar i värde.
- FISSAC, Fostering Industrial Symbiosis for a Sustainable Intensive Industry Across the Extended Construction Value Chain, där man utvecklar en mjukvaruplattform för att utbyta information längs hela värdekedjan från nybyggnation till rivning.
- HISER, Higher Recovery of Raw Materials from Construction and Demolition Waste, där man fokuserar på att utveckla nya harmoniserade metoder för att kvalitetssäkra material från existerande byggnader.

Fler projekt pågår inom området men inga verkar ha något större fokus på produkter med brandtekniska krav.

Det konstateras att marknaden är ännu relativt omogen med oklarheter kring vem som borde ta ansvar för kvalitetssäkring av återbrukade produkter, d.v.s. köparen, säljaren, ursprungstillverkare eller kanske t o m någon myndighet, diskuteras då detta hindrar tillväxten av den cirkulära ekonomin.

Återbruk och återbrukbarhet inom byggbranschen (Brismark, 2020)

Rapporten fokuserar på korslimmat trä (CLT). Arbetet sammanfattar på ett mycket bra sätt vilka hinder det finns till återbruk i stort och sedan detaljerat behandla hinder till återbruk specifikt i CLT-produkter och komponenter. Brismark (2020) sammanfattar även hindren till återbruk inom byggsektorn i stort, se Tabell 5.

Tabell 5: Sammanställning av hinder för återbruk inom byggsektorn. Omarbetat från Brismark (2020).

Tekniska	Ekonomiska	Organisatoriska
• Demonterbarhet • Produkt och materialbegränsningar	• Begagnat dyrare än nytt • Billigare att slänga än att förvara och omfördela	• Inställning • Kunskap • Säker rivning • Avsaknad av marknad • Samverkan • Osäkerhet i projekt • Begränsad tid • Lagring • Lagstiftning • Tillförlitlighet (garantier och kvalitetsfrågor) • Certifiering • Bristfällig information

Demonterbarhet i detta sammanhang är en samlingsterm som inkluderar bedömning ur flera aspekter som t.ex., materialval, standardisering av byggnadselement, spårbarhet, lönsamhet bland annat. Genom design för demontering kan man öka demonterbarheten markant.

Frågor som försvårar återbruk av träprodukter som inte är lösta idag är framförallt brand-, ljud-, och fuktegenskaper samt affärsmodeller för återbruk. Produktegenskaper, bl.a. brand, kan eventuellt lösas om produktens spårbarhet förbättras, t.ex. genom användning av BIM.

Klimatpåverkan från byggavfall och alternativ återvinning (Ahu and Tieu, 2021)

Arbetet undersöker möjligheten till återvinning av byggavfall. Flera material undersöks både till mängd och vilka möjligheter eller hinder det finns till återbruk. Återvinning i de flesta fall innebär materialåtervinning som input till nyttillverkning, dvs inte återbruk i den bemärkelse som definierats inom detta projekt. Avfallsmängder utgår från avfallshantering vid Skanska. Ingen metod till återbruk definieras. Brand nämns endast i sammanhanget att det kan leda till minskad möjlighet till återvinning genom att försämrade materialets hållfasthet på ett svårdefinierat sätt.

Etablering av en storskalig marknad för återbruk i bygg- och fastighetssektorn (Wennesjö et al., 2021)

Studien undersöker möjligheten att etablera en storskalig återbruksmarknad i Göteborgsregionens bygg- och fastighetssektor. Wennesjö et al. (2021) konstaterar att det största hindret är tillgången till återbrukad material. Tillgången till material kräver dock att det finns en marknad vilket innebär att det finns något av en moment 22 för tillfället i sektorn. Behovet av att öka samverkan mellan sektorns olika aktörer för att bygga förtroende och en beredskap att anpassa nuvarande affärsmodeller till cirkulära sådana poängteras. Samtliga aktörer har en viktig roll i byggande av en marknadsplats. Rapporten beskriver hur de olika aktörerna kan bidra på sitt sätt till att skapa förutsättningarna för storskaligt återbruk.

Frågan om spårbarhet och tillgång till produktinformation lyfts som viktigt. Kvalitativ information såsom brandklassning är viktigt att dokumentera för att underlätta spårbarhet. Trots dokumentation, frågan om garantier och kvalitet kvarstår som skulle eventuellt kunna lösas genom certifiering av återbrukade material eller produkter.

Procedur för klassificering av stålkomponenter för återbruk i bärande konstruktioner. Metoder bygger på att först bestämma vilken av fyra klasser stålet tillhör:

- A, stålkomponenter med känt ursprung hämtade från en konstruktion uppfört efter 1971 och där de enskilda stålkomponenterna uppfyller krav enligt EN1090-2
- B, stålkomponenter med känt ursprung hämtade från en konstruktion uppfört efter 1971 men där de enskilda stålkomponenterna INTE är fullt spårbara
- C, stålkomponenter med känt ursprung hämtade från en konstruktion uppförd före 1971.
- D, stålkomponenter med okänt ursprung.

För att sedan följa speciellt utvecklade procedurer för att säkra stålet för återbruk baserat på vilken basgrupp den tillhör. Brandegenskaper nämns inte. Behovet av att avlägsna eventuella rester från tidigare brandskydd nämns dock. [Redaktionell anmärkning: metoden bygger på arbetet från EU-projektet PROGRESS, se Coelho et al. (2020)).

4 Materialanvändning vid byggnation

4.1 Beräkna byggnadens klimatavtryck

Baserat på klimatberäkningar av en byggnad ser man vilka delar av byggnaden som ger det största klimatavtrycket och följaktligen också vilka material i byggnaden som har störst besparingspotential. Klimatavtrycket för en byggnad varierar beroende på vilka system och material som väljs för olika delar.

Betong är det material som alltid dominerar en byggnads klimatavtryck då bottenplattan nästan alltid är av betong och oftast även bjälklagen. Beroende på val av stomme blir betongens klimatavtryck olika stort.

Klimatberäkningarna ger det underlag som erfordras för att i projekten välja systemlösningar och material som har det minsta klimatavtrycket. Tillsammans med kostnaden ger det ett bra beslutsunderlag för hållbara val.

4.1.1 Metod klimatberäkningar

Redovisade klimatberäkningar nedan baseras på den ekonomiska kalkylen i projekten som samkörs med miljödata från IVL Svenska Miljöinstitutets klimatdatabas där material och bränsle räknas om till koldioxidekvivalenter. Klimatkalkylerna nedan omfattar *alla* ingående delar i byggnaden vilket är en mer omfattande nivå än det som byggreglerna kommer att kräva från den 1 januari 2022 då stomme, fasad och innerväggar ska redovisas enligt Boverkets anvisningar.

Klimatberäkningarna omfattar utsläppen av växthusgaser från utvinning av råvarumaterial, förädling och tillverkning av produkter, transport till arbetsplatserna samt själva bygg- och installationsprocessen. Enligt standarden SS-EN 15978 benämns dessa skeden A1-A5:

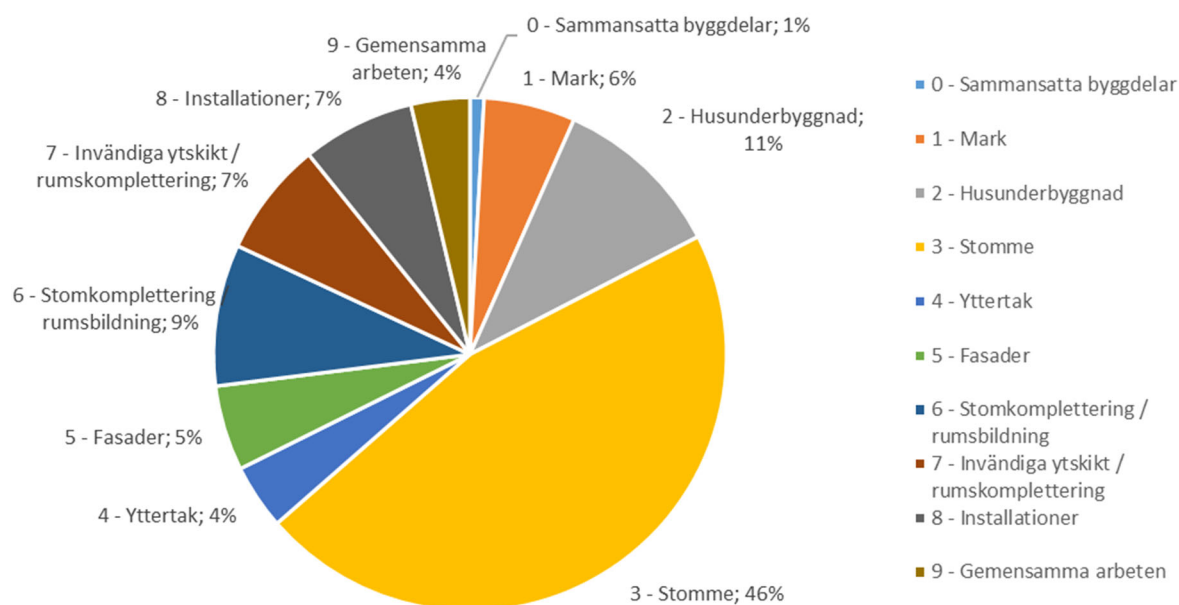
- råvaruförsörjning (A1)
- transport till fabriken (A2)
- tillverkning av material och produkter (A3)
- transport av material och produkter till byggplatsen (A4)
- byggproduktion (A5)

Enligt standarden SS-EN 15804 "Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler" och Boverkets klimatdatabas så ger en produkt ett klimatavtryck första gången den används dvs under den första livscykeln. När materialet sedan återbrukas i en andra livscykel räknas endast klimatavtrycket från t.ex. eventuell rekonditionering, extra transporter och liknande men inte för själva råmaterialet.

4.1.2 Byggnader med stomme av betong

Ett exempel på fördelning av klimatavtrycket i byggnader av betong redovisas i bilden nedan. Klimatavtrycket är uppdelat per byggdel där stommen utgör den del som ger det största klimatavtrycket följt av betongplattan (husunderbyggnad).

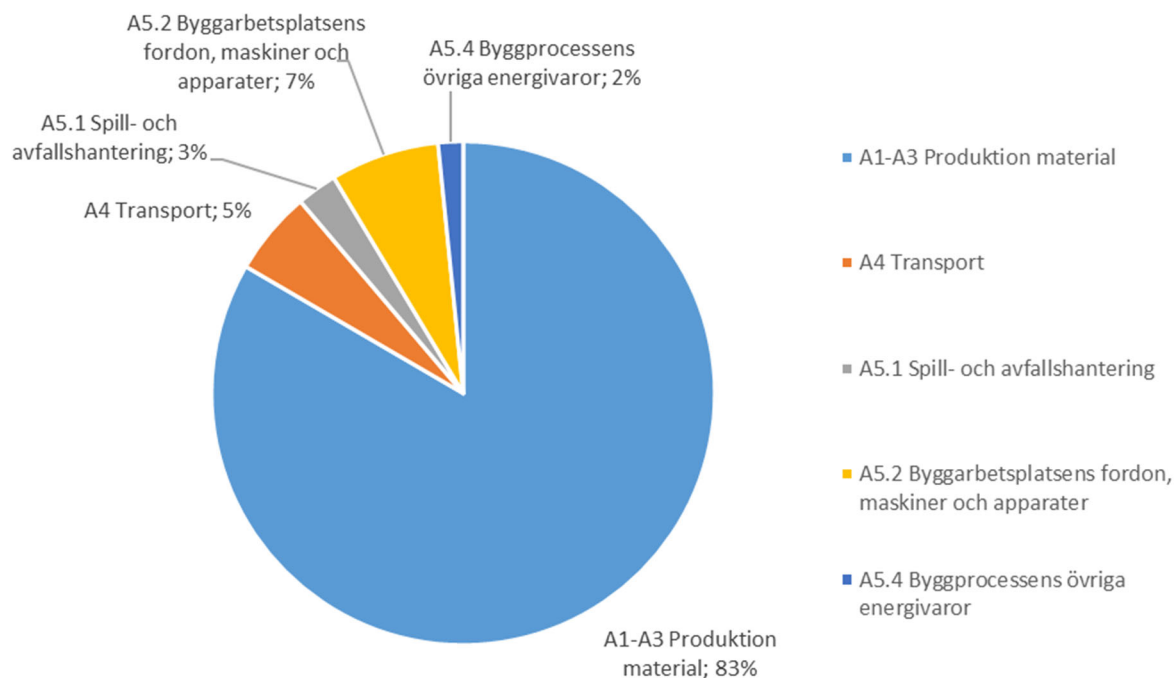
Klimatberäkningarna baseras på resultatet från ett antal genomförda byggprojekt där redovisade siffror från klimatkalkylerna utgör medelvärden från undersökta projekt. Flera olika verksamhetstyper ingår i underlaget. Syftet är att belysa vilka byggdelar och vilka material som återkommande ger de största klimatavtrycken i projekten. Storleksordningen är mer väsentlig än det specifika värdet för varje enskild post. En klimatberäkning specifik för varje byggnad bör utföras i alla projekt.



Figur 13: Exempel på klimatbelastning per bygghugdel för ett hus med betongstomme.

De delar som ger det största klimatavtrycket i ett betonghus är väggar och bjälklag av betong, betongplattan, markarbeten, balkar och pelare av stål samt gips.

Analyserar man resultatet av klimatkalkylerna ur ett livscykelperspektiv framgår det tydligt att materialframställning (A1-A3) ger det avgörande klimatavtrycket vilket betyder att ju mer vi kan återbruka material desto mer kan vi minska byggnadens klimatavtryck.



Figur 14: Exempel på andel utsläpp per livscykelmodul för hus med betongstomme.

4.1.3 Byggnader med stomme av stål

I byggnader där stommen utförs med stål dominerar följande poster klimatavtrycket:

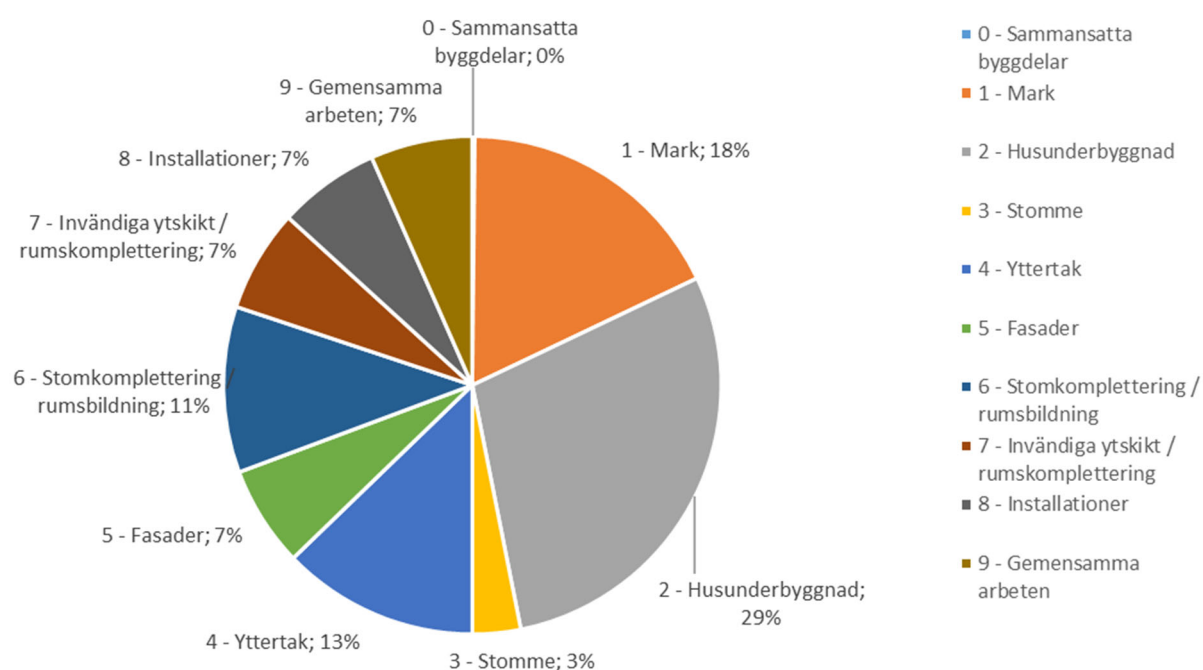
- Betongplatta
- Bjälklagselement av betong
- Pålning
- Stålpelare och stålbalkar
- Markarbeten
- Mineralullsisolering
- Ståltrekar
- Armering
- Gips

Stål är ett material som lämpar sig för återbruk och har stor återbrukspotential, framförallt pelare och balkar som lätt kan demonteras. Framtida återbruk underlättas om stålstrukturen skruvas ihop istället för att svetsas, det ger samtidigt en lägre energiförbrukning i byggskedet.

4.1.4 Byggnader med stomme av trä

Ett exempel på fördelning av klimatavtrycket i byggnader med stomme av trä redovisas i bilden nedan. Klimatavtrycket är uppdelat per byggdel där betongplattan (husunderbyggnad) utgör den del som ger det största klimatavtrycket följt av utvändiga markarbeten.

Klimatberäkningarna baseras på resultatet från ett antal genomförda byggprojekt där redovisade siffror från klimatkalkylerna utgör medelvärden från undersökta projekt. Flera olika verksamhetstyper ingår i underlaget. Syftet är att belysa vilka byggdelar och vilka material som återkommande ger de största klimatavtrycken i projekten. Storleksordningen är mer väsentlig än det specifika värdet för varje enskild post. En klimatberäkning specifik för varje byggnad bör utföras i alla projekt.

