



RISE SAMHÄLLSBYGGNAD  
MATERIALDESIGN



# Återhus

Rivningsobjekt – från kostnad till resurs:  
Omvärldsanalys

Ida Gabrielsson, Linus Brander

RISE Rapport 2021:57

# Innehåll

<b>Innehåll</b> .....	<b>1</b>
<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Introduktion</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Regelverk och riktlinjer</b> .....	<b>6</b>
2.1 EU:s Byggproduktsförordning.....	6
2.2 EU:s Avfallsdirektiv .....	6
2.3 EU:s kemikalieslagstiftning REACH .....	7
2.4 Miljöbalken .....	8
2.5 Avfallsförordningen .....	8
2.6 PBL och BBR.....	8
2.7 CE-märkning och certifiering .....	9
2.7.1 Allmänt .....	9
2.7.2 CE-märkning av återvunnen ballast i betong.....	10
2.7.3 CE-märkning av återanvända strukturer och element.....	10
2.8 Boverkets råd gällande återbruk.....	12
2.9 EU Green Deal .....	13
2.10 Sammanfattning .....	13
<b>3 Testmetoder för återanvändning</b> .....	<b>14</b>
3.1 Tillståndsbedömning .....	15
3.1.1 Betong .....	15
3.1.2 Trä.....	16
3.1.3 Stål.....	16
3.1.4 Tegel .....	18
3.2 Icke-förstörande metoder .....	20
3.2.1 Georadar .....	20
3.2.2 Täcksiktsmätare.....	21
3.2.3 Ultraljudshastighetsmätare.....	22
3.2.4 Handhållen XRF.....	22
3.3 Laborrietester på mindre provkroppar .....	23
3.3.1 Rivningsavfall som betongballast.....	24
3.3.2 Tryckhållfasthet på utborrade betongprover .....	24
3.3.3 Kloridinträngning och Kloridhalt i betong.....	25
3.3.4 Karbonatiseringsdjup i betong .....	25
3.3.5 Undersökning i polarisationsmikroskop.....	26
3.3.6 Utdraghållfasthet förankringar i betong.....	26
3.3.7 Tegelprovningar .....	27

3.3.8	Stålprovningar .....	28
3.4	Laboratorietester på hela byggdelar .....	29
3.5	Testmetoder hälsa och miljö.....	31
3.6	Sammanfattning .....	31
<b>4</b>	<b>Mjukvara för datahantering .....</b>	<b>33</b>
4.1	Designdata .....	33
4.1.1	Intervju om designdata .....	33
4.2	System för katalogisering .....	34
<b>5</b>	<b>Klassificeringssystem för material och byggnadsdelar för återbruk ..</b>	<b>36</b>
5.1	Kartläggning .....	36
5.2	Analys.....	36
<b>6</b>	<b>Rivnings- och sorteringsmetoder .....</b>	<b>37</b>
6.1	Befintliga metoder och system .....	37
6.2	Demontering av byggnadsdelar .....	37
6.2.1	Demontering av betongkonstruktion .....	37
6.2.2	Demontering av stålprofiler .....	39
6.3	Analys och utvärdering .....	39
6.3.1	Intervju 1.....	39
6.3.2	Intervju 2 .....	40
6.4	Projektera för demontering i framtiden .....	41
6.5	Sammanfattning .....	41

# Förord

Det som presenteras i denna rapport utgör en del av arbete och resultat från innovationsprojektet *Rivningsobjekt – från kostnad till resurs*, med stöd från det Strategiska Innovationsprogrammet (SIP) RE:Source. Samverkande partner i projektet har varit Codesign, NCC, Fabega och RISE.

RISE rapport 2021:57

ISBN 978-91-89385-46-7

# 1 Introduktion

Just nu är vi inne på en resa mot ett resurseffektivare samhälle, som bygger på cirkulär ekonomi. I en sådan ekonomi stannar de råvaror och tillgångar vi tar ut från naturen (tex sten och kalksten till ballast och cement, och malm till stål) i samhällets materialkretslopp och slösas inte bort genom att tex läggas på deponi. I en cirkulär ekonomi undviker vi så långt som möjligt att avfall uppstår, men när något faktiskt måste kasseras så ska det återvinnas och ännu hellre återanvändas. Mål om ökad återvinning och återanvändning finns på såväl EU-nivå som nationell nivå inom de flesta sektorer och i och med EU:s Nya Gröna Giv, så har dessa strävande fått ökad tyngd. Samtidigt måste vi minska utsläppen av gaser som spår på växthuseffekten och den globala uppvärmningen, något som också i regel gynnas av ett mer resurseffektivt samhälle.

Inom byggnadssektorn uppstår stora mängder avfall varje år när byggnader och konstruktioner rivs (i Sverige minst 10 miljoner ton mineraliskt rivningsavfall varje år), men fortfarande är såväl återvinnings- som återanvändningsgraden av dessa mycket låg. Sällan beror detta på att inte tekniken finns eller att det vi vill återvinna eller återanvända inte klarar de tekniska krav som finns för möjliga användningar, utan snarare på andra faktorer, som otydligheter regelverk och riktlinjer kring hur och när alternativa material får och kan användas och att offentliga beställare inte känner till vad som är möjligt att kräva (se RE:Source-rapport *Ökad resurseffektiv användning av sekundära råmaterial i konstruktioner*; van Praagh, Brander och Olsson, 2020).

I EU-projektet RE4 samverkade forskningsutförare, arkitekter och teknikkonsultbolag med företag inom återvinning, Prefabbetong och robotteknik, kring återvinning av rivningsavfall som ballast i olika typer av betong ([www.re4.eu](http://www.re4.eu)). Olika betongrecept togs fram där upp till 90% av ballasten i betongen ersattes med återvunnet rivningsavfall och där betongen förstås bibehöll den tekniska prestanda som Prefabföretaget behövde. Finalen i RE4 var byggandet av två demohus, ett utanför Belfast och ett i Madrid, med Prefabelement tillverkade med rivningsavfall. LCA som utfördes visade på besparingar i det totala resursutnyttjandet, men däremot påverkar återvinningen av rivningsavfall som ballast i ny betong i regel inte utsläpp av växthusgaser, eftersom det fortfarande krävs cement för att tillverka ny betong. Däremot kan såväl användande av nya naturresurser som klimatutsläpp minska genom *återanvändning* av hela betongdelar.

Två exempel på projekt där Prefabelement i betong har återanvänts är *Uddenprojektet* och *Nya Uddenprojektet* i Östergötland (*The Conditions and Constraints for using reused materials in building projects*; M. Eklund m.fl.), där det förra är två lägenhetshus från 1960-talet i Finspång där delar togs ut och flyttades till Linköping och det senare ett studentboende. I Uddenprojektet handlade det framförallt om platsgjutna betongväggar och balkar (men även andra material och produkter), som sågades ut varsamt med diamantklinga. Delar från två lägenhetshus med totalt 50 stora lägenheter, räckte till 22 mindre lägenheter i Linköping. I Nya Udden-projektet rörde det sig framförallt om Prefabelement (ytterväggar, innervägg, balkar och trappor), vilket underlättade demonteringen. Den höga kostnaden för demontering jämfört med att bygga konventionellt gjorde att man sänkte ambitionsnivån, men trots detta byggdes i alla fall ett hus med 54 lägenheter. En viss överdimensionering gjordes genom att använda förstärkande stålprofiler, för att täcka upp eventuella brister i återanvända element. Båda Udden-projekten genomfördes med bara 10–15 % högre kostnader, jämfört med

konventionellt projekt med nya byggnadsdelar; fördyrningen finansierades med statligt stöd.

Projektet *Rivningsobjekt – från kostnad till resurs* fokuserar på återanvändning av tunga byggprodukter och konstruktionsdelar, framförallt stomme av betong eller stål. Att jobba med återanvändning av tunga byggnadsdelar är förenat med andra utmaningar än vid återvinning, men också behäftat med större vinster (minskat behov av nya naturresurser OCH lägre utsläpp av klimatpåverkande gaser). Framgångsrik återanvändning av byggnadsdelar från ett hus som ska rivas bygger på att en grundlig inventering, kartläggning och kvalitetsbedömning har gjorts av dessa, så att demontering och hantering av de i regel tunga och otympliga elementen kan göras på ett säkert sätt, som inte äventyrar arbetsmiljö. Dessutom måste detta göras på ett varsamt sätt så att inte elementens funktion och prestanda äventyras.

I detta dokument går vi igenom olika aspekter som är intressanta ur perspektivet återbruk av tunga byggnadsdelar. Fokus är på regelverk och riktlinjer och på undersökningsmetodik och testmetoder som bör användas för att bedöma prestanda och kvalitet, men också en del andra aspekter berörs.

## 2 Regelverk och riktlinjer

### 2.1 EU:s Byggproduktsförordning

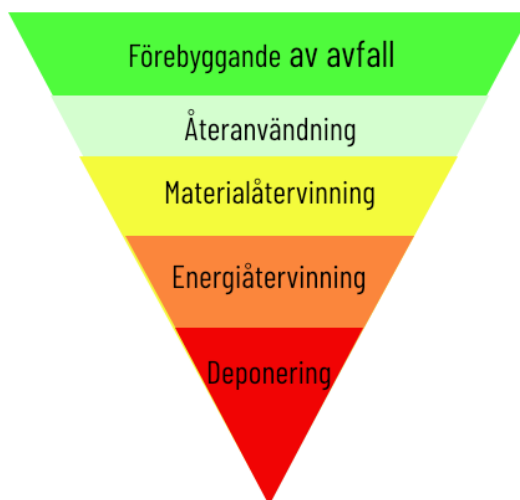
Enligt byggproduktsförordningen (EC 305/2011, Construction Products Regulation, förkortad CPR), som trädde i full kraft i juli 2013, måste byggprodukt som faller under EU-harmoniserad produktstandard CE-märkas. CPR reglerar hur teknisk prestanda och funktion för material och produkter ska testas och redovisas, typiskt genom harmoniserade EU-standarder. Arbetet genererar nödvändiga dokument, text prestandadeklaration och CE-märke för produkter. I Sverige är det Boverket som ansvarar för information och tillsyn av lagens efterlevnad.

### 2.2 EU:s Avfallsdirektiv

EU:s avfallsdirektiv (2008/98/EC) är ett allmänt ramverk för avfall och fastställer grundläggande avfallshanteringsdefinitioner. Avfallsdirektivet infördes 2008 och ersatte tre gamla direktiv: ramdirektivet (2006/12/EG) om avfall, direktiv (91/689/EEG) om farligt avfall och direktiv (75/439) om spillolja. För avfall från byggsektor ska EU:s medlemsstater senast år 2020 ökat sin återanvändning och återvinning av icke farliga byggnads- och rivningsavfall (exklusive energiutvinning) till 70 vikt%.

Avfallsförordningen beskriver också den så kallade avfallshierarkin (Figur 1):

- Förebyggande av att avfall uppstår
- Återanvändning
- Materialåtervinning (inkluderar ej användning som fyllnadsmassor, eng. *backfilling*)
- Energiåtervinning och annan återvinning
- Deponering



Figur 1 Avfallshierarkin.

Strävan är att komma så högt upp i avfallshierarkin som möjligt. Således är undvikande att avfall ens uppstår bättre än återanvändning, medan återanvändning generellt är att föredra framför materialåtervinning, som i sin tur är bättre än energiåtervinning. Sista steget, deponi, bör undvikas så långt det går, eftersom material då försvinner helt ur ekonomin/resursflödet.

Avfallsdirektivet specificerar också de åtgärder som krävs för att ett avfall ska upphöra vara avfall och bli så kallad *sekundär råvara*, som fortsättningsvis regleras genom aktuell produktlagstiftning (tekniska standarder), tex CPR för byggprodukter. Enligt Naturvårdsverket sker detta när:

- Användning av ämnet eller föremålet inte kommer leda till allmänt negativa följder för miljön eller människors hälsa
- Det finns ett specifikt användningsområde för ämnet eller föremålet
- Det finns en marknad eller efterfrågan på ämnet eller föremålet
- Ämnet eller föremålet har likvärdiga egenskaper som andra produkter som finns på marknaden
- Ämnet eller föremålet uppfyller de tekniska kraven för det tänkta användningsområdet och befintlig lagstiftning för produkter

EU-kommissionen har tagit fram gemensamma kriterier för när ett antal olika material upphör att vara avfall, så kallade "End-of-Waste kriterier" (EoW). I dessa konkretiseras och tydliggörs åtgärder och förutsättningar för att uppfylla de fem punkterna ovan för det aktuella avfallsslaget (tex vad gäller teknisk prestanda och nivåer av potentiellt farliga ämnen och substanser), till nytta för såväl tillsynsmyndigheter, avfallsägare och återvinningsaktörer, som beställare och slutkunder. När denna rapport skrivs finns det kriterier för järn-, stål- och aluminiumskrot, glaskross, samt kopparskrot. I avsaknad av EoW-kriterier på EU-nivå för visst avfallsslag finns möjlighet ta fram sådana på nationell nivå, men i avsaknad av sådana sker bedömning av om ett avfall kan anses upphöra vara avfall eller inte på fall-till-fall-basis. Nationella EoW-kriterier för bygg- och rivningsavfall saknas i Sverige, varför bedömning därmed görs från fall till fall. Tillsynsmyndighet är kommunerna.

Sverige införde 2011 EU:s avfallsdirektiv i svensk lagstiftning. Två av effekterna av införandet var ett nytt 15 kapitel i miljöbalken och en ny avfallsförordning (2011:927).