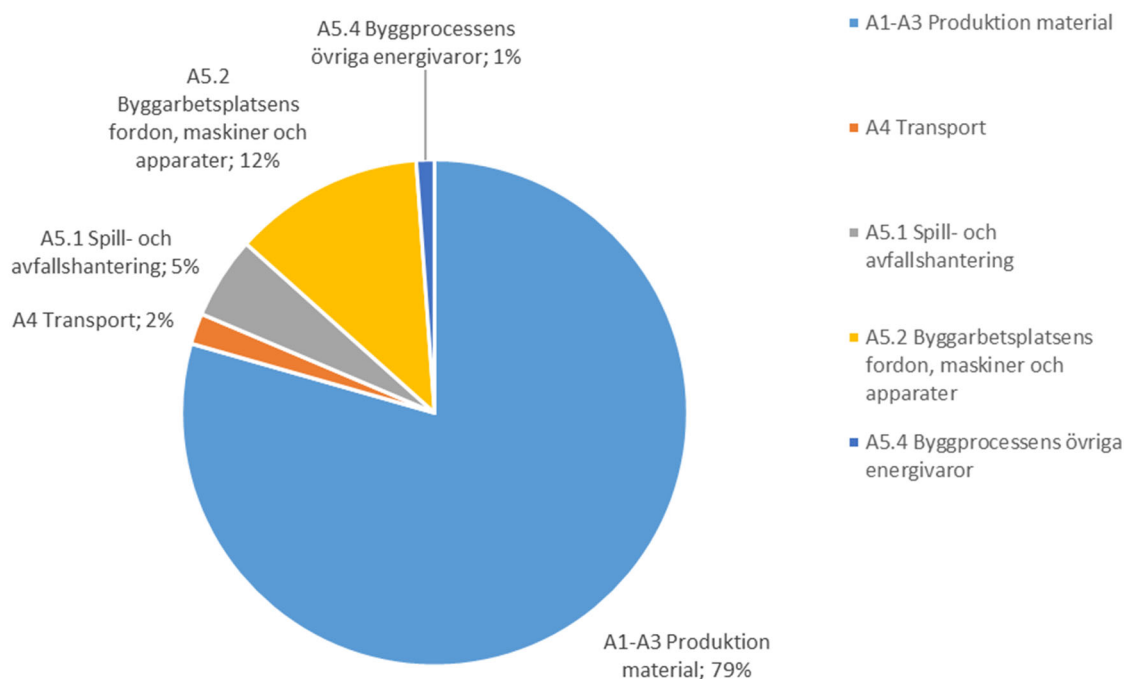


Figur 15: Exempel på klimatbelastning per byggdel för ett hus med trästomme.

De byggmaterial som ger största klimatavtrycket i ett trähus är bl.a. betong i bottenplattan, cellplast, gips och mineralullsisolering.

Utöver nämnda byggmaterial är markarbeten normalt också en betydande post där det är maskintimmarna som ger den stora klimatbelastningen. Klimatavtrycket kan minskas avsevärt om man väljer fossilfritt bränsle till maskinerna i så stor utsträckning som möjligt.

Analyserar man resultatet av klimatkalkylerna ur ett livscykelperspektiv framgår det tydligt att materialframställning (A1-A3) ger det avgörande klimatavtrycket även för trähus vilket betyder att ju mer vi kan återbruka material desto mer kan vi minska byggnadens klimatavtryck.



Figur 16: Exempel på andel utsläpp per livscykelmodul för hus med trästomme.

4.2 Återbruk av produkter

De mest klimatbelastande posterna studeras i första hand för att se om de kan ersättas med återbrukat material. Stål och betong är material som ger ett stort klimatavtryck i alla projekt och har stor potential att kunna återbrukas. Prefabricerade betongelement kan vara olika lätt att återbruka beroende på hur de har monterats. Genom mätningar kan man t.ex. se hur långt karbonatiseringen i betongen har kommit och vilket täcksikt som finns till armeringen.

Exempel på produkter att återbruka:

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

- Trappor

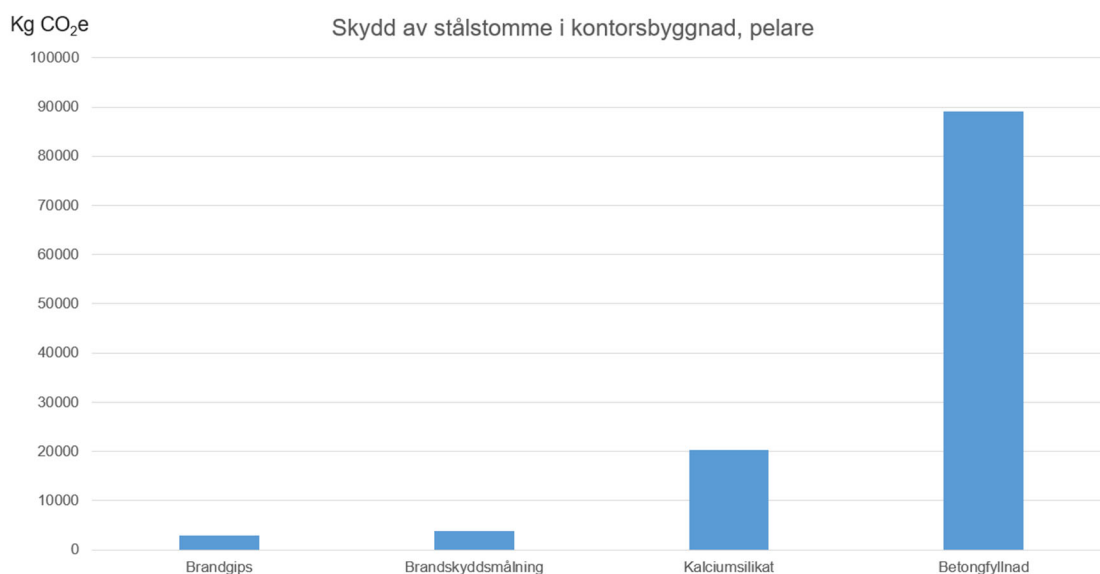
Ju mer standardiserad en produkt är desto lättare är det att återbruka, t.ex. ventilationskanaler som det finns stora volymer av och egenskapskraven inte är så omfattande. Avseende installationer pågår flera initiativ för att öka återbruk och inom ramen för ”Centrum för Cirkulärt byggande”, ofta kallat CCBUILD, pågår ett arbete med att ta fram en återbruksguide för ett antal installationer. I denna guide anges tydliga förslag för ett förfarande vid återbruk av installationer. Valda installationer utgår från vad som bedömts vara enkla produkter att återbruka utifrån tillgång och gällande egenskapskrav. Brandtekniska egenskapskrav har ej beaktats i dessa guider. Även om brandtekniska egenskaper inte utgör en väsentlig egenskap hos aktuella produkter i någon större utsträckning, bör frågor kring brandtekniska egenskaper belysas vid nyttjande av aktuella guiden för att säkerställa att dessa verkligen beaktas där det är relevant.

Det finns en stor klimatbesparingspotential i att köpa återbrukat material. Det är idag för billigt att slänga material och köpa nytt men då baseras besluten endast på ekonomiska kostnader, d.v.s. klimatkostnader beaktas inte. Om även materialets klimatavtryck beaktas blir utfallet angående värdet av återbruk i vissa fall annorlunda. Återbruk ger generellt minskade kostnader för material och ökade kostnader för tid. Dagens situation på marknaden med stigande råvarupriser och materialbrist visar på hur viktigt det är att vi tar hand om det material som finns i befintliga byggnader.

4.3 Klimatpåverkan för olika val av brandskyddsmetod

Återbruk av material och produkter både med och utan brandtekniska krav behöver skalas upp framöver. Ett annat sätt att minska klimatavtrycket är studera val av brandskyddsmetod oavsett om man använder nytt eller återbrukat material. Enligt de beräkningsmodeller som redovisas i (Olsson and Göras, 2018) så kan samma brandtekniska funktion erhållas beroende på val av material så varierar klimatavtrycket. I takt med att de olika delarna av en byggnad allt oftare klimatberäknas ökar också kunskapen om hur materialvalen i projektet påverkar klimatavtrycket.

Nedan redovisas ett exempel för en kontorsbyggnad. För att brandskydda stålpelare i en kontorsbyggnad så kan man använda brandgips, brandskyddsmålning, kalciumsilikat eller betongfyllnad pelarna. Oavsett val av metod så uppfyller de samma brandskyddskrav men klimatavtrycket blir olika stort.



Figur 17: Klimatpåverkan för olika brandskyddsmetoder av stålpelare i en kontorsbyggnad med 6 plan.

Utöver klimatavtrycket från själva materialet kan man även väga in hur stor risk det är att en brand ska uppstå beroende på vilka förebyggande åtgärder som vidtas i byggnaden. Då förbättras beslutsunderlaget för byggherren ytterligare för att kunna ta de klimatmässigt bästa besluten. Baserat på statistik från MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) som omfattar alla räddningstjänstens insatser går det att få ett värde på hur stor risk är det för att brand uppstår i olika verksamheter och hur mycket branden normalt sprider sig. Det går även att beräkna hur olika brandtekniska förebyggande skyddsåtgärder påverkar brandens utbredning och vilka effekter det ger på det totala klimatavtrycket. Tillvägagångssättet beskrivs i handboken "Hållbart brandskydd" (Olsson and Göras, 2018).

4.4 Diskussion och slutsatser

Redovisade siffror är exempel på vilka delar som är mest klimatbelastande vid byggnation och resultatet varierar beroende på vilka system och material som väljs i projektet. Betongmaterialen dominerar dock alltid de största posterna vilket gör att återbruk av betong är av stort intresse för att minska klimatavtrycket.

De klimatmål och klimatbudgetar som finns idag behöver brytas ner på projektnivå för att vara ett effektivt styrmedel under byggprojektet. Boverket inför klimatkrav för nybyggnationer senast år 2027 enligt nuvarande förslag men förhoppningsvis kommer det tillämpas på marknaden ännu tidigare för att snabba på omställningen. Idag är det bara den ekonomiska budgeten och byggherrens ambitioner som avgör vilka klimatbesparande åtgärder som genomförs i projektet.

Resultatet varierar mellan projekten men materialframställningen (A1-A3) står generellt för ca 70 - 90% av det totala klimatavtrycket vilket tydligt visar på vikten av att öka andelen återbrukat material. En viktig framgångsfaktor för att lyckas med återbruk är att kravställningen finns med redan vid upphandling och att klimatberäkningar utförs för att kunna jämföra olika åtgärder.

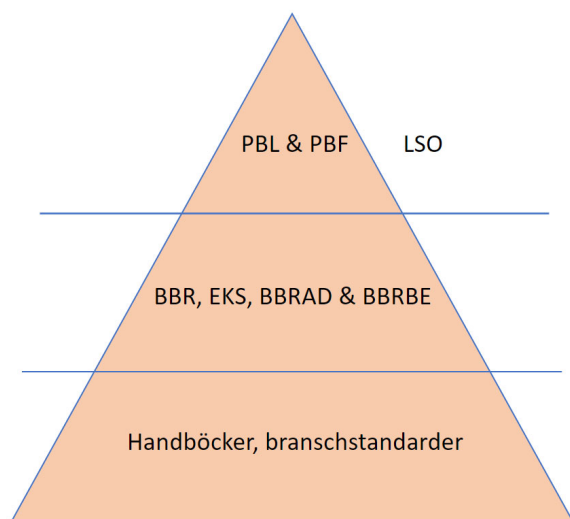
5 Översikt av relevant regelverk

I denna översikt av regelverk redovisas övergripande vilka regelverk som styr brandteknisk utformning av en byggnad, samt hur det brandtekniska brandskyddet ska efterlevas över tid. Då cirkulärt byggande inte varit med och utgjort grund för gällande regelverk, utreds vilket handlingsutrymme regelverket ger för att kunna dimensionera brandskydd med återbrukade produkter vid om- och nybyggnationer.

Det finns fler regelverk som påverkar möjligheten till storskaligt återbruk. T.ex. innehåller Avfallsförordningen (2011:927) bestämmelser om hur avfall ska hanteras, och det finns även krav i EU:s Avfallsdirektiv (2008/98/EC) och EU:s kemikalielagstiftning (EC 1907/2006). Dock påverkar dessa regelverk samtliga byggprodukter, oavsett funktion. I denna sammanställning fokuseras därför endast på de regelverk som bedöms relevanta avseende brandskyddsprojektering och brandsäkerhet. Övriga regelverk inverkar på produkter oavsett önskemål om hur de önskas nyttjas inom cirkulärt byggande.

5.1 Regelverk

Figur 18 visar en översiktlig sammanställning av de nationella regelverk som på olika sätt ställer krav på byggnaders brandskydd. Mer information om de olika delarna ges i efter följande sektioner.



Figur 18: Översikt hierarki berörda regelverk.

5.1.1 Plan- och bygglagen (2010:900) (PBL) och Plan- och byggförordningen (2011:338) (PBF)

Plan -och bygglagen är den lag i Sverige som styr hur byggnader ska utformas och vilka byggprodukter som är lämpliga att använda. I kapitel 8 paragraf 4 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 räddningsmanskapers säkerhet vid brand.

I PBL och PBF styrs även byggprodukters lämplighet samt vilken instans som har rätt att ge ut föreskrifter som behövs för att bestämmelser i lagarna ska kunna tillämpas.

I PBL anges också krav avseende hantering av bygg- och rivningsmaterial på en byggarbetsplats, och krav avseende sortering och hur rivningsmaterial ska tas omhand. I slutet av 2020 infördes en ändring i PBL för att främja bättre hantering av bygg- och rivningsavfall. Syftet med förändringen var att underlätta återanvändning och materialåtervinning. Praktiskt innebär förändringen att byggherren ska redovisa hur utsortering av material för återvinning och produkter för återanvändning har utförts.

5.1.2 Byggproduktförordningen (CPR)

Bygglagstiftningen i Sverige är kopplad till den europeiska byggproduktförordningen, "Construction Product Regulation (CPR)" (EU, 2011). CPR har som syfte att reglera byggprodukter på marknaden genom att fastställa harmoniserade bestämmelser för hur byggprodukternas prestanda anges i förhållande till deras väsentliga egenskaper och användning av CE-märkning för dessa produkter. CPR publicerades 2011 men det var först 2013 som förordningen blev tvingande inom EU.

En översyn av CPR har startats som en följd av Europakommissionens rapport om genomförandet av förordningen 305/2011 (EC, 2016). I kommissionsrapporterna "Den europeiska gröna given" (EC, 2019) och "En ny handlingsplan för den cirkulära ekonomin för ett renare och mer konkurrenskraftigt Europa" (EU, 2020) slår man bl.a. fast att den cirkulära ekonomin för byggprodukter måste underlättas.

Revideringen av CPR kommer att ske i två parallella steg kallade "CPR Review" och "CPR Acquis". I "CPR Review" arbetar man med att revidera själva CPR och i "CPR Acquis" ser man över systemet med harmoniserade standarder (hEN) och europeiskt bedömningsdokument (EAD) som hela CPR bygger på. Se vidare i kapitel 5.2 om produktgodkännande och märkning.

5.1.3 Boverkets författningssamling (BFS)

Boverkets författningssamling utgörs av föreskrifter och allmänna råd som ger en mer detaljerad beskrivning av hur regelverken i PBL och PBF ska tillämpas. Nedan beskrivs kortfattat de regelsamlingar som styr utformning av byggnaders brandskydd det vill säga Boverkets Byggregler (BBR), Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD), Boverkets konstruktionsregler samt Boverkets allmänna råd om brandbelastning (BBRBE).

5.1.4 Boverkets Byggregler (BBR)

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.

Föreskrifterna gäller generellt vid nybyggnad eller vid en omfattande ombyggnad där stora delar av byggnaden påtagligt förnyas. I BBR finns dock lättnader när det kommer till ändring av befintliga byggnader, så kallade ändringsreglerna, se vidare avsnitt 5.1.4.3.

I BBR är det främst kapitel 1, 2 och 5 som har betydelse för utformningen av en byggnads brandskydd och val av produkter. Nedan har vi lyft ut de övergripande delar som bedöms särskilt relevanta för återbruk av produkter med brandtekniska egenskaper.

5.1.4.1 Kända egenskaper, bedömda egenskaper och ekonomisk livslängd

I kap. 1 och 2 i BBR anges övergripande krav och allmänna regler, oberoende av huruvida det finns brandtekniska krav på produkter eller inte. Avseende produkter och produkttegenskaper används i olika paragrafer begreppen *kända egenskaper* och *bedömda egenskaper*.

Det är byggherrens ansvar att säkerställa att den färdiga byggnaden uppfyller kraven avseende byggprodukters lämplighet i huvudförfattningarna och föreskrifter (BBR kapitel 2). I kap 2.1 anges att ”de byggmaterial och byggprodukter som används ska ha *kända egenskaper* i de avseenden som har betydelse för byggnadens förmåga att uppfylla kraven”. Kända egenskaper skulle kunna vara typgodkända eller klassificerade produkter testade enligt äldre metoder. Dock uppfyller de per automatik inte nybyggnadskrav, utan provningsstandarder och dylikt för sådana produkter behöver studeras för att produktens egenskapskrav ska kunna betraktas som kända och utvärderas för bruk enligt den kravnivå som gäller idag.

För att en produkt ska kunna ges *bedömda egenskaper* enligt dagens regelverk behöver egenskaperna verifieras enligt avsnitt 1:4 enligt BBR (se faktaruta nedan). Saknas kända eller bedömda egenskaper behöver dessa fastställas av byggherren, vilket kan innefatta t.ex. provning.

Material och produkters egenskaper bör verifieras redan under projektering.

1:4 Byggprodukter med bedömda egenskaper

Byggprodukter med bedömda egenskaper avses i denna författning byggprodukter som är

- a) CE-märkta,
- b) typgodkända och/eller tillverkningskontrollerade enligt bestämmelserna i 8 kap. 22–23 §§ PBL,
- c) har certifierats av ett certifieringsorgan som ackrediterats för uppgiften och för produkten i fråga enligt förordning (EG) nr 765/2008 av den 9 juli 2008 om krav för ackreditering och marknadskontroll i samband med saluföring av produkter och upphävande av förordning (EEG) nr 339/931, eller
- d) har tillverkats i en fabrik vars tillverkning och produktionskontroll och utfallet därav för byggprodukten fortlöpande övervakas, bedöms och godkänns av ett certifieringsorgan som ackrediterats för uppgiften och för produkten ifråga enligt förordning (EG) nr 765/2008.

För att byggprodukten ska anses ha bedömda egenskaper ska verifieringen vid tillämpning av alternativ c) och d) ovan ha en sådan omfattning och kvalitet att det säkerställs att uppgivna material- och produkttegenskaper stämmer med de faktiska. Verifieringen ska motsvara minst vad som är beslutat för CE-märkning av liknande produkter. (BFS 2013:14).

I allmänna råd i samband med avsnitt 1:4 framgår att endast b) direkt uppfyller kraven för en specifik användning. Alternativ a), c) och d) medför att byggherren själv måste ta ställning till produkternas lämplighet för aktuell användning. För byggprodukter med bedömda egenskaper behöver byggherren inte göra någon egen provning av dessa egenskaper.

De olika alternativen för att få en bedömd egenskap skiljer sig åt mellan alternativ a), b), c) och d). Se kapitel nedan gällande CE-märkning och typgodkännande. Vid alternativ c) har en eller flera egenskaper verifierats av ett ackrediterat bedömningsorgan. Vid alternativ d) kontrolleras produktens tillverkningsprocess av ett ackrediterat bedömningsorgan.

Även *ekonomisk rimlig livslängd* är en faktor som beaktas i BBR. I kap. 2:2 allmänt råd framgår att byggherren får välja de material och tekniska lösningar som är ekonomiskt rimliga och praktiska att sköta så länge lagens krav på ekonomiskt rimlig livslängd uppfylls. Med livslängd avses den tid under vilken en byggnad eller byggnadsdel med normalt underhåll uppvisar erforderlig funktionsduglighet. Byggnadsdelar och installationer med kortare livslängd än byggnadens avsedda brukstid bör vara lätt åtkomliga och lätta att byta ut samt även på annat sätt vara lätta att underhålla, driva och kontrollera.

Byggnadsdelar och installationer som inte avses bytas ut under byggnadens avsedda brukstid bör antingen vara beständiga eller kunna skyddas, underhållas och hållas i sådant skick så att kraven i dessa föreskrifter uppfylls. Förväntade förändringar av egenskaperna bör beaktas vid val av material och tekniska lösningar. Vid ändring av byggnader bör sådana material och tekniska lösningar väljas som fungerar ihop med befintligt utförande.

5.1.4.2 Brandtekniska krav

Brandtekniska krav ställs nästan på alla ingående delar av en byggnad. Det kan handla om brandtekniska klasser avseende byggnadsdelar som ingår i en brandcellsgräns, krav på en byggnads bärande stomme, ytskiktsskrav på invändiga och utvändiga ytskikt eller på isoleringsmaterial i ett ventilationssystem. I BBR kap 5 beskrivs de brandtekniska krav som ställs på en byggnad. Att projektera och tillämpa lösningar som anges i allmänt råd i avsnitt 5:2-5:7 för att uppfylla kraven i föreskrifterna kallas för förenklad dimensionering och kan tillämpas rakt av utan vidare krav på redovisning. Att uppfylla föreskrifterna genom andra lösningar än det som anges i allmänt råd kallas för analytisk dimensionering och styrs i Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering (BBRAD) av byggnaders brandskydd, se avsnitt 5.1.5. Analytisk dimensionering måste alltid redovisa på vilket sätt den valda lösningen uppfyller kravet i föreskriften.

Kapitel 5 består av följande avsnitt:

- 5:1 Allmänna förutsättningar – här beskrivs förutsättningar kring dimensionering, krav på dokumentation samt betydelsen av räddningstjänstens insats.
- 5:2 Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar – här definieras verksamhetsklasser och byggnadsklasser som är grundläggande för kravnivån på en byggnads brandskydd samt definitionen av olika klassbeteckningar, byggnadstekniska begrepp och beskrivning av olika byggnadstekniska installationer.
- 5:3 Möjlighet till utrymning vid brand – här beskrivs krav på utformning byggnaders utformning för att uppfylla krav på tillfredställande utrymning t.ex. antal utrymningsvägar, bredder, beslag och behov av brandtekniska installationer.
- 5:4 Skydd mot uppkomst av brand – här beskrivs krav kopplade till uppvärmningsanordningar, eldstäder eller andra utrymmen där det finns en hög risk för att brand uppstår.
- 5:5 Skydd av spridning och utveckling av brand- och brandgaser i en byggnad – detta avsnitt omfattar bl.a. krav på ytskikt, material, brandcellsindelning och ytterväggar.
- 5:6 Skydd mot utveckling och spridning av brand mellan byggnader
- 5:7 Möjlighet till räddningsinsatser
- 5:8 Krav på brandskydd vid ändring av byggnader (se avsnitt 5.1.4.3)

I föreskrifterna anges oftast ett funktionskrav på vilken kravnivå som ska uppnås, i allmänna råd kan principer för hur detta kan uppnås anges. Det finns dock fall där detaljkrav även anges i föreskrift, vilket minskar handlingsutrymmet för olika lösningar kopplat till de föreskrifterna. Till exempel förekommer krav avseende taktäckning för att undvika risken att brinnande eller glödande partiklar som förs med vinden från en brand i en annan byggnad, skogsbrand eller liknande ska antända yttertak på andra byggnader. Kravet regleras i BBR 5:62 och där anges i allmänt råd att taktäckning bör utformas med material av klass A2-s1,d0 (obrännbart) alternativt med material av lägst klass B_{ROOF} (t2). Kraven utgör ett allmänt råd vilket möjliggör en analytisk dimensionering, se mer gällande detta i avsnitt 5.1.5, men då kravnivån fastställer en explicit brandteknisk klass är det svår att visa att andra material uppfyller motsvarande klass med annat än provningar. 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 S₂₀₀) 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. SBN och 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 (BBR 5:2311). Detta möjliggör att i miljöer där brandgastäthetskrav ej föreligger kan dörrar även med dagens regelverk utföras i brandteknisk klass A.

I BBR regleras även krav avseende befintligt brandskydd (kap 5:811). Som allmänt råd anges att en genomgång av befintliga skyddssystem för att identifiera skicket på befintligt brandskydd bör göras. Kvaliteten och funktionen hos brandcellsgränser, ytskikt och andra skyddsanordningar, passiva som aktiva, bör kontrolleras.

5.1.4.3 Krav vid ändring av byggnaden

Vid en ändring av en byggnad behöver inte nybyggnadskrav i BBR följas i sin helhet, utan det är möjligt att dimensionera efter det regelverk som gällde vid uppförandet av byggnaden. En ändring kan utgöras av en ombyggnation eller en tillbyggnation. En ändring kan dock vara av sådan art att det betraktas som en nybyggnad, och då gäller nybyggnadskrav.

Vid en ändring föreligger krav på en förundersökning (2:311). Omfattningen av förundersökningen bör anpassas till åtgärdens omfattning och objektets art.

Vid ändring av byggnader ska brandsäkerheten utformas med sådant brandskydd att brandsäkerheten blir tillfredsställande. Brandskyddet ska utformas med betryggande robusthet så att hela eller stora delar av brandskyddet inte slås ut av enskilda händelser eller påfrestningar. Byggnader ska vid ändring uppfylla de krav på brandskydd som anges i avsnitt 5:1–5:7. Kraven får dock tillgodoses på annat sätt än vad som anges där om motsvarande säkerhetsnivå ändå uppnås.

Avsteg från säkerhetsnivån får göras om det finns synnerliga skäl med hänsyn till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar. Med synnerliga skäl avses visst modifieringsutrymme om byggnaden ändå kan antas få godtagbara egenskaper och det inte är möjligt att tillgodose kravet fullt ut utan höga kostnader eller påtagligt negativa konsekvenser för övriga utformningskrav, tekniska egenskapskrav eller byggnadens kulturvärden. Synnerliga skäl kan vara om försämringen i sammanhanget är försumbar, och det anges i vissa allmänna råd exempel på synnerliga skäl.

Om avsteg från kraven i avsnitt 5:1–5:8 görs ska utformningen verifieras med analytisk dimensionering enligt avsnitt 5:112. (BFS 2011:26).

Några funktioner där det, om synnerliga skäl föreligger, finns möjlighet att göra avsteg är t.ex.: ytskikt, både invändiga samt på fasad.

5.1.5 Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD)

Som alternativ till att utforma brandskyddet i en byggnad enligt förenklad dimensionering kan analytisk dimensionering utföras för att uppfylla en eller flera föreskrifter. Byggherren behöver då verifiera vald lösning och visa på att den uppfyller föreskriftskraven. Verifieringen ska ske genom någon av följande metoder, alternativt motsvarande metoder eller kombinationer av de olika metoderna:

- Kvalitativ bedömning,
- Scenarioanalys, eller

- Kvantitativ riskanalys.

Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD 3) innehåller ett antal allmänna råd som beskriver hur verifieringen ska utföras men också olika tabellerade värden som är lämpliga att använda vid beräkningar t.ex. tillväxthastigheter, nivåer för kritisk påverkan för personer, gånghastigheter m.m. De allmänna råden i BBRAD 3 kan nyttjas för att verifiera analytisk dimensionering i BBR avsnitt 5:2-5:7 och i tillämpbara delar även för ändringsreglerna i avsnitt 5:8 samt vid analytisk dimensionering för att verifiering av en konstruktions bärförmåga vid brand enligt avdelning C i kapitel 1.1.2 i EKS 11.

Vid tillämpning av analytisk dimensionering måste vald verifieringsmetod reflektera byggnadens komplexitet och det är viktigt att verifieringen ser till byggnadens brandskydd som helhet, inte bara som separata delar. Kvalitativa analyser där verifiering sker med resonemang får endast användas där avsteget från förenklad dimensionering är begränsat eller där utformningens påverkan på brandskyddet är väl känd.

Byggnader med extra stort skyddsbehov, t.ex. fängelser eller byggnader med fler än 16 våningar, som faller inom byggnadsklass Br0 är exempel på byggnader vars brandskydd som helhet måste utformas med analytisk dimensionering. Analytisk dimensionering krävs också om ett automatiskt släcksystem tillämpas för att uppfylla kraven i fler än två föreskrifter (eller fler än en föreskrift i byggnader med krav på automatiskt släcksystem) i BBR. Detta görs ofta genom en så kallad robusthetsanalys där byggnadens brandskydd beaktas som en helhet för att säkerställa att inte flera avsteg ger kritisk påverkan på samma delar av en byggnads brandskydd. Eventuella avsteg får aldrig medföra en oacceptabel risk för människors säkerhet.

5.1.6 Boverkets allmänna råd om brandbelastning (BBRBE)

I Boverkets allmänna råd om brandbelastning (BBRBE) anges hur den dimensionerande brandbelastningen ska bestämmas. Detta kan göras antingen genom förenklad dimensionering med förutbestämda brandbelastningar för olika typer av verksamheter eller genom analytisk dimensionering där brandbelastningen för en viss verksamhet beräknas.

Brandbelastningen i en byggnad påverkar vilken nivå som krävs på brandskyddet i BBR, t.ex. klass på brandcellsavskiljande väggar i en Br1-byggnad, vid dimensionering av stommens bärförmåga vid brand eller storlek på brandgasventilation. Brandbelastningen kan också utgöra en betydande del vid analytisk dimensionering av en byggnads bärförmåga vid brand.

5.1.7 Boverkets konstruktionsregler (EKS)

Boverkets konstruktionsregler, EKS, 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 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. I ett allmänt råd ger man exempel på indelning av säkerhetsklasser för olika byggnadsdelar i olika byggnadsverk.

Föreskrifterna i EKS gäller vid uppförande av nya byggnader samt vid ändring av byggnader (§2). Krav vid ändringar i byggnader ges av EKS (§31-§38). Den övergripande regeln vid ändringar är att byggnaden vid ändring ska uppfylla de krav på bärförmåga, stadga och beständighet som anges i EKS för uppförandet av nya byggnader. Som alternativ till eurokoderna kan alternativa metoder användas om de ger minst lika eller högre säkerhet. Regler om material, projektering, utförande, dimensionering och kontroll gäller i tillämpliga delar också vid ändringar i byggnader. Eurokoder skall användas vid dimensionering och uppförande av byggnadsverk för att verifiera bärförmåga, stadga och beständighet. Nationellt valda parametrar anges i EKS i förekommande fall.

I Avdelning C, kapitel 1.1.2 definieras brandsäkerhetsklasser som byggnadsdelar skall hänföras till utifrån risken för personskador om byggnadsdelar kollapsar under brand. Brandsäkerhetsklasserna graderas från 1 (mycket liten) till 5 (mycket stor) utgående från risk. Exempel på klassificering av brandsäkerhetsklass i olika byggnadsklasser (se BBR 5.22) avseende risker vid brand ges som allmänna råd.

Kravet för en viss brandsäkerhetsklass utgår från exponering för ett specificerat temperatur-tidsförlopp där byggnadsdelen skall utformas så att kollaps inte inträffar under en relevant tidsperiod. Som ett exempel skall R30 (bärförmåga under 30 minuter) enligt SS-EN 13501-2 uppfyllas för brandsäkerhetsklass 3 (för BR1-BR3 byggnader) oberoende av konstruktionens brandbelastning. Men för brandsäkerhetsklass 4, i samma exempel, är kravet differentierat beroende på brandbelastning från R60 vid en brandbelastning på $\leq 800 \text{ MJ/m}^2$ till R180 vid en brandbelastning på $> 1600 \text{ MJ/m}^2$.

Det som ges i EKS vad gäller brandteknisk dimensionering är tillämpningen av nationella val av, till exempel, parametervärden eller metoder för de olika eurokoderna för konstruktionsprodukter (betong, stål, trä, murverk och aluminium). EKS pekar ut var nationella val gjorts och ger allmänna råd om tillämpningen. Vid dimensioneringsarbetet applicerar man eurokoden som är aktuell för konstruktionselementet. Till exempel för betong, SS-EN 1992-1-2 Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-2: Allmänna regler – Brandteknisk dimensionering.

Vad gäller val av material för bärande konstruktioner anger EKS i Avdelning A, §17, att dessa ska ha kända, lämpliga och dokumenterade egenskaper i de avseenden som har betydelse för dess användning. Man introducerar sedan i §18 (avsnitt Metoder för bedömning) begreppet byggprodukter med bedömda egenskaper, vilket också används i BBR (se kapitel 5.1.5). §19 säger sedan att för byggprodukter med bedömda egenskaper gäller enbart bedömning enligt CE-märkning i de fall det finns en produktstandard eller i det fall det utfärdats en ETA.

5.1.8 Lag om skydd mot olyckor (LSO 2003:778) samt Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:3)

Lagen om skydd mot olyckor (LSO) behandlar bl.a. skäligt brandskydd under en byggnads nyttjande, och det är denna lag som utgör grund för tillsynsmyndigheten vid tillsynsärenden i byggnader.

Mot bakgrund av bestämmelserna i 2 kap 2 § lag (2003:778) om skydd mot olyckor har statens räddningsverk (MSB Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) föreskrivet allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete (SRVFS 2004:3). För att uppfylla kravet på skäligt brandskydd krävs att det för varje verksamhet bedrivs ett systematiskt brandskyddsarbete (SBA) och att detta dokumenteras. Dokumentationen av brandskyddet bör vara tillräcklig för att säkerställa underhåll och att skäliga brandskyddsåtgärder, både tekniska och organisatoriska, vidtas.

Enligt det allmänna rådet bör det inom verksamheten t.ex. finnas en brandskyddsansvarig med särskilt ansvar för brandskydd och dokumentation. Det är också lämpligt att ägare till byggnaden och den som bedriver verksamheten där reder ut vem som ansvarar för vilka delar i brandskyddet och gärna reglerar detta i någon form av avtal.

Enligt LSO föreligger också krav på kommunernas räddningstjänster att beskriva sin förmåga att hantera olyckor i ett handlingsprogram.

5.1.9 Byggherrens ansvar inom ramen för studerade regelverk

Det är byggherren som ansvarar för att arbeten utförs enligt bestämmelserna i PBL, PBF, BBR och EKS. Byggherren är den som för egen räkning utför eller låter utföra projekterings-, byggnads-, rivnings- eller markarbeten. Byggherren ska anges i ansökan om bygglov eller i anmälan.

Under avsnittet kontroll i EKS anges att byggherren alltid skall utföra en mottagningskontroll av material och produkter. Byggherren ska förvisa sig om att dessa har sådana egenskaper att de korrekt används i byggnadsverket uppfyller kraven i författningen. I de fall produkterna har bedömda egenskaper enligt §18

kan mottagningskontrollen begränsas till identifiering, kontroll av märkning och granskning av produktdeklarationen för att säkerställa att varorna har förutsatta egenskaper. Men om byggprodukterna inte har bedömda egenskaper fordras verifiering genom provning eller annan inom EU vedertagen metod så att egenskaperna är kända och kan värderas avseende lämplighet. Byggherren får välja de material och tekniska lösningar som är ekonomiskt rimliga och praktiska att sköta så länge lagens krav på ekonomiskt rimlig livslängd uppfylls.

5.2 Produktgodkännanden och märkning

5.2.1 CPR, CE-märkning och prestandadeklaration

CE-märkning är obligatoriskt för att sälja en produkt på den europeiska marknaden om produkten omfattas av en hEN (harmoniserad produktstandard). I det fall produkten inte omfattas av en hEN kan man på frivillig väg CE-märka genom en EAD. Dokumentet anger i båda fallen gemensamma metoder för att bedöma och redovisa byggprodukternas väsentliga egenskaper. hEN innehåller ett kapitel gällande tillverkningskontroll (Factory Production Control, FPC) som tillverkaren måste följa. Tillverkarens FPC-system innehåller bl.a. krav på provningsmetoder, journalföring och hur avvikande produkter ska behandlas. FPC-systemets syfte är hjälpa tillverkaren ha kontroll över tillverkning så att produkternas egenskaper håller sig inom ställda ramar. Ett anmält organ granskar tillverkarens efterlevnad av FPC-systemet. Detta sker oftast årligen men kan variera beroende på vilket AVCP-system (Assessment and Verification of Constancy of Performance) tillverkaren väljer. Se Tabell 6 om tillverkarens och de anmälda organets skyldigheter i olika AVCP-system nedan. För produkter där man påverkar produktens brandsäkerhet i tillverkningsprocessen gäller oftast system 1 eller 1+. Brandegenskapen är en så kallad essentiell egenskap och måste alltid utvärderas av ett notifierat/ackrediterat laboratorium, samt redovisas i tillverkarens DoP. Produktstandarder för typiska byggprodukter som identifierats i kapitel 4.2 som eventuellt lämpliga för återbruk ges som exempel nedan.

Byggisolering (fabrikstillverkad mineralull) CE-märks enligt hEN 13162. Enligt tabell ZA.2 hamnar produkten i AVCP system 1 på grund av tillsatsen av bindemedel och måste redovisa brandklass A1, A2, B eller C enligt EN 13501-1. Mineralull hamnar ofta i klass A1, eller A2 om det har ett ytskikt.

Undertak (t.ex. system med innertaksplattor) CE-märks enligt hEN 13964. Enligt tabell ZA.2 hamnar innertaksplattor i AVCP system 1 på grund av tillsatsen av bindemedel, ytskikt, färg och lim och måste redovisa brandklass A1, A2, B eller C enligt EN 13501-1. Innertaksplattor hamnar ofta i klasserna A2 eller B.

Stål och aluminiumkonstruktioner (t.ex. konstruktionsstål) CE-märks enligt hEN 1090-1. Brandmotstånd skall redovisas med hjälp av provning eller beräkning. Detta görs i de flesta fall genom beräkning baserat på standarderna (eurokoderna) EN 1993 (bärförmåga) samt EN 1994-1-2 (värmeisolering). Reaktion vid brandpåverkan skall klassificeras enligt EN 13501-1 i det fall komponenten är belagd. AVCP systemet är alltid 2+ för denna typ av produkter.

Brandprovning måste i fallen ovan utföras av ett ackrediterat laboratorium och resultatet bedömas av anmält organ. För produkter där hEN saknas finns möjlighet till CE-märkning via en Europeiskt Teknisk Bedömning (ETA). Ett ETA är en teknisk specifikation och beskriver produktens egenskaper, tillverkningsställen och tillverkningskontroll. Ett ETA är det dokument som möjliggör en CE märkning av produkter. Ett ETA tas fram enligt en EAD (European Assessment Document) som är en harmoniserad teknisk specifikation.