## 2.3 EU:s kemikalieslagstiftning REACH

REACH-förordningen är en kemikalieslagstiftning (EC 1907/2006) som trädde i kraft i hela EU 2007. REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) innehåller bland annat regler för vad en producent har för ansvar och skyldigheter som rör produkter och verksamhet. I REACH gör man skillnad på ämnen, blandningar och varor. I första hand är det ämnen och blandningar som regleras i REACH och där finns en kandidatförteckning av ämnen som på något sätt är skadliga. Ämnen som finns i förteckningen kan vara cancerframkallande, skada arvsmassa och vara hormonstörande, störa fortplantningsförmågan, eller ansamlas i miljön. Kemikalieinspektionen ansvarar för efterlevnad av förordningen i Sverige.



Återbruk av produkter ska klara dagens kemikalielagstiftning. Eventuella farliga ämnen som finns med på REACH-listan i en produkt ska redovisas. Det är producenten som sätter produkten på marknaden som är ansvarig att detta följs.

## 2.4 Miljöbalken

Miljöbalken är en svensk ramlag som syftar till att främja en hållbar utveckling. I miljöbalkens kapitel 15 definieras ett avfall som *”varje ämne eller föremål som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med”* och när avfall övergår till att bli restprodukter eller biprodukt, alltså återvinns. Specifika bestämmelser om bygg- och rivningsavfall saknas i miljöbalken. Enligt kapitel 9 anses inte bygg- och rivningsverksamhet vara anmälnings- eller tillståndspliktig. I kommunerna är det miljönämnderna som har tillsynsansvar enligt avfallsdirektivet.

## 2.5 Avfallsförordningen

Avfallsförordningen 2011:927 ligger under Miljö- och energidepartementet och kom ut 2011. Förordningen innehåller bestämmelser om avfall och hur sådant ska hanteras.

Dessa bestämmelser kommer sannolikt påverkas i samband med att det så kallade ”avfallspaketet” infogas i svensk lag, där avfallspaketet syftar på de sex reviderade direktiv som i slutet av 2015 presenterades av EU-kommissionen som del av paketet om cirkulär ekonomi. Syftet är att främja en övergång till en mer cirkulär ekonomi och bland den lagstiftning som finns i de sex direktiven finns bland annat nya regler kring bygg- och rivningsavfall. Det kommer bland annat ställas krav på sortering i specificerade fraktioner, bättre planeringsunderlag för förebyggande av avfall och krav hushållen att källsortera bygg- och rivningsavfall. Till skillnad från EU-förordningar gäller inte EU-direktiven direkt i medlemsstaterna när det träder i kraft, utan måste genomföras i den nationella lagstiftningen enligt en viss tidsplan. De är dock fortfarande bindande och tvingande att införas.

## 2.6 PBL och BBR

Enligt Plan- och Bygglagen (2010:900, PBL) krävs rivningslov för byggnader inom detaljplanerat område och att byggherren har en kontrollplan, som inkluderar materialinventering och hur eventuella farliga ämnen ska omhändertas. PBL ställer också krav på att sortering av bygg- och rivningsavfall ska ske på platsen där det uppkommer, även om undantag får göras där detta inte är möjligt, på grund av exempelvis platsbrist. Byggherren ska i kontrollplan också beskriva hur rivningsmaterialet ska tas om hand, dvs. vad som går till återanvändning, materialåtervinning, energiåtervinning, deponi, osv.

Den 1 augusti 2020 träder en ändring i PBL i kraft, som ska främja bättre hantering av bygg- och rivningsavfall genom selektiv rivning och att möjliggöra avlägsnande och säker

hantering av farliga ämnen. Syftet är att underlätta återanvändning och högkvalitativ materialåtervinning. Konkret ska bland annat byggherren vid tekniska samråd redovisa hur identifiering av avfall och återanvändbara byggprodukter har gjorts, och i kontrollplanen ska redovisas vilka byggprodukter som ska återanvändas (och hur det ska göras) och vilka avfall som åtgärden kan ge upphov till och hur dessa ska tas om hand, tex för att möjliggöra materialåtervinning.

Boverkets byggregler (2011:6, BBR) innehåller framförallt föreskrifter och allmänna råd till PBL och PBF (Plan och Byggförordningen). BBR säger inget specifikt om återanvändning av strukturer eller konstruktionsdelar. Däremot finns regler för utformning av utrymmen som helhet i byggnader och det finns krav på exempelvis tillgänglighet, brandsäkerhet, ventilation, värmeisolering och ljudisolering. En tolkning kan därför vara att återanvändning av strukturer och konstruktionsdelar är tillåten, så länge samma krav som för nytillverkade delar uppfylls. Här kan återbruk av strukturer och produkter designade efter gamla krav stöta på problem gentemot dagens krav.

## 2.7 CE-märkning och certifiering

### 2.7.1 Allmänt

Enligt byggproduktförordningen (CPR) måste byggprodukt som faller under EU-harmoniserad produktstandard förses med en prestandadeklaration och CE-märkas. Exempel på produkter som faller under harmoniserad EN-standard är bland annat betongballast (SS-EN 12620+A1:2008) och många Prefab-produkter i betong, såsom plattbärlagselement (SS-EN 13747:2005+A2:2010) och väggelement (SS-EN 14992:2007+A1:2012). I Sverige är det Boverket som är den myndighet som informerar om och övervakar efterlevnad av byggproduktförordningen (CPR).

För produkter som täcks av harmoniserad standard eller EAD (*European Assessment Documents*), en frivillig väg till CE-märkning som kan göras när harmoniserad standard saknas, så är ingen annan typ av certifiering eller märkning tillåten. Det finns dock många byggprodukter som inte faller under harmoniserad standard eller EAD och dessa kan om så önskas märkas enligt nationella eller andra typer av märkningssystem. Ibland täcker inte heller en harmoniserad standard alla relevanta egenskaper och lämnar några öppna för det enskilda medlemslandet att själva besluta om ("*provisions in place of use*"); även dessa fall öppnar för andra märkningssystem för de specifika egenskaperna.

Tillverkaren ska i enlighet med gällande produktstandard upprätta ett kvalitetssystem där en kvalitetsmanual med rutiner för produktionen säkerställer att det som utlovas i prestandadeklaration och CE-märke efterlevs (dvs. att varje produktenhet som levereras faktiskt har den prestanda som utlovas). Kvalitetsmanualen ska innehålla och beskriva sådant som organisation, kontrollrutiner, produktionsledning, provning och transport.

I regel måste tillverkaren använda en tredje part (ett oberoende så kallat *anmält organ*), för granskning av hur kvalitetssystem efterlevs. Produkttyp och tänkt användning avgör den utsträckning till vilket ett anmält organ måste involveras och beskrivs som fem nivåer i CPR (bilaga V): AVCP-system 1+, 1, 2+, 3 och 4 (AVCP = *Assessment and Verification of Constancy of Performance*). Standarden för den aktuella produkten

anger vilken nivå som gäller (finns i ZA-bilagan, som är obligatorisk i alla harmoniserade EU-standarder). System 4 gäller typiskt för produkter utan krav på bärighet och där gör producenten det mesta själv och behöver inte använda ett anmält organ, medan de flesta bärande byggprodukter faller under det strängare System 2+. System 2+ innebär att det anmälda organet utfärdar ett certifikat, i vilket ingår en årlig produktionskontroll (revision), där en revisor går igenom kvalitetssystem, rutiner, provningar, kompetens, utrustning och praktiskt utförande. I certifikatet ingår att tillverkaren deklarerar produktens/materialets egenskaper.

## 2.7.2 CE-märkning av återvunnen ballast i betong

För att få använda och sälja ballast för användning i betong måste materialet vara CE-märkt enligt system 2+ (se SS-EN 12620 + A1:2008). Detta gäller såväl bergkross och grus som återvunna material. System 2+ innebär att man har certifikat utfärdat av ett anmält organ. I certifikatet ingår en årlig produktionskontroll (revision), med genomgång av kvalitetsmanual, rutiner, provningar, kompetens, utrustning och praktiskt utförande.

## 2.7.3 CE-märkning av återanvända strukturer och element

För betongelement gäller lite olika regler beroende på typ av element. Vissa faller under harmoniserad SS-EN-standard och ska därmed CE-märkas, andra faller utanför sådana standarder och har därmed inte krav på CE-märkning.

Flera standarder för prefabricerade element har gått igenom, i syfte att se vilka produkter som nämner återanvändning och vilka som måste CE-märkas (Tabell 1). Ingen av dessa nämner återanvändning specifikt, vilket å ena sidan kan tolkas som att de omfattar återanvända produkter enligt samma krav som för nyproducerade dito. Å andra sidan kan det tolkas som att återanvända byggdelar hamnar utanför aktuell standard, om tex det system för fabrikskontroll som beskrivs endast är utformat för nyproduktion. Om det inte nämns specifikt hur egenkontroll ska gå till vid återanvändning, så krävs sannolikt en EAD, om återanvändning av produkttypen ska ske på industriell skala.

Tabell 1 Valda granskade normer och produktstandarder

Beteckning	Titel	Återbruk?
SS-EN 13501-1:2019	Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement – Del 1: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter reaktion vid brandpåverkan	Nämns ej
SS-EN ISO 717-1:2013	Byggakustik – Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar – Del 1: Luftljudsisolering	Nämns ej
SS-EN ISO 717-2:2013	Byggakustik – Värdering av ljudisolering i byggnader och hos byggdelar – Del 2: Stegljudsisolering	Nämns ej
SS-EN ISO 10456:2007	Byggmaterial och produkter – Fukt- och värmetekniska egenskaper – Tabeller med beräkningsvärden och metoder för bestämning av termiska egenskaper för deklarerat resp. beräkning	Nämns ej
SS-EN ISO 13787	Värmeisoleringsprodukter för teknisk isolering – Bestämning av deklarerat värmekonduktivitet	Nämns ej
SS-EN 1992-1-1:2005	Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader	Nämns ej
SS-EN 1992-1-2:2004	Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-2: Allmänna regler – Brandteknisk dimensionering	Nämns ej
SS-EN 13670:2009	Betongkonstruktioner – Utförande	Nämns ej
SS-EN 10080:2005	Armeringsstål – Svetsbart armeringsstål – Allmänt	Nämns ej
SS-EN 12794:2005+A1:2007	Förtillverkade betongprodukter – Betongpålar *	Nämns ej
SS-EN 14991:2007	Förtillverkade betongprodukter – Grundläggningselement *	Nämns ej
SS-EN 14992:2007+A1:2012	Förtillverkade betongprodukter – Väggelement *	Nämns ej
SS-EN 15037-1:2008	Förtillverkade betongprodukter – Bjälklagssystem, balk och block – Del 1: Balkar *	Nämns ej
SS-EN 15037-2:2009+A1:2011	Förtillverkade betongprodukter – Bjälklagssystem, balk och block – Del 2: Betongblock *	Nämns ej
SS-EN 15037-3:2009+A1:2011	Förtillverkade betongprodukter – Bjälklagssystem, balk och block – Del 3: Tegelblock *	Nämns ej
SS-EN 1168:2005+A3:2011	Förtillverkade betongprodukter – Håldäcksplattor *	Nämns ej
SS-EN 13747:2005+A2:2010	Förtillverkade betongprodukter – Plattbärlageelement*	Nämns ej
SS-EN 13224:2011	Förtillverkade betongprodukter – Bjälklags- och takelement med T- eller TT-tvårsnitt *	Nämns ej
SS-EN 13225:2013	Förtillverkade betongprodukter – Balkar och pelare *	Nämns ej
SS-EN 13693:2004+A1:2009	Förtillverkade betongprodukter – Speciellt utformade Takelement *	Nämns ej
SS-EN 14843:2007	Förtillverkade betongprodukter – Trappor *	Nämns ej
SS-EN 15258:2008	Förtillverkade betongprodukter – Stödmursegment *	Nämns ej
SS-EN 520:2004+A1:2009	Gipsskivor – Definitioner, krav och provning *	Nämns ej
SS-EN 1993-1-1:2005	Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader	Nämns ej
SS-EN 1993-1-2:2005	Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-2: Brandteknisk dimensionering	Nämns ej
SS-EN 771-1:2011+A1:2015	Mursten och murblock – Krav – Del 1: Tegelsten	Nämns ej
SS-EN 13830:2015	Glasfasader – Produktstandard *	Nämns ej

\*ZA-bilaga/krav på CE-märkning

## 2.8 Boverkets råd gällande återbruk

Boverkets bedömning är att CPR inte ställer krav på CE-märkning av återbrukade produkter (dialog med Sara Elfving, Boverket, december 2020). Som visas i Tabell 1 nämner de flesta standarderna för byggnadsdelar inte återanvändning och den tillverkningskontroll som beskrivs i dessa kan inte göras i efterhand:

*”Även om scopet i en harmoniserad standard tycks omfatta en begagnad produkt så föreskriver standarden inte bara metoder för att bestämma produkttypen, utan även en viss nivå av tillverkningskontroll. Eftersom begagnade produkter redan har tillverkats går det inte att tillverkningskontrollera dem i efterhand, vilket gör att kraven enligt de föreskrivna systemen för bedömning och fortlöpande kontroll av prestanda inte kan uppfyllas, vilket i sin tur gör att standarderna inte är tillämpliga fullt ut, om det inte uttryckligen framgår av standarderna hur tillverkningskontrollen ska ersättas.”* (Sara Elfving, Boverket, december 2020).

Vill man CE-märka återbrukade produkter finns den alternativa vägen att gå när harmoniserad produktstandard saknas, dvs. genom en EAD (European Assessment Document), där befintlig standard tas som utgångspunkt men tillverkningskontrollen anpassas för återbruk. Detta är dock en ganska omfattande process, men kan vara rimligt för ett företag som vill handla med större mängder återbrukade enheter (ett bra exempel är Bruksspecialisten som handlar med återvunnet tegel, se senare i denna rapport). Det pågår arbete på Europainivå om att eventuellt revidera CPR så att den tar bättre hänsyn till återbruk, men ett sådant arbete tar ganska lång tid (sannolikt flera år).

Oavsett om en produkt är CE-märkt eller inte så är det alltid byggherren som avgör om produkten är lämplig i den tänkta användningen. I EKS (Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder) uttrycks detta på följande sätt: *”26 §8 Mottagningskontroll ska alltid göras. Byggherren ska förvissa sig om att material och byggprodukter har sådana egenskaper att materialen och produkterna korrekt användas i byggnadsverket gör att detta kan uppfylla egenskapskraven i denna författning”*. Fördelen med CE-märkta produkter är att byggherren ska kunna lita på den prestanda som anges där och lätt kunna jämföra med andra produkter, och därmed inte själv behöva prova alla egenskaper.

När CE-märkning saknas (för tex återbrukade produkter men också nytillverkade som inte faller under harmoniserad EU-standard) finns råd i Boverkets föreskrifter om hur byggherren själv tar fram prestanda, för att kunna bedöma byggproduktens lämplighet för den specifika användningen. Ett sätt är att låta ett ackrediterat laboratorium prova (och certifiera) produkten, tex genom att utgå från den relevanta harmoniserade standarden och bestämma prestandan efter denna (med skillnaden att produkten inte blir CE-märkt). Vid återbruk av produkter i Sverige så finns det dock inga krav på att prestandan måste vara bedömd och redovisad på ett särskilt sätt, utan endast att produkten ska vara lämplig.

## 2.9 EU Green Deal

Den europeiska gröna given är en färdplan för en hållbar ekonomi i EU, där miljöutmaningarna omvandlas till möjligheter och omställningen till en resurseffektiv ekonomi genomförs på ett rättvist sätt. Målen är bland annat:

- inga nettoutsläpp av växthusgaser år 2050
- ekonomiska tillväxten har frikopplats från resursförbrukning (cirkulär ekonomi)
- inga människor eller platser lämnas utanför
- förlorad biologisk mångfald är återställd och föroreningarna har minskat

Åtgärder som nämns inom olika ekonomiska sektorer är investeringar i miljövänlig teknik, stöd till innovativ industri, energieffektivare byggnader och utfasning av fossila bränslen.

## 2.10 Sammanfattning

Med dagens regelverk kring produkter och de harmoniserade EU-standarder som finns för olika byggprodukter, så är inte CE-märkning av återbrukade byggnadsdelar möjlig (och därmed inte heller krav). Vill man CE-märka måste man gå vägen via en EAD för den specifika produkten.

Detta hindrar dock inte att byggprodukter återbrukas, men prestandan måste säkerställas så att byggherren kan projektera in delen i den nya byggnaden, på ett säkert sätt som följer Boverkets riktlinjer och PBL.

För återanvändning krävs sannolikt godkännande från kommunens tillsynsmyndighet, generellt Miljöförvaltning eller liknande, eftersom byggnadsdel som demonteras från byggnad som ska rivs troligen faller under avfallslagstiftning. Därmed behöver man på något sätt visa hur man fastställer att byggnadsdelen ska upphöra vara avfall, dvs. att kraven i Avfallsförordningen uppfylls, på att det tex finns ett tekniskt och kommersiellt värde och att inga ämnen som potentiellt kan vara skadliga för människa och miljö finns.

### 3 Testmetoder för återanvändning

För bedömning av en byggnadsdel (tex en stålbalk eller ett håldäck i betong) skick och återstående livslängd, möjligheter till säker och varsam demontering eller uttag, samt i längden kvalitetssäkring för återbruk, krävs en process där tillräcklig andel av de enheter av byggnadsdelen som finns i byggnaden undersöks och eventuellt testas. För att säkerställa att delarna som väljs ut för laboratorietester är representativa för byggnaden, så bör mest resurser och tid läggas på det tidiga skedet (inventering, kartläggning och okulär bedömning av byggnaden). Kartläggningen ligger till grund för det provuttag och provning som i slutändan görs och kvaliteten på den förra avgör i stort kvalitet och relevans på den senare. Summerat ser stegen ut enligt följande (se också Figur 2):

1. Inventering och kartläggning av material och konstruktionsdelar. Metod: genomgång befintlig dokumentation (tex konstruktionsritningar) samt platsbesök.
2. Bedömning av materials och byggnadsdelars skick. Metod: platsbesök där byggnadsdelar, material och konstruktionslösningar okulärbesiktigas (dvs sådant som är synligt för blotta ögat noteras och dokumenteras, tex sprickor, flagningar), eventuellt kompletterat med icke-förstörande provning och mindre åverkan (tex borrning av mindre hål i betong för karbonatiseringsdjup eller studera armering).
3. Sammanställning av inventering och skick bedömt okulärt och med icke-förstörande provning. Genomgång med kund där eventuella kompletterande tester föreslås.
4. Kompletterande provuttag. Metod: tex borrkärnor från betong för bestämning av tryckhållfasthet, karbonatiseringsgrad, typ och mängd armering; sågning av stålbalk för bestämning av mekaniska egenskaper och kemisk sammansättning; uttag av tegelstenar för bestämning av tryckhållfasthet och porositet.
5. Analyser och rapport med rekommendationer för återbruk.

Den åverkan som åsamkas beror på det specifika fallet, men tumregeln är att den är obefintlig eller liten i steg 1 och 2, måttlig i steg 4 och 5 (om behov av provning föreligger).

Optimalt utförs denna process efter lätttrivningen, då inventarier, ledningar och ytskikt har inventerats och plockats ut. Det blir då lättare att komma åt och inspektera skick på stommen och andra blottlagda delar av huskroppen.



Figur 2 Strategi för tillståndsbedömning av byggnad för möjlighet till återbruk.

## 3.1 Tillståndsbedömning

I samband med en rivningsinventering, platsundersökning eller tillståndsbedömning av en byggnad får man en bild av vilka material en byggnad eller konstruktionsdel är uppbyggd av och i vilket skick de olika delarna är.

*Rivningsinventering* är ett krav i samband med rivningslov och dess främsta mål är att lokalisera olika typer av farligt avfall och vilka mängder dessa förekommer i. Därför kan det vara svårt att vid en rivningsinventering se sådana produkter, material och konstruktionsdelar som passar till återanvändning eller materialåtervinning. Vid *tillståndsbedömning* är målet att bedöma hela eller delar av en byggnad för att se om det föreligger behov av åtgärder såsom reparation eller renovering på byggnadens bärande och i vissa fall icke bärande konstruktioner.

### 3.1.1 Betong

Vid tillståndsbedömning av bärande stommar och konstruktioner i betong används flera metoder för att säkerställa materialens tillstånd. *Okulärgranskning* görs med blotta ögat och synliga skador och avvikelser, tex sprickor, flagningar, utfällningar och missfärgningar, noteras och dokumenteras. Vid *bomknackning* knackar utföraren med en hammare och lyssnar efter ihåliga ”bom-ljud”, som kan tyda på delaminering, eller betonglagringar som sitter löst eller förlorat vidhäftning mot underlaget.

Vid bedömningen används också *icke-förstörande provningsmetoder*, dvs metoder som ger indikationer och data från byggnaden, utan att orsaka skada. Georadar och täcksiktmetare är två exempel som kan användas för att bestämma betongens armeringstillstånd. Ultraljud kan användas för att exempelvis undersöka naturstens och liknade materials skick, då ultraljud generellt korrelerar mot materials hållfasthet.

Efter arbete och mätningar på plats identifieras behov av mer avancerade provningar på laboratorium, planerar för detta, samt tar ut provkroppar från konstruktionen.



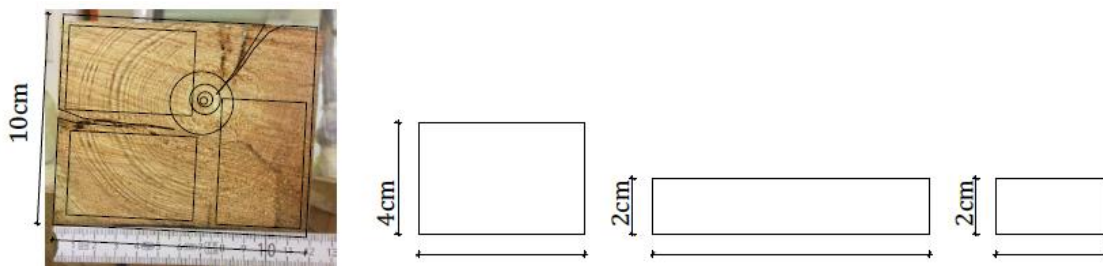
Figur 3 Undersökning av yt- och tätskikt fungerar lika bra på tegel som på betong. Foto: Ida Gabrielsson (RISE).



### 3.1.2 Trä

Vad gäller trä och trästommar för återbruk finns det inte så mycket publicerat när denna rapport skrivs. I länder där återbruk av träelement är vanligare än i Sverige använder man oftast okulär inspektion för att bedöma om kvaliteten är tillräckligt bra. Vi har dock inte funnit någon publikation som visar vad som ska kontrolleras (och hur) för att konstatera att ett träelement är godkänt för återanvändning. Det finns dock FoU-initiativ som helt eller delvis jobbar med trä, däribland de två Horizon2020-projekten *InFutureWood* (<https://www.infuturewood.info/>) och *RE<sup>4</sup>* (REuse and Recycling of CDW materials and structures in energy efficient pREfabricated element for building REfurbishment and construction, [www.re4.eu](http://www.re4.eu)). *InFutureWood* kretsar kring återbruk av trä, med fokus på inventering, demontering, kvalitet och egenskaper.

I *RE<sup>4</sup>* undersöktes och arbetades med flera olika materialflöden från rivna byggnader och nyttiggörande av dessa flöden i nya konstruktionsmaterial, vilket vid projektets slut kulminerade i två demohus, byggda av prefab-element baserade på återvunna material. Vad gäller trä demonterades balkar, plankor och brädor från äldre hus, varpå de efter visuell kontroll modifierades genom att såga bort skadade delar och ytor, metalldelar och kvistar (Figur 4). Brädor och plank av nya dimensioner sammanfogades till nya element, bland annat innerväggar och fasadsandwichelement (med isolering tillverkad av sågspån från sågmomenten). Strikt handlade det alltså snarare om återvinning än återbruk.



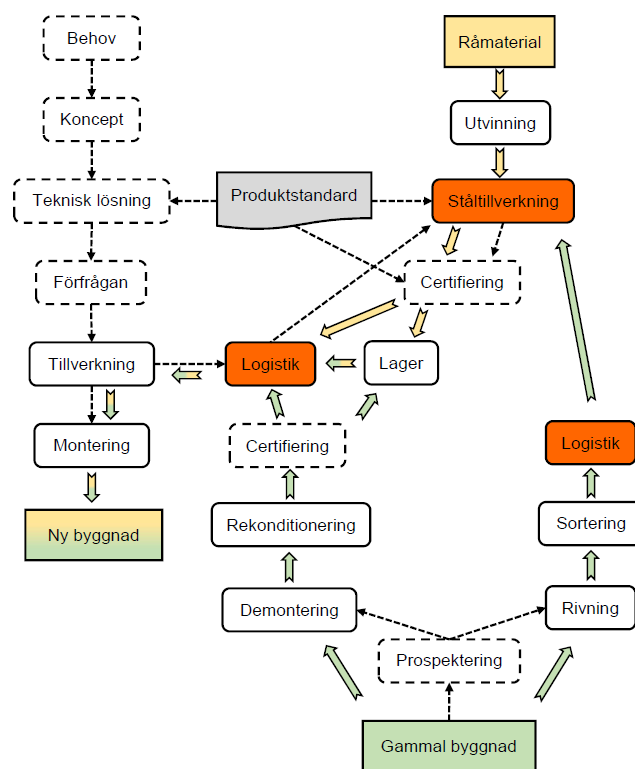
Figur 4 Foton från *RE<sup>4</sup>*-projekt där man från en demonterad träbalk sågar ut för nya dimensioner på brädor och plank. Källa: *RE<sup>4</sup>*-rapport D5.2 Development of prefabricated components.

### 3.1.3 Stål

Enligt SBUF-rapporten "Återbruk av stålkomponenter" kan stål återvinnas många gånger och även återbrukas. Återvinning sker redan i stor utsträckning men återbruk är inte alls stort, varken i Sverige eller i andra länder. I gällande regelverk för dimensionering och utförande finns inga hinder för återbruk, så länge grundläggande krav på seghet, hållfasthet och kemisk sammansättning uppfylls och finns dokumenterade. Detta gäller såväl standardiserade som icke standardiserade stålsorter. För standardiserade stålsorter (EN-stål med nödvändig dokumentation) räcker i regel oförstörande provning för att säkerställa kvalitet, medan kvalitetssäkring av äldre stål och stål som saknar dokumentation ofta kräver förstörande provning. Exempel på *oförstörande provningar* är hårdhetsmätning för brottgräns och kemisk analys med portabel spektrometer (OES eller XRF). Hårdhetsmätning är en mycket enkel metod och ger bra resultat med en liten spridning, för snabb kategorisering i materialgrupper. OES möjliggör analys av alla grundämnen som behövs för att beräkna stålets kolekvivalent. XRF kan användas vid en grov sortering eller analys av tungmetaller i färg.