I de fall det inte finns någon färdig EAD som passar en produkt kan man ta fram en ny EAD. En EAD tas fram inom ramen för EOTA (European Organisation for Technical Assessment). Tanken är att alla byggprodukter skall kunna CE-märkas.

Ett ETA kan utfärdas av ett utsett tekniskt bedömningsorgan. Proceduren för att ta fram ett ETA innefattar att tillverkaren förser bedömningsorganet med det underlag som behövs. Underlaget skall innehålla

beskrivning av produkten, information om avsedd användning, verifikationer (provningsrapporter, m m.) av alla relevanta egenskaper, beskrivning av egenkontrollen i tillverkningen, med mera. Med hjälp av underlagen tar man fram ett utkast till en ETA. Utkastet skickas på remiss inom EOTA.

Tabell 6: Sammanställning av AVCP-system för tillverkare och anmält organ.

AVCP-system	Uppgifter för tillverkaren	Uppgifter för anmält organ
1+	Tillverkningskontrollen i fabrik (FPC) Provning enligt provningsplan	Bedömning av produktens prestanda genom typprovning/beräkning eller beskrivande dokumentation av produkten Inledande inspektion av FPC-systemet Fortlöpande inspektion av FPC-systemet Undersökning och provning av stickprov kontinuerligt
1	Tillverkningskontrollen i fabrik (FPC) Provning enligt provningsplan	Bedömning av produktens prestanda genom typprovning/beräkning eller beskrivande dokumentation av produkten Inledande inspektion av FPC-systemet Fortlöpande inspektion av FPC-systemet
2+	Bedömning av produktens prestanda genom typprovning/beräkning eller beskrivande dokumentation av produkten Tillverkningskontrollen i fabrik (FPC) Provning enligt provningsplan	Inledande inspektion av FPC-systemet Fortlöpande inspektion av FPC-systemet
3	Tillverkningskontrollen i fabrik (FPC)	Bedömning av produktens prestanda genom typprovning/beräkning eller beskrivande dokumentation av produkten
4	Bedömning av produktens prestanda genom typprovning/beräkning eller beskrivande dokumentation av produkten Tillverkningskontrollen i fabrik (FPC)	Inga uppgifter

5.2.2 Typgodkännande och tillverkningskontroll

Typgodkännande är Boverkets eget nationella system för att visa att en byggprodukt uppfyller kraven i den svenska bygglagstiftningen. En typgodkänd produkt har bedömda egenskaper för en avsedd användning enligt kapitel i BBR och/eller EKS. Vilka egenskaper som är bedömda enligt den avsedda användningen beskrivs i ett typgodkännande (certifikat) och den tillhörande handlingen (kan vara en monteringsanvisning

eller liknande). Typgodkännande som är en ackrediterad certifiering ställs ut av ett organ som är ackrediterat för uppgiften. Produktens egenskaper har verifierats genom t.ex. provning eller beräkning. En fortlöpande tillverkningskontroll, med krav på tredjepartskontroll, utförs normalt av produkten.

Typgodkända produkter märks med "Typgodkännandegaffeln" tillsammans med kompletterande information enligt BFS 2011:19 (Boverket, 2011).

Produkter som omfattas av en harmoniserad standard eller ett EAD kan inte typgodkännas utan ska i stället CE-märkas.

5.2.3 Certifieringsorgan och certifikat

I Sverige finns ett antal anmälda organ och certifieringsorgan som är ackrediterade av den svenska myndigheten Swedac (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll), gällande CE-märkning och annan produktmärkning. En förteckning över anmälda organ finns på EU-kommissionens publika databas Nando. I Sverige finns det 8 registrerade anmälda organ för CPR, men det är endast RISE som kan verka som Tekniskt Bedömningsorgan (TAB) och därmed utfärda ETAn.

I Sverige är det enbart RISE som både är notifierad för att utföra ackrediterade brandprovningar samt att utfärda certifikat enligt CPR. Detta är typiskt för krav på byggprodukter i BBR gällande reaktion vid brandpåverkan (EN 13501-1) samt brandmotstånd för produkter och konstruktioner (EN 13501-2).

Ett exempel på certifiering av byggprodukter som går under reglerna i EKS är certifieringsorganets Nordcerts utställande av certifikat för betongprodukter. Nordcert kan certifiera för märkning av förtillverkade betongprodukter med BBC-märket, vilket är en typprovningensmärkning, respektive CE-märket. Nordcert kontrollerar att tillverkarna efterlever kraven, genom besiktningar och uppföljande kontroll vid avvikelser. Typprovning mot BBC-märket avser produktionsstyrning av förtillverkade betongprodukter som saknar harmoniserad europeisk produktstandard samt mot av Nordcert fastställda tilläggskrav för CE-märkta produkter.

Ett annat exempel är certifiering av stålprodukter. Här utfärdar Nordcert certifikat enligt produktstandardEN 1090-1 för tillverkning i verkstad enligt tekniska krav baserade på EN 1090-2. Denna certifiering ger företaget rätt till CE-märkning av produkterna. Nordcert ställer även ut ett typprovningenscertifikat, SBS-märket, som står för att de svenska byggreglernas krav på Boverkets och Trafikverkets myndighetsområden är uppfyllda.

5.3 Äldre "praxis"

Utifrån att bygglagstiftningen inte är retroaktiv är det vanligt att äldre "praxis", krav och nivåer enligt äldre regelverk och standarder lever kvar även fast de inte anses uppfylla dagens krav. Framför allt vid bedömning av brandskyddet inom befintliga byggnader samt vid ändring inom befintliga byggnader när nybyggnadskrav inte är tillämpliga fullt ut, eller att nybyggnadskrav innebär en oacceptabel förvanskning av byggnaden.

Ett exempel på en gammal skrift som fortfarande nyttjas när det handlar om befintliga byggnader är Boverkets Godkännandelista B2. Där anges generella godkännanden för material, produkter och konstruktioner som inte specifikt är kopplade till någon tillverkare. Där finns bl.a. tabellerade värden på hur väggar och bjälklag i olika material ska utföras för att uppfylla en specifik brandteknisk klass med avseende på avskiljande förmåga och bärförmåga vid brand, men också hur olika bärverksdelar kan utföras för att uppfylla en viss bärförmåga vid brand.

Ett annat exempel på en äldre skrift som fortfarande i viss mån nyttjas vid ändringar inom befintliga byggnader är Monteringstekniska kommitténs (MTK) montering av brandklassat glas, *"Vägledning för val och montering av brand- och skyddsglas i godkända ramkonstruktioner"*. Denna beskriver ur ett mer generellt perspektiv hur olika brandklassade gaspartier ska monteras i olika typer av konstruktioner för att uppfylla sin brandtekniska klass. Denna har då kunnat tillämpas i fall där glaset i befintliga konstruktioner behövt

bytas ut mot brandglas för att förstå vilket glas som är lämpligt att nyttja och hur ska det fästas in på ett sätt så att dess brandtekniska klass upprätthålls.

Idag finns till viss del liknande tabellerade värden som i Godkännandelistan att hitta för olika typer av byggnadsdelar i olika material beskrivna i eurokoderna, men det blir allt vanligare att tillverkare själva testar sina typkonstruktioner och sammansatta byggnadsdelar enligt gällande standarder för att säkerställa att deras produkter och utformningar uppfyller gällande brandtekniska krav.

5.4 Identifierade hinder och möjligheter för återbruk i gällande regelverk

5.4.1 Identifierade hinder avseende material- och produkttegenskaper

Processen för återbruk berör flera led, från det att byggnaden rivs och produkter blir tillgängliga för återbruk till dess att produkten sitter på ett nytt ställe. Avseende de regelverk som styr krav vid rivning och demontering medför krav på sortering att vissa byggnadsdelar demonteras på sådant sätt att produkten påverkas, då en produkt kan bestå av flera olika komponenter. Vid återbruk är det viktigt att samtliga delar av en sammansatt produkt med brandtekniska krav återanvänds. Det är därför av stor vikt vid rivning att alla delar som har betydelse för produktens eller byggnadsdelens brandtekniska funktion tas med för att den ska kunna återbrukas i en annan byggnad. T.ex. kan inte endast en brandteknisk klassad dörrblad återbrukas, utan även karmen behövs för att dess brandtekniska egenskaper ska uppfyllas. Ett hinder för återbruk skulle även kunna vara okunskap när sammansatta produkter med brandtekniska krav monteras ner för att återbrukas men också brist på information kring produkter som återbrukas så som monteringsanvisningar och andra dimensionerande förutsättningar.

Avseende regelverk som styr byggprocessen vid uppförande av nya byggnader står det klart från genomgången av byggreglerna att det är byggherrens ansvar att säkerställa att den färdiga byggnaden uppfyller författningarnas krav på material och produkter vilket bygger på att dessa har kända egenskaper. Vår tolkning är att detta också gäller generellt vid användning av återbrukade material och produkter i en byggnad.

Det finns egentligen ganska få direkta hinder för återbruk av byggprodukter med brandtekniska krav i lagstiftningen, men metoderna för verifiering av egenskaper är utformade för nyproducerade produkter vilket försvårar återbruk. Återbruk eller cirkulärt byggande är inget som nämns i gällande regelverk eller som har legat till grund vid utformning av gällande regelverk.

En försvårande faktor vid brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter är hur egenskaperna hos befintliga produkter ska kunna verifieras.

Huvudspåret i byggreglerna för verifiering av egenskaper är kravet på CE-märkning i det fall det finns en gällande hEN eller EAD (se kapitel 5.2.2). Dessa klassificeringsdokument gäller för närvarande generellt enbart verifiering av nyproducerade byggprodukter då de innehåller krav på produktionskontroll (FPC). Man bör alltså inte i normalfallet kunna certifiera och CE-märka en återbrukad produkt direkt baserat på ett klassificeringsdokument för nyproduktion. Men alternativa vägar till CE-märkning diskuteras i avsnittet om möjligheter nedan.

Även produkter med kända egenskapskrav, där produkterna är märkta med den erforderliga brandtekniska klass som erfordras i den byggnad produkterna ska användas i, kan vara påverkade av åldring. Påverkande faktorer kan vara i vilken miljö produkten eller byggnadsdelen varit placerad i, hur länge den har suttit där, om den innehåller något organiskt material eller hur frekvent den har använts. Detta är bara några faktorer som kan påverka produktens brandtekniska funktion på ett negativt sätt över tid.

I det fall den återbrukade produkten inte faller under en hEN finns fortfarande samma krav på kända och verifierade egenskaper, men här kan produkten certifieras och märkas enligt nationella eller andra typer av märkningssystem.

5.4.2 Identifierade hinder avseende brandteknisk dimensionering av byggnader

I gällande regelverk framgår att ansvarsfrågan för Byggherren är stor, men man anger samtidigt fler möjligheter för Byggherren att göra egna val. Bland dessa val föreligger tolkningsutrymmen som i vissa fall kan medföra att återbrukade produkter bedöms som möjliga att använda av vissa men att andra inte gör den bedömningen. En vägledning avseende erforderlig nivå för återbrukade produkter skulle underlätta detta.

Där regelverket idag anger specifika brandtekniska klasser, som ej harmonierar med äldre regelverk, blir regelverket också ett hinder för återbruk vid dimensionering av brandskydd. Där kravnivån höjs eller förändras genom att nya brandtekniska klasser införs minskas möjligheten att återbruka produkter. Ett exempel är kravet på rökastäthet (S_{200}) på dörrar mot trapphus. Då detta är ett krav som tillkommit i närtid är sannolikheten stor att äldre dörrar som kan vara aktuella för återbruk inte uppfyller kravet på rökastäthet, vilket gör att de generellt inte kan sättas in mot trapphus i byggnader som omfattas av nybyggnadskrav. Vid ändring av kravnivån och brandtekniska klasser behöver därför frågan gällande möjlighet till framtida återbruk vägas in i beslutet huruvida en ny klass ska införas eller om kravnivån på en produkt ska höjas eller inte.

Det finns även produkter eller delar av en byggnad som ingår i den brandtekniska dimensioneringen men som inte har ett brandtekniskt egenskapskrav. Ett exempel på detta är krav avseende bredder på dörrar och trappor i utrymningsväg. En trappa med en fri bredd på 0,90 meter kan t.ex. inte nyttjas som utrymningsväg från en samlingslokal för fler än 150 personer eller en spiraltrappa kan inte återbrukas i ett äldreboende om förenklad dimensionering enligt BBR tillämpas. Detta begränsar också möjligheten till återbruk då fria mått för utrymning behöver säkerställas.

Att det blir allt vanligare att tillverkare själva testar sina typkonstruktioner och sammansatta byggnadsdelar bedöms också utgöra ett hinder för återbruk. Det gör att det kan vara svårt att återbruka delar av gamla produkter eller om man vill byta ut en komponent i en sammansatt byggnadsdel mot en av ett annat märke trots att dessa har motsvarande egenskapskrav.

För t.ex. glaspartier är det viktigt att hela konstruktionen testas tillsammans då glaset inte kommer kunna uppfylla den brandtekniska klass det är testat för om det ramlar ur ramen inom den angivna tiden. Att inte kunna klassa glaset för sig och infästning för sig utan att varje tillverkare testar hela konstruktioner gör att det blir svårare att t.ex. kombinera gamla återbrukade fönsterramar med nya brandklassade glas och samtidigt uppfylla nybyggnadskrav.

Ytterligare ett hinder för storskaligt återbruk utifrån ett dimensioneringsperspektiv är att frågan om återbruk idag ofta diskuteras i detaljprojekteringskedet, vid upprättande av bygghandlingar. I det skedet är de stora strukturerna för hur en byggnad ska uppföras redan fastställda, och ofta svåra att förändra. Möjligheten att anpassa brandtekniska utformning för att kompensera för en egenskap hos en återbrukad produkt är då mycket begränsade, och kanske medför att återbruk inte blir möjligt. Om frågan hanteras i tidigare skede, t.ex. i program- eller systemhandlingsskedet, finns helt andra möjligheter att utföra analyser och anpassa en byggnad för att passa med återbrukade produkter. Även vid ombyggnationer och ändringar av byggnader är det av vikt att i tidigt skede diskutera önskemål om återbruk, så att inventeringsarbete utförs grundligt och rivningsarbeten ej påbörjas i för tidigt skede.

Vid brandteknisk dimensionering av byggnader utgör slutprodukten en helhetsbedömning som kombinerar faktorer som ingående produkters egenskaper med brandteknisk dimensionering utifrån erforderlig säkerhetsnivå och utformningens robusthet. Nedan redogörs för identifierade möjligheter avseende produkters egenskaper samt dimensioneringsmöjligheter.

5.4.3 Möjligheter avseende hantering av produkters kända egenskaper

För storskaligt återbruk av byggprodukter krävs certifikat på kända egenskaper utfärdat av ett certifieringsorgan. Detta är nödvändigt då alternativet är att byggherren skulle behöva göra egen provning av dessa egenskaper.

Det finns några olika vägar att gå, men samtliga kräver ett verifieringssystem som ger motsvarande säkerhet som en hEN för liknande produkter (se BFS 2013:14). Alternativen är att ta fram ett verifieringssystem för en återbrukad produkt vilket ger möjlighet till CE-märkning, eller att ta fram ett nationellt system som ger möjlighet till ett typgodkännande eller annan märkning. Annan märkning kan vara en branschspecifik märkning utfärdat av ett certifieringsorgan.

För produkter där hEN saknas finns möjlighet till CE-märkning via en ETA baserat på tekniska specifikationer i en EAD, vilket beskrevs i kapitel 5.2.2. Det bör vara möjligt att ta fram en EAD för återbrukade produkter oavsett om produkten som nyproducerad lyder under en hEN eller ej, men proceduren bör vara enklast i det första fallet då kraven på egenskaper kan baseras på kraven i en hEN.

Ett exempel på ett befintligt verifieringssystem för en återbrukad produkt är ett EAD för återbrukat tegel (EOTA, 2017). Gamle Mursten ApS (Danmark) har baserat på detta tekniska specifikationsdokument ett ETA för CE-märkning av återbrukat tegel (ETA-Denmark A/S, 2018). I Sverige levererar Bruksspecialisten i samarbete med Gamle Mursten återbrukat fasadtegel på ett kontrollerat, godkänt och storskaligt sätt, med CE-märkning och samma garantier som nyproducerat tegel. Den tekniska specifikationen i detta EAD innehåller krav på essentiella egenskaper och utvärderingsmetoder samt en kontrollplan med instruktioner för representativt provuttag. Tegel är en produkt i princip utan organiskt innehåll och utgör därför ingen specifik risk vid brand i det fall det inte har en bärande förmåga. Men egenskapen brand ("safety in case of fire") ingår alltid i listan över essentiella egenskaper och för karakterisering hänvisas till klassifikationsstandarden EN 13501-1 (Standardization, 2019). ETA dokumentet från Gamle Mursten visar att brandegenskapen i detta fall kan deklarerats utan testning. Obrännbara material som i detta fall tegel kan klassificeras till klass A1 (den bästa brandklassen) utan testning enligt EC Delegated Regulation 2016/364/EU och EN 13501-1.

En analys av möjligheten till återbruk av stålkomponenter gjordes inom ramen av ett SBUF-projekt 2018 (Husson and Lagerqvist, 2018), se även kap 3.2.4 för mer information. Man kom här fram till att det inte fanns några juridiska hinder för återbruk. Man undersökte provningsmetoder för verifiering av materialegenskaper och tog fram provningsprocedurer anpassade till olika förutsättningar (tillgänglig dokumentation, spårbarhet etc.). Egenskaper för dimensionering vid brand diskuterades inte i rapporten, men man berörde att olika typer av ytbeläggningar för brandskydd måste beaktas vid återbruk. Det har också nyligen publicerats ett dokument för återbruk av stål i bärande konstruktioner av Mekaniska Verkstädernas Riksförbund (MVR, 2021), se även kap 3.2.4. Dokumentet har utarbetats i samarbete med Nordcert (se kapitel 5.2.4) och beskriver en process och regler för sortering och klassificering av stålkomponenter för återbruk som ingående produkter i bärande konstruktioner. Dokumentet är strukturerat som en standard med syftet är att ge vägledning för utveckling av ett kvalitetssystem för återbruk av stålkomponenter. Dock berörs inte brandklassning i dokumentet. Dokumentet ser ut som ett underlag för en branschspecifik märkning av återbrukat stål för utfärdande av ett certifikat av ett certifieringsorgan. Vi har inte kontrollerat med Nordcert om tillämpningen av denna certifieringsprocess har startats.