Redan idag används stålkonstruktioner med standardiserade komponenter för infästningar, men förankringar mellan stål och betong behöver utvecklas. För att återbruka mera stålkomponenter behövs en översyn av förband som används. Det är redan vanligt med skruvförband men användningen borde öka mer på bekostnad av svetsförband, för enklare demontering. SBUF-rapporten nämner tre återbruksmodeller:

1. *Bygga nytt utifrån en gammal byggnad.* Hitta lämpligt objekt där stommen kan demonteras och sedan återmonteras, vilket kräver lite tur och viss flexibilitet. I England finns två företag med affärsidé att sälja begagnade hallbyggnader med stomme av stål. Stommen demonteras och säljs vidare utan några större förändringar på själva stålet, dock vanligare med blästring och ommålning. Möjligt alternativ även i Sverige, så länge hänsyn tas till olika snö- och vindlaster.
2. *Bygga nytt med återbrukade komponenter.* Kräver varsam demontering, frakt, lagerhållning och att delarna passar i det nya projektet. Kvaliteten måste också säkerställas. Det finns ett företag i England som säljer ca 3 000 ton återbrukade stålprofiler per år; de granskar komponenterna på rivningsplatsen och köper loss det stål de bedömer lämpligt. Företaget provar inte kvaliteten på stålet utan nedgraderar istället kvaliteten och lägger det sedan på lager. Köparna är ofta byggföretag som använder komponenterna till tillfälliga konstruktioner.
3. *Integrerat återbruk* (Figur 5). Så länge produkten uppfyller gällande krav ska det inte vara skillnad mellan att använda nytt eller återbrukat. Fördelen med återbruk är att det kan bli snabba leveranser till kund. Ett engelskt företag erbjuder både nya och återbrukade stålrör; produkterna delas in i två kvalitetsklasser, en certifierad med erforderliga dokument, en med lägre kvalitet och utan dokument (kvalitet säkerställs genom oberoende förstörande provning).



Figur 5 Integrerat återbruk av stålprodukter. Källa: Rapport Återbruk av stålkomponenter – Analys av möjligheter och hinder för en ökad återanvändning idag, SBUF ID 13488.

### 3.1.4 Tegel

Det finns två olika typer av tegelsten – fasadtegelsten och mursten (*Återbruk av tegelstenar*, M Öhn och S Isaksson, CTH). Idag används tegel nästa bara till fasadbeklädnad och inte i lika stor utsträckning som tidigare som bärande konstruktion. Vid återbruk måste de två typerna hållas isär då de har olika egenskaper. Fasadstenen är mer tålig för väder och vind men inte lika stark (lägre tryckhållfasthet) som mursten. Ofta är det murbruket mellan tegelstenarna som åldras och som behöver underhållas. Tegelstenarna i sig är oftast i bra skick och lämpar sig därmed för återbruk, men kan ha skadats av frostsprängning, kalksprängning, föroreningar och slag (kantstötning). Vid varsam selektiv rivning eller demontering kan tegelsten plockas ut och renas från murbruk och annan smuts, genom tex tvättning, skrapning, skakning och vattenskarvning. Priset för en återbrukad tegelsten kan vara något högre än för en nytillverkad och tar ibland längre tid att mura på grund av att de ofta är mer massiva och tyngre än nya (nyttillverkad tegelsten har i regel håligheter).

Den danska tegelstenstillverkaren *Gamle mursten* har återbrukat tegelsten i nästan 15 år. De tar emot tegel, även via kommunala återvinningscentraler, och genom tvättning och skakning avlägsnas murbruk och smuts. Tegelstenarna kontrolleras, sorteras och CE-märks och har därmed samma garantier, även mot frost, som nytillverkad tegelsten.

#### 3.1.4.1 Brukspecialisten och återbruk av tegelsten

Då återbruk av tegelsten utgör ett mycket intressant exempel på reell återanvändning av tyngre byggdelar, så arrangerades ett intervjumöte mellan *Brukspecialisten tegel*, som är svensk återförsäljare av Gamle murstens återbrukade tegelsten, och projektet *Rivningsobjekt – från kostnad till resurs*. Mötet hölls via Microsoft Teams den 25 juni 2020 och från projektet deltog Louise Wall (NCC), Nadine Aschenbach (Codesign) och Ida Gabrielsson (RISE). Informationen som återges nedan kommer från det mötet och uppföljande mejlkorrespondens, sammanställt av Ida Gabrielsson.

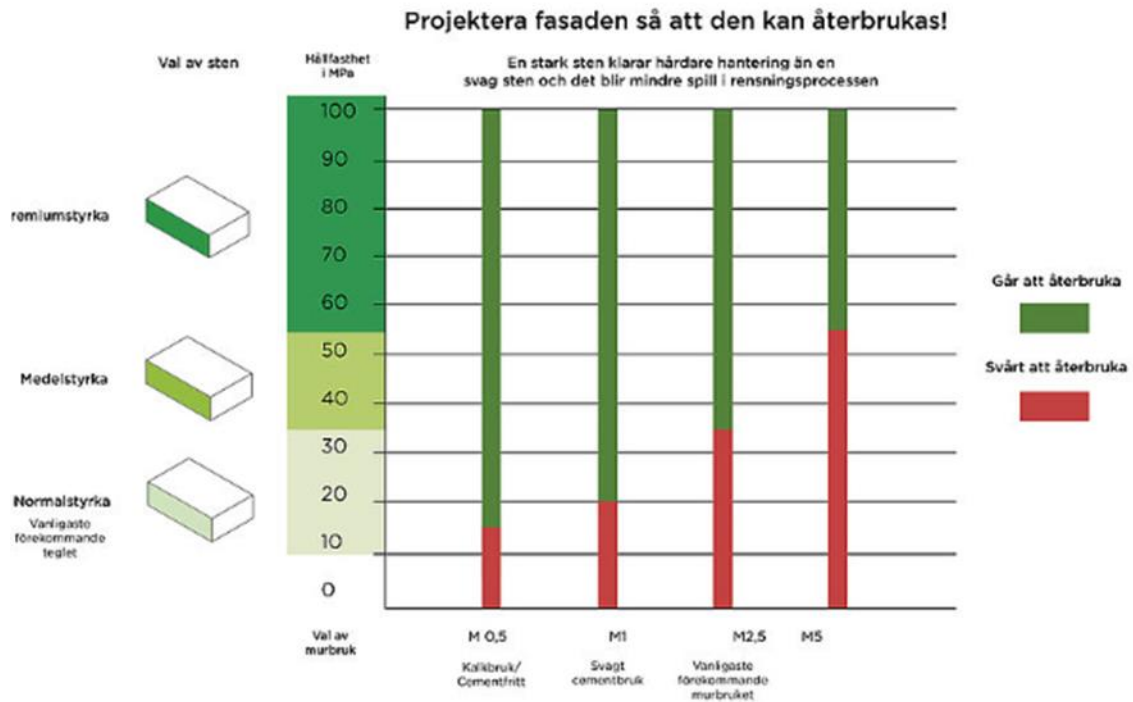
Brukspecialisten vill få till återbruk av tegelsten, där taktiken summeras i tre steg:

1. Att redan i projekteringsläget tänka på att byggnaden ska gå att återbruka
2. Att använda rätt teknik och material, dvs rätt sten med rätt murbruk (Figur 6)
3. Att i projekt prioritera återbrukad tegelsten

Brukspecialisten ämnar i närtid till att denna rapport skrivs öppna en fabrik i Sverige där tegel ska återbrukas på industriell skala. Produkterna kommer att vara CE-märkta och certifierade i system 2+ enligt en ETA, vilket innebär att det inte finns en harmoniserad EN-standard för produkten och då görs CE-märkning på frivillig basis enligt speciell procedur (se avsnitt om EAD). Det finns en harmoniserad standard för tegelsten, men eftersom den produktionskontroll som beskrivs i den är utformad för nyproduktion, så anses inte återbrukad tegelsten omfattas av denna. Garantier på frostbeständighet kommer dessutom ges. Återbruksprocessen kommer att genomföras i följande steg:

1. *Inventering* och första kontroll av material, för bedömning av om teglet är lämpligt för återbruk. Ofta är byggnadstyp och ändamål den haft viktigare än tegelstenstyp, då materialet kan vara förorenat om det suttit i tex en industribyggnad. I vissa fall har ett för starkt murbruk använts till en för svag tegelsten och då kan det vara svårt att få loss stenen oskadad.

2. *Upphandling* av materialet och tillvägagångssätt.
3. *Rivning*. Entreprenör utför rivning, med metod som möjliggör återbruk av tegel.
4. *Transport* av teglet till fabrik för återbruk.
5. *Rensning och kvalitetssäkring*. Väl på plats i fabriken sker rensning för att få bort murbruk. Nu sker också kvalitetssäkring av produkten.
6. *Leverans eller lagerhållning*. Tegelstenarna gå direkt ut till nästa projekt eller lagerhålls i väntan på användning.



Figur 6 Schema över att välja rätt murbruk till rätt tegelsten. Källa: [www.tegel.brukspecialisten.se](http://www.tegel.brukspecialisten.se).

Kvalitetssäkringen tillgår så att för varje produktionsmängd om ca 15 000 tegelstenar som går igenom fabriken, plockas ett antal ut för provning av tryckhållfasthet, vattenabsorption, densitet, initial vattenabsorption och porositet. CE-märkning är i skrivande stund inte klar. Det finns en EAD som är framarbetad av Gamle mursten i Danmark som man nu arbetar på för att få till en ETA mot vilken CE-märkning är möjlig.

Bruksspecialisten (Figur 7) har framgångsrikt återbrukat fasadtegel i Furutorpsparken, ett studentboende i Helsingborg, och i Mellanvångsskolan i Staffanstorp.

**GRÖNT MURVERK**  
Hållbara fasader med återbruks-garanti



Figur 7 Grönt murverk, återbruk av tegel. Källa: [www.tegel.brukspecialisten.se](http://www.tegel.brukspecialisten.se).

## 3.2 Icke-förstörande metoder

### 3.2.1 Georadar

Med en handhållen georadar undersöks konstruktionen på plats utan att skada den genom provuttag eller liknade. Georadarn förs över konstruktionsdelen som undersöks (Figur 8). Resultatet är en bild där material med olika elektromagnetiska egenskaper syns som kontraster (Figur 9). Med georadar kan man bland annat:

- Positionera armering och andra delar i pelare och bjälklag, tex för att undvika att kapa dessa vid håltagning eller demontering
- Bestämma armeringsinnehåll i betongkonstruktioner, tex i bjälklag
- Positionera eventuella skador, håligheter, sprickor, ledningar och rör
- Utredda om armering rostat i större omfattning

En georadar använder radiovågpulser, en typ av elektromagnetisk strålning med längre våglängd än synligt och infrarött ljus, i sammanhanget generellt av frekvensen 10–5000 MHz. Pulserna alstras av en sändare (antenn), penetrerar det undersökta materialet och sprids och reflekteras inne i detta, på ett sätt som bestäms av de materialspecifika elektro-magnetiska egenskaperna. Mottagarantennen fångar upp de reflekterade radiovågorna och använder dessa för att tolka det som finns under ytan. Metoden beskrivs mer utförligt i Mussett & Khan (2000, *Looking into the Earth*).

Mät djupet beror av byggdelens materialegenskaper och sändarens frekvens. Hög elektrisk ledningsförmåga absorberar signalen snabbt (litet mätdjup), medan låg dito låter radarsignalen passera djupare. Sändarens frekvens påverkar inte bara mätdjup utan också upplösning; låg frekvens ger större djup, men lägre upplösning och tvärtom. Eftersom kontroll av byggnadsdelars skick kräver en upplösning på minst cm-nivå medan djupet inte är så intressant (några cm till dm), så är en frekvens på några 1000 MHz vanligt (SBUF-rapport 12952, *Icke-förstörande provning i samband med tillståndsbedömning – En förstudie*). Georadar används också vid markundersökningar, arkeologi och malmprospektering, vilket kräver större djuppenetration och därmed lägre frekvens.



Figur 8 Användning av georadar. Källa: *Underhållsplan för vattenverkets betongkonstruktioner*.

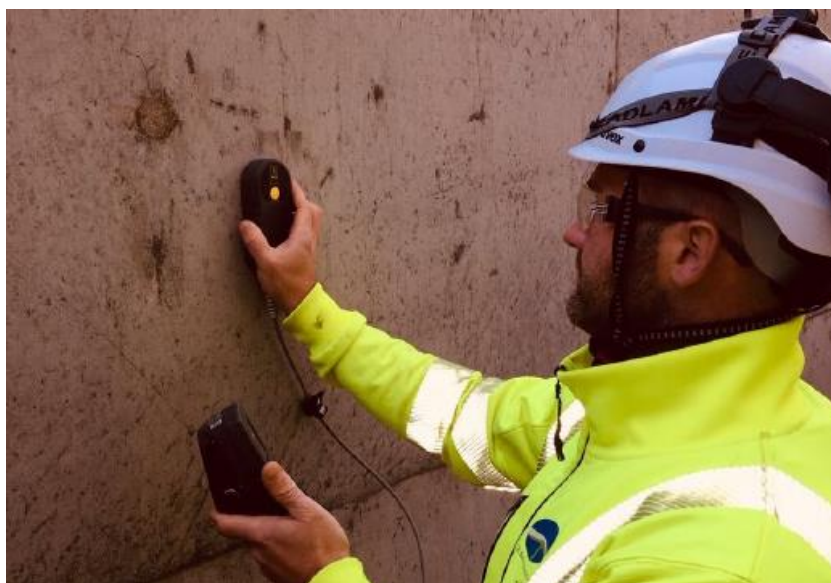




Figur 9 Exempel på hur resultat från mätning med georadar kan se ut. På datorskärmen syns armeringens och elektriska ledningars läge i betong, i bakgrunden armering och dragna ledningar innan gjutning. Källa: <http://georadar.priv.no/tjenester/betongkontroll.html>.

### 3.2.2 Täcksiktismätare

För att lokalisera armeringen i en betongkonstruktion så kan man en täcksiktismätare användas. En sådan ger utslag när den förs över en betongyta och ger indikation om vilket djup armering ligger på. Den informationen är viktig för att tex kunna placera provuttag rätt och bedöma betongkonstruktionens status. Det täckande skiktets tjocklek (djup till armering) är viktig då många skademekanismer kan uppstå om det är för tunt. Den naturliga karbonatisering behöver då inte gå så djupt innan korrosionsskyddet försvinner och armeringen börjar korrodera, dvs rostar sönder och tappar sin bärighet. Täcksiktets tjocklek regleras i standarder, där kraven beror på vilken exponeringsmiljö betongen ska vara i och hur länge man räknar med att konstruktionen ska hålla.



Figur 10 Användning av täcksiktismätare på betongyta. Källa: *Underhållsplan för vattenverkets betongkonstruktioner.*

### 3.2.3 Ultraljudshastighetsmätare

Ultraljudshastighet är en väletablerad teknik inom byggnadsvård och för test av betong- och stenkvalitet (Svahn 2006, *Non-Destructive Field Tests in Stone Conservation Field and Laboratory Tests*; SBUF-rapport 12952, *Icke-förstörande provning i samband med tillståndsbedömning – En förstudie*). Ljudets hastighet genom ett material beror av dess täthet, vilket betyder att om materialet åldras, försvagas och därmed blir porösare och förekomst av (mikro)sprickor ökar, så kommer ljudhastigheten att bli lägre jämfört med i oskadat material. Ultraljudshastighet kan mätas med handhållen mätare, som bygger på att ljudpuls av viss frekvens alstras i kontaktyta mellan materialet och mätarens ljudkälla, varefter tiden det tar för ljudet att färdas till mätarens mottagare registreras. Ljudhastigheten är avståndet mellan ljudkällan och mottagaren dividerat med uppmätt tid. Då olika typer av material (tex betong) har olika densitet och täthet oavsett om de är nya eller äldre, så måste samband mellan ultraljudshastighet och hållfasthet etableras för det aktuella materialet, innan mätningarna kan avslöja om kvaliteten försämrats.

Ett sådant samband etablerades bland annat i EU-projekten TEAM och I-STONE, där såväl ultraljudshastighetsmätningar som böjhållfasthetsprovning genomfördes på nya och demonterade fasadplattor av marmor (Tabell 2). Baserat på det sambandet har mätningar utförts på Nyköpings stadshus marmorfasad, där syftet var att identifiera och byta ut fasadplattor som var undermåliga och dessutom skulle medföra stor risk för personskador om någon platta föll ned (*Hållbar Sten*, tidningen STEN 2011).

Tabell 2 Ultraljudshastighet och korresponderande hållfasthet från TEAM-projektet

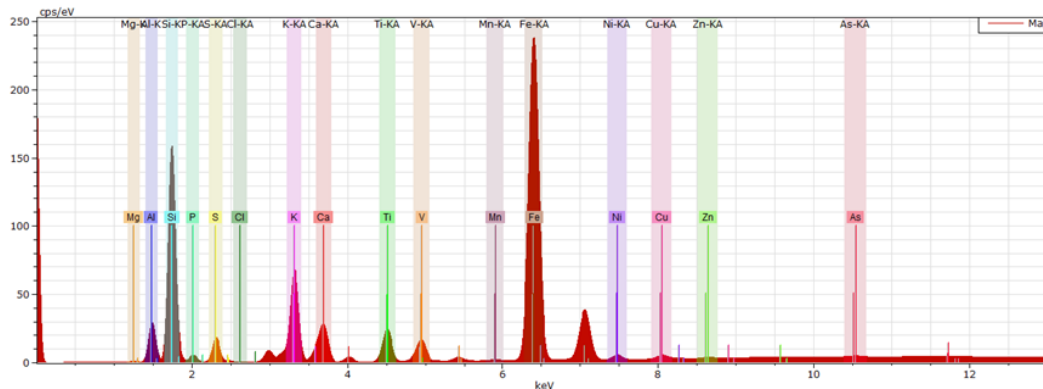
UPV (m/s)		MPa
< 2000		< 3,5
2000 - 2500		3,5 - 5,0
2500 - 3000		5,0 - 6,8
3000 - 3500		6,8 - 8,5
3500 - 4000		8,5 - 10,0
> 4000		> 10,0

### 3.2.4 Handhållen XRF

Med en portabel (handhållen) XRF är det möjligt att i fält, dvs. utanför laboratorium och utan provpreparering, analysera ett materials kemiska sammansättning. Kunskap om kemisk sammansättning är användbar dels för ren materialkaraktärisering (tex kemisk sammansättning för klassning av stål), dels för att identifiera förekomst av substanser olämpliga med avseende på miljö och hälsa.

Vid XRF-analys (**X-Ray Fluorescens**) bestrålas materialet med röntgenstrålning, vars energi är tillräcklig för att excitera inre elektroner i materialets atomer. För att återställa elektronstabilitet sker en elektronövergång i atomen, vilket resulterar i att en sekundär röntgenstråle vars energinivå är karaktäristisk för grundämnet emitteras. Ju fler atomer av det grundämnet som finns i provet, desto fler fotoner med den grundämnesspecifika energin kommer alstras och detekteras, vilket visas i ett energi-intensitet-diagram (Figur 11). På så sätt kan man *identifiera* vilka grundämnen som finns i materialet. Är instrumentet dessutom kalibrerat mot standarder med kända koncentrationer av olika grundämnen, så kan halterna av materialets grundämnen *kvantifieras*.

Normalt kan grundämnen tyngre än natrium (Na) identifieras och kvantifieras; de som är lättare har för låg energi i elektronövergångarna så de hamnar i bakgrundsbruset. Detektionsgränsen är olika för olika grundämnen och beror på flera faktorer, såsom att olika grundämnen fluorescerar (dvs. genererar sekundära röntgenstrålning vid bestrålning) olika effektivt; tyngre grundämnen ger oproportionerligt större respons jämfört med lättare. Vidare kan det bli överlapp i energimängd mellan närliggande grundämnen, den specifika materialmatrisen kan ge olika respons på strålningen och mätspecifika förhållanden kan påverka, tex ytans beskaffenhet och inställningar.



Figur 11 Exempel på spektrum från mätning med XRF-teknik (Källa; RISE). På x-axeln visas energi i keV och på y-axeln intensitet i cps/eV. Vertikala färgade streck som slutar i ruta med bokstäver är positionen i energi för olika grundämnen (dvs. dess karaktäristiska elektronövergång), medan topparna i uppmätt spektrum (breda i basen, spetsiga i toppen) visar intensitet för detekterade röntgenfotoner av olika energi. Den högsta toppen är för järn (Fe), den näst högsta för kisel (Si).

### 3.3 Laborrietester på mindre provkroppar

Till skillnad från när okulär bedömning och icke-förstörande metoder används, så kräver laborrietester provuttag ur konstruktionen och vanligtvis att det som tas ut förstörs i själva provningen. Fördelen är att då icke-förstörande metoder generellt endast ger indikation om skick, så genererar laborier reella mätresultat.

Vid bedömning av betongkonstruktion borrar provkroppar vanligtvis ut ur byggdelar med kärnborr. Provkropparna analyseras därefter i laboratorium med avseende på tex tryckhållfasthet, kloridhalt och karbonatiseringsdjup, tre egenskaper som ger en bra bild av hur betongen mår. Tryckhållfastheten säger något om bärigheten, medan kloridhalt och karbonatisering samverkar och påverkar stålarmeringen negativt, då denna kan rosta sönder och tappa i funktion. Ibland syns det inte på den utborrade kärnan med blotta ögat om något är fel, utan då behöver mindre provkroppar tas från borrhärnan för materialundersökning i mikroskop. I mikroskopet kan såväl materialets beståndsdelar som strukturer och skador (tex sprickor) undersökas och karaktäriseras, varefter det är möjligt att dra slutsatser om vilken mekanism eller process som orsakat försämringen i och om den processen är intern eller extern, dvs. orsakad av någon komponent i betongen eller orsakats utifrån. Materialets kemiska och mineralogiska sammansättning är också intressanta att karaktärisera, vilket kan göras med en kombination av mikroskopi, XRD (röntgendiffraktion) och mikro-XRF.



I vissa fall är det av olika skäl inte möjligt att återanvända hela strukturer, men då bör materialen istället återvinnas som del i nyttillverkade byggnadsdelar. Ett exempel när det gäller betongkonstruktioner är att återvinna de lämpliga delarna från rivningsmassorna, som ballast vid gjutning av ny betong. Även för sådan tillämpning krävs kvalitetssäkring av materialet, med analys av samma egenskaper som krävs för jungfrulig ballast, men också ett par extra speciella egenskaper som gäller specifikt för återvunnen ballast.

### 3.3.1 Rivningsavfall som betongballast

För byggnadsdelar som inte bedömts återanvändbara, så bör möjligheten för nästa steg i avfallshierarkin – materialåtervinning – undersökas. Rivningsmassor dominerade av krossad betong kan lämpa sig för återvinning till ny betongballast. Produktstandarden för ballast i betong (SS-EN 12620+A1:2008) är harmoniserad och således måste ballast CE-märkas. Gällande system enligt standard är 2+ vilket innebär certifikat utfärdat av ett anmält organ. Vidare godkänner betongstandarderna (SS-EN 206:2013+A1:2016 och SS 137003:2015) återvunnet avfall som sekundär ballast i betong. CE-märkningen gäller alltså även återvunna material och för detta ändamål krävs provning av ett antal egenskaper enligt Tabell 3. Dessa provningar görs i laboratorium.

Tabell 3 Typprovning av återvunnen ballast enligt SS-EN 12620+A1:2008 och 137003:2015

Metod	Metodstandard	Material*
Kornstorleksfördelning (inklusive finmaterialhalt)	SS-EN 933-1	Alla sorteringar
Klassificering av återvunnen ballast**	SS-EN 933-11	Grovballast
Petrografiska analys	RILEM AAR 1, SS-EN 932-3	Alla sorteringar
Korndensitet och vattenabsorption	SS-EN 1097-6	Alla sorteringar
Organiska föroreningar (Humus)	SS-EN 1744-1	Finballast
Alkalireaktivitet **	RILEM AAR 2	Finballast Grovballast
Syralöslig Kloridhalt**	SS-EN 1744-1	Finballast
Vattenlöslig sulfat**	SS-EN 1744-1	Finballast
Påverkan av initial bindningstid hos cement***	SS-EN 1744-6	Grovballast Typ B
Kornform, Flisighetsindex	SS-EN 933-3	Grovballast

\* Finballast <4 mm, grovballast >4mm

\*\* Egenskap som måste provas specifikt för ballast av återvunnet rivningsmaterial

\*\*\* Bindetid provas enligt EN 196-3 på dels bruk med vanligt vatten, dels bruk med vatten som extraherats från det uppfuktade återvunna materialet (EN 1744-6)

### 3.3.2 Tryckhållfasthet på utborrade betongprover

För att vid en tillståndsbedömning av betongkonstruktion få närmare kännedom om betongens kvalitet är det lämpligt att borra ut *kärnor* ur väl valda delar av konstruktionen och prova tryckhållfasthet på dessa. Provtagningen kräver generellt en borr som klarar att ta ut prov med diameter från 50 mm och uppåt, vanligtvis upp till 100 eller 150 mm. Provningen sker därefter i laboratorium, där provkropp belastas till brott i en tryckpress (Figur 12). Brottlast registreras och från denna och belastningsytan beräknas tryckhållfasthet i enheten MPa, vilket kan översättas till betongkvalitet. En

lägre tryckhållfasthet än förväntat kan tyda på skador, såsom sprickbildning eller kemiska angrepp, felaktiga materialval vid projektering av byggnaden eller felgjutningar.



Figur 12 Tryckpress. Betongkärna mellan röda belastningsplattor. Foto: Ida Gabrielsson (RISE).

### 3.3.3 Kloridinträngning och Kloridhalt i betong

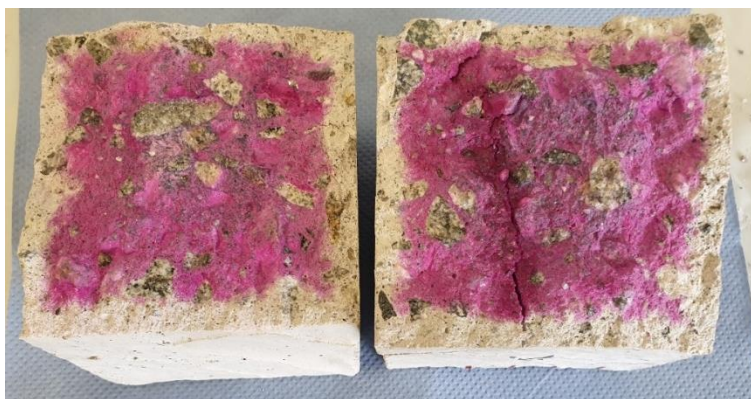
Vattenlösliga (dvs. tillgängliga) kloridjoner i betong är oönskade, då dessa kan ge upphov till skador på i första hand armeringen, som kan korrodera. Armeringskorrosion gör dels att armeringen tappar sin bärighet, dels att betongen spricker, eftersom rost tar större plats än stål (volymökning). Betongsprickorna öppnar dessutom vägar för fler skadliga ämnen att ta sig in i konstruktionen. Klorider kommer in i betongen utifrån genom sprickor och porer, från tex havsvatten i marina konstruktioner eller från tölsalter där sådana används (tex parkeringshus, broar och byggnader vid vägar). Kloridhalten mäts i laboratorium på borrkärnor eller på de betongbitar som uppstår vid borrningen. Fördelen med att göra mätningar på borrkärna är att mätning görs på olika positioner på borrkärnan, med andra ord djupet i betongen, för att få en så kallad kloridprofil. Mätresultaten anges vanligen i förhållande till cementvikten, då ballasten kan påverka resultatet. Vid kloridhalt  $<0,4$  vikt-% bedöms risken för armeringskorrosion vara låg. Viktigast är att konstatera om kloriderna tagit sig till armeringen eller ej.