RISE har undersökt förutsättningen för återbruk av tunga byggprodukter, framförallt konstruktionsdelar av stål och betong, inom projektet *Rivningsobjekt – från kostnad till resurs* med stöd från det strategiska innovationsprogrammet RE:Source. Man har undersökt regelverk och riktlinjer som kan påverka återbruk samt i ganska stor detalj tittat på undersökningsmetodik och testmetoder för bedömning av prestanda och kvalitet (Gabrielsson and Brander, 2021). Man har vidare utfört en pilotstudie för återbruk av stomdelar i två rivningsobjekt (Brander et al., 2021). Rapporterna ger en ingång till en detaljerad procedur för inventering, bedömning och provning av konstruktionselement för återbruk. Bestämning av brandprestanda behandlas inte specifikt, men det nämns att produkter som återbrukas måste klara dagens krav på brandsäkerhet och akustik och att detta gäller alla produkter men är kanske särskilt viktigt för dörrar och fönster.

Exemplen ovan visar på att det finns flera områden där man påbörjat eller redan genomför certifieringsarbete för deklarerat och verifiering av återbrukade byggprodukters egenskaper för CE-märkning eller nationell märkning.

Vid genomgången av brandtekniska krav i aktuella regelverk kan man se en tydlig skillnad mellan konstruktionsprodukter med krav på bärförmåga som dimensioneras i enlighet med EKS jämfört med byggprodukter med materialegenskaper som i annan utsträckning faller under BBR med krav avseende CE-märkning samt prestandadeklARATIONER. Anledningen är att i det första fallet är det fokus på verifiering av materialegenskaper som används för att *beräkna* bärförmåga vid brand. I det andra fallet krävs direkt verifiering av brandegenskaper genom *provning*. Detta ger helt olika förutsättningar för en verifierande procedur vid återbruk.

5.4.4 Möjligheter avseende brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter

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.

I annat fall finns möjligt att dimensionera brandskyddet med analytisk dimensionering. Genom att t.ex. höja vissa delar av brandskyddet över kravnivån i BBR, genom t.ex. installation av automatiska släcksystem, kan det genom 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.

Det finns även brandtekniska krav i BBR som det i dagsläget inte finns någon standardiserad provningsmetod för. Till exempel för vinds- och undertaksutrymmen, BBR 5:535 anges i allmänt råd att risk för brandspridning från fönster via takfot till vind, som utgör en annan brandcell, kan begränsas genom att takfoten utförs med avskiljande förmåga i lägst klass EI 30. Det finns flera produkter och förslag på hur detta kan uppfyllas, men ingen specifik standard som anger hur produkten eller utformningen ska provas för att skyddsnivån ska uppfyllas. Detta medför att utformningar kan skilja sig åt från projekt till projekt i och med att det är upp till projektören i respektive projekt att bedöma vilken nivå eller lösning som anses tillräcklig för att uppfylla kravet. Utifrån att det är ett accepterat tillvägagångssätt för krav som inte omfattas av någon standardiserad provningsmetod är det eventuellt ett angreppssätt som också skulle kunna nyttjas vid projektering med återbrukade produkter.

Det ses också som en möjlighet att nyttja den typ av kontroll som ska utföras avseende brandskydd i befintliga byggnader enligt BBR 2:311 som grund till hur återbrukade produkter kan betraktas. Vid kontroller accepteras ofta okulära bedömningar, då provning i många fall är förstörande, för att kunna avgöra om en produkt med brandtekniska krav ska bytas ut eller behållas. Att använda sig av motsvarande metod vid bedömning av produkter med brandtekniska krav, och huruvida de kan återbrukas eller inte i en annan byggnad, skulle kunna vara en möjlig väg framåt, framför allt för produkter vars brandtekniska egenskaper inte bedöms påverkas av åldring.

Vidare medför även det systematiska brandskyddsarbetet som fastighetsägare och nyttjanderättshavare enligt LSO är skyldiga att bedriva att brandtekniska produkter, installationer och byggnadsdelar regelbundet kontrolleras. Informationen som fås genom det systematiska brandskyddsarbetet skulle kunna vara en möjlighet att få information kring vilket skick dessa produkter är, när det senast bytts ut eller lagats, som också kan ligga till grund för om återbruk är lämpligt eller inte.

En möjlighet skulle även kunna vara att i vissa fall ifrågasätta kravnivån, till exempel vid ombyggnationer där dimensionering utifrån gällande ändringsregler kan accepteras. Att väga in detta i en analys, och i vissa fall kunna motivera en brandteknisk utformning som inte i sin helhet lever upp till den nivå som en referensbyggnad utifrån nybyggnadskrav, eller ansöka om avsteg, bedöms vara en möjlighet i vissa fall.

6 Diskussion

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

1. Litteraturstudie
2. Undersökning av typiska materialflöden i byggprojekt
3. Kartläggning relevant bygglagstiftning.

Det är tydligt att de viktigaste hindren till återbruk av brandklassade produkter är delvis gemensamma med återbruk av alla produkter, t.ex. 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. Möjlighet att återbruka måste finnas med när man sätter nya krav i lagstiftningen. Dessa frågor diskuteras ur olika aspekter i följande avsnitt.

6.1 Varför återbrukas inte mer material idag?

Kravställning på återbruk måste finnas med redan vid upphandling. Om rivningsentreprenören har ett kontrakt där rivningsmaterialet tillfaller rivningsentreprenören och man inte har ställt krav på återbruk och cirkulära materialflöden i upphandlingen är det väldigt svårt att ändra förutsättningarna under projektets gång. Då finns varken intresse eller ekonomiska förutsättningar för att få till återbruk av produkterna. Om man dessutom lägger till brandtekniska egenskaper blir återbruk än mer komplicerat och svårt att inkludera.

Förändrade krav på hantering av material i projekt är en förutsättning för att marknaden ska ta vara på mer material. Idag blir t.ex. rivningstegel ofta fyllnadsmaterial på skogsvägar i stället för att återbrukas som tegelstenar i nya byggprojekt trots att det är ett byggmaterial där både kunskap och metoder finns för att kunna återbruka tegelstenarna. Ett annat exempel är stålstommar som oftast går till materialåtervinning i stället för att återbrukas som stommaterial i en ny byggnad då kunskap ofta saknas för att ta vara på materialet. Det kräver en annan hantering på arbetsplatsen samt kunskap och engagemang från involverade parter att återbruka i stället för att göra som man hittills alltid har gjort.

För att skala upp återbruket behöver även frågor om produktens kvalité lösas, vem ska godkänna produktens egenskaper och vilka garantier kan byggherren erhålla. Entreprenören kan garantera arbetets utförande men idag får byggherren normalt ingen produktgaranti för materialet när man väljer att återbruka material. Det ger byggherren en större risk för tillkommande kostnader under förvaltningsskedet. För nytillverkade material är det ganska ovanligt att garantin utnyttjas. Om priset är lägre för återbrukade material jämfört med nya material så kompenserar det delvis för en eventuellt ökad risk att produkten behöver bytas ut. Någon form av försäkringsmodell skulle kunna lösa garantifrågan för byggherren. En annan möjlig väg för att öka återbruket är om tillverkaren kan ta tillbaka produkter vid demontering och sälja återbrukat material parallellt med nytt material och då garantera egenskaperna för återbrukade rekonditionerade produkter. Incitament för tillverkarna saknas idag då det är mer lönsamt att sälja nytt material. I takt med att kraven på marknaden förändras kan förhoppningsvis affärsmodellerna förändras och företagen kan hitta arbetssätt som gör återbruket mer lönsamt. Ökade krav på att kunna reparera och renovera produkter bidrar till att tillverkarna måste ta mer ansvar och bidra till bättre cirkulära flöden.

6.2 Vad behövs för att skala upp återbruket?

För att lyckas med återbruk i större skala krävs både kompetens, engagemang och en ambition att hitta nya vägar i byggprojekten. Det kräver också att alla aktörer är beredda att bidra i en delvis förändrad arbetsprocess. Kunskap om återbruk behövs både hos byggherren, entreprenören, yrkesarbetare, underentreprenörer och leverantörer liksom acceptans hos verksamheten för vad som levereras.

Det är viktigt att pilotprojekt där det återbrukade materialet påvisar mervärdet i projektet. Det finns många goda exempel där man lyckats med återbruk och där allt från byggherre, bygglovshandläggare, arkitekt, entreprenör och verksamhet har varit flexibla och haft engagemanget för att möjliggöra återbruk.

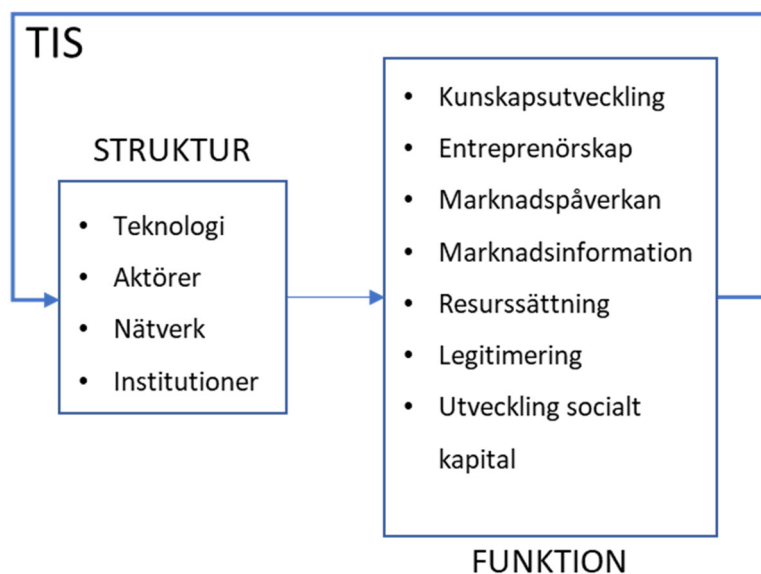
Återbruksprocessen kräver att man ser över vilket material som finns tillgängligt i ett tidigt skede för att under projekteringen ha rätt förutsättningar när man skapar byggnaden. Konstruktionen bör väljas utifrån vilket återbrukat material som finns tillgängligt, med fördel i ett geografiskt närområde. Från den utgångspositionen får tillgängligt material forma byggnaden. Tidplanen behöver anpassas för återbruk och kritiska köp identifieras. Det kan vara lättare för större fastighetsägare, vilka kan återbruka inom sitt eget fastighetsbestånd, att komma igång. Sen behöver principen att använda återbrukat material även föras vidare till förvaltningsskedet så att återbrukade produkter även används under drifttiden när det finns behov av att ersätta produkter. Att minska hyresgästens och verksamhetens möjligheter till val av olika alternativ kan skapa ett mer enhetligt sortiment i förvaltningsskedet och bemöts ofta med större acceptans än förväntat.

Även om ambitionen finns att återbruka och kraven finns med i upphandlingen har det visats sig att det tar mycket tid att hitta återbrukat material, bl.a. för att marknaden för återbruksmaterial idag är underutvecklad. Dålig koordinering mellan tillgång på material med rätt egenskaper och efterfrågan är en utmaning. För att underlätta återbruket behövs bra system för hantering av information, spårbarhet, hantering och plats för lagring av material. Marknaden behöver mogna men för att det ska ske krävs att olika aktörer åtar sig olika roller i marknaden.

6.3 Utveckling av innovationssystemet kring återbruk

Utveckling av ett innovationssystem brukar diskuteras utifrån vilken typ av system som avses, dvs socio-teknisk innovationssystem (STIS) eller teknologisk innovationssystem (TIS). I det första fallet utvecklas ett tekniskt system för att fylla ett specifikt samhälleligt behov, t.ex. elproduktion, medan det andra gäller utveckling och användning av nya teknologier (Bergek et al., 2008). Det finns överlapp och behov av båda typer av innovationssystem för implementeringen av nya teknologier. TIS består av olika aktörer, nätverk och institutioner (akademiska och andra) som deltar i utvecklingen av teknologin i frågan. Teknologi i detta sammanhang kan vara både artefakter och kunskap. I frågan om återbruk kan man beskriva innovationssystemet som "cirkulär ekonomi" där återbruk är en av de möjliga affärsmodellerna. För att ett innovationssystem ska fungera krävs att de olika aktörerna, nätverk och institutionerna samverkar, särskilt i uppbyggnadsfasen.

Ett första viktigt steg i utveckling av marknadsplats för återbruk är det som kallas "legitimitet". För införande av en ny teknologi (i vårt fall återbruk) krävs ökad legitimitet för aktiviteten genom medvetna ("kognitiva"), brett accepterade ("normativa") val samt utveckling av stödjande regelverk. Undersökningen av både litteraturen inom återbruk och regelverket har identifierat behovet av legitimitet som viktigt för utveckling av storskaligt återbruk. Det är viktigt att det finns normativa och kognitiva val som stödjer återbruk vilket underlättas av regelverk som underlättar dessa val. Det räcker dock inte att marknaden "vill" återbruka, det behöver finnas produkter att välja och logistiska möjligheter att koppla produkter till köpare. Därför är det viktigt att utveckla hela innovationssystemet tillsammans. Figur 19 sammanfattar vilka funktioner bör aktiveras för utveckling av ett TIS.



Figur 19: Schematisk bild av struktur och funktions som finns i en TIS. Omarbetad från (Bergek et al., 2008) och (Hellsmark and Jacobsson, 2009).

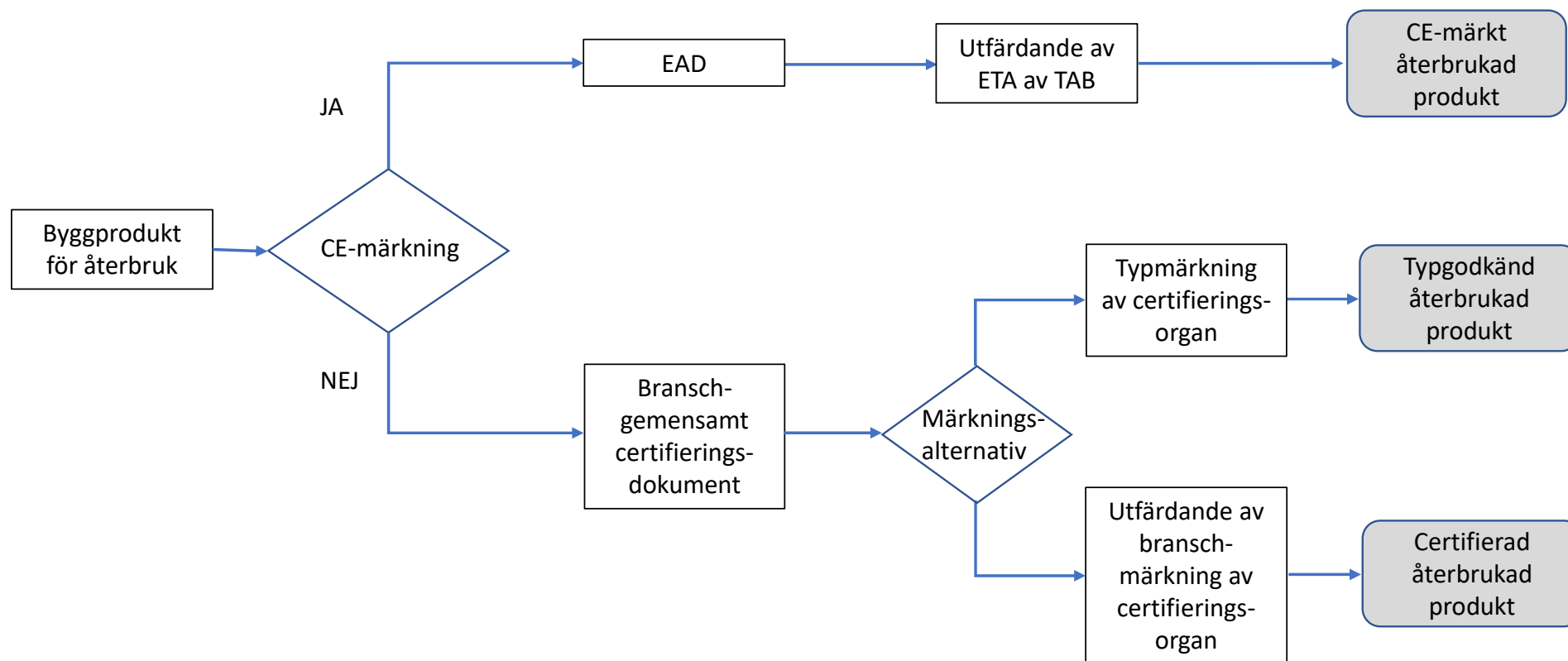
Viktiga aktörer inom TIS kring återbruk av byggnadsmaterial identifierades av Wennesjö et al. (2021), t.ex. fastighetsägare, arkitekter, tekniska konsulter och återbrukskonsulter, byggentreprenörer, demonterare, rekonditionerare, lagerhållning och återförsäljning. Dessutom är andra viktiga aktörer, t.ex. Boverket, EU, samt diverse industriaktörer som installatörer, forskningsinstitut och akademien. Flera frågor behöver lösas angående t.ex. marknadsinformation för att kunna säkerställa produktfunktion och kvalitet. Ett viktigt steg i utvecklingen av marknaden är kartläggningen av TIS och vad som krävs för att mobilisera de olika ingående funktionerna.

6.4 Möjliga metoder avseende storskaligt återbruk med certifierat verifieringssystem

För storskaligt återbruk av byggprodukter krävs certifikat på kända egenskaper utfärdat av ett certifieringsorgan. Detta är nödvändigt då alternativet är att byggherren skulle behöva göra egen provning av dessa egenskaper.

Det finns några olika vägar att gå, men samtliga kräver ett verifieringssystem som ger motsvarande säkerhet som en hEN för liknande produkter (se BFS 2013:14). Alternativen är att ta fram ett verifieringssystem för en återbrukat produkt vilket ger möjlighet till CE-märkning, eller att ta fram ett nationellt system som ger möjlighet till ett typgodkännande eller annan märkning. Annan märkning kan vara en branschspecifik märkning utfärdat av ett certifieringsorgan.

Nedan ges ett principschema med alternativa procedurer för återbruk av byggprodukter med brandtekniska krav genom certifiering och märkning.



Figur 20: Schematisk bild som visar alternativ för verifieringssystem för en återbrukad byggprodukt.

6.5 Möjlig metod avseende brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter

Utifrån dagens regelverk är det inte helt enkelt att dimensionera brandskydd med återbrukade produkter, dels då vissa specifika krav medför att kravnivån inte kan uppfyllas med äldre byggprodukter, men också då osäkerheter råder kring hur vissa delar av lagstiftningen kan tolkas. Då projektering med återbrukade produkter ännu inte utförts i större skala saknas praxis inom området, och frågan behöver beaktas från projekt till projekt beroende på vilka produkter som önskas återbrukas. En vägledning, i likhet med den vägledning som finns avseende ändring av byggnad, hade kunnat underlätta vid dessa bedömningar. I denna del redovisas dock en möjlighet som bedöms kunna vara tillämpbar.

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.

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. Man anger i lagtexter 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.

Majoriteten av de material och produkter som identifieras i avsnitt 4.2 som mest klimatbelastande är generellt tillverkade av obrännbara material. Fördelen med just obrännbara material är att de tenderar att inte påverkas negativt av åldring utan behåller sina brandtekniska egenskaper över tid, förutsatt att de inte deformeras eller på andra sätt skadas.

Vid dimensionering av konstruktionsdelar gäller EKS. Avseende dimensionering med återbrukade konstruktionsdelar anses det möjligt att dimensionera i likhet med nya konstruktionsdelar, under förutsättning att konstruktionsdelarna bedömts lämpliga som konstruktionselement som helhet. Dock krävs att dessa bedömningsprocesser utvärderas ur ett brandtekniskt perspektiv, så att inga viktiga funktionskrav förbises. Om krav gällande bärförmåga uppfylls för exempelvis konstruktionsdelar av stål eller betong bedöms dessa även vara acceptabla att återbruka ur ett brandtekniskt perspektiv, d.v.s. de brandtekniska kraven bedöms inte utgöra en avgörande faktor vid beslut om återbruk är möjligt eller inte. I vissa fall kan kompletterande åtgärder krävas för att uppfylla det brandtekniska kravet, t.ex. inklädnad av en bärande stålbalk eller att betongkonstruktionens måste ha en viss tjocklek för att en viss avskiljande förmåga vid brand ska kunna garanteras, men i grund och botten kan dessa byggnadsdelar återbrukas om de bedöms fungera ur konstruktionssynpunkt.

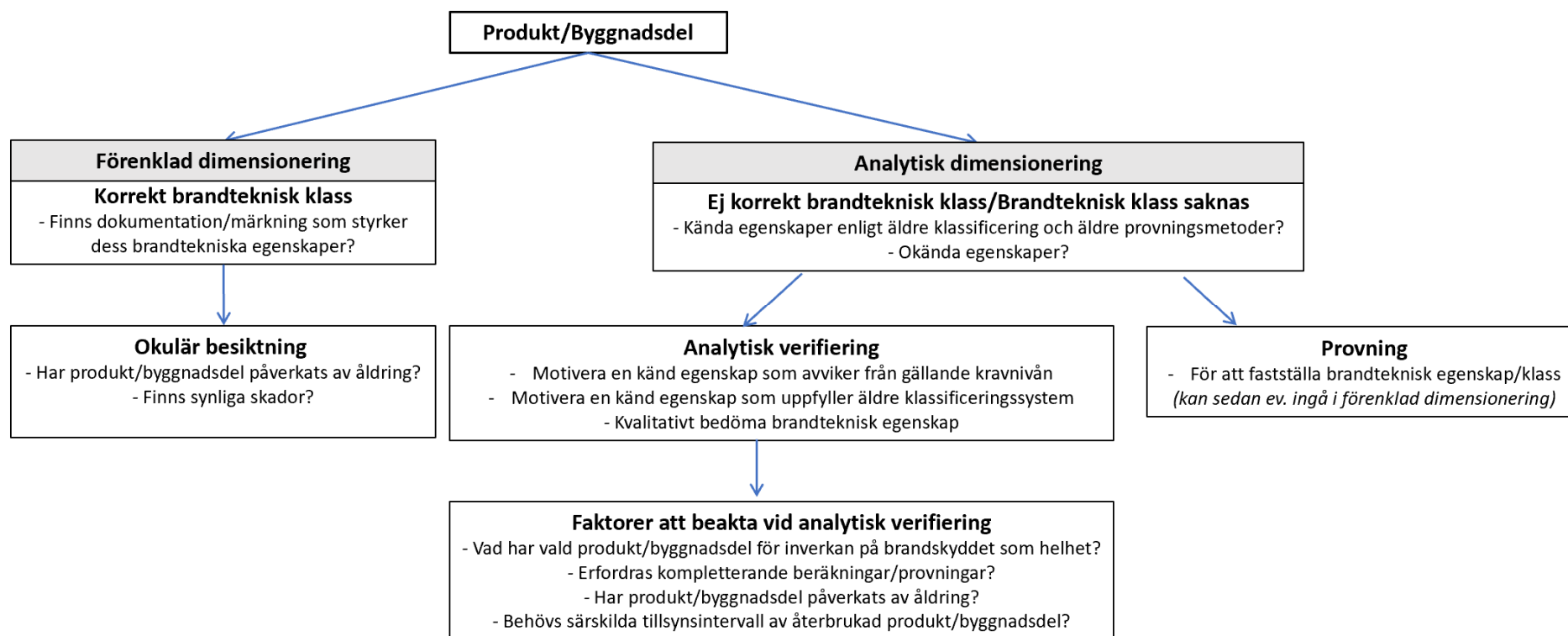
I övrigt ska utveckling av brand och brandgas samt brandspridningsrisk till andra byggnader begränsas. Att något begränsas medför att det inte i sin helhet måste förhindras, vilket kan tolkas som att spridning till viss del kan accepteras (även med nya produkter accepteras en viss spridning, vilket ingår de i testmetoder som dessa produkter provas efter, d.v.s. väldigt få produkter förhindrar brand- eller brandgasspridning helt). Det ger en möjlighet att acceptera vissa osäkerheter i den brandtekniska utformningen, under förutsättning att hela byggnadens robusthet beaktas utifrån scenariot brand.

Vid en analytisk dimensionering av det brandtekniska brandskyddet har man möjlighet att göra just det, och se till byggnaden 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 evakuera byggnaden förbättras eller ytterligare brandtekniska barriärer installeras.

En återbrukad produkt kan i vissa fall förväntas ha en kortare livslängd än byggnadens livslängd och det anges då i BBR att en sådan produkt, vars ekonomiska livslängd kan antas vara kortare än byggnadens, ska vara lätt åtkomliga för kontroll, underhåll och med enkelhet ska den även vid behov kunna bytas ut. Det underlättar vid de lagförda kontinuerliga kontrollerna, i enlighet med SBA, att kontinuerligt följa upp dessa produkter på ett sådant sätt att byggnadens robusthet mot en olycka orsakad av brand inte påverkas negativt av att det är återbrukade produkter som använts vid dimensionering. Detta gäller självklart endast för produkter och byggnadsdelar som med enkelhet kan bytas ut under byggnadens livslängd. För till exempel bärverksdelar behöver det säkerställas att eventuella återbrukade delar som användas förväntas ha motsvarande livslängd som byggnaden.

Ett övergripande angreppssätt föreslås som metod vid dimensionering med återbrukade produkter utifrån det regelverk och kunskapsläge vi har idag, se **Fel! Hittar inte referenskälla..**

Slutligen är det av stor vikt att ta hänsyn till räddningstjänstens insats även vid dimensionering med återbrukade produkter. När räddningstjänsten anländer för en räddningsinsats till en specifik byggnad finns ett visst förväntansvärde avseende det brandtekniska utförandet beroende på vad det är för byggnadstyp och verksamhet. En analytisk dimensionering bör inte medföra att detta frångås i sådan omfattning att det kan medföra en risk för räddningsmanskap vid en insats i byggnaden.



Figur 21: Principschema för metodik vid brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter.

7 Slutsatser och forskningsbehov

Oavsett om vi använder nya eller återbrukade produkter så ska kraven enligt dagens regelverk uppfyllas, varpå föreskriftstexter i BBR gäller vid brandteknisk dimensionering. Avsteg kan motiveras och beviljas i vissa fall, men det är ingen procedur som genererar storskaligt återbruk. För att visa på att brandteknisk dimensionering med återbrukade produkter uppfyller nybyggnadskraven bedöms som en möjlighet att utföra analytisk dimensionering. En sådan utformning blir dock objektsspecifik, en storskalig modell som reglerar detaljer är svårt. Tidsaspekten vid projektering utgör också ett hinder för detta angreppssätt, att utföra objektsspecifika analyser kan vara tidskrävande vilket påverkar projekteringsskedet.

Vid utformning av det brandtekniska skyddet, där utformningen i sin helhet baseras på analytisk dimensionering med robusthetsanalyser, måste kvalitén på utredningarna vara säkerställd. För att likrikta branschen och säkerställa viss kvalitet skulle riktlinjer avseende just återbrukade produkter underlätta. Att ha en brandteknisk utformning som är mer samordnad i branschen och färre konsultspecifika lösningar kan också underlätta gällande förutsägbarheten kring vilka delar som kan återbrukas.

Dagens kravnivå visar på olikheter avseende krav på produkters egenskaper, och hur dessa fastställs. För att uppfylla vissa allmänna råd medför kravnivån höga krav avseende provningar, medan andra allmänna råd ger brandprojektören och branschen större friheter att utforma en godtagbar utformning.

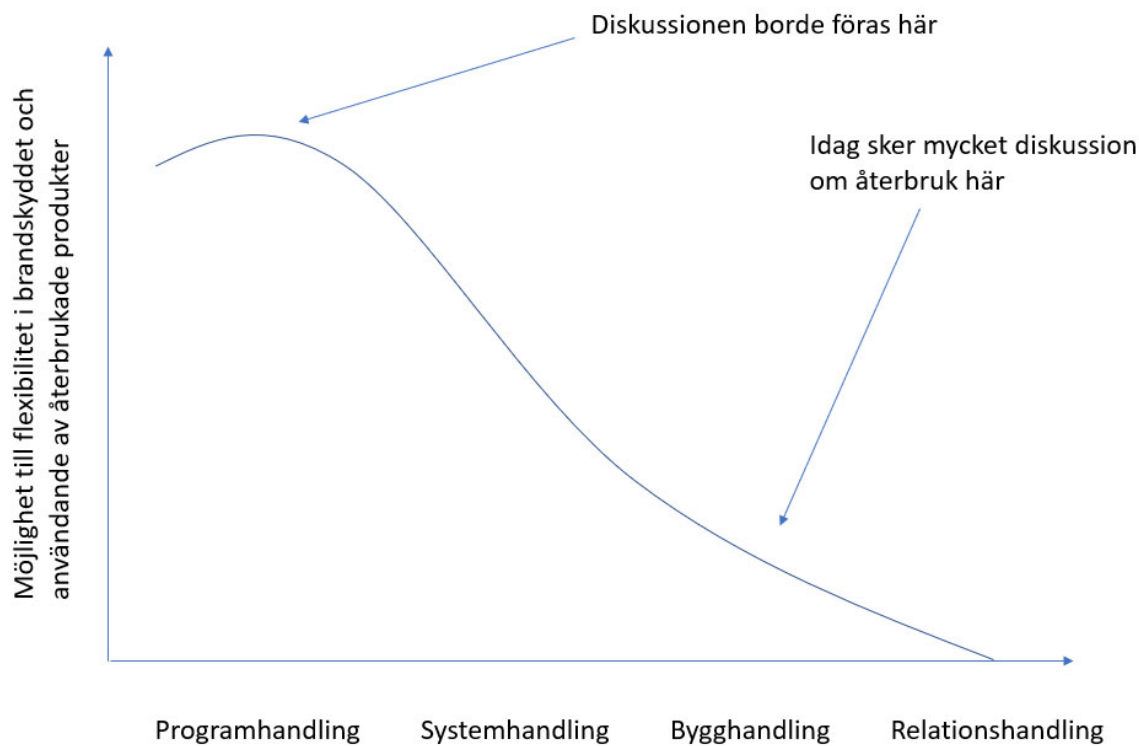
För storskaligt återbruk av byggprodukter krävs certifikat på bedömda egenskaper utfärdat av ett certifieringsorgan. Detta är nödvändigt då alternativet är att byggherren skulle behöva göra egen provning av dessa egenskaper. Det skulle också kunna underlätta att komplettera de provningar som görs idag av material och produkter med en utvärdering avseende hur egenskaper hos en produkt eller ett material förändras över tid. Ett system för spårbarhet av egenskaper hos material och produkter bör också utvecklas, t.ex. användning av RFID med information i produkter som enkelt kan följa med produkten oavsett livscykel skulle underlätta utveckling av certifieringssystem för att säkerställa egenskaper och garantera funktion och kvalitet.

Äldre praxis, regelverk, konsekvensutredningar och provningsmetoder bedöms vara viktiga för att kunna göra bedömningar av de brandtekniska egenskaperna hos en befintlig produkt eller byggnadsdel och hur de skiljer sig mot gällande krav. Det är även viktigt att förstå hur regelverket ändras över tid och varför dessa ändringar görs för att kunna avgöra om de egenskaper som en produkt har är tillräcklig för att uppfylla den aktuella kravnivån eller om nya provningar av funktionen behövs eller om bedömningar är tillräckligt. I kommande revidering av gällande regelverk och provningsmetoder bör återbruksaspekten vara en faktor som beaktas vid konsekvensutredningarna av föreslagna förändringar, så att kravbilden inte förändras på grund av att det är enkelt och ej bedöms som kostnadsdrivande. I konsekvensutredningarna bör det även framgå hur de nya kraven förhåller sig till de gamla för att underlätta bedömningar vid framtida återbruk. Att skapa generella översättningar av gamla brandtekniska klassificeringar till nya ses också som en stor möjlighet till att få till storskaligt återbruk. Till exempel det som Boverket har tagit fram idag för gamla A 60 dörrar, men också översättningstabeller av gamla ytskiktclasser till nya.

Vid slutbesiktningar och upprättande av relationshandlingar är det av stor vikt att all dokumentation för byggprodukter i byggnaden verkligen samlas in och lagras på korrekt sätt, så man med enkelhet kan följa upp produkter vid önskemål om återbruk.

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 i vissa projekt) samt i allt större skala för t.ex. stålkomponenter och tegelsten. Det skulle nog ske ännu mer återbruk med dessa produkter om man kunde säkerställa leverans och kvalitet. Det finns möjlighet genom regelverket för återbruk av brandtekniska produkter och material men det är inte enkelt eller vanligt idag. Som beskrivs saknas delvis innovationssystemet. Vi är mitt inne i utvecklingen

av en ny marknad med ett stort behov av både diskussioner kring hur återbruk fungerar för olika produkter och villiga byggnadsprojekt som har tid och pengar att pröva olika lösningar. Figur 22 visar att diskussionen kring återbruk av material eller produkter sker allt för sent i byggprocessen. Vi behöver diskutera möjligheten för återbruk redan tidigt i processen i större utsträckning.



Figur 22: Skiss som visar på utveckling av möjligheten till återbruk av brandtekniska produkter.

Några punkter som identifieras som input till framtida forskningsbehov:

- I princip finns möjlighet till återbruk enligt dagens gällande regelverk. Men det behövs mer erfarenhet och fler tydliga pilotprojekt som visar vägen.
- Det finns olösta frågor kring kvalitet hos återbrukade produkter, kring garantier för sådana produkter och ansvarsfrågan. Dessa löses idag för varje enskilt fall men det behöver utvecklas och prövas en process som fungerar för flera typfall och som kan ligga till grund för utveckling av storskaliga metoder.
- Det behövs ett kunskapslyft avseende kompetensnivån hos såväl beställare som konsulter, projektörer, rivare, m.fl. kring återbrukets möjligheter för att arbeta med cirkulärt byggande i större skala, och ta vara på de möjligheter som finns, samt skapa förutsättningar för ytterligare hållbart byggande.
- Vid analytisk dimensionering av brandskyddet blir en analys väldigt objektsspecifik, varpå en storskalig modell som reglerar detaljer är svårt.
- Man bör redan vid provning av produkter utvärderar huruvida egenskaperna för produkten väntas förändras över tid. Det behövs också flera standarder som utvärdering långtidsfunktion hos produkter efter renovering för återbruk.
- BBR:s ändringsregler skulle kunna inspirera till ett motsvarande kapitel avseende återbrukade produkter, där t.ex. ställningstagande till vissa tidigare godkända brandtekniska klasser, som en del befintliga produkter uppfyller, skulle kunna finnas utredda.

- För storskaligt återbruk av byggprodukter krävs certifikat på kända egenskaper utfärdat av ett certifieringsorgan. Detta är nödvändigt då alternativet är att byggherren skulle behöva göra egen provning av dessa egenskaper.
- System för spårbarhet av egenskaper hos material och produkter bör utvecklas, t.ex. användning av RFID med information om produkter som enkelt kan följa med produkten oavsett livscykel. Detta skulle underlätta utveckling av certifieringssystem för att säkerställa egenskaper och garantera funktion och kvalitet.
- Man bör undersöka att förenkla möjligheten att utveckla system för CE-märkning av återbrukade produkter.

Flera av punkterna ovan kommer att vara löpande, t.ex. att uppdatering av byggregelverket sker cykliskt och kan nog aldrig betraktas som ”klart” samt att det ständigt finns ett behov av kompetensutveckling. Flera frågor kommer att kräva forskning och utveckling, t.ex. utveckling av standarder för att ta höjd för långtidsegenskaper hos material och produkter och utveckling av harmoniserade standarder för återbrukade produkter. Andra frågor är färdiga för implementering men kräver en marknadsmognad som ännu inte uppnåtts, t.ex. implementering av RFID i material och produkter med informationshantering samt utbyggnad av BIM för att inkludera brandteknisk information som standard.

På kort sikt är det viktigt, när det gäller återbruk av material och produkter med tillhörande brandtekniska krav, att skapa en tydlighet i processer för att underlätta hantering av återvunnet byggavfall baserat på de förslagen som diskuterats här. Vidare finns ett tydligt behov av att skaffa erfarenhet från faktiska byggprojekt där återbruk av brandtekniska produkter planeras. Att följa sådana projekt och undersöka hur återbruk faktiskt implementeras kommer ge insikt i hur en process kan lyftas från en skrivbordsprodukt till någonting som är praktiskt användbart.