### 3.3.4 Karbonatiseringsdjup i betong

Vid tillverkning av cement kalcineras råvaran, vilket innebär att dess karbonatmineral (främst kalcit) vid upphettning till  $850\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$  bryts ned och kemiskt bunden koldioxid frigörs (samtidigt som lermineral i råvaran bryts ned och kristallbundet vatten frigörs). De kalcinerade produkterna sintras därefter samman till cementklinker vid ca  $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ . När cementpulver (mald cementklinker) blandas med vatten i bruk eller betong bildas en bindande matris av framförallt kalcium-silikat-hydrater och kalciumhydroxid, vilket

ger betongen ett pH-värde på ca 13. Detta är gynnsamt i stålarmrad betong då det höga pH-värdet skyddar armeringen mot korrosion. Då kalciumhydroxid är en mindre stabil fas än kalciumkarbonat, kommer cementpastan över tid ta upp koldioxid från luften och ombilda kalciumhydroxid till kalciumkarbonat (allteftersom kalciumhydroxiden karbonatiseras kommer jämvikten att förskjutas så att även kalcium-silikat-hydrater karbonatiseras, genom att de bildar bland annat kalciumhydroxid och kiseldioxidgel). Denna *karbonatisering* sänker pH i porvätskan till ca 9, vilket minskar skyddet mot armeringskorrosion. Upptaget sker genom diffusion varför karbonatiseringsfronten går från ytor som är exponerade mot luft och inåt (se referenser i Andersson 2016, *Koldioxidupptag i betong – Accelererade laboratorieförsök*, examensarbete KTH).

Karbonatiseringsdjup i betong uppskattas med hjälp av en pH-indikator som gör att den opåverkade betongen (pH 13) färgas blå-lila, medan den karbonatiserade (pH 9) betongen förblir grå (Figur 13). Det finns olika pH-indikatorer för detta ändamål, bland annat fenolftalein. Karbonatiseringsdjup kan mätas i fält vid en tillståndsbedömning, genom att små hål borraras i betongen, en pH-indikator sprayas in i dessa och djup till det att betongen ändrar färg mäts. I laboratorium används vanligen utborrade betongprover; provet knäcks, pH-indikator sprayas på ytan och djupet mäts (Figur 13).



Figur 13 Karbonatiseringsprov på betongkuber. Lilafärgad betong ej karbonatiserad. Källa: RISE.

### 3.3.5 Undersökning i polarisationsmikroskop

Polarisationsmikroskop kan användas för att studera materialet på mikroskala. Syftet kan vara alltifrån materialkaraktärisering till skadeutredningar och kvalitetsbedömning. Mer specifikt kan en petrografisk analys fastställa ...

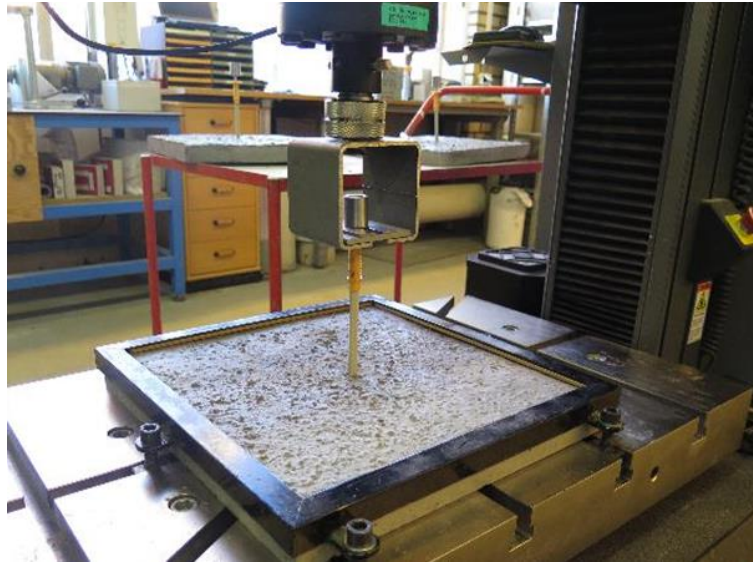
- ... orsak till dålig eller förändrad (tex genom skador) kvalitet
- ... cementtyp, ballasttyp, hydratationsgrad, vatten-cement-tal, luftpormängd
- ... skador från alkali-silika-reaktion och ballastens reaktivitet
- ... kemiska reaktioner mellan olika beståndsdelar och externa ämnen
- ... fysikalisk påverkan från yttre miljö eller last

### 3.3.6 Utdragshållfasthet förankringar i betong

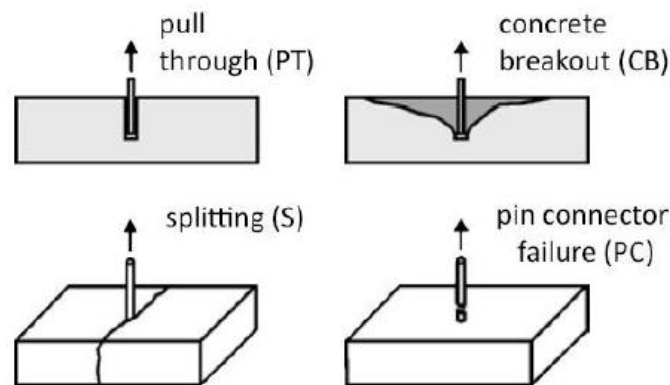
Betongelement är ofta förankrade i byggnadens stomme eller ett annat element via förankringar. Dessa gjuts in i betongen vid tillverkningen och är projekterade att passa på ett visst sätt med resten av byggnaden. För att se att förankringar funkar som de ska

kan ett så kallat *utdragshållfasthetstest* göras. I testet drar en maskin i den ingjutna förankringen tills brott uppstår och den lossar från betongen (Figur 14). Med metoden provas alltså såväl vidhäftningen mellan betongen och förankringen, som styrkan i de båda enskilda materialen (förankring och betong). När inte vidhäftningen funkar kommer betongelementet stanna på sin plats medan förankringen dras ut (se Figur 15).

Metoden kan appliceras på ny betong, där förankring gjuts in i ett betongelement av önskade dimensioner och design, eller på demonterade byggdelar från befintlig byggnad.



Figur 14 Provning av förankrings motstånd mot att dras ut. Källa: RISE.



Figur 15 Olika utfall vid provning av förankringens motståndskraft mot att dras ut. Källa: Rapport D5.3 *Prefabriced element based on concrete*, från RE4-projektet.

### 3.3.7 Tegelprovningar

En viktig egenskap för tegelsten är tryckhållfasthet och denna kan provas i tryckpress, på likande sätt som för betong. Resultatet jämförs mot tryckhållfasthet för tegelstenar som nyproduceras för olika ändamål. Andra viktiga egenskaper är kompaktdensitet (på malt prov, Figur 16), samt porositet och skrymdensitet (på utsågade kuber, Figur 17). En tät högbränd sten har bättre frostbeständighet och motstånd mot slag.



Med röntgendiffraktion (XRD) kan de mineral tegelstenen innehåller identifieras och den informationen gör det möjligt att avgöra vid vilken temperatur den ursprungligen brändes vid. Analysen är relativt enkel. Ett representativt prov på några gram mals till ett mycket finkornigt pulver, som analyseras i röntgendiffraktometer. Bränntemperatur (över eller under 1000 °C) ger en uppfattning om tegelstens styrka. Har tegelstenen (leran) bränt vid ännu högre temperatur bildas glas och detta syns också i XRD-analysen.



Figur 16 Prover för mätning av kompaktdensitet. Källa: RISE.



Figur 17 Tegelsten före utsågning av kuber för mätning av porositet och skrymdensitet. Källa: RISE.

### 3.3.8 Stålprovningar

Som alla andra material måste stål för återanvändning kvalitetssäkras, främst med avseende på mekaniska egenskaper (sträckgräns, brottgräns, brottförlängning och slagseghet), kemisk sammansättning, dimensioner och ytbeläggningar. *Sträckgräns* är avgörande för den bärande förmågan hos framför allt långa profiler (balkar och pelare), medan *brottgräns* styr dimensionering av detaljer i stålet, tex svets och skruvförband. *Brottförlängning* måste vara tillräcklig för att säkerställa ett segt brottbeteende; stål som satts på marknaden efter 1938 kan anses klara kraven med avseende på denna egenskap. *Slagseghet* används vid indelning i seghetsklasser.

Det finns inte många icke-förstörande provningsmetoder för indikation av mekaniska egenskaper, men ett undantag är mätning av hårdhet, som kan ge en indikation på brottgräns. Däremot kan icke-förstörande provning användas med avseende på stålets kemiska sammansättning (tex XRF). Av intresse är kolhalt och kolekvivalent, samt halter av mangan, fosfor, kväve, koppar, krom och andra legerande metaller.

*Dimensioner* ska inte förändras med tidens gång och med enkla metoder är det lätt se och känna igen en stålprofil. Enklare lasermätare kan användas för mätning av längder. Många stålkomponenter har krav på *ytbeläggning* – kraven kan vara såväl estetiska som med avseende på rost- eller brandskydd. Exempel på ytbeläggning är försinkning, sprutmetallisering, målning eller sprutisolering (brandskydd). Äldre färger och brandskyddslösningar kan innehålla farliga och/eller förbjudna ämnen. Asbest har använts i brandskydd och blymönja var en vanlig rostskyddsisolering före 1960, men klassas idag som miljö- och hälsofarligt.

Kvalitetssäkringen av stål för återbruk kan variera från att det helt enkelt nedgraderas och används i tillämpningar med lägre krav, till att ett tillräckligt stort antal ståldelar underkastas ett fullprovningsschema med förstörande provning. Valet beror bland annat på hur väl materialet är dokumenterat från början (Källa: Återbruk av stålkomponenter).

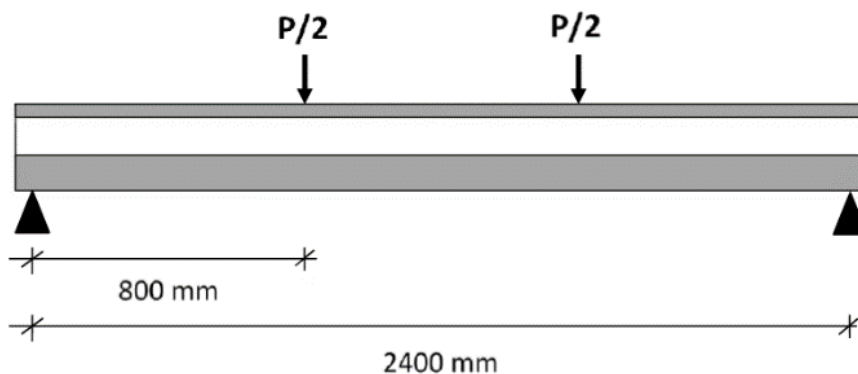
Regelverket för stålkonstruktionsprodukter kräver att stålprodukter inom EU är CE-märkta mot standarden EN 1090–1. Återbrukade stålprodukter kan inte CE-märkas, men samma krav på prestanda som finns hos motsvarande nya CE-märkta produkter måste förstås uppfyllas, tex genom provning av egenskaper på laboratorium. Skillnad ska inte behöva göras mellan en nyproducerad och en återbrukad stålprodukt, så länge egenskaperna är säkerställda. I standard EN 1090–2 anges vilka egenskaper som ska provas, däribland hållfasthet (sträck- och brottgräns), brottförlängning och slag- eller brottseghet.

### 3.4 Laborrietester på hela byggdelar

Det är möjligt att i laboratorium testa hela element, komponenter eller strukturer och inte bara utborrade provkroppar eller mindre delar av en konstruktion. Begränsningarna ligger snarare i kostnad och rimlighet än om teknisk utmaning. En nedmonterad del av en sandwichvägg (i tex betong) eller en balk eller pelare (i tex stål) kan provas med avseende på böjhållfasthet (Figur 18, Figur 19). Storleksbegränsningen ligger rimligen på 6–7 meter i större laboratorier. Sådan provning är av naturen förstörande, så de element som utsätts för provningen kan inte återbrukas. Böjhållfasthetsprovningen ger besked om vilken last elementet klarar i böjning, relativt de krav som ställs på nya element, men det är också möjligt att med olika system registrera deformationen och hur den fördelas allteftersom last läggs på. Exempel är *optisk töjningsmätning*, som filmar elementet som provas med teknik där enstaka pixlar identifieras. Systemet återger sedan hur de olika pixlarna förändras relativt varandra från bild till bild. Detta ger indirekt information om skicket på armering, förankringar och liknande inne i betongen, då dessa när de fungerar optimalt ska hjälpa till att fördela last och deformation över elementet.



Figur 18 Provuppställning för provning av ett sandwich-elements böjhållfasthet (Foto: RISE). Elementet är 240 cm långt och vilar på två stöd i ändarna, medan lasten appliceras kontrollerat via de två balkarna på ovansidan (provningen är alltså fyrapunkts böjhållfasthetsprovning). Sandwich-elementet består underifrån och upp av en innerpanel i betong, isolering och slutligen en ytterpanel i betong. Sidorna på betongpanelerna har sprayats med specialfärg för att göra det lättare för det digitala töjningssystemet att hitta objekt att jämföra från foto till foto.