8 Referenser

- Ahu, R. & Tieu, D. 2021. *Klimatpåverkan Från Byggarvfall Och Alternativ Återvinning*. Masters H2 - Master's Degree (Two Years), Lund University. Available: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9061620> [Accessed 2021].
- Bergek, A., Jacobsson, S. & Sandén, B. A. 2008. '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. 10.1080/09537320802292768
- Boverket 2011. Boverkets Föreskrifter Och Allmänna Råd Om Typgodkännande Och Tillverkningskontroll. *BFS 2011:19*, BFS 2011:19. Available: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/typ---bfs-201119/>.
- Boverket. 2020a. *Bygg- Och Fastighetssektorns Uppkomna Mängder Av Avfall* [Online]. Boverket. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/> [Accessed January 2020].
- Boverket. 2020b. *Hållbart Byggande Och Förvaltning* [Online]. Boverket. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/> [Accessed September 2021].
- Bowes, H. & Golton, B. Obsolescence and Demolition of Local Authority Dwellings in the Uk - a Case Study. CIB Task Group 39 meeting, 2000 Wellington, New Zealand. CIB, 167.
- Brand, S. 1997. *How Buildings Learn: What Happens after They're Built*, Phoenix. ISBN: 0753800500
- Brander, L., Boubitsas, D. & Gabrielsson, I. 2021. Rivningsobjekt – Från Kostnad Till Resurs: Pilotstudie Återbrukspotential För Tunga Stomdelar I Två Rivningsobjekt. *RISE Rapport*. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-53487> [Accessed 2021].
- Brismark, J. 2020. *Återbruk Och Återbrukbarhet Inom Byggbranschen. En Studie Av Hinder Och Utvecklingsmöjligheter Med Fokus På Korslimmat Trä*. Engineer Master thesis, Lund University. Available: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9005214> [Accessed 2020].
- Chini, A. R. 2000. Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy. *CIB Task Group 39 meeting*. Wellington, New Zealand: CIB. Available: https://www.iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_266.pdf.
- Chini, A. R. 2005. Deconstruction and Materials Reuse - an International Overview. CIB. Available: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB1287.pdf>.
- Chini, A. R. & Balachandran, S. 2002 Anticipating and Responding to Deconstruction through Building Design. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].
- Chini, A. R. & Schultmann, F. Design for Deconstruction and Materials Reuse. Proceedings of the CIB Task Group 39 - Deconstruction Meeting. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB, 244.

Coelho, C. O. A., Pimentel, R., Ungureanu, V., Hradil, P. & Kesti, J. 2020. *European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings*, Portugal, Macasi Artes Graficas. ISBN: 978-92-9149-170-6

Crowther, P. 2002 Design for Buildability and the Deconstruction Consequences. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].

EC 2010. Being Wise with Waste. The Eu's Approach to Waste Management. . In: EUROPEAN UNION (ed.). Brussels: Publications office of the European Union. Available: <https://op.europa.eu/sv/publication-detail/-/publication/882ba217-fd06-4b65-8d72-8a793d99d9bd>.

EC 2016. Rapport Från Kommissionen Till Europaparlamentet Och Rådet Om Genomförandet Av Europaparlamentets Och Rådets Förordning (Eu) Nr 305/2011 Av Den 9 Mars 2011 Om Fastställande Av Harmoniserade Villkor För Saluföring Av Byggprodukter Och Om Upphävande Av Rådets Direktiv 89/106/Eeg. EUR-Lex: European Commission.

EC 2019. The European Green Deal. *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: European Commission. Available: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf.

Elias-Özkan, S. T. 2002 An Overview of Demolition, Recovery, Reuse and Recycling Practices in Turkey. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].

Ellen McArthur Foundation. 2021. *What Is a Circular Economy* [Online]. online: Ellen McArthur Foundation. Available: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> [Accessed September 2021].

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.

EU 2011. Construction Products Regulation (Cpr). 305/211.

EU. 2020. *Circular Economy Action Plan* [Online]. online: European Commission. Available: https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en [Accessed September 2021].

Fahlén, E., Sidenmark, J., Löfås, P. & Cusumano, L. 2017. Design for Deconstruction - Kartläggning Av Byggnadselement. Stockholm: NCC Building Sverige. Available: https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/6aac7324-5725-41b2-8af3-555a26a2b58a/FinalReport/SBUF_13369%20Slutrapport%20Design%20for%20Deconstruction.pdf [Accessed 2017].

Fujita, M. & Masuda, T. 2014. Application of Various Ndt Methods for the Evaluation of Building Steel Structures for Reuse. *Materials (1996-1944)*, 7, 7130-7144. 10.3390/ma7107130

Gabrielsson, I. & Brander, L. 2021. Rivningsobjekt – Från Kostnad Till Resurs: Omvärldsanalys. *RISE Rapport*. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-53486> [Accessed 2021].

- Geissdoerfer, M., Pieroni, M. P. P., Pigosso, D. C. A. & Soufani, K. 2020. Circular Business Models: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 277. 10.1016/j.jclepro.2020.123741
- Girao Coelho, A. M., Pimentel, R., Ungureanu, V., Hradil, P. & Kesti, J. 2020. *European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings*, Coimbra, Portugal, Macasi Artes Gráficas. ISBN: 978-92-9147-170-6
- Guerra, B. C., Leite, F. & Faust, K. M. 2020. 4d-Bim to Enhance Construction Waste Reuse and Recycle Planning: Case Studies on Concrete and Drywall Waste Streams. *Waste Management*, 116, 79-90. 10.1016/j.wasman.2020.07.035
- Hechler, O., Larsen, O. P. & Nielsen, S. 2012. Design for Deconstruction. *COST, European Cooperation in Science and Technology, Malta*.
- Heinsoo, J. & Westerbring, J. 2016. *Cirkulär Ekonomi Och Demontering För Återanvändning Inom Byggindustrin*. Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör, Chalmers Tekniska Högskola. Available: <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/245194/1/245194.pdf>.
- 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. 10.1016/j.enpol.2009.08.023
- Hurley, J. W., Goodier, C., Garrod, E., Grantham, R., Lennon, T. & Waterman, A. 2002 Design for Deconstruction - Tools and Practices. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].
- Husson, W. & Lagerqvist, O. 2018. Återbruk Av Stålkomponenter. Analys Av Möjligheter Och Hinder För En Ökad Återanvändning Idag. *SBUF Report*. Luleå, Sweden: ProDevelopment. Available: https://ccbuild.se/media/ivznpx0f/aterbruk_av_stalkomponenter.pdf [Accessed 2018].
- 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. 10.1016/j.scitotenv.2016.03.098
- Iacovidou, E., Purnell, P. & Lim, M. K. 2018. The Use of Smart Technologies in Enabling Construction Components Reuse: A Viable Method or a Problem Creating Solution? *Journal of Environmental Management*, 216, 214-223. 10.1016/j.jenvman.2017.04.093
- IPCC 2021. Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PIRANI, A., CONNORS, S. L., PÉAN, C., BERGER, S., CAUD, N., CHEN, Y., GOLDFARB, L., GOMIS, M. I., HUANG, M., LEITZELL, K., LONNOY, E., MATTHEWS, J. B. R., MAYCOCK, T. K., WATERFIELD, T., YELEKÇI, O., YU, R. & ZHOU, B. (eds.) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jönsson, E. 2020. Förstudie - Kvalitetssäkring Av Recirkulerad Material. *SBUF Report*. Malmö, Sweden: Skanska Teknik. Available: <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/fea85b61-9aec-4ff8-b78a-cc1a45d30f7c/FinalReport/SBUF%20rapport%2013802%20F%C3%B6rstudie%20-%20kvalitetss%C3%A4kring%20av%20recirkulerade%20material.pdf> [Accessed 2020].

Meacham, B. J. & McNamee, M. M. 2020. Fire Safety Challenges of 'Green' Buildings and Attributes. *FPRF Research report*. Quincy, USA: Fire Protection Research Foundation. Available: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Building-and-Life-Safety/Fire-Safety-Challenges-of-Green-Buildings>.

Moore-Bick, M. 2019. Grenfell Tower Inquiry - Phase 1 Report Overview. *REPORT of the PUBLIC INQUIRY into the FIRE at GRENFELL TOWER on 14 JUNE 2017*. GOV.UK: UK Government. Available: www.gov.uk/official-documents.

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>.

Naturvårdsverket 2017. *Nationell Avfallsplan Och Avfallsförebyggande Program 2018-2023 - Att Göra Mer Med Mindre*, Bromma, Sweden, Naturvårdsverket (NV). ISBN: 978-91-620-0000-0

Nguyen, M. & Péter, L. 2019. *Återbruk Av Bygghetenskap : En Studie Om Effektivisering Och Avfallsminimering*. Independent thesis Advanced level (degree of Master (Two Years)) Student thesis. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-254840> [Accessed 2019].

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. Available: <https://bengtdahlgren.se/2018/03/28/ny-handbok-om-hallbart-brandskydd/>.

Pagnon Eriksson, C. & Johansson, N. 2020. Review of Wildfire Indices. Indices Applicable for a Swedish Context. Lund: Lund University. Available: <https://www.lu.se/lup/publication/404387de-8dd1-4b72-9c45-fe3e4f431048>.

Sandin, Y., Sandin, G., Cristescu, C. & Olsson, J. 2020. Kunskapsläge Kring Byggnader Med Stomme Av Trä: Teknik, Hållbarhet Och Cirkulär Materialanvändning. *RISE Rapport*. Göteborg, Sverige: RISE. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1430476&dsid=-5871>.

Schultmann, F. & Rentz, O. 2002 Resource-Constraint Project Scheduling for Deconstruction Projects. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].

Standardization, E. C. f. 2019. En 13501-1 Brandteknisk Klassificering Av Byggprodukter Och Byggnadselement - Del 1: Klassificering Baserad På Provningsdata Från Metoder Som Mäter Reaktion Vid Brandpåverkan.

Storm, M., Mahmood, Q. & Holmström, A. 2013. Tillståndet I Den Byggda Miljön. Karlskrona, Sweden: Boverket. Available: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2013/tillstandet-i-den-byggda-miljon.pdf>.

te Dorsthorst, B. J. H. & Kowalczyk, T. 2000 Re-Use of Apartment Buildings: A Case Study. CIB Task Group 39 meeting, 2000 Wellington, New Zealand. CIB, 167. Available from: https://www.iip.kit.edu/downloads/CIB_Publication_266.pdf.

te Dorsthorst, B. J. H. & Kowalczyk, T. 2002 Design for Recycling. CIB Task Group 39 meeting, 2002 Karlsruhe, Germany. CIB. Available from: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/Publ272/proceedings01.pdf> [Accessed 2021].

UK GBC. 2021. *Climate Change. Uk Gbc's Vision for a Sustainable Built Environment Is One That Mitigates and Adapts to Climate Change* [Online]. <https://www.ukgbc.org/climate-change/>: UK Green Building Council. Available: <https://www.ukgbc.org/climate-change/> [Accessed September 2021].

UN 1987. Our Common Future / World Commission on Environment and Development. *In*: NATIONS, U. (ed.) Brundtland, Gro Harlem ed. Oxford: Oxford Univ. Press. Available: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.

Wennesjö, M., Gerhardsson, H. M., S., Loh Lindholm, C. & Andersson, J. 2021. Etablering Av En Storskalig Marknad För Återbruk I Bygg- Och Fastighetssektorn. Online: IVL Svenska Möljöforskningsinstitutet. Available: <https://www.ivl.se/publikationer/publikationer/etablering-av-en-storskalig-marknad-for-aterbruk-i-bygg--och-fastighetssektorn.html> [Accessed 2021].

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. Online: IVA och Sveriges Byggindustrier. Available: <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf>.

Whalen, C. J. & Whalen, K. A. 2020. Circular Economy Business Models : A Critical Examination. *Journal of Economic Issues*, 54, 628-643. 10.1080/00213624.2020.1778404

Bilaga A – LUBsearch databaser

Licensed databases in LUBsearch

- Academic Search Complete (ASC)
- AMED - Allied and Complementary Medicine Database
- Art & Architecture Source
- ATLA Religion Database with ATLASerials
- Avery Index to Architectural Periodicals
- Bibliography of Asian Studies
- Business Source Complete
- CINAHL Complete
- Communication Source
- Criminal Justice Abstracts with Full Text
- EconLit
- Economist Historical Archive
- eHRAF Archaeology
- ePublications
- ERIC
- FSTA - Food Science and Technology Abstracts
- GeoRef
- GreenFILE
- HeinOnline
- Henry Stewart Talks
- Humanities International Complete
- IEEE Xplore Digital Library
- IMF eLibrary
- Inspec
- LGBT Life with Full Text
- Library, Information Science & Technology Abstracts with Full Text
- Literary Reference Center
- MathSciNet via EBSCOhost
- MEDLINE
- MLA International Bibliography
- New Testament Abstracts
- OECD iLibrary
- Old Testaments Abstracts
- Oxford Competition Law
- Philosopher's Index
- Political Science Complete
- PsycCRITIQUES
- PsycINFO
- PsycTESTS
- Regional Business News
- RILM Abstracts of Music Literature

- Rock's Backpages
- SAE Technical Papers
- SAGE Video
- Scopus
- Short Story Index (H.W. Wilson)
- SocINDEX with Full Text
- Sustainable Organization Library (SOL)
- Teacher Reference Center
- Urban Studies Abstracts
- Very Short Introductions Online (Arts and Humanities)

Open-access databases in LUBsearch

- Aphasiology Archive
- Archive of European Integration
- arXiv
- British Library EThOS
- CogPrints
- Directory of Open Access Journals
- eScholarship
- Industry Studies Working Papers
- LUNA Commons
- Minority Health Archive
- Networked Digital Library of Theses & Dissertations
- OAPEN Library
- OJS vid Lunds Universitet
- Open SUNY Textbooks
- Open Textbook Library
- Persée
- PhilSci Archive
- SSOAR - Social Science Open Access Repository
- SwePub

Free Index/Catalogues in LUBsearch

- Publications New Zealand Metadata
- SveMed+
- Swedish National Bibliography

Bilaga B – Detaljerad sökresultat

Databas	Använt sökord	Antal träffar	Relevanta träffar	Avgränsningar
LUBsearch	recycling	561 221	-	
LUBsearch	recycling AND fire	3301	6	
LUBsearch	återbruk	95	2	
LUBsearch	återbruk AND brand	0	-	
LUBsearch	återvinning	1153	-	
LUBsearch	återvinning AND brand	3	0	
LUBsearch	återanvända	148	1	
LUBsearch	återanvändning	367	3	
LUBsearch	reuse	341 817	-	
LUBsearch	reuse AND fire	1240	-	
LUBsearch	reuse AND fire protection	111	0	
LUBsearch	åldring	201	2	
LUBsearch	ageing	1939311	-	
LUBsearch	ageing AND fire protection	251	0	
LUBsearch	nedbrytning AND brandskydd	2	0	
LUBsearch	recycled fire protection	86	2	
Google Scholar	återbruk AND brandskydd	41	1	
Google Scholar	återbruk AND brand	356	0	
Google Scholar	återbruk	1710	-	År: 2000-2021
Google Scholar	recycling AND "fire protection"	24300	-	

Google Scholar	recycling AND "fire protection"	7390	-	År: 2016-2021
Google Scholar	recycling AND "fire protection" AND "construction products"	430	1	År: 2016-2021
Google Scholar	återbruk AND byggnadsdelar	84	2	År: 2000-2021
Google Scholar	reuse AND "fire protection"	16000	-	År: 2000-2021
Google Scholar	reuse AND "fire protection" AND "construction products"	595	3	År: 2000-2021
Google Scholar	återanvändning AND brandskydd	429	0	
Google Scholar	hållbarhet AND brandskydd	1330	0	År: 2000-2021
Google Scholar	nedbrytning AND brandskydd	297	0	År: 2000-2021
Google Scholar	"cirkulär materialanvändning"	5	0	
Google Scholar	reclaim	131000	-	År: 2000-2021
Google Scholar	reclaim AND "fire protection"	5840	-	År: 2000-2021
Google Scholar	reclaim AND "fire protection" AND "construction products"	290	0	År: 2000-2021
Google Scholar	åldring AND brandskydd	103	1	
Google Scholar	"design for deconstruction" AND "fire protection"	96	0	
Google Scholar	"brandskydd efter tid"	2	0	
Google Scholar	återvinna AND brandskydd	566	0	År: 2000-2021
Google Scholar	ageing AND "fire protection"	6040	-	År: 2000-2021
Google Scholar	ageing AND "fire protection" AND "construction products"	350	2	År: 2000-2021
LUBsearch	hållbarhet AND brandskydd	0	-	
LUBsearch	reclaim AND "fire protection"	12	0	
LUBsearch	cirkulär materialanvändning	0	-	
LUBsearch	"design for deconstruction"	93	2	
LUBsearch	"brandskydd efter tid"	0	-	

Google	recycling AND "fire protection"	566000	0	*
Google	återbruk AND brandskydd	30300	1	*
Google	återvinning AND brandskydd	246000	0	*
Google	återanvändning AND brandskydd	35900	0	*
Google	reuse AND "fire protection"	17600000	0	*
Google	reuse AND "fire protection" AND "construction products"	108000	4	*
Google	åldring AND brandskydd	2740	0	*
Google	ageing AND "fire protection"	8000000	0	*
Google	ageing AND "fire protection" AND "construction products"	104000	2	*
Google	nedbrytning AND brandskydd	14000	0	*
Google	hållbarhet AND brandskydd	647000	0	*
Google	reclaim AND "fire protection"	1210000	0	*
Google	reclaim AND "fire protection" AND "construction products"	10100	0	*
Google	"cirkulär materialanvändning"	330	0	
Google	"design for deconstruction"	28500	-	
Google	"design for deconstruction" AND "fire protection"	3250	0	*
Google	"brandskydd efter tid"	8	0	
Google	cirkularitet AND brandskydd	1120	0	*
Google Scholar	cirkularitet AND brandskydd	9	0	
Google Scholar	disassembly AND "fire protection"	5280	-	
Google Scholar	disassembly AND "fire protection" AND "construction products"	1450	0	* År: 2000-2021
Google Scholar	deconstruction AND "fire protection" AND "construction products"	149	0	

Google	disassembly AND "fire protection" AND "construction products"	199000	0	*
Google	deconstruction AND "fire protection" AND "construction products"	17200	0	*
LUBsearch	cirkularitet AND brandskydd	0	-	
LUBsearch	cirkularitet	7	0	
LUBsearch	disassembly AND "fire protection"	4	0	
LUBsearch	deconstruction AND "fire protection"	0	-	
LUBsearch	cirkulär ekonomi	158	0	
LUBsearch	circular economy	36320	-	
LUBsearch	circular economy AND "fire protection"	7	0	
LUBsearch	"reusable components"	2596	-	
LUBsearch	reusable components AND "fire protection"	2	0	
LUBsearch	construction and demolition waste	10752	-	
LUBsearch	construction and demolition waste	9704	1	* År: 2000-2021, engelska
LUBsearch	construction and demolition waste AND "fire protection"	0	-	
LUBsearch	circularity AND "fire protection"	3	0	
LUBsearch	demontering	41	1	
LUBsearch	dekonstruktion	772	-	
LUBsearch	dekonstruktion	93	0	Språk: svenska
LUBsearch	"design for disassembly"	1909	-	
LUBsearch	"design for disassembly" AND "fire protection"	0	-	
LUBsearch	"design for disassembly"	1490	2	* År: 2000-2021, engelska

LUBsearch	"reuse" AND "fire" AND "building"	74	3	
LUBsearch	"reuse" AND "concrete"	1800	2	År: 2015-2021,
Google Scholar	"cirkulär ekonomi" AND brandskydd	29	1	
Google Scholar	"circular economy"	118000	-	
Google Scholar	"circular economy" AND "fire protection"	659	0	* År: 2000-2021
Google Scholar	"reusable components" AND "fire protection"	68	0	
Google Scholar	"construction and demolition waste" AND "fire protection"	619	0	* År: 2000-2021

- = Har inte gått igenom resultatet p.g.a. många träffar utan smalat av sökningen först

* = Har gått igenom första 100 träffarna p.g.a. många träffar

Bilaga C – Samtliga artiklar som ingått i den längre granskningen av litteraturen.

År	Författare	Titel	Relevans	Beskrivning
2019	Cai G. and Waldmann D.	A material and component bank to facilitate material recycling and component reuse for a sustainable construction: concept and preliminary study	Medel	Beskriver ett koncept och förslag på hur man kan arbeta med återanvändning och återvinning. Innehåller vissa förslag på komponenter som kan ingå, men är inte heltäckande.
2020	Ramirez, C.P., Barriguete, A.V., Somolinos, R.S., del Rio Merino, M. and Sanchez, E.A.	Analysis of fire resistance of cement mortars with mineral wool from recycling	Medel	Behandlar hur murbruk som innehåller återvunnet material beter sig vid en brand, jämfört med "vanligt" murbruk. Mer fokus på återvinning än återanvändning.
2019	Wi, S., Yang, S., Berardi, U. and Kim, S.	Assessment of recycled ceramic-based inorganic insulation for improving energy efficiency and flame retardancy of buildings	Låg	Handlar om isolering tillverkad av återvunna keramiska material (tegel, klinker, kakel osv.) och vilka egenskaper denna typ av isolering får. Mer fokus på materialåtervinning än återanvändning.
2018	Iringova, A.	The use of recycled waste products in a sustainable house design - a case study	Låg	Behandlar inte återbruk av komponenter. Handlar om hur skräp, t.ex. papper och kartonger kan återvinnas och användas när man bygger väggar.
2020	Axelsson, F.	Att projektera för demontering	Medel	Innehåller väldigt mycket bra om återanvändning, metoder för det och för-/nackdelar med det. Finns dock inte så mycket information om brandtekniska krav.

2019	de Dardel, F.	Brandskydd efter tid - Uppfylls funktionen av brandskyddsinstallationer efter tid de krav som förutsätts vid nybyggnation?	Låg	Handlar mest om brister i SBA än om hur åldring påverkar brandskyddet. Finns vissa delar om hur brandskydd (avgränsat till takluckor, brandavskiljande konstruktioner, brandlarm & utrymningsvägar) fungerar efter tid, men inte mycket konkret om produkter osv.
2016	Heinsoo, J. och Westerbring, J.	Cirkulär ekonomi och demontering för återanvändning inom byggindustrin	Medel	Har mycket bra information om processen kring återanvändning och en bra genomgång av vilka material/komponenter som passar bra för återbruk, dock inget ingående om brandskydd.
2020	Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C. and Tam, V.W.Y.	Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review	Medel	Ger förslag på åtgärder och arbetssätt som kan minska mängden avfall från byggen. Diskuterar återanvändning lite, men inget konkret om brand eller produkter, mer om arbetssätt och liknande.
2012	Hechler, O., Larsen, O.P. and Nielsen, S.	Design for deconstruction	Hög	Innehåller bra information om 3 R's (Reduce, Reuse, Recycle) och hur man kan arbeta med det. Innehåller även några få exempel där man har återanvänt hela byggnader och delar av byggnader. Det finns dock inte så mycket om brandskydd.
2011	Tingley, D.D. and Davison, B.	Design for deconstruction and material reuse	Medel	Innehåller mest information om design for deconstruction och hur man kan minska utsläpp och miljöpåverkan från byggnaders hela livstid vid projekteringen. Innehåller en del försvårande faktorer för återanvändning som kan vara intressanta. Innehåller dock inte så mycket om specifika komponenter eller något om brandskydd.
2000	Chini, A.R.	Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Report #266	Hög	Innehåller sammanfattning av 10 artiklar inom ämnet.

2002	Chini, A.R. and Schultmann, F.	Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Report #272	Hög	Innehåller en sammanfattning av 18 artiklar inom ämnet. Visa delar handlar endast om återvinning och är inte relevanta, men det finns också delar om återanvändning. Brandklassade produkter omnämns i några artiklar.
2005	Chini, A.R.	Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB report "300	Hög	Innehåller en sammanfattning av 10 rapporter inom ämnet. Vissa brandklassade produkter omnämns. Rapporten om förhållanden i UK nämner hindren kring regelverk.
2017	Fahlen, E., Sidenmark, J., Löfås, P. och Cusumano, L.	Design for Deconstruction. Kartläggning av byggnadselement	Hög	Beskriver hur man kan arbeta för att ha möjlighet att återanvända byggnadsdelar. Ger även konkreta förslag på vilka komponenter som fungerar att återanvända och hur de bör konstrueras i så fall. Innehåller inget konkret om hur brandskyddet påverkas över tid osv.
2016	Östman, B. and Tsantaridis, L.	Durability of the reaction to fire performance for fire retardant treated (FRT) wood products in exterior applications – a ten years report	Medel	Visar resultat från forskning kring hur brand-egenskaperna hos trä förändras över tid. Innehåller dock inget om återbruk eller liknande.
2004	Almeras, X., Le Bras, M., Hornsby, P., Bourbigot, S., Marosi, G., Anna, P. and Delobel, R.	Effect of Recycling on Fire Retardancy of Intumescent Polypropylene Based Blends	Låg	Jämför återvunna svällande polypropylen material med icke-återvunna för att se hur deras egenskaper vid en brand skiljer sig. Behandlar inte återanvändning någonting.
2020	Girao Coelho, A. M., Pimentel, R., Ungureanu, V., Hradil, P. and Kesti, J.	European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings	Hög	Ger en väldigt ingående beskrivning av hur man bör gå till väga för att återanvända stål-konstruktioner. Brand ingår delvis och diskuteras lite, men det ges inget exakt svar på hur åldring påverkar brandskyddet. Författarna föreslår

				istället att man bör undersöka de delar som ska återanvändas för att se så brandtekniska kraven uppfylls.
2016	Gales, J., Parker, T., Cree, D. and Green, M.	Fire Performance of Sustainable Recycled Concrete Aggregates: Mechanical Properties at Elevated Temperatures and Current Research Needs	Låg	Presenterar resultat från studier där "vanlig" betong jämförs med betong som innehåller återvunnet material. Behandlar inte återbruk på något sätt, bara återvinning.
2020	Sandin, Y., Sandin, G., Cristescu, C. and Olsson, J.	Kunskapsläge kring byggnader med stomme av trä: teknik, hållbarhet och cirkulär materialanvändning	Hög	Består av tre delar; teknik, hållbarhet och cirkulär materialanvändning. Den sista delen innehåller en hel del som jag tror kan vara relevant. Återbruk av trästommar diskuteras och jämförelser med några andra länder görs.
2016	Yang, Y.-F., Zhang, L. and Dai, X.	Performance of recycled aggregate concrete-filled square steel tubular columns exposed to fire	Medel	Handlar om hur betong som innehåller återvunnen betong beter sig vid en brand, jämfört med "vanlig" betong. Ingenting om återanvändning av produkter. Mer fokus på återvinning än återanvändning.
2021	Gabrielsson, I. och Brander, L.	Rivningsobjekt – från kostnad till resurs: Omvärldsanalys	Medel	Innehåller bra information om återanvändning och t.ex. hur man kan bedöma om en komponent är tillräckligt bra för att återanvändas. Innehåller dock inte så mycket specifikt om brand.
2017	Wang, H., Zha, X., Liu, Y., Luo, C. and Lu, C.K.	Study of recycled concrete-filled steel tubular columns on the compressive capacity and fire resistance	Låg	Handlar om hur betongfyllda stålpeares bärförmåga och förmåga att stå emot brand skiljer sig så man använder återvunnen betong. Artikeln fokuserar endast på återvinning, inte återbruk.
2018	Enkvist, P.-A- and Klevenäs, P.	The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation	Medel	Innehåller en mycket information om arbetssätt för att återanvändning och varför det är viktigt. Innehåller ingenting specifikt om brand eller brandskydd.

2020	Rockwool, broschyr	The circularity of stone wool	Medel	Innehåller bra information om stenull och återanvändning/återvinning. Ej granskad, företagsdokumentation
2021	Sandinge, A., Blomqvist, P., Dederichs, A. and Markert, F.	The necessity of accelerated ageing in fire performance assessments of composite materials	Medel	Fokuserar på transportfordon (båtar & tåg) och material/komponenter som används till dessa, så inte så mycket fokus på byggmaterial. Innehåller dock lite bra information om hur man kan testa material samt resultat av test.
2019	Iringova, A., Vandlickova, D. and Divis, M.	The Use of Products Recycled from Municipal Waste in Sustainable Architecture	Medel	Fokuserar på återvinning av avfall från hushåll och från byggsektorn, vad det kan användas till och vilka egenskaper det får osv. Återanvändning av delar eller komponenter är inte inkluderat alls.
2018	Husson W. och Lagerqvist, O.	Återbruk av stålkomponenter	Hög	Väldigt relevant. Handlar om återbruk av stål, vilka problem & möjligheter som finns med återbruk samt hur det kan testas. Innehåller lite om brandskydd, men inte så mycket.
2020	Jönsson, E.	Förstudie - kvalitetssäkring av recirkulerade material	Hög	Är väldigt relevant för ämnet och innehåller t.ex. svårigheter med återanvändning men också förslag på vad som krävs för att det ska gå att genomföra. Innehåller dock inget specifikt om brand och brandskydd osv.
2016	Youhanan, L., Palm Cousins, A., Stare Lins, M. and Stenmarck, Å.	Options for increased low-risk recycling of building products	Låg	Handlar om avfall och återvinning av byggmaterial som kan innehålla farliga ämnen, t.ex. olika typer av plaster. Den behandlar inte återbruk alls och har därför bedömts ha låg relevans.
2018	Ejlertsson, A., Loh Lindholm, C., Green, J. och Ahlm, M.	Cirkulär ekonomi i byggbranschen	Låg	Rapporten i sig innehåller inte konkret information, men korta sammanfattningar och länkar till andra arbeten och rapporter inom ämnet som möjligtvis kan vara intressanta.

2019	Nguyen, M. och Peter, L.	Återbruk av byggmaterial	Medel	Beskriver möjliga förbättringar inom återbruk och minimering av avfall. Fokuserar mest på arbetssätt och rutiner hos byggföretag. Innehåller inte så mycket om specifika material eller komponenter, innehåller heller inget specifikt om brandskydd.
2019	Göteborgs stad	Slutrapport - upphandlingskrav för cirkulära flöden i bygg- och rivningsprocessen	Medel	Innehåller väldigt mycket relevant, t.ex. rekommendationer och vilka förutsättningar som krävs för ett cirkulärt byggande. Innehåller även exempel på objekt som byggts med cirkulärt byggande i åtanke. Brand och brandtekniska krav behandlas dock inte i rapporten.
2020	Larsson, A. och Strandberg, K.	Tegelfasad - Design för återbruk	Medel	Innehåller mycket om återbruk och design för deconstruction, men brand nämns inte. Rapporten fokuserar på tegel och återbruk av detta.
2020	Brismark, J.	Återbruk och återbrukbarhet inom byggbranschen	Hög	Väldigt bra och innehåller mycket om utmaningar och hinder kopplat till återbruk generellt, störst fokus ligger dock på KL-trä. Brandtekniska krav nämns i vissa delar, men den innehåller ingen djupare information om just brand.
2021	Simonsson, F.	Återbruk av byggprodukter i nybyggnation av bostäder	Medel	Studien undersöker möjligheten till återbruk av byggnadsprodukter utifrån klimatpåverkan, kostnad och genomförbarhet. Vilka produkter som skulle återbrukas valdes utifrån klimatpåverkan. Inga av produkterna hade tillhörande brandtekniska krav.
2021	Wennesjö, M., Gerhardtsson, H., Moberg, S., Loh Lindholm, C. och Andersson, J.	Etablering av en storskalig marknad för återbruk i bygg- och fastighetssektorn	Hög	Undersöker möjligheten till utveckling av en återbruksmarknad i Göteborgsregionen. Intressant rapport med lärdomar (framförallt om hindren) för projektet dock inte på brandklassade produkter specifikt.

2020	Le, H.-B. och Bui, Q.-B.	Recycled aggregate concretes – A state-of-the-art from the microstructure to the structural performance	Låg	Artikeln behandlar återvinning av rivningsavfall som aggregat i nyttillverkad betong. Ej återbruk
2014	Fujita, M. och Masuda, T.	Application of Various NDT Methods for the Evaluation of Building Steel Structures for Reuse	Hög	Artikeln presenterar en metod att utvärdera byggnadsstål för att bedöma möjligheten till demontering och återbruk i nya applikationer.
2016	Chang, Y.H., Huang, P.-H., Chuang, T.-F. och Chang, S.-W.	A pilot study of the color performance of recycling green building materials	Låg	Artikeln behandlar återvinning av avfall som tillsatts i nyttillverkade gipsskivor. Ej återbruk.
2020	Guerra, B.C., Leite, F. och Faust, K.M.	4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycling planning: Case studies on concrete and drywall waste streams	Hög	Presenterar användning av bygginformationsmodeller (BIM) för att kunna minimera konstruktionsavfall. Återanvändning under byggnation innebär att frågor kring brandproblematiken undviks. Exempel från Nordamerika presenteras. "Reuse" i artikeln är dock endast som avfall i princip.
2015	Diyamandoglu, V. och Fortuna, L.M.	Deconstruction of wood-framed houses: Material recovery and environmental impact	Medel	Dekonstruktion av en träbyggnad (en våning) diskuteras utifrån olika scenarier. Scenarierna jämför utifrån potential att producera olika mängder växthusgaser (GHG potential). Modellen tar hänsyn produkter som kan rimligen monteras bort från byggnaden, t.ex. dörrar, fönster, köksskåp, virke, mm. Ingen diskussion av huruvida produkterna kan ha tillhörande brandtekniska krav.
2019	Queheille, E., Taillanier, F. och Saiyouri, N.	Optimization of strategy planning for building deconstruction	Medel	Artikeln presentera en metod att ta fram en dekonstruktionsstrategi baserat på 17 variabler. Brand finns inte med bland variablerna och modellen skulle vara svår att anpassa till att inkludera brandhänsynstaganden.

2017	Akinade, O.O, Oyedele, L.O., Omoteso, K., Ajayi, S.O., Bilal, M., Owolabi, H.A., Alaka, H.A., Ayris, L., Looney, J.H.	BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities	Låg	Intervjustudie som skapar stöd för behovet av implementering av end-of-life strategier i BIM verktyg, något som hittills saknats. Flera artiklar tittar på sätt att implementerar detta i BIM numer dock varför denna artikel klassas som låg relevans.
2018	Iacovidou, E., Purnell, P. och Lim, M.K.	The use of smart technologies enabling construction components reuse: A viable method of a problem creating solution?	Hög	Användning av RFID för att märka byggnadskonstruktionsdelar kan underlätta för hantering av produkter för återbruk. Kombinerad med BIM-system för effektiv hantering av information under hela byggnadens livscykel skulle kunna vara ett bra verktyg som stödjer återbruk. Problem finns dock kring återbruk av själva RFID-taggar.
2021	Aho, R. och Tieu, D.	Klimatpåverkan från byggavfall och alternativåtervinning – En studie på hur byggavfall hanteras, alternativ behandling och kostnader som uppstår	Medel	Rapporten går igenom återbruksmöjligheten hos flera byggnadsmaterial, gips, betong, trä, stenull och metallskrot. I de flesta fall finns möjlighet till återanvändning av material (som kross eller råvara i ny materialproduktion), sällan som återbrukat material.
2021	Mekaniska Verkstädernas Riksförbund	Återbruk av stål i bärande konstruktioner. Krav och processbeskrivning	Hög	En ny branschstandard som ger instruktioner för sortering och klassificering av stålkomponenter för återbruk som ingående produkter i bärande konstruktioner.

Filnamn: Återbruk_FINAL_uppdaterad
Katalog: C:\Users\ma5087mc\Work Folders\Documents
Mall: C:\Users\ma5087mc\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Rubrik:
Ämne:
Författare: Johanna Kruse
Nyckelord:
Kommentarer:
Datum: 2021-11-03 23:01:00
Version: 5
Senast sparad: 2021-11-04 09:43:00
Senast sparad av: Margaret Mcnamee
Total redigeringstid: 9 minuter
Senast utskrivet: 2021-11-04 10:02:00
Vid senaste fullständiga utskrift
Antal sidor: 87
Antal ord: 41 117 (cirka)
Antal tecken: 256 159 (cirka)

Projektgruppen



LUNDS
UNIVERSITET



SKANSKA

RI.
SE

Finansierad av

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



BRAND
FORSK

Stödorganisationer

under 2021 då detta projekt beviljades

Akademiska hus • Bengt Dahlgren Brand & Risk • BIV Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap • Brand och Bygg Sverige AB • Brandkåren Attunda
Brandskyddsföreningen Gävleborg • Brandskyddsföreningen Skaraborg
Brandskyddsföreningen Södermanland • Brandskyddsföreningen Värmland
Brandskyddsföreningen Väst • Brandskyddsföreningen Västernorrland
Brandskyddslaget • Dina Gruppen • Eld & Vatten • Folksam • Fortifikationsverket
Försäkrings AB Göta Lejon • GellCon • If Skadeförsäkring • Kammarkollegiet
Kingspan Insulation AB • Kiruna Räddningstjänst • Kristianstads Räddningstjänst
Kommunassurans Syd Försäkrings AB • Kyrkans försäkring • Lantmännen
MSB, myndigheten för samhällsskydd och beredskap • NBSG, Nationella Brand-
säkerhetsgruppen • Nerikes Brandkår • Region Stockholm Trafikförvaltningen
Riksanstaltsstyrelsen • 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 Skåne Nordväst
Räddningstjänsten Syd • Räddningstjänsten Östra Götaland • Räddningstjänsten Mitt
Bohuslän • Scania CV AB • St Erik Försäkrings AB • Sirius International
Stanley Security • Statens fastighetsverk • Sparia Försäkringsbolag
Stockholms Stads Brandförsäkringskontor • Storstockholms Brandförsvär
Sveriges brandkonsultförening • Swedisol • 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 samhälle byggt på kunskap”

Brandforsk

info@brandforsk.se, www.brandforsk.se