Figur 19 Principskiss över provuppställning för provning av sandwich-elements (eller generellt för olika typer av större elements) böjhållfasthet. Källa: RISE.

Andra egenskaper av intresse är en återbrukad konstruktionsdels isoleringsförmåga (U-värde) i relation till dagens krav; sannolikt är det så att det ställs högre krav idag än då den tillverkades och monterades i byggnaden. U-värde provas på väggelement 2 x 2 m<sup>2</sup> stora. Regntäthet, lufttäthet och vindbestållning mäts på olika utomhuskonstruktioner, såsom väggar, tak, underlagstak och fönster; storlek 3 x 3 m<sup>2</sup> och i vissa fall ännu större. Fukt- och ångmotstånd är intressant för inomhuskonstruktioner och här brukar element vara i storleksordning 1 x 1 m.

Produkter som återbrukas måste klara dagens krav på brandsäkerhet och akustik. Detta gäller alla produkter men är kanske särskilt viktigt för dörrar och fönster.

## 3.5 Testmetoder hälsa och miljö

För att kunna återbruka byggnadsdelar måste det säkerställas att inga farliga ämnen eller substanser finns i materialet. Fördelen när det kommer till återbruk är att en tydlig koppling och spårbarhet finns till inventeringsfasen, där farliga material sorteras ut i ett tidigt skede (tex blåbetong, asbest och fogmassor med PCB). Den inledande inventeringen och tillståndsbedömningen kommer vidare svara på om byggnadsdelarna är lämpliga för återbruk eller om de är det förutsatt att vissa tester görs. Om inga idag otillåtna byggnadsdelar finns och det rör sig om kontors- eller bostadsbyggnad så är risk för farliga ämnen eller substanser sannolikt mycket låg, men om verksamheten varit industri, garage eller kemikaliehantering så behöver det säkerställas att byggnaden inte kontaminerats med olämpliga ämnen, såsom PCB (polyklorerade bifenyler), PAH (polycykliska aromatiska kolväten), oljor eller tungmetaller.

Tungmetaller kan mätas på plats med hjälp av tex handhållen XRF. Tungmetaller och andra potentiellt farliga ämnen kan även analyseras i laboratorium på uttagna prover.

Lakningsförsök görs ofta på granulära material, tex krossat rivningsavfall avsett för återvinning. Vid återvinning av krossat rivningsavfall i vägbyggnad, kräver Trafikverket genom TDOK 2013:0532 (Alternativa material för vägkonstruktioner) att totalhalter av grundämnen mäts och redovisas enligt standard SS-EN 13656, medan lakningspotential mäts och utvärderas enligt standard SIS-CEN/TS 14 405 (perkolationstest).

Det är också möjligt att utföra lakningsförsök på hela provkroppar, tex utborrade betongkärnor eller mindre byggnadsdetaljer. Metoden är SIS-CEN/TS 16637-2 (*Bygg- och anläggningsprodukter – Bedömning av avgivning av farliga ämnen – Del 2: Metod för dynamisk provning av utlakning från ytor*). Kort går den ut på att lakning av oorganiska (tex tungmetaller) och ej flyktiga organiska substanser (tex PAH och PCB) mäts och redovisas per area över viss tid, från monolitiska eller platta produkter i kontakt med vattenlösning (lakvätska). Produkten/provkroppen måste vara tillräckligt stor så att minst 100 cm<sup>2</sup> av dess yta exponeras för vattenlösningen.

## 3.6 Sammanfattning

Det finns en mängd tester, provningar och mätningar som kan göra på återbrukade material. Det viktigaste är dock att det alltid är byggherren som beslutar om en byggnadsdel kan installeras i en byggnad på ett säkert sätt som uppfyller ställda krav, oavsett om produkten är CE-märkt eller inte. I det senare fallet måste byggherren själv tillse att prestandan testas på ett tillräckligt antal byggnadsdelar, i regel genom att testa de egenskaper som krävs för en nytillverkad motsvarande produkt enligt metoder som anges i produktstandard.

Tumregeln för provning av prestanda på byggnadsdelar för återbruk är dock att bygga laboratorietesterna på en stabil inventering och kartläggning av byggnaden och dess delar. Utifrån granskning av befintlig dokumentation (ritningar, material- och produktspecifikationer, rivningsinventering, osv.) och kartläggning på plats med okulär bedömning av skick samt användning av icke-förstörande provning, kan en kvalificerad tillståndsbedömare rekommendera vilka delar som lämpar sig för återbruk, hur dessa



bör provas i laboratorium, samt hur många av de befintliga byggnadsdelarna som måste provas, för att säkerställa att eventuell spridning i kvalitet upptäcks.

## 4 Mjukvara för datahantering

Ett sätt att hantera data är med Building Information Modeling (BIM) eller på svenska *Bygginformationsmodellering*. BIM innebär att en 3D-modell av byggprocessen skapas för projektering och visualisering, där all typ av information om byggnaden samlas.

### 4.1 Designdata

*BIM* och liknande verktyg kan utformas på olika sätt och för olika aspekter av en byggnad eller anläggning. Lämplig information om byggnadsdelar som kan läggas i BIM är storlek, placering i byggnaden, kostnad och tidsplanering. BIM kan användas för att se hela byggnadens livscykel och ingående data kan användas vid återbruk, då det i tidigt skede är tydligt vilken typ av element som finns i en byggnad och vilka egenskaper de har. Idag används tyvärr inte BIM fullt ut i den utsträckning det finns potential för.

En *Digital tvilling* är en exakt mjukvaruavbild av exempelvis en byggnad. Inspektioner och felsökningar görs i den digitala tvillingen och på så vis kan kommande problem och renoveringsbehov förutses, samt information inför framtida återbruk lagras.

*Sensorer* spås få större användning i framtiden. En sensor är en apparat som kan byggas in i byggnad och samla in en signal eller data. *Drönare* används för filmning och 3D-skanning av byggnader. Skanning av ett rivningsobjekt kan ge viktig information om konstruktionen, och en drönare med värmekamera kan ge information om varma och kalla platser, kopplade till isolering, ventilation och luftkonditionering.

Alla dessa system skapar mycket information, vilket kräver system för att handskas med och lagra data. Olika alternativ är Cloud Computing, machine learning och artificiell intelligens (Källa: *Framtida trender inom Samhällsbyggnadsbranschen och dess påverkan på bygg- och rivningsavfall, Projektet Constructivate*).

#### 4.1.1 Intervju om designdata

Ett intervjumöte genomfördes via Microsoft Teams den 30 juni 2020, mellan NCC:s BIM-samordnare Carl Liberg och projektet *Rivningsobjekt – från kostnad till resurs*. Från projektet deltog Louise Wall (NCC), Nadine Aschenbach (Codesign) och Ida Gabrielsson (RISE). Informationen nedan nedtecknat av Ida Gabrielsson.

##### **Hur skulle BIM kunna hjälpa till med återbruk?**

BIM kan hjälpa till med återbruk. Den information om olika byggkomponenter som man har lagt in i databaser, kan man ha nytta av vid ett framtida återbruk.

Idag finns många databaser men de är inte standardiserade och benämning på olika saker varierar fast man menar samma sak. Benämningen är ett problem, men kommer att styras mer och mer med vilka parametrar som ska tas med och i lika enheter. Många databaser är svåra att söka information i.

##### **Vilken data behövs? Standarddata? Vilka parametrar ska alltid med?**

Data som behövs för återbruk måste definieras och standardiseras, samt vad som är minimum på data. Parametrar och enheter behöver vara standardiserade, så att alla aktörer lägger in rätt information och man får ut rätt saker vid sökning i databasen.

### **Hur gör man det användarvänligt?**

Någon slags portal där man kan söka på de krav som är kopplade till det projekt man har, exempelvis väggar med brandskyddsklass X. Användarvänligheten är viktigt om man vill att portalens ska användas; ingen kommer lägga tid i ett system som inte funkar.

### **Hur behåller man data aktuell efter flera år? Vem har ansvaret för data?**

När NCC lämnar över en byggnad med en digital tvilling är det förvaltaren som är ansvarig att uppdatera informationen.

### **Upprätta en Digital tvilling av projektet för att hjälpa återbruk i framtiden?**

Ja, det är viktigt. Detta görs inte i dagsläget då det inte finns någon beställare som har ställt krav på detta och är villig att betala för tjänsten. För återbruk behövs mycket data där man i framtiden kan söka på information som läggs in. Förvaltaren ska också ha nytta av systemet och upprätthålla informationen.

### **Vem tar kostnaden för att ett projekt ska byggas upp i BIM eller likande system och sedan underhållas? Vem samlar ihop all information från olika aktörer, såsom rör, ventilation, stomme, arkitekter mm?**

Beställaren måste sätta detta som krav och vara villig att betala för det. Informationen kan sedan tas över av beställare/förvaltare.

### **Koppling mellan BIM och exempelvis byggvarubedömning och andra system? Hur kan de arbeta tillsammans?**

NCC jobbar med byggvarubedömningar och andra system där det finns mycket data redan och man skulle kunna koppla dessa till BIM. NCC har ett system som heter Construction Connector, där man samlar projekteringsinformation (tex hållbarhet, kalkyler, mängdning och inköp), där olika delar i projektering har nytta av samma typ av data. Data läggs in allteftersom man blir klar.

## **4.2 System för katalogisering**

I dagsläget finns inget system för katalogisering eller gemensamt system för hantering av byggnadsinformation. Stora branscher jobbar på olika sätt och tar fram sina egna system. NCC utvecklar ett system som heter *Construction Connector* (se ovan), som försöker samla all information på ett katalogiserat sätt, med gemensamma benämningar. Tanken är att alla ska ha tillgång till och ha nytta av samma information.

NCC drev också projektet *Loop rocks*, som lades ner under 2019. Där försökte man få till bättre materialflöden av fyllnadsmassor, sten, jord och andra sekundära material direkt mellan platser utan lagerhållning. Där katalogiserade man olika material och mängder.

Centrum för Cirkulärt Byggnade (CCBuild, <http://www.ccbuild.se>) är både en plattform för bygg- och fastighetsbranschens cirkulära byggande och ett innovationsprojekt som leds av IVL. Under våren 2019 startades forskningsprojektet Återbruk Väst för att testa och utveckla CCBuild och dess lösningar. Återbruk Väst är en samverkan mellan

fastighetsägare, arkitekter, offentliga aktörer och forskare för att hitta metoder för att skala upp återbruket inom byggsektorn till industriell nivå. I projektet kan partners lägga upp produkter på projektets marknadsplats och använda inventeringsverktyg för att sälja och köpa återbrukat material. Inverteringsverktyget är en applikation (APP) som heter *Dacke by CCB*, där den samverkar med en produktbank och marknadsplatsen.



Figur 20 Centrum för cirkulärt byggande. Källa: <http://www.ccbuild.se>.

# 5 Klassificeringssystem för material och byggnadsdelar för återbruk

## 5.1 Kartläggning

Idag finns det inga klassificeringssystem för material och byggnadsdelar för återbruk, utan material och byggnadsdelar som ska återanvändas i byggnader har samma krav som nyttillverkade. Det är EN-standards som anger hur och vilka egenskaper som ska fastställas. Däremot kan vissa standards ta upp hur man ska handskas med återvunnet material. Ett exempel är ballast till betong (EN 12620 och SS 13 70 03) och vägbyggnad, som redan idag tar upp och behandlar återvunnen ballast specifikt.

BAMB är ett EU-finansierat projekt, som tittar på system för att öka byggmaterials värde i det cirkulära flödet. En idé är att ge material ”pass”, som följer med materialet eller byggdelen genom hela dess livslängd och ger olika aktörer tillgång till informationen.

I Sverige finns ett system med byggvarudeklarationer (byggvarubedömning) och det internationella systemet med miljövarudeklarationer, där avsikten med båda systemen är att underlätta för kunden att välja den vara som bäst passar behovet, men också för att vid underhålls-/rivningsarbete kunna bedöma eventuell miljöhänsyn som bör tas.

Miljövarudeklarationerna (Environmental Product Declaration, EPD) är ett verifierat dokument som jämför produkters eller tjänsters miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv. Miljövarudeklarationerna uppförs enligt ISO 14025 och baseras på livscykelanalys (LCA). Hur LCA utförs beror på aktuell produkt och dess produktkategori. EPD granskas av tredjepart innan den verifieras i EPD-system (se tex <https://www.environdec.com/>).

Byggvarubedömning är ett system för att bedöma en produkt utifrån dess kemiska innehåll, miljöpåverkan under livscykelperspektiv och social påverkan i leverantörsledet. Mallen för hur byggvarudeklarationerna bör utformas har utarbetats av Svensk Byggtjänst i samarbete med Byggsektorns Kretsloppsråd. Kretsloppsrådet är ett samarbetsorgan där byggbranschens samtliga aktörer finns representerade. Man har gemensamt fastställt vad som ska ingå respektive vad som bör ingå i de byggvarudeklarationer som upprättas. Se <https://www.byggvarubedomningen.se/> för mer information. Många stora byggföretag använder byggvarubedömningen, tex NCC, Skanska och Peab. I detta system kan i ett livscykelperspektiv ta med aspekten på återbruk av produkten, element eller komponenten.

## 5.2 Analys

Det byggs upp och kommer fler och fler system, men vilket system man ska använda och varför är just nu en intressant frågeställning. Hur många system behövs? Ska flera aktörer lägga tid och pengar på att utveckla olika system som i slutändan ska arbeta för samma sak? Många av systemen som finns idag, är viktade på ett eller annat sätt och har olika för- och nackdelar.

Inget system tar hänsyn till ett återbrukat elements tekniska egenskaper och lämplighet.

## 6 Rivnings- och sorteringsmetoder

### 6.1 Befintliga metoder och system

I Sverige reglerar plan- och bygglagen (PBL) rivningen och för att utföra rivning krävs ett rivningslov, åtminstone inom detaljplanelagt område eller där det finns andra krav. Rivningslov behövs inte om inte bygglov behövdes för att uppföra den ursprungliga byggnaden. Rivningslovansökan ställs till Byggnadsnämnden i kommunen.

Vid rivningslov är en rivningsinventering ett krav och dess främsta mål är att lokalisera olika typer av farligt avfall och vilka mängder dessa förekommer i. Där ska också finnas en rivningsplan eller avfallshaneringsplan där man tar upp sortering av avfallsfraktioner med tyngd på farliga ämnen, samt en översiktlig beskrivning av hantering av avfall och eventuella produkter för återanvändning och hur de ska hanteras.

Det finns olika metoder för rivning, allt från varsam demontering till rivning genom kollaps (Tabell 4). Valet bygger på markförhållande, omgivande byggnader, strukturen på byggnaden som ska rivas och arbetsmiljöaspekter så som buller och damm.

Tabell 4 Rivningsmetoder

Rivning ...	Beskrivning
... element för element	Byggnaden plockas ner ett element i taget, i omvänd ordning som när byggnaden uppfördes. Vanligen arbetar man våning till våning eller golv till golv.
... till kollaps	Två metoder finns: rivningskula och explosion. Båda kräver gott om utrymme runt rivningsobjektet. Används inte för stålkonstruktioner.
... med kombination	En kombination av metoderna ovan, där man först har plockat ner element för element av det som man kan och är intresserad av, därefter river resterade genom kollaps

### 6.2 Demontering av byggnadsdelar

För att återbruk ska vara möjligt måste rivningen göras element för element, dvs. genom demontering. Inför demontering måste förstas metod väljas baserat på hur byggnadsdelarna ser ut och hur de monterats i byggnaden. Metoden måste vara sådan att byggnadsdelen inte skadas eller förlorar i prestanda, men också så att säkerhet och arbetsmiljö för utförarna beaktas (tex rasrisk, klämskador, vibrationer, damm).

#### 6.2.1 Demontering av betongkonstruktion

En skillnad mellan nyttillverkade element och återbrukade är att vid återbruk kan det saknas lyftdon eller lyftinfästningar för att kunna lyfta ut elementen från byggnaden. Elementen kan dessutom vara i dåligt skick så man inte kan lyfta ut dem i sin helhet utan att de går sönder eller skadas ytterligare. En lösning är att använda alternativa lyftmetoder, genom att tex borra hål i elementet för nya förankringar eller att elementet måste kapas i kortare del.

Arbetsmiljön är viktigt att tänka vid rivning och demontering, då arbete med olika borrar och sågar kan ge problem med damm, buller eller vibrationer. Bilning är också en vanlig metod för att få bort betong, vilket kan göras för hand eller med en så kallad bilningsrobot. Vid lyft av tunga element så måste säkerhetsnivån vara hög, oavsett om alternativa förankringar har gjorts eller om äldre befintliga används. Avlastning av bärande konstruktioner måste ske innan elementet monteras ner och ut ur byggnaden.

Demontering av betongkonstruktion kan delas upp i sex steg (Källa: RE4-rapport D2.2).

### *1 Förberedelse – Undersökning*

För säker och kvalitetsbevarande demontering krävs någon form av undersökning av byggnadens alla delar: Vilken typ av element finns och i vilket tillstånd är de i? Det är också bra att inventera vilka konstruktionsmetoder som har använts för att få veta vad för slags infästningar och förankringar som finns. Farliga ämnen måste också inventeras. Tillståndsbedömning bör göras av en byggteknisk kunnig person.

### *2 Förberedelse - Bedömning och materialinventering*

En bedömning görs med avseende på demonterbarhet och hur stora mängder av olika element som finns. En preliminär bedömning av ekonomiska faktorer bör också göras i det här skedet, samt en fördjupad materialinventering av farliga ämnen.

### *3 Förberedelse - Rivningsplan*

Utformning av rivningsplan utifrån de tidigare stegen. I detta skede är det också bra att tänka på märkning av delar för återbruk, hur de ska lagerhållas eller transporteras.

### *4 Förberedelse – Demontering av farliga material*

Farliga ämnen måste tas bort innan demontering av byggnaden. Detsamma gäller skadat material, tex fuktskadat som gett upphov till mögel och sådant som inte är tillräckligt bra för att kunna återbrukas, men också material som är skadligt för rivningsarbetarnas hälsa. Här finns det arbetsmiljökrav att ha hänsyn till. Farliga ämnen kan vara asbest, PCB, bly, elektiska komponenter eller isoleringsmaterial.

### *5 Demontering av icke bärande och bärande konstruktioner och installationer*

Betongbyggnaden ska demonteras element för element och golv efter golv i omvänd ordning som det monterades, med hjälp av den rivningsmetod som valts. Först tas installationer, icke bärande väggar och fast inredning. Därefter taket och sist de bärande elementen. Vid demontering av tak börjar man med takbeläggning, därefter takstöd och slutligen takkonstruktion. Bärande väggar tas bort när vikten har avlastats, samt vid behov golvet på våningen över har förstärkts. Icke-bärande fasadelement kan demonteras våning för våning, bärande dito demonteras först när allt ovanför är borta. Demontering av den bärande stommen, skelettet, kan utföras när allt annat är borttaget. Byggdelarna bör dock skyddas mot väder och vind under arbetet.

### *6 Kvalitetsgranskning*

Kvalitetsgranskning och kvalitetssäkring av element som ska återbrukas är en viktig del. I många fall kan det räcka med en okulär granskning, men för ett större sammanhang och för kommersiell byggmarknad behövs tydligare kvalitetssäkring. Det kan handla om

klassning av produkter, lagar och förordningar, CE-märkning men också säkerhet vid brand och buller, hållfasthet och hälsa.

## 6.2.2 Demontering av stålprofiler

Stålprofiler i en byggnadskonstruktion måste avlastas innan demontering. Vanligt är att stålprofil kapas i lämplig punkt med plasmaskärare, särskilt om de är svetsade och inte går att skruva isär (ur demonteringssynvinkel är skruvförband bättre än svetsförband).

## 6.3 Analys och utvärdering

### 6.3.1 Intervju 1

Den 29 juni 2020 genomfördes en intervju via Microsoft Teams mellan NCC och RISE. Deltagare från NCC: Tomas Holmer, Tobias Melander och Louise Wall. Från RISE deltog Ida Gabrielsson. Diskussionen fördes kring rivningsmetoder, anpassning av dessa för återbruk och hur få till återbrukstänk i större perspektiv. Anteckningar: Ida Gabrielsson.

#### **Tekniker för rivning?**

Det finns olika tekniker för att riva en byggnad och teknikval beror bland annat på byggnadens material och hur konstruktionen ser ut. Det finns behov av att utveckla och förfinas rivningsmetoder för återbruk av konstruktionsdelar. Man måste tänka på arbetsmiljö och säkerhet. Hur gör man med lyftdon på element och delar man vill återbruka? Hur säkerställer man att byggnaden eller element inte kollapsar eller välter under demonteringen?

#### **Skador när demontering/rivning av element inte gick som det var tänkt?**

Om man tänker att stomelement ska direkt från demontering till ett nytt projekt och elementet går sönder eller skadas, hur löser man då detta? Kan man nytillverka? Detta är en stor utmaning. Man kanske ska räkna med att kunna använda 75 % av materialet, en viss del av element måste kanske bort på grund av håltagningar för avlopp, ventilation mm och inte kan användas i det nya projektet.

#### **Lagerhållning och sortering av produkter?**

Lagerhållning kan bli ett problem, var ska man lagerhålla produkterna? Detta måste projekteras i tid. Är det lönsamt att lagerhålla produkterna i väntan på ett projekt eller ska man enbart demontera produkter som direkt har en ny användning och bara mellanlagras i väntan på det nya projektet. Produkter kan behövas lagerhållas för att genomgå en kvalitetssäkring.

#### **Vilka kriterier styr urvalet av återbruksmaterial?**

Tidsplaner, budget och miljöpåverkan.

#### **Vilka krav ställs det på utbildning och kompetens? Nya specialister eller yrkesroller?**



Kvalificerad personal för lätttrivningen som kan plocka ner material och produkter på ett bra sätt och även få till märkning, paketering och logistiken på ett bra sätt. Här kanske flyttfirmor är mer lämpliga än rivningsföretag.

### **Vilken roll spelar tidsaspekten i ett demonteringsprojekt?**

Tiden är väldigt viktig! Väldigt olika för olika projekt, varsam demontering och återbrukstänk måste vara med från början och finnas med i budgeten och tidplan, jättesvårt att komma in för sent i ett projekt och ställa om till återbruk.

### **Andra fördelar med återbruk?**

Att det känns väldigt bra att göra en bra sak. Nyttan med en positiv miljöeffekt. Visa andra att det faktiskt går att återbruka och återvinna mera. Vore kul att i ett projekt få ta ut de tunga stommarna och exempelvis för stålet med hjälp av inventering, därefter demontering och sedan skicka tillbaka det till fabriken som sedan kan kvalitetssäkra produkten och skicka ut det på marknaden igen.

## **6.3.2 Intervju 2**

Den 11 november 2020 genomfördes en intervju via Microsoft Teams mellan NCC och RISE. Deltagare från NCC: Maud Wallman. Från RISE deltog Ida Gabrielsson. Diskussionen fördes kring rivningsmetoder, anpassning av dessa för återbruk och hur få till återbrukstänk i större perspektiv. Anteckningar: Ida Gabrielsson.

### **Tekniker för rivning?**

Det finns många olika tekniker för rivning, allt går att riva. Rivningsteknik beror på vilken typ av byggnad det och vilka material. Det behövs mycket utveckling inom rivningsbranschen, speciellt med tanke på mer varsam demontering. Man kan utveckla metoder för varsam demontering med hjälp av exempelvis brokkar. Då kan man kanske få ut material mer i sin helhet och med mindre skador, men man skulle också förbättra arbetsmiljö med anseende på damm och vibrationer. Arbetsmiljö är ofta ganska dålig vid rivning och inte allt prioriterad. Damm kan hanteras bättre.

### **Lagerhållning och sortering av produkter?**

Detta kan vara ett problem, vem ska göra detta? Kanske kan man sätta ”gamla snickare med arbetsskador” på detta på arbetsplatser som har ett bra öga på vad det är för produkter och kvaliteten på dem. Vad de kan användas till längre fram.

### **Vilka kriterier styr urvalet av återbruksmaterial?**

Vilka material och stomsystem det är. Arkitektoniskt värde.

### **Vilka krav ställs det på utbildning och kompetens? Nya specialister eller yrkesroller?**

Behövs kompetens här, och kanske mer förståelse för arkitektur och grad av skador. Vilka och hur ska olika byggelement skulle användas igen. Kanske blir en ny yrkesroll.

### **Vilken roll spelar tidsaspekten i ett demonteringsprojekt?**

Sälja in idén till beställaren! Sälja in idén med att rivningen kommer att ta längre tid men att det kommer vinster i helheten. Att man kan sälja material vidare. Det kanske kan bli

billigare. Tiden kanske inte spelar så stor roll om man ser att det blir andra positiva effekter, exempel spara resurser.

### **Andra fördelar med återbruk?**

Sparar på resurser och man måste börja någonstans. Nästa generation kanske tar detta som en självklarhet att göra. Det kan vara något att tänka på att koppla ihop K-märkta hus med återbruk. Man kan tänka sig att man får bidrag eller likande för att bevara K-märkta hus med att man återbrukar material som är från samma tidsålder och stil. Länsstyrelsen har redan idag att man kan söka bidrag för renovering av K-märkta hus. Här skulle återbruk ha en naturlig plats. Länsstyrelsen kanske i framtiden kan sätta upp en databas och hantera återbrukat material.

## 6.4 Projektera för demontering i framtiden

I rapporten "Att projektera för demontering" av Frida Axelsson, nämns begreppet "Pfd" (Projektera för Demontering, engelska: DfD Design for Deconstruction). Planering för framtida återbruk redan i projekteringskedet underlättar förstås den demontering som kommer och detta kan göras genom att välja ett demonterbart byggsystem och rena material. En byggnad som utformas på detta sätt ska bland annat eftersträva:

- Demonteringsbara monteringspunkter
- Demonterbara byggnadsdelar som går separera i materialfraktioner (tex sandwichelement som kan delas upp i betongdelar och isolering)

Vidare redogör rapporten för 27 riktlinjer för projektering för framtida demontering, däribland att undvika sammansatta material, beläggningar och ytbehandlingar, minimera variationer i materialslag, använda stomme separerad från övriga komponenter, minimera antal fästpunkter och sammanfogningssystem och dessutom, planera för hjälpmedel vid lyft, samt sammanställ en demonteringsplan.

## 6.5 Sammanfattning

Följande rekommendationer kan göras för demontering för återbruk:

- Projektering med avsatt tid och budget för återbruk måste in i ett tidigt stadium i projektet.
- Montering har sannolikt gjorts i en väldigt specifik och välplanerad ordning; demontering måste ske på samma välplanerade men omvända ordning.
- Planering för vilka element som ska tas ner och hur demonteringen ska genomföras, med avseende på demonteringsteknik, säkerhet och arbetsmiljö, samt att den tekniska prestandan och kvaliteten bibehålls.
- Hur demonterade element ska märkas för att komma till rätt projekt eller lagerhållas i väntan på projekt. Projektera för logistik och eventuell lagerhållning.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

Materialdesign  
RISE Rapport 2021:57  
ISBN: