

Produktionstekniska aspekter på återbruk av betongelement

Elin Frennfelt



LUNDS
UNIVERSITET

© Copyright Elin Frennfelt

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Byggproduktion

Telefon: +46 46 2227421
Hemsida: www.bekon.lth.se

ISRN LUTVDG/TVBP-19/5595-SE

Abstract

The EU has established a binding target to reduce CO₂ emissions by 40% by 2030, Sweden has taken one step further and has decided to be carbon neutral by 2045. 7 % of the world's total CO₂ emissions comes from concrete production which makes it a field with great potential for improvement.

The purpose of this study was to evaluate the requirements for reusing concrete elements in practice in the construction of new buildings. This was done by evaluating obstacles in construction for reused concrete elements and investigating how the obstacles can be solved. The element types which were considered were precast solid concrete slabs, solid concrete wall panels and concrete sandwich elements. The study was conducted as a qualitative study with five interviews with construction managers.

The study concludes that there are numerous differences between using reused concrete elements and newly fabricated when it comes to lifting, connections and utility as well as electrical installations. The main differences for reused concrete elements when it comes to lifting are the lack of attachment for the lifting devices and uncertainties regarding the structural integrity during the lifting, which can be solved by using alternatives lifting methods and/or dividing the elements into smaller parts. When it comes to connections, the main differences are that reused concrete elements lack holes for connections, which can be solved by drilling new holes. Drilling new holes can also be made in order to fit utility and electrical installations in the reused concrete panels. However, drilling in concrete is expensive, time-consuming and demands measures to ensure a good work environment.

Furthermore, the results show that prefabricated, and not in-situ cast concrete elements, should be chosen for reuse, which has also been found in previous studies. Another conclusion in this study is that a great obstacle for reusing concrete elements is that the load bearing capacity of the reused concrete elements is unknown, and praxis is missing for the elements when it comes to testing the load bearing capacity and classifying the elements. In conclusion, even if the issue regarding the load bearing capacity of the elements gets solved, other remain. These include increased construction time and costs, due to the differences in managing elements for lifting and connections, to preparing utility and electrical installations and for establishing the load bearing capacity of the reused elements.

Sammanfattning

EU har antagit mål att till år 2030 minska koldioxidutsläppen med 40%, Sverige har gått steget längre och beslutat att år 2045 ska nettoutsläppen av koldioxid i landet vara noll. Av världens totala utsläpp står betongtillverkningen för 7% vilket innebär att det är ett område med stor potential till förbättring.

Syftet med det här examensarbetet är att bidra med kunskapsutveckling kring återanvändning av betongelement. För att återanvändning av betongelement i nyproduktion ska ske i större skala behövs flera saker lösas så som klassificering, ekonomisk lönsamhet, transport och lagring samt kunskap kring hur praktiska/tekniska moment ska genomföras. I studien undersöktes vad som krävs för att göra det möjligt att använda återbrukade betongelement i praktiken vid nyproduktion. Det gjordes genom att undersöka vilka produktionstekniska hinder det finns och hur hindren kan lösas. Studien avgränsades till att behandla elementtyperna massivt betongbjälklag, massivt väggelement i betong och sandwichelement i betong och cellplast. Studien genomfördes genom intervjuer med fem respondenter som arbetar som platschefer eller arbetsledare vid nyproduktion av byggnader.

Slutsatserna från studien var att det finns flera skillnader mellan återbrukade element och nyttillverkade när det gäller lyft, infästningar och installationer. För lyft är de största skillnaderna att de återbrukade elementen saknar lyftöglor och kan ha svårighet att hålla ihop under lyft, vilket kan lösas genom att använda alternativa lyftmetoder och/eller dela elementen i mindre bitar. När det gäller infästningar är de största skillnaderna att återbrukade element saknar hål för infästningsdon, och det kan lösas med att borra hål för exempelvis sammankopplande armering. För att få plats med installationer i återbrukade element kan håltagning göras. Det är emellertid dyrt, tidskrävande och kräver åtgärder för att säkerställa god arbetsmiljö.

Vidare visade resultaten att det är prefabricerade och inte platsgjutna element som bör användas vid återbruk, vilket också tidigare studier har kommit fram till. Det framkom även i studien att ett stort hinder för att kunna använda återbrukade betongelement är att hållfastheten är okänd och att det saknas praxis för test av hållfastheten och klassificering av elementen. Om problemet med verifiering av hållfastheten löses så är de stora kvarvarande hindren ökad tidsåtgång och ökade kostnader, bl.a. på grund av de åtgärder som krävs för att hantera elementen vid lyft och infästningar, för att förbereda dem för installationer och för fastställande av hållfasthet.

Förord

Med detta examensarbete avslutas min civilingenjörsutbildning inom väg- och vattenbyggnad på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och motsvarar en termins heltidsstudier. Examensarbetet har genomförts under hösten 2019 på avdelning Byggproduktion.

Först och främst vill jag tacka min handledare Anne Landin som hjälpt mig välja ämnesområde och haft värdefulla synpunkter under arbetets gång. Stort tack till alla respondenter som tagit sig tid för intervjuer och delat med sig av sina kunskaper och erfarenheter, det har varit lärorika samtal som har möjliggjort arbetet. Slutligen vill jag tacka min Erik som stöttat mig genom projektet.

Lund, november 2019

Elin Frennfelt

Innehållsförteckning

Abstract	iii
Sammanfattning	iv
Förord	v
Innehållsförteckning	vi
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Disposition	3
2 Metod	4
2.1 Genomförande	4
2.2 Kvantitativt och kvalitativt	5
2.3 Datainsamling	5
2.4 Giltighet	7
3 Teori	9
3.1 Begrepp	9
3.2 Återanvändning och återvinning av betongavfall idag	11
3.3 Återbruk	12
3.4 Betongelement för återbruk	16
3.5 Demontering	19
3.6 Montering av nya prefabricerade betongelement	20
3.7 Håltagning i betong	22
4 Empiri/Resultat	27
4.1 Intervjuns genomförande/förutsättningar vid intervju	27
4.2 Resultat från intervjuer	27
5 Analys	38
5.1 Hållfasthet	38
5.2 Användningsområde	39

5.3 Demontering	39
5.4 Miljöarbete	40
6 Diskussion	42
6.1 Diskussion om metodik	42
6.2 Hålltagning i de återbrukade betongelementen	42
6.3 Problematisering av återbruk	43
6.4 Ekonomisk lönsamhet	44
7 Slutsats	46
8 Vidare forskning	47
9 Referenser	49
Bilaga 1	53
Intervjufrågor	53

1 Inledning

1.1 Bakgrund

EU har antagit mål att till år 2020 minska koldioxidutsläppen med 20% och till år 2030 minska utsläppen med 40% (Naturvårdsverket, 2019a). Sverige har gått steget längre och beslutat att år 2045 ska nettoutsläppen av koldioxid i landet vara 0 (Naturvårdsverket, 2019b). I Sverige står byggbranschen för ca 20% av utsläppen och det är därför relevant att undersöka hur byggbranschen kan minska sina utsläpp (Boverket, 2019a). En betydande del av utsläppen hos byggbranschen kommer från betong, av världens totala utsläpp står betongtillverkningen för ca 7% (Limbachiya, Bostanci & Kew, 2014). Även armeringen i betongen står för stora utsläpp. Ska Sveriges och EU:s mål om minskning av koldioxidutsläpp kunna nås är användning av betong ett område där det bör göras förbättringar. Att återanvända istället för att återvinna eller använda nya element sparar mer koldioxidutsläpp och är något som inte görs idag (Huuhka & Hakanen, 2015).

Byggsektorns avfall motsvarar ca 30% av det totala avfallet i Sverige, men siffrorna är något osäkra och troligen är det en större andel än så då avfallet vid t.ex. rivning inte rapporteras in (Boverket, 2019b). Avfallet hos byggsektorns har pekats ut som en av de prioriterade avfallsströmmarna i Sveriges program för förebyggande av avfall (Naturvårdsverket, 2019c). Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv ska år 2020 70% av material så som betongavfall återanvändas eller återvinnas, användning som fyllnadsmassor medräknat. Betong är lätt att använda som fyllnadsmassor vid vägbyggnation men enligt direktiv 2008/98/EG ska återanvändning prioriteras högre än återvinning. Betongelement är även ett av de materialen som är mer fördelaktigt att återvinna då de är beständiga men även stora, vilket ger minskad hantering, och robusta, vilket gör att de inte så lätt går sönder vid transport (Persson, 2015).

Under 60- och 70-talet skedde stor byggnation av flerbostadshus i betong i Sverige, men också i många andra länder i Europa. I Sverige kallas byggnader från de här åren för miljonprogrammet, vilket syftar på det politiska beslutet att bygga 1 miljon bostäder under de tio åren 1965-74 (Eriksson 1994). Idag finns det i Sverige en diskussion kring vad som ska göra med dessa byggnader då de har ett stort renoveringsbehov. På andra platser i Europa sker en storskalig rivning av liknande byggnader från samma tid, framförallt i Tyskland, Frankrike, Storbritannien och Nederländerna pga. bostadsöverskott vid urbanisering och som ett försök att minska social segregation. Dessa byggnader har en stor mängd betongelement med potential att återanvändas (Huuhka, Kaasalainen, Hakanen & Lahdensivu, 2015).

På grund av utformning av detaljer hos prefabricerad betong finns det större möjligheter att ta hand om prefabricerade element än platsgjutna vid rivning av byggnad, genom demontering (Asam, 2007). Detta beror till stor del på hur anslutningarna är utformade. Ur miljösynpunkt är demontering att föredra då det sparar naturresurser och energi. I Nederländerna har det utvecklats betongkonstruktioner som är designade för demontering (Fib, 2008). Det finns även experiment som visat att det går att återanvända prefabricerade paneler som inte ursprungligen varit designade för demontering (Huuhka et al, 2015).

1.2 Syfte

Syftet med det här examensarbetet är att bidra med kunskapsutveckling kring återanvändning av betongelement. För att återanvändning av betongelement i nyproduktion ska ske i större skala behövs flera saker lösas så som klassificering, ekonomisk lönsamhet, transport och lagring samt kunskap kring hur det praktiskt ska göras. I det här arbetet kommer det att undersökas vad som krävs för att göra det möjligt i praktiken att återanvända betongelement vid nyproduktion.

1.3 Frågeställningar

Övergripande frågeställning:

- Undersöka vad som krävs för att göra det möjligt att använda återbrukade betongelement i praktiken, t.ex. genomförandet och tekniska lösningar.

För att undersöka det har följande kompletterande frågeställningar formulerats:

- Ta reda skillnader i montering av återbrukade element jämfört med nya prefabricerade element.
- Ta reda på vilka praktiska hinder det finns i produktionen för att använda återbrukade betongelement.
- Undersöka möjliga lösningar på problem som uppkommit i föregående frågeställning.

1.4 Avgränsningar

Med utgångspunkt att de återanvända betongelementen finns på arbetsplatsen kommer det undersökas vad som krävs praktiskt i produktionen på arbetsplatsen för att kunna använda återbrukade betongelement vid hopsättning av en ny byggnad jämfört med användning av nyttillverkade prefabricerade byggelement.

De element som kommer undersökas är prefabricerade element av typen betongbjälklag, väggar i massiv betong och sandwichelement i betong. Motivering redovisas i kap. 3.1.

Följande kommer *inte* undersökas:

- Transport, lagring på annan plats
- Demontering av betongelement i den gamla byggnaden

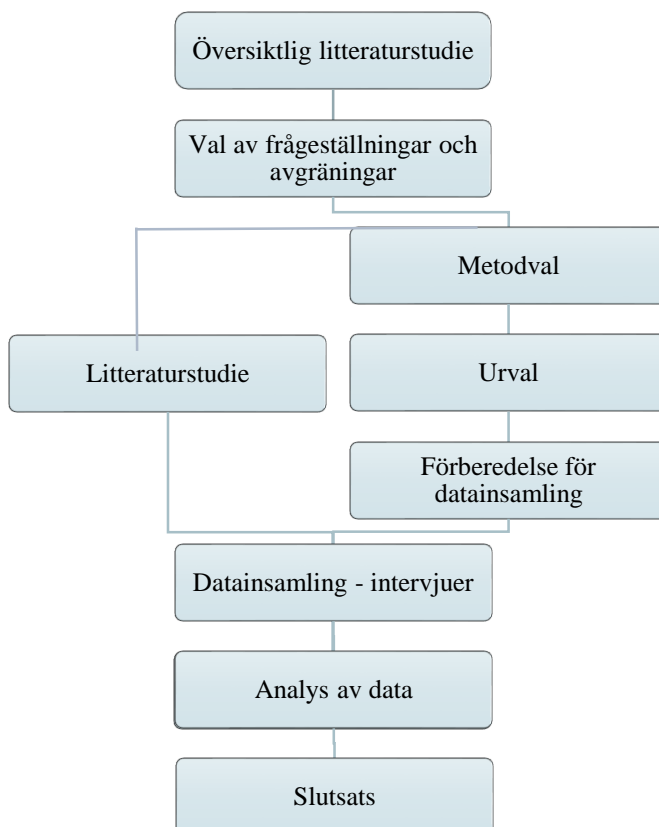
1.5 Disposition

<i>Kapitel 1</i>	<i>Inledning.</i> Kapitlet inleds med en bakgrund till ämnet och arbetets syfte och frågeställningar. Avgränsningar beskrivs och kapitlet avslutas med en kortfattad disposition.
<i>Kapitel 2</i>	<i>Metod.</i> En beskrivning av arbetsgången samt val av metod.
<i>Kapitel 3</i>	<i>Teori.</i> Kapitlet beskriver begrepp och bakgrund till ämnesområdet och en jämförelse mellan äldre och nya elements dimensioner och montering.
<i>Kapitel 4</i>	<i>Resultat.</i> Beskrivning av intervjuernas genomförande och presentation av de svaren som erhöles från intervjuerna.
<i>Kapitel 5</i>	<i>Analys</i> I analysen jämförs resultaten från intervjuerna med den teori som presenteras i tidigare kapitel.
<i>Kapitel 6</i>	<i>Diskussion</i> I det här kapitlet redovisas författarens egna reflektioner kring vald metod och den information som framkommit vid teori och resultat.
<i>Kapitel 7</i>	<i>Slutsats</i> I detta kapitel redovisas de slutsatser som studien resulterat i och kopplas till studiens frågeställningar.
<i>Kapitel 8</i>	<i>Vidare forskning</i> Här presenteras förslag på vidare forskning.
<i>Kapitel 9</i>	<i>Referenser</i> I detta kapitel redovisas de källor som använts i studien.

2 Metod

2.1 Genomförande

Arbetet inleddes med en översiktlig litteraturstudie som ledde fram till val av frågeställningar och avgränsningar. Metoden som valdes för datainsamling var intervjuer med tjänstemän i produktionen. Ett urval av respondenter gjordes och därefter förbereddes datainsamlingen, vilket innebar framtagande av intervjufrågorna. Parallellt gjordes en fortsatt litteraturstudie för att undersöka arbetets utgångspunkt och tidigare genomförd forskning. I nästa steg skedde en datainsamling genom intervjuer som analyserades och slutligen formulerades slutsatser. Arbetsgången illustreras i Figur 1. Val av metod, urval av respondenter etc. presenteras mer utförligt i kapitel 2.2–2.3.3.



Figur 1 Schema över arbetsgången

2.2 Kvantitativt och kvalitativt

Insamlade data kan karakteriseras av två olika typer, kvantitativa och kvalitativa. Kvantitativa data kan klassificeras och räknas och består ofta av objektiva mätningar och observationer, t.ex. standardiserade test, kontrollerade experiment, strukturerade enkäter och intervjuer (Stukát, 2011). Vid analys av kvantitativa data används statistiska analyser. Resultaten som tas fram är generella och breda men det kan vara svårt att få djupa svar (Höst, Regnell & Runeson, 2006).

Till skillnad från kvantitativa data är kvalitativa data av beskrivande karaktär och fås fram genom t.ex. fallstudier och intervjuer. Analys sker genom att tolka och förstå resultaten, till skillnad från kvantitativ metod där det eftersträvas att generalisera, förklara och förutsäga. Kvalitativa data analyseras genom sortering, t.ex. likheter och skillnader, mellan de olika respondenterna och indelas sedan i kategorier. Problemen med det kvalitativa angreppssättet är att det riskerar att bli subjektivt och svårt att replikera. Det kan även vara svårt att göra generaliseringar då kvalitativa studier ofta har ett lågt antal respondenter (Stukát, 2011).

Enligt Stukát (2011) är det bra om båda angreppssätten kan användas då de kan komplettera varandra och på så sätt ge mer giltiga resultat och realistiska tolkningar. Stukát (2011) beskriver vidare att kvalitativ metod kan vara att föredra om området är nytt och otillräckligt utforskat för att kunna upptäcka och beskriva fenomen vilket sedan kan ge inspiration till kvantifierbar studie som i sin tur kan ge generaliserbar information.

I det här arbetet gjordes datainsamling kvalitativt genom intervjuer med platschefer och arbetsledare som respondenter. Datainsamling gjordes kvalitativt då detta område är relativt utforskat. Målet var att genom intervjuerna svara på de tre frågeställningar för arbetet: skillnader vid montering av nya prefabricerade element jämfört med återbrukade element, vilka praktiska hinder som det finns i produktionen för att använda återbrukade betongelement och att undersöka möjliga lösningar på problem som uppkommit i föregående frågeställning. Det hade varit intressant att göra en kvantitativ studie för att få resultaten mer generell, detta kan vara ett område för vidare forskning.

2.3 Datainsamling

2.3.1 Litteraturstudie

Grundläggande inom vetenskaplig metodik är att utgå från befintlig kunskap och bygga vidare på den för att kunna fokusera på problem som inte har lösts eller för att få bättre förståelse av redan framtagna lösningar. Ett effektivt sätt för att ta fram dagens kunskapsläge är att göra litteraturstudier (Höst et al, 2006).

Litteraturstudierna i det här arbetet har syftat till att förklara centrala begrepp, lagstiftning inom området, dagens hantering av betongavfall och hur montering av de olika

elementtyperna görs idag för att få en bakgrund och bild av dagsläget. För att få kunskap om de återbrukade elementens utformning görs även en genomgång av byggnadsteknik under 50-, 60-, 70- och 80-talet. Betong användes i stor skala under denna tidsperiod och byggnader från de åren måste de kommande åren genomgå stora renoveringar alternativt rivs och de är därför aktuella som källa för återbrukade material. Även gjord forskning inom området återbruk och cirkulär ekonomi i byggbranschen redovisas.

2.3.2 Intervjuer

Intervjuer kan göras med olika mycket strukturering som avgör hur mycket svängrum respondenten får. Generellt kan intervjuer delas in i tre typer: öppet riktade, halvstrukturerade och strukturerade (Höst et al, 2006).

Vid öppet riktade intervjuer ställs öppna frågor som respondenten fritt kan utveckla sina tankar kring (Lantz, 2013). Ett antal ämnesområden har bestämts i förväg men beroende på hur respondenten svarar ställs följdfrågor på ett individuellt sätt. Syftet med öppet riktade intervjuer är utforskande och ger därmed större möjligheter för nytt material att komma fram samtidigt som det blir svårare att jämföra respondenternas svar och tolka resultatet (Stukát, 2011).

Till skillnad från öppet riktade intervjuer har strukturerade intervjuer ett fastställt schema, dvs. ordningsföljden på frågorna och formuleringarna är bestämda i förväg och det finns fasta svarsalternativ. Fördelen med denna metod är att intervjusituationen blir lika för alla respondenter och resultaten blir enklare att analysera. Denna intervjutyp är mycket lik en enkät men fördelen är att svarsfrekvensen ofta är bättre. Nackdelen är att det är viktigt att frågorna blir formulerade på rätt sätt (Stukát, 2011). Jämfört med en skriftlig enkät är strukturerade intervjuer mer tidskrävande (Höst et al, 2006).

Vid halvstrukturerade intervjuer blandas öppna frågor med fasta frågor med fasta svarsalternativ (Höst et al, 2006). I det här arbetet kommer intervjuerna genomföras på ett halvstrukturerat sätt. Det kommer finnas dels frågor med fasta svarsalternativ, t.ex. ”om infästningar saknas går det att lösa?”, dels öppna frågor så som ”Vilka fler skillnader tror du det skulle bli produktionstekniskt om bjälklagselement från gamla byggnader användes istället för nytillverkade?”. En öppet riktad intervju valdes inte därför att då finns det risk att respondenten kommer in på andra aspekter av återbruk av betong så som ekonomi eller hållfasthet och inte de produktionstekniska hindren och lösningar som detta arbete handlar om. Strukturerad intervju hade varit begränsande då författaren inte känner till vilka hinder och lösningar det finns inom området.

2.3.3 Urval

Det är viktigt att urvalet av respondenter blir så relevant som möjligt i förhållande till frågeställningen. Det finns två typer av urval, slumpmässigt och icke-slumpmässigt. Vid slumpmässigt urval är sannolikheten att undersökas lika stor för alla i populationen medan det vid icke-slumpmässigt urval eftersträvas en representation av populationen, efter t.ex.

kön eller ålder. Om t.ex. kvinnor utgör en viss procentandel i populationen ska andel kvinnliga respondenter vara detsamma. Det innebär att vid icke-slumpmässigt urval finns det kriterier för att ingå i urvalet (Trost & Hultåker, 2016).

I det här arbetet valdes tjänstemän som arbetar i produktion som undersökningsgrupp då det är produktionstekniska aspekter som ska undersökas. Då det specifika området är relativt utforskat eftersträvades en variation i ålder, erfarenhet och utbildning hos respondenterna för att fånga upp olika synvinklar på frågeställningen. De utvalda respondenterna är antingen arbetsledare och platschefer, och de arbetar dessutom inom två olika företag. Urvalet har därmed skett icke-slumpmässigt, men tyvärr hittades inga kvinnor att intervjua som uppfyllde kriterierna. Yrkesarbetare intervjuades inte då det eftersträvades att respondenterna hade ett mer översiktligt synsätt samtidigt som de har kunskap om praktiskt utförande. Respondenterna presenteras i Tabell 1.

Tabell 1 Respondenternas ålder, titel, utbildning och antal år i branschen

Respondent	Ålder	Titel	Utbildning	Antal år i byggbranschen
Respondent 1	34 år	Arbetsledare	Högskoleingenjör	15 år
Respondent 2	52 år	Platschef	Byggprogrammet på gymnastiet	35 år
Respondent 3	28 år	Arbetsledare	Högskoleingenjör	5 år
Respondent 4	64 år	Platschef	Gymnasieingenjör	38 år
Respondent 5	33 år	Platschef	Civilingenjör	9 år

Bortfall är en risk i alla undersökningar i olika utsträckningar. Ejlertsson (2014) delar upp bortfall i externt bortfall som är när en person inte vill eller har möjlighet att svara och internt bortfall som innebär att personen har deltagit i studien men inte svarat på alla frågor. I den här studien skedde inget externt bortfall, alla som kontaktades för medverkan i intervju valde att delta. Internt bortfall uppstod vid intervju 1 då respondenten inte arbetat med sandwichelement och därmed inte kunde svara på frågorna kopplat till det.

2.4 Giltighet

När det gäller en studies giltighet brukar begreppen validitet, reliabilitet och representativitet användas. Validitet beskriver koppling mellan det som mäts och det man vill mäta (Höst et al, 2006). Ett exempel är om man mäter kunskap genom att mäta antal respondenter med utbildning så måste man ta hänsyn till vad för sorts utbildning respondenterna har. Validiteten ökar om fler metoder, t.ex. både kvalitativa och kvantitativa, används (Höst et al, 2006; Stukát, 2011).

Reliabilitet handlar om tillförlitligheten vid insamling av data och analys. Att vara noggrann vid datainsamling och analys ger bra reliabilitet. Exempel på hur man kan gå tillväga för att uppnå god reliabilitet är att tydligt redovisa hur studien har genomförts. För att undvika slumpmässiga variationer bör kvantitativa data analyseras med statistiska metoder och för kvalitativa data är urvalet av stor betydelse. Representativitet beskriver

hur generella slutsatserna är och beror mycket på urvalet. Representativiteten försämras om det sker bortfall i studien eller om urvalet inte är representativt (Höst et al, 2006). Studien giltighet diskuteras i kap. 6.1.

3 Teori

3.1 Val av element att undersöka i studien

När det gäller vilka element som passar bäst att återbruka finns flera aspekter att ta hänsyn till. Enligt Asam (2007) är det prefabricerade element som kan återbrukas och de finns i form av bjälklag, väggar, pelare, balkar och övriga element så som trappor och socklar. När det gäller beständighet påverkas betong mest av fukt i kombination med exempelvis salter och frysning, och enligt Asam (2007) är det ur beständighetsynpunkt därför bäst att återanvända element från inomhusmiljö. Det här arbetet undersöker därför återbruk av element från inomhusmiljö och inte element i utomhusmiljö, exempelvis balkonger och parkeringshus.

Jämfört med bjälklag och väggar är pelare och balkar ur konstruktionssynpunkt mer optimerade, dvs dimensionerade för att klara dimensionerande last med så liten storlek som möjligt. Nackdelen med det är att livslängden blir kortare. Ytterligare en skillnad mot väggar och bjälklag är att pelare och balkars dimensioner och armeringsmängd har en större variation vilket minskar antalet användningsområden som är lättare att skapa om element är mer standardiserade. Dessa två anledningar innebär att pelare och balkar inte är optimala för återbruk. Övriga element så som trappor och socklar är inte heller aktuella då det enligt Asam (2007) finns stor variation i utformning och de elementen utgör en liten del av byggnader.

Fördelen med bjälklag- och väggelement är att de är stora element vilket ökar den ekonomiska lönsamheten. Båda elementtyperna är också flexibla då de används i många byggnader. När det gäller bjälklagselement är de i stor utsträckning standardiserade, då bredden på bjälklag är standardiserad och den dimensionerande lasten i kontor och bostäder är ganska lik, vilket innebär att bjälklagens dimensioner till största del beror på spännvidden. Bjälklag är därmed lämpliga element att återanvända då variationen av hållfasthet och dimensioner inom gruppen är liten. Väggelement dimensioneras för olika last beroende på hur många våningar de bär, dock krävs en minimitjocklek på väggelement för att det praktiskt ska gå att gjuta dem på ett bra sätt vilket innebär att det ofta är överdimensionerade. Det är positivt ut återanvändningssynpunkt då det gör elementen med flexibla och antalet användningsområden ökar. Asam (2007) beskriver att bjälklag och innerväggar har i pilotprojekt visats fungera bra att återbruka. I det här arbetet väljer jag därför att avgränsa mig till prefabricerade mellanväggar och bjälklagselement i betong samt sandwichelement av betong och cellplast.

Resonemanget ovan bygger på hur dagens normer ser ut. Dock är elementen som det är aktuellt att återanvända från äldre byggnader då det fanns andra normer. En litteraturstudie

av hur hus byggdes på 50-, 60- och 70-talet (se kap. 3.4) visar att under den tidsperioden användes vissa standardmått för bjälklag, mellanväggar och fasadväggar men inte för balkar och pelare, vilket stärker ovanstående resonemang.

De element som undersöks i studien är betongbjälklag, väggar i massiv betong och sandwichväggar i betong och cellplast.

3.2 Begrepp

Återanvändning och återbruk är synonymer och innebär att använda förbrukade varor eller material för ursprungligt eller liknande ändamål. För betong kan det innebära att betongelement från en förbrukad byggnad används i en nyproducerad. Återvinning är när förbrukat material används för att framställa en slutprodukt med ett annat användningsområde än den ursprungliga. För betong kan det innebära att förbrukade betongelement krossas ner och används som ballast i ny betong eller som fyllnadsmassor vid vägarbeten, då har användningsområdet jämfört med den ursprungliga betongen förändrats (Nationalencyklopedin 2019).

3.2.1 Avfallshierarki

Avfallshierarkin är ett ramdirektiv från EU som beslutades 2008 och infördes 2011 i svensk lagstiftning (Avfallsförordningen SFS 2011:927). I direktiv 2008/98/EG beskrivs den prioriteringsordning som lagar och politik ska ha inom avfallsområdet, kallat avfallshierarkin. Den ser ut som följande:

Avfallshierarkins prioritetsordning:

1. Förebygga avfall
2. Återanvändning
3. Materialåtervinning
4. Annan återvinning, till exempel energiåtervinning
5. Bortskaffande (deponi)

I första hand ska avfall förebyggas, vilket kan göras genom ett effektivt utnyttjande av råvaror vid produktion. I andra hand ska återanvändning ske, t.ex. genom att betongelement från en rivna byggnad används vid nyproduktion. Nästa steg är materialåtervinning vilket kan vara att betong krossas ned och används som fyllnadsmassor. Är ingen av de tre översta stegen möjliga ska annan återvinning ske, t.ex. energiåtervinning. För betong är det inte möjligt men för t.ex. träavfall är det en möjlighet att bränna avfallet och ta vara på värme som skapas. I sista hand ska bortskaffande/deponi användas.

3.2.2 Cirkulär ekonomi

Vid linjär ekonomi består varans eller produktens livslängd av att tillverkas, förbrukas och slutligen kasseras. Cirkulär ekonomi kallas även kretsloppsekonomi och till skillnad från linjär ekonomi används restprodukter från produktion och konsumtion vid produktion av nya material. Cirkulär ekonomi utnyttjar resurser effektivt och har en hög återvinningsgrad (Nationalencyklopedin 2019). Enligt Kellner (2017) är linjär ekonomi ohållbar i längden då den bygger på att jordens resurser är oändliga och tillgängliga. Kellner (2017) menar vidare att de begränsade resurserna redan börjar märkas genom att priserna på råvaror har tredubblats de senaste 10 åren. Cirkulär ekonomi och avfallshierarkin kan kopplas till varandra genom att cirkulär ekonomi innebär arbete för att ta sig högre upp i avfallshierarkin (Helm, 2016).

3.2.3 CE-märkning av byggmaterial

Inom EU måste byggprodukter som omfattas av en harmoniserad standard vara CE-märkta för att få säljas (Boverket 2018). Enligt Boverket (2018) är harmoniserad standard ”En harmoniserad teknisk specifikation som tas fram av standardiseringsorganisationerna och publiceras i EUT”. Enligt EUR-Lex (2018) innefattas förtillverkade betongprodukter så som håldäcksplattor, plattbärlagelement och väggelement, som är de elementtyper det här arbetet behandlar, av harmoniserad standard. Det innebär att dessa elementtyper behöver vara CE-märkta för att få säljas. Detta gäller inte bara tillverkare av element utan även importörer och distributörer (Boverket 2018).

För att produkten ska kunna CE-märkas krävs att en prestandadeklaration görs. I den beskrivs produktens egenskaper och hur den är tänkt att användas (Boverket 2018). CE-märkningen betyder inte att produkten är lämplig eller godkänd att användas i ett visst sammanhang utan det är upp till byggherren att avgöra det med utgångspunkt i prestandadeklarationen som följer med en produkt som är CE-märkt.

CE-märkningen som finns hos nytillverkade material är mycket inarbetad i byggbranschen, vilket blir en svårighet vid återanvändning. Det finns materialtester där t.ex. hållfastheten testas men det finns inget kvalitetssystem för återvunna material och det ger en osäkerhet hos kunderna (Camacho Sobek & Fetahovic, 2018).

3.3 Återanvändning och återvinning av betongavfall idag

Betong började användas i stor skala på 50-talet och är idag ett av de mest använda byggmaterialen (Björk, Kallstenius & Reppen, 1983; Johansson, Brander, Jansson, Karlsson, Landel & Svennberg, 2017). Grundkomponenterna i betong är cement, vatten och ballast, men betong kan även innehålla tillsatsmedel och tillsatsmaterial. Tillsatsmedel används för att ändra egenskaperna för färsk eller hårdnad betong, t.ex. förbättra arbetbarhet, accelerera hårdningen eller påverka lufthalten. Tillsatsmaterial

kallas de ämnen som till viss del kan ersätta cement, så som flygaska, silikat och slag (Svensk Byggtjänst, 2017).

Betongavfallet som uppkommer vid rivning samlas idag ihop, krossas ner och eventuell armering som kommit med separeras med magnet. Idag används betongavfall huvudsakligen i fyllnadsmassor vid anläggning av hårdgjorda ytor och som ballast vid olika vägbyggnationer så som bilvägar, parkering och cykel-/gångvägar. Fördelen med de här två användningsområdena är att betongavfallet inte måste bestå av ren betong utan kan användas även om det är förorenat med exempelvis tegel, puts och metaller. Det är även möjligt för betongavfall att användas krossat som ballast i ny betong, då finns det dock större krav på att betongen är fri från föroreningar. För användning av krossad betong som ballast finns svensk standard som styr hur och för vilka konstruktioner det kan användas (Johansson et al, 2017).

Enligt Johansson et al (2017) är cellplast ett av de få material vid rivning som är omöjligt eller inte värt att separera. Cellplast används framförallt vid grunden och i sandwichelement. Återbruk av sandwichelement kommer alltså minska avfallet av cellplast.

3.4 Återbruk

3.4.1 Återbruk generellt

Användning av återbrukade byggkomponenter var aktuellt på 90-talet och några pilotprojekt genomfördes. Användningen kom emellertid inte igång då projekten blev kostsamma, det var osäkert hur bra det var för miljön och intresset hos kunden var svagt (Renström, 2017). De senaste åren har återbruk blivit aktuellt igen i samband med ett ökat miljö- och klimatfokus i samhällsdebatten.

De projekt som idag använder återbrukade element är ofta pilotprojekt eller av komponenter som har kulturella och arkitektoniska värden. Vid pilotprojekt med användning av återbrukade byggkomponenter kan ses att å ena sidan så minskar materialkostnaden, men å andra sidan kostar själva hanteringen av de återbrukade materialen mer än för nyttillverkade. Det finns även merkostnader i utformningsskedet som blir mer komplicerat vid användning av återbrukade element (Renström, 2017).

Lämpliga komponenter

Enligt Asam (2007) är återbruk generellt mest lönsamt med byggkomponenter som kräver omfattande hantering, då pengar kan sparas på arbetstimmarna för hanterverkare. Även byggdelar som kräver mycket energi vid tillverkning, exempelvis betong, är lönsamt att återbruka.

Renström (2017) anser att vid återbruk är det viktigt att komponenterna inte innehåller giftiga ämnen, att de är ekonomiskt försvarbara att återbruka och att de inte är

sammansatta av flera material utan homogena. Heinsoo och Westerbring (2016) anser å andra sidan att viktiga faktorer är att materialet eller komponenten är standardiserade, tåliga och antikvariskt värdefulla. Vidare anges det också att lönsamhet är viktigt, t.ex. är strömbrytare, eluttag och kabelskydd mer lönsamma att köpa in än att återanvända då de är förhållandevis billiga och för att det krävs stor tidsåtgång vid demontering av komponenterna. Enligt Heinsoo och Westerbring (2016) är trä, VVS, elektriska strukturer, belysningsarmaturer, dörrar, fönster och undertak exempel på material och komponenter som är lämpliga för återbruk.

Fastighetsföretaget Wihlborgs har genomfört ett projekt där tre byggnader dekonstruerades, flyttades och byggdes upp igen på en ny tomt. De material som kunde återanvändas var bl.a. tegel, pelare, stomme, betong, ytterväggselement, prefabricerade element och sandwichelement, stål, lättbetongtak, yttertak, fönster och dörrar, elstegar, golv och mineralull (Persson, 2015).

För- och nackdelar

Det finns flera fördelar med återbruk, behovet av råmaterial och avfallsmängder vid produktion, drift och rivning minskas samt minskad energiåtgång och produktion av skadliga emissioner vid produktion (Hradil, 2014; Renström, 2017). De hindrande faktorerna är framförallt brist på återbrukade komponenter och brist på aktörer som kan hantera dessa komponenter. Andra hinder är även gifter i material, kostnader i samband med demontering och utformning, motstånd bland aktörer att arbeta med återbrukade komponenter, avsaknaden av standarder för återbrukade komponenter, bristfällig lagstiftning inom området och ansvar för garanti (Renström, 2017).

Framtiden

För att det ska vara lönsamt att återbruka krävs att kostnaden för demontering och hantering av elementen är lägre än för nya element. Troligen kommer detta bli mer lönsamt i framtiden i takt med att deponikostnad och priset på råmaterial ökar (Renström, 2017). Enligt Heinsoo och Westerbring (2016) kan standardiserade mått, ökad kunskap kring lämpliga komponenter för återbruk och att designa för demontering redan vid konstruktionen av byggnaden vara åtgärder som ger en ökning av återbrukade element. Persson (2015) å sin sida menar att ju större komponenter en byggnad har desto större är möjligheterna till att kunna återbruka dem medan mindre komponenter medför en längre tidsåtgång som kan riskera att göra processen mindre lönsam (Persson, 2015). Vidare menar Renström (2017) att det är två yrkesroller som har stor påverkan på återbruk i byggnader: beställare som kan påverka genom att öka efterfrågan på återbrukade komponenter och arkitekter som kan möjliggöra utformningar anpassade för återbrukade komponenter.

3.4.2 Återbruk av betong

Forskning om återbruk av betongelement har kommit längst i Tyskland. I Östtyskland fanns under efterkrigstiden endast en handfull olika elementsystem. Systemen var mycket

standardiserade både när det gäller elementen och planlösningar (Huuhka et al, 2015). I modern tid har Tyskland haft problem med tomma bostäder pga. minskad befolkning, framförallt i östra Tyskland där var femte bostad i flerbostadshus står tom (Deilmann, Effenberger & Banse, 2009)

När det gäller stål-, trä- och betongkomponenter anses hinder för återbruk framförallt vara kostnad, inkonsekvent kvalitet och kvantitet, uppfattning och förtroende (Gravina de Rocha & Aloysio Sattler, 2009; Hradil, 2014). Enligt Asam (2007) är ekonomiska faktorer avgörande för användning av återbrukade betongelement i större skala, andra hinder är även logistik och anpassning av planlösning. Huuhka och Hakanen (2015) anser att kostnad inte är ett hinder för återbruk, men de skriver själva att detta inte är i linje med annan gjord forskning inom området. Hradil (2014) menar att de mest utmanande komponenterna att återvinna är de lastbärande då de måste ha hög kvalitet och nå upp till hållfasthetskrav av säkerhetsmässiga skäl.

Huuhka och Hakanen (2015) menar att i framtiden kommer betongbalkar ha störst potential, därefter pelare och bjälklag, och minst potential kommer sandwichelement ha. Potentialen för olika elementtyper hänger ihop med vilka hinder som upplevs och slutsatsen Huuhka och Hakanen (2015) drar är att när det gäller betong är det olika hinder för balkar och pelare respektive bjälklag och sandwichelement. För balkar och pelare ansågs det största hindret vara en brist på etablerad praxis, så som brist på kvalitetskontroll, brist på utbud och efterfråga och brist på tillämnningar och exempel. När det gäller bjälklag och väggar sågs ansågs största hindret vara svårigheter vid demontering. Om det löses så är resten av hindren praxis- och skickrelaterade, liknande de för balkar och pelare (Huuhka & Hakanen, 2015). En slutsats som kan dras är att betongpelare och betongbalkar upplevs ha större potential då de är lättare att dekonstruera. Huuhka och Hakanen (2015) har dock inte haft med väggelement i massiv betong i sin undersökning.

Huuhka och Hakanen (2015) tar också upp att även om avfallshierarkin har införlivats i finsk lagstiftning så har inga riktlinjer utformats, detta gäller även för Sverige. Huuhka och Hakanen (2015) rekommenderar beslutsfattare att agera på bristen på etablerad praxis då de anser det vara det största hindret för återbruk av betongelement.

I Finland gjordes en inventering av betongelement från hus byggda under 70-talet. Studien kom fram till att det fanns stor potential för återbruk av betongelement. I studien menades att återbruket framförallt kan användas för småhus då väggelementen från de äldre byggnaderna har svårt att klara dagens krav på golvhöjd och akustik. Ytterligare en svårighet är att många bjälklag är platsgjutna vilket minskar återanvändningsmöjliga element då det bara är prefabricerade element som kan återanvändas (Huuhka, et al 2015).

Exempel på pilotprojekt

Persson (2015) gjorde intervjuer med personer som var inblandade i ett projekt där återbrukade material användes vid byggnationen. Det framkom att fördelen med att återanvända betong och betongelement är att de är lätta att flytta eftersom de är robusta, relativt tåliga och stora vilket gör det mer lönsamt. De är även flexibla ur brandsynpunkt då betong är brandskyddande i sig, och dessutom innehåller betong inga gifter.

Svårigheterna med att återbruka betong är platsbrist vid förvaring och risk för skador, dock är betong ett robust material där risken för skador är mindre. Andra svårigheter är hur hantering av garanti ska ske och att få det ekonomiskt lönsamt. Det framkom även att olika aktörer har olika syn på återbruk, arkitekten upplevde inte att det fanns några större svårigheter, medan rivningsentreprenaden såg fler hinder, framförallt att material kräver en försiktig hantering (Persson 2015).

Mellan 1996–2002 genomfördes två pilotstudier med användning av återbrukade betongkomponenter i Sverige. I det ena projektet demonterades tomma flerbostadshus i Finspång och de återbrukade byggdelen användes till byggandet av 22 studentlägenheter i Linköping. De återbrukade byggkomponenterna bestod framförallt av platsgjuten betongbjälklag och betongväggar. Även i det andra projektet byggdes studentlägenheter i Linköping men här kom byggkomponenterna från flerbostadshus i Norrköping. Syftet med rivningen i Norrköping var för att göra det aktuella området mer attraktivt, framförallt demonterades övre våningar. Den ursprungliga tanken var att det återbrukade materialet skulle räcka till 500 lägenheter men då demonteringen visade sig bli betydligt dyrare än demolering där betong återvinns genom nedkrossning byggdes bara 50 lägenheter med återbrukade byggkomponenter och resten med nyttillverkade element. De aktuella byggkomponenterna i detta projekt var bjälklag, innerväggar och ytterväggar i prefabricerade betong. Demontering av prefabricerade element istället för platsgjutna sparade tid då inte lika mycket tid behövd läggas på att såga itu elementen (Eklund, Dahlgren, Dagersten & Sundbaum, 2003).

I de två pilotprojekten upplevdes inte några allvarliga tekniska problem av entreprenörerna. De problem som uppstod var framförallt organisatoriska och finansiella. Andra faktorer som var viktiga var logistik och att det var olika aktörer vid demontering respektive montering av den nya byggnaden. Samordningen hade förbättrats om det bra varit en aktör, t.ex. försiktigare hantering av elementen vid demontering och lagring (Eklund et al, 2003).

En annan försvårande faktor var byggnormer som ändrats och inte är samma som vid den tidpunkt då dessa äldre hus byggdes. Ett problem var akustikkraV som inte uppnåddes. Det löstes i projekt 1 som bestod av platsgjuten betong av att gjuta ett betonglager ovanpå bjälklagen. I det andra projektet där prefabricerade betongelement användes löstes akustiken med isolering och ytbeläggning. Ett annat krav som blivit hårdare är energikrav, i båda projekten placerades extra isolering och ytbeläggning på ytterväggarna för att på upp till de nya energikraven. I Nya Udden hanterades hållfasthet genom tester på bjälklagen och extra stålstöd som förstärkte (Eklund et al, 2003).

Enligt Eklund et al (2009) kommer återbruk ske i större skala om det blir ekonomiskt lönsamt. Några faktorer som gör det mer ekonomiskt lönsamt är om projekten är i större skala då större projekt gör det möjligt att utveckla tekniska lösningar som förbättrar lönsamhet och om entreprenören vet att det kommer bli fler projekt och då kan se ett värde i att utveckla tekniska lösningar.

Ekonomi i pilotprojekten

I några pilotprojekt med användandet av återbrukade betongelement har slutkostnaden för projektet beräknats och jämförts med vad projektkostnaden skulle bli om byggandet skedde på ett konventionellt sätt, dvs med nytillverkade betongelement. Nedan redovisas för några pilotprojekt hur återbruket har påverkat projektkostnaden och vad anledningarna till kostnadsminskningen respektive kostnadsökningen var.

Enligt Asam (2007) är återbrukade betongelement 50% billigare än jämförbara nytillverkade i Tyskland, och denna skillnad kommer öka i framtiden i takt med att energipriset ökar. Vid byggande med återbrukade byggkomponenter i pilotprojekten sjönk kostnadsbesparingen för projektet till 26% på grund av att byggkomponenterna inte var designade för återbruk och nya tekniska lösningar krävdes som inte tidigare hade använts. I pilotprojekten var man även tvungen att tillåta större tolerans i och med att elementen inte var lika raka som nytillverkade vilket också ledde till större kostnader. Kostnadsbesparingen på 26% var dock vid optimal användning.

Enligt Eklund et al (2003) innebär stor andel återbruk av betongelement en ökad kostnad med 10-15% i båda pilotprojekten jämfört med konventionellt byggande. I just dessa två svenska projekt kompengades denna extrakostnad med statliga bidrag. Entreprenörerna i de två projekten hade ingen tidigare erfarenhet av liknande projekt och enligt entreprenörerna hade kostnadsökningen på 10-15% kunnat sparas in relativt enkelt i framtida projekt. Dessa två projekt var i ganska liten skala, 26 respektive 54 lägenheter, och Eklund et al (2003) menar att liknande projekt kan bli lönsamma om de är i större skala så att stor-skaliga vinster kan göras och om entreprenören har tidigare erfarenhet och kunskap. Eklund et al (2003) menar också att det var mer ekonomiskt lönsamt att använda prefabricerade element vid återbruk då det var enklare att demontera.

Enligt Huuhka et al (2015) finns besparingar på 20-30% vid återbruk. Tyvärr är det svårt att hitta för vilken typ av byggnad och byggkomponenter då ursprungskällorna antingen var på finska eller opublicerat manuskript.

3.5 Betongelement för återbruk

3.5.1 Äldre byggteknik - bakgrund

De första konstruktionerna i betong har sitt ursprung hos romarna. Ett känt byggnadsverk i betong är Pantheon i Rom som byggdes 120 e.Kr. Ursprunget för den moderna betongen är 1820-talets England då Portlands cement utvecklades och patenterades. På 1850-talet gjordes de första armerade konstruktionerna vilket utvecklade användningsområdena för materialet, på 1910-talet kom tekniken till Sverige. Förspänd betong patenterades i USA redan 1886 men det dröjde till 1930- och 1950-talen för utveckling och användning att ta fart (Svensk Byggtjänst, 2017).

På 1930-talet började betong användas som bjälklag för byggnader med stora spännvidder, även brandskydd och hållfasthet blev bättre med det nya byggnadsmaterialet (Bjerking, 1978). På 50-talet började betong användas i större skala och slog igenom som stommaterial för flerbostadshus. Framförallt var det billigare och tog kortare tid än murning som tidigare hade dominerat. Tidigare bestod stommen hos flerbostadshus av bärande fasadmurar och längsgående hjärtväggar, vilket ersattes av bärande tvärsgående väggar av betong och trapphus i betong som stabiliserar i längdled (Björk et al, 1983).

Medan 1950-talet var en tid av nya idéer och experiment inom byggande blev 1960-talet en tid av byggande av stora bostadsområden med liknande hus. Under 50-talet hade det gjorts stora investeringar i formar för betonggjutning och fabriker för prefabricerade betongelement och under 60-talet skulle investeringarna ge avkastning (Bjerking, 1978). Prefabricerad betong blev en mycket framgångsrik byggteknik och gick från att stå för några enstaka procent vid början av 60-talet till att stå för 20% av flerbostadsbyggandet i slutet av 60-talet. Framgångsfaktorn för elementsystem var att byggandet gick snabbt vilket passade bra för det pågående miljöprogrammet i landet, dessutom kunde många lägenheter produceras till låg kostnad vilket var ytterligare en fördel (Björk et al, 1983).

På 1970-talet kom reaktioner mot byggandet av stora, standardiserade betonghus. Krav höjdes på stadsplanering och variation i exteriör vilket tog uttryck bl.a. genom variation i färg, våningsantal, utskjutande burspråk och indragna fasadpartier (Björk et al, 1983). Byggandet av flerbostadshus minskade medan byggandet av småhus ökade (Bjerking, 1978).

3.5.2 Äldre byggteknik - dimensioner

Elementsystemet bestod av bärande sandwichelement i ytterväggen, bjälklag och mellanväggar i betong, samt prefabricerade stålelement i takkonstruktionen. Installationer i kök och badrum gjordes i särskilda väggelement (Björk et al, 1983).

Bjälklag

Skivhus byggdes 1965–80 med tyngdpunkt på åren runt 1970. Bjälklagen var i betong med tjocklek 200mm. Typiska dimensioner för bjälklagen var 2,9x5,45m vid mittsektionerna och 2,9x6,75m vid gavelsektionerna, samma mått gällde för vindsbjälklaget. De mindre dimensionerna (mittsektion) var slakarmerade medan de större dimensionerna (gavelsektion) var av förspänd armering. Lamellhus började byggas 1965 med tyngdpunkt på åren runt 1980, dvs lite senare är skivhus. För denna sorts byggnader var betongbjälklagen 2,4m eller 2,9m breda och 5,45m eller 6,35m långa. Tjockleken var 200mm även här, och vindsbjälklag gjordes med samma dimensioner. En skillnad jämfört med skivhus är att bjälklagen i lamellhus hade förspänd armering (Björk et al, 1983).

Sandwichelement

Även dimensionerna för fasadelementen varierar något mellan de olika byggstilarna. Fasaderna bestod av sandwichelement med två betongskivor med mellanliggande

isolering av cellplast. Den inre betongskivan fungerar som upplag för bjälklagselementen. Hos skivhus varierar bredden mellan 2,1m och 4,8m medan lamellhus har elementbredd på 2,85m, 5,6m och 6,35m. Sandwichelementen hos skivhus hade utifrån och in dimensionerna 60mm betong, 100mm cellplast och 120mm betong. För väggar leds lasterna nedåt och är störst vid bottenvåningen. Dimensionerna i bottenvåningen ändras till 60mm betong, 50 mm cellplast och 170 mm betong. Hos lamellhus är dimensionerna 60mm betong, 140 cellplast och 80mm betong utifrån och in (Björk et al, 1983).

Till skillnad från Björk et al (1983) delar Bjerking (1978) upp elementbyggda hus i betong i två system: tunga system och lätta system. Tunga system bestod av prefabricerade väggar och bjälklag medan lätta system bestod av prefabricerade väggelement och platsgjutna bjälklag. Båda systemen började användas under 50-talet och användes i stor skala under 60-talet. Prefabricerade sandwichelement bestod utifrån och in av 60mm betong, 70 mm isolering och 90mm bärande betong. Sandwichelement var våningstäckande och rumshöga.

Mellanväggar

Det andra systemet, lätta system, fanns i två varianter: låga hus upp till två våningar och höga hus på minst 3 våningar. Låga hus bestod av en konstruktion med pelar-balk-system och platsgjuten grund och bjälklag. Systemet för höga hus byggdes upp med prefabricerade mellanväggar i betong på 1–1,2m i bredd och våningshöga. Elementen gjöts på plats i formar eller i fabrik. Tjockleken var 160mm för standardväggar och 320mm för installationsväggar. Bjälklagen platsgjöts och ytterväggen byggdes upp med regler (Bjerking, 1978).

3.5.3 Dimensioner på nya prefabricerade betongelement

Bjälklag

De äldre bjälklagselementen kan jämföras med dagens håldäck och massivbjälklag. I bredd är nytillverkade håldäck 1,2m och massivbjälklag 1,2m eller 2,4m (Svensk Betong, 2019a). Detta är något smalare än de äldre elementen där många var 2,9m breda och några 2,4m. När det gäller tjocklek är massivbjälklag 200mm enligt Svensk Betong (2019a). För håldäck beror tjockleken till största del på spännvidden, används de längdmått som angivits ovan fås 200mm i tjocklek (Svensk Betong, 2019b).

Sandwichelement och mellanväggar i massiv betong

Äldre mellanväggar har tjockleken 160mm enligt kap. 3.4.2. Enligt Svensk Betong (2019c) dimensioneras dagens väggar till tjocklek 150mm vilket klarar lasten från 6–12 våningar med bjälklag på 6-12m i spännvidd. Precis som äldre element är de våningshöga. Tjockleken 150mm gäller även för innerskivan hos sandwichelement då det är den som bär lasten.

Informationen ovan är tagen från Svensk Betong som är en branschorganisation. Där kunde dock inte dimensioner för sandwichelements isolering och ytterskiva hittas så då

gjordes en sökning på aktörer i branschen. Enligt Strängbetong (2012) är normal isolertjocklek 200mm och betongytterskiva 75mm, och enligt Abetong (u.å.) är normal isolertjocklek 200mm och betongytterskiva 70mm.

3.5.4 Jämförelse av äldre och dagens elementdimensioner

I Tabell 2 görs en sammanställning av dimensionerna för de tre elementtyperna från de två tidsperioderna, 60-, 70- och 80-tal, respektive nutid.

Tabell 2 Sammanställning över dimensionerna för bjälklag, mellanväggar och sandwichelement från byggnader från 60-, 70- och 80-talet och från dagens nyproducerade.

	Äldre (60-, 70- och 80-tal)	Nyttillverkade (2019)
BJÄLKLAG		
Tjocklek	200mm	200mm
Bredd	2,4m eller 2,9m	1,2m eller 2,4m
Längd	5,45m, 6,35m eller 6,75m	
MELLANVÄGGAR		
Tjocklek	160mm	150mm
Bredd	1-1,2m	
SANDWICHELEMENT		
Tjocklek innerskiva	80mm, 90mm, 120mm eller 170mm	150mm
Tjocklek cellplast	50mm, 100mm eller 140mm	200mm
Tjocklek ytterskiva	60mm eller 80mm	70mm eller 75mm
Bredd	2,1m, 2,85m, 4,8m, 5,6m eller 6,35m	

När det gäller bjälklag är dimensionerna från de olika tidsperioderna mycket lika. En väsentlig skillnad är dock att de äldre elementen är av typen massivbjälklag vilket i princip inte alls används idag. För massiva mellanväggar är tjockleken mycket lik. Även sandwichelementen har lika dimensioner, framförallt inner- och ytterskivan av betong. När det gäller isolering är den tjockare på dagens element. För äldre element är längden på bjälklag och bredden på väggelementen svårt att jämföra med dagens då dagens byggande inte är lika standardiserat som på 60-, 70- och 80-talet och det därmed finns en större variation i dagens element.

3.6 Demontering

Den stora fördelen med återbruk av prefabricerade betongelement är att de är lämpliga att demontera vid rivning av en byggnad, då de är i tydligt separata delar och därmed enklare kan skiljas från varandra, jämfört med platsgjuten betong. Nackdelen är att elementen inte är så flexibla utan vad de ska användas till måste i hög grad anpassas till vad de är utformade för, t.ex. kan element förkortas men inte förlängas. För väggelement sågas fogen mellan elementen upp och väggelementet tar på så sätt ingen skada. Om det finns sammanhållande kopplingar mellan elementen i form av armering och svetsförband, som

exempelvis hos bjälklag, skärs dessa av. Efter separation kan elementen lyftas bort med kran (Heinsoo & Westerbring, 2016).

Förspända element är svårare att demontera, då spänningen i armering kan orsaka oförutsägbara rörelser i betong om de sågas av vilket kan vara farligt. Vid demontering av förspända element är det viktigt att ta ner element i rätt ordning så att det aktuella elementet inte har någon last vid demontering (Ekergård, 2012).

Enligt Heinsoo och Westerbring (2016) är dock möjligheterna till återvinning vid rivning större än återanvändning, dels för att det är lättare att dekonstruera ett material för återvinning än för återanvändning, dels är det högre krav på kvalitén hos materialet vid återanvändning.

3.7 Montering av nya prefabricerade betongelement

3.7.1 Väggar

Vid montering av prefabricerade väggar kontrolleras först att fogarna vid skarven mot bjälklaget är armerade och att byglar är monterade runt armeringen. Skyddsräcken skruvas bort. Lyftkrokar fästs i väggelementet och elementet lyft upp en liten bit från transportbilen och förtagningsbultar skruvas in i elementets underkant. Väggelementet lyfts upp och förs ned på plats så att förtagningsbultarna hamnar i förtagningshålen, se Figur 2.



Figur 2 Väggelementet förs på plats. Lyftet sker med hjälp av lyftkrokar som är fastsatta i elementet (ByggAi, 2008a).

Passar inte hålet för bultarna på väggelementets undersida behöver hål göras i bjälklaget med hjälp av bilningsmaskin. När elementet förts ned kontrolleras det att det står i rakt, eventuellt behövs distansbrickor för att för att få elementet rakt. Efter det monteras strävor mellan bjälklaget och väggelementet med expanderbultar, se Figur 3. Strävorna justeras

så väggelementet hamnar i lod och då lossas lyftkrokarna. När alla element är på plats gjuts fogarna mellan väggelementen igen med bruk (ByggAi, 2008a).



Figur 3 Stråvor stabiliserar väggelementet till dess att alla element är på plats, sammankopplade med varandra och gjutning av skarvarna har gjorts (ByggAi, 2008a).

3.7.2 Bjälklag

De bjälklag som är aktuella för återbruk är av typen massivelement. Det används i ganska liten utsträckning idag, då håldäck och plattbärlag är dominerade. Enligt Svensk Betong (2019d) monteras massivbjälklag på samma sätt som håldäck och det är den beskrivningen som följer nedan.

Transportbil kommer med hålelement liggande ned. Lyftok fästs på hålelementet och elementet lyfts från transportbilen med en tornkran, se Figur 4 (ByggAi, 2008a). Lyftok är en alternativ lyftmetod till lyftkrokar.



Figur 4 Lyft av håldäck med lyftok (ByggAi, 2008a).

Elementet sänks ner över förankringsdubbar (se Figur 5) och justeras så att det ligger rätt. Lyftoket lossas och flyttas med hjälp av kranen ner till transportbilen där nästa element väntar. När alla element är på plats sätts skyddsräcken upp runt om. Dragband läggs ut tvärs över elementen och svetsas. Fogarna mellan elementen armeras och tätas underifrån. Slutligen gjuts fogarna igen med betong eller bruk (ByggAi, 2008a).



Figur 5 Håldäcket sänks ned på förankringsdubbar som pilarna pekar på i bilden (ByggAi, 2008a).

3.8 Håltagning i betong

Håltagning i återbrukade betongelement kan behöva göras för installationer så som eldosor, ventilation och vvs, eventuellt även för dörrar och fönster. Sågning i betong behöver även ske när betongelement ska separeras från varandra vid demontering. Håltagning i betongväggar och –bjälklag kan göras med kärnborrning eller sågning. Borrars hål med en diameter på över 100mm måste maskinen spännas fast i ett stativ, vilket kan göras i tak, vägg och golv, se Figur 6(a). Ska sågning ske kan sågen fästas på en styrskena som gör att sågningen blir rak, se Figur 6(b) (ByggAi, 2008b)



(a)



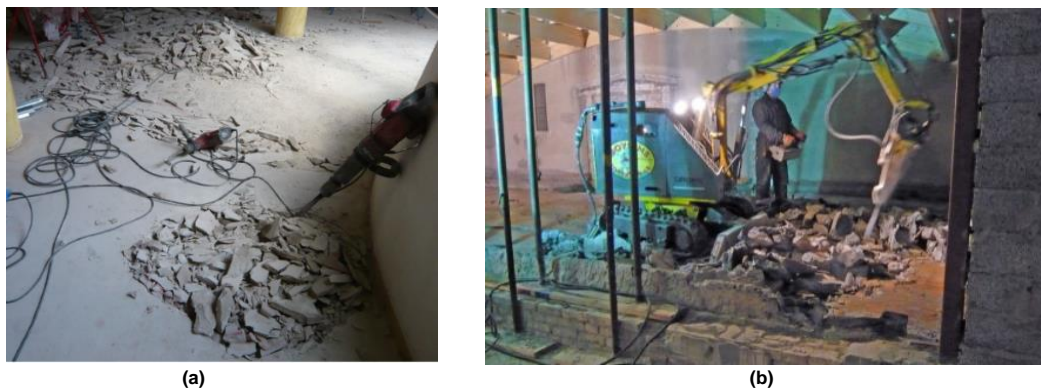
(b)

Figur 6 Kärnborrning i betongvägg med maskinen fastspänd i tak, golv och vägg (a) Sågning i betongvägg med styrskena för rakt sågsnitt (b) (ByggAi, 2008b).

Vid bearbetning av material och framförallt vid håltagning i massiva material så som betong och tegel uppstår värme. Torr bearbetning kan ske vid borrning i exempelvis lecablock eller lättbetong med inte på större djup i betong och tegel. Vid temperaturer över 800 grader kan klingor och borrar med lödda segment gå sönder, och diamanten på borrkronan riskerar att förkolna. För att undvika så höga temperaturer används ofta kylning. Den vanligaste kylmetoden är med vatten men även tryckluft och

vakuumsugning kan användas. Fördelen med våtkylning är att det minskar mängden damm som sprids, då det binds av vattnet (Branschorganisation för byggnadsberedning, 2014). Detta är fördelaktigt då kvarts-stendam är cancerogent, vilket beskrivs utförligare i kap. 3.7.3.

Bilning i betong görs genom en kilformad egg som stöts maskinellt fram och tillbaka och används vid håltagning eller demolering av betong. Bilning kan ske med handmaskin (se Figur 7(a)) eller med självständig maskin så kallad robot (se Figur 7(b)).



Figur 7 Bilning av betongbjälklag med handmaskin (a) Bilning av betongbjälklag med självständig maskin, även kallad bilningsrobot (b) (ByggAi, 2008b).

3.9 Arbetsmiljö

3.9.1 Vibrationer

Enligt AFA Försäkring (2016) är vibrationsskador den vanligaste arbetssjukdomen i Sverige och står för ca en tredjedel av alla arbetsskador. Vibrationer är vanliga för yrkesgrupper som arbetar inom byggbranschen som exempelvis snickare, plåtslagare och betongarbetare, men också för montörer, mekaniker och förare av maskiner och fordon. Vibrationer kan delas upp i två olika typer, helkropps vibrationer som fås av att köra exempelvis maskiner på ojämnt underlag, och hand-arm vibrationer som fås av handhållna maskiner så som bilningsmaskiner, slipmaskiner och håltagningsmaskiner (Arbetsmiljöverket, 2017a).

Det finns flera risker med vibrationer. Helkropps vibrationer kan ge övergående effekter så som nedsatt prestationsförmåga, rörelsesjuka, störd motorik, synpåverkan, ökad risk för trötthet, och bestående effekter så som nackskador och ryggskador. Hand-arm vibrationer kan ge övergående effekter så som köldkänsla, nedsatt känsel, muskeltrötthet, domningar, och bestående effekter så som kärlskador (vita fingrar), nervskador, muskelskador, ledskador och skelettskador. Riskerna ökar om arbetstagaren använder nikotin eller arbetar i kyla då det minskar blodcirkulationen och blodgenomströmningen i kroppen (Arbetsmiljöverket, 2017a).

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifter (AFS 2005:15) beskriver två olika värden, insatsvärdet och gränsvärdet. För hand-armvibrationer är insatsvärdet $2,5 \text{ m/s}^2$ och om det överskrids under en arbetsdag ska arbetsgivaren utreda riskerna, erbjuda medicinsk kontroll och minimera vibrationer med olika åtgärder. Medicinsk kontroll ska även erbjudas vid arbete med slående maskiner även om insatsvärdet inte överskrids. Gränsvärdet för hand-armvibrationer är 5 m/s^2 och får inte överskridas under en arbetsdag, om det görs måste arbetsgivaren omedelbart vidta åtgärder för att sänka exponeringen. Insats- och gränsvärdet är genomsnittsvärden för en arbetsdag på 8 timmar, vibrationsvärdet kan vara högre än så under kortare tid. Viktigt att notera är att det finns individuella skillnader i känslighet så det kan uppkomma skador även om vibrationsnivåerna ligger under insatsvärdet.

I Tabell 3 redovisas för några vanliga maskiner i byggbranschen som används vid bearbetning av betong hur lång tid de kan användas innan insats- respektive gränsvärde uppnås.

Tabell 3 Arbetstid innan insats- och gränsvärde uppnås för några vanliga maskiner i byggbranschen som används i samband med betongelement (Byggnadsarbetaren, 2015).

Maskintyp	Vibrationsvärde, genomsnitt	Maxtiden per arbetsdag innan insatsvärdet uppnås.	Maxtiden per arbetsdag innan gränsvärdet uppnås.
Putsmaskiner	$7,5 \text{ m/s}^2$	54 min	216 min
Slipmaskiner	$4,2 \text{ m/s}^2$	169 min	Mer än 8 timmar
Bilningshammare	$15,6 \text{ m/s}^2$	12 min	42 min
Tryckluftsspett	14 m/s^2	18 min	60 min
Slagborrmaskin	$12,2 \text{ m/s}^2$	18 min	78 min
Mutterdragare	$7,2 \text{ m/s}^2$	60 min	234 min

3.9.2 Kvarts-stendamm

Kvarts är en mineral som ingår i bergarterna granit och gnejs som används som ballast i betong. Kvarts-stendamm förekommer därmed vid byggarbeten så som slipning, borring och bilning i betong, men även inom andra områden där sand-, berg- och grushantering sker (Arbetsmiljöverket, 2019).

Inandning av kvarts-stendamm kan ge inflammation och ärrbildning i lungvävnaden och orsaka KOL och silikos. Silikos kallas även för stendammslunga och är en obotlig sjukdom som ger ökad risk för lungcancer. Inandning av kvarts-stendamm ger även ökad risk för andra sorters cancer som exempelvis cancer i mage och matstrupe. Det finns flera likheter i verkningsätt mellan kvarts-stendamm och asbest, exempelvis på liknande sätt som vid asbest ger rökning i kombination med kvart-stendamm ökad risk för lungcancer (Högberg, Silins & Stenius, 2011).

För kvarts-stendamm finns hygieniskt gränsvärde på $0,1 \text{ mg/m}^3$. Det finns också föreskrifter om hantering av kvarts och kvartshaltiga material och krav på läkarundersökningar för arbetstagare. Om halterna är för höga ska riskerna förebyggas genom i första hand byte av material till något som ger ifrån sig mindre damm, i andra

hand begränsning av spridning genom byte av metod eller arbetsutrustning och i tredje hand genom användning av andningsskydd. Arbetsgivaren är skyldig att ordna regelbundna läkarbesök för arbetstagaren om arbetet pågår mer än 20 timmar per vecka under sammanlagt minst tre månader per år och halten inandad kvartsdamm i luften är lika med eller överskrider halva gränsvärdet (Arbetsmiljöverket, 2019). I USA har man valt att sänka gränsvärdet till 0,05 mg/m³ (OSHA, 2018).

3.9.3 Buller

Den största risken med buller är hörselskador, vilket det finns risk för vid buller över 85 dB. Vissa personer kan få en hörselskada redan vid 75–80 dB. Förutom skador såsom hörselnedsättning eller tinnitus kan även buller leda till försämrad arbetsförmåga genom att buller ökar trötthet och stress, och även försvårar samtal och kommunikation. Buller ger också ökad risk för olyckor då viktiga ljud inte hörs (Arbetsmiljöverket, 2016).

Arbetsmiljöverket (2016) har delat upp kraven för arbetsgivaren i två kategorier beroende på ljudnivån på arbetsplatsen. Den första kategorin kallas undre insatsvärden och gäller om den genomsnittliga ljudnivån under en 8-timmars arbetsdag överstiger 80 dB eller om kortvariga ljud, så kallade impulsljud, överstiger 135 dB. Vid de fallen är arbetsgivaren skyldig att informera och utbilda arbetstagarna om riskerna med buller, samt erbjuda hörselskydd och hörselundersökningar om det bedöms finnas risk för hörselskada.

Den andra kategorin kallas övre insatsvärden och gäller om den genomsnittliga ljudnivån under en 8-timmars arbetsdag överstiger 85 dB, om högsta ljudnivån överstiger 115 dB eller om kortvariga ljud överstiger 135 dB. Då är arbetsgivaren skyldig att genomföra åtgärder och upprätta skriftlig handlingsplan, skylta, avgränsa och begränsa tillträde, se till att hörselskydd används samt erbjuda hörselundersökning (Arbetsmiljöverket, 2016).

Som jämförelse har en bilningsmaskin en bullernivå på 103–115 dB enligt Halén (1972) och 95–106 dB enligt Cramo (2019a), och en slagbormaskin ligger på 92–100 dB enligt Halén (1972), och 99–110 dB enligt Cramo (2019b).

3.9.4 Lyft och arbete med tunga element

Lyft kan göras både för material och för människor och innebär flera risker och därför ställs det flera krav för att minska riskerna. Lyftanordningar måste vara besiktigade och godkända för ändamålet och lyftredskap så som band, rundsling, kätting, ska vara godkända för ändamålet. Det är viktigt att kontrollera lyftredskap och kassera det som är skadat. Dessutom måste föraren för maskinen ha yrkesbevis och de som kopplar lasten måste ha särskild utbildning och kunna kommunicera (Byggingustrins Centrala Arbetsmiljöråd, 2006; Arbetsmiljöverket, 2017b).

En stor fördel med att arbeta med prefabricerade element i t.ex. betong är att arbetet ofta går snabbare än vid platsgjutet, dock har det de senaste åren inträffat flera allvarliga

olyckor i samband med montage av prefabricerade konstruktioner. Bristande samordning kan vara en orsak till det då det är många olika aktörer inblandade, vilket kan skapa en osäkerhet med vem som är ansvarig för vad. För att minska riskerna finns krav att en montageplan ska upprättas där de olika momenten beskrivs, dessutom ska montage alltid ledas av en person med särskild kompetens (Arbetsmiljöverket, 2015).

4 Empiri/Resultat

I detta kapitel presenteras hur intervjuerna i studien genomfördes och de resultat som erhöles. Resultaten från intervjuerna presenteras i ämnesområden för att göra det enklare och tydligare. Kapitlet avslutas med en sammanställning av de hinder och lösningar som framkommit, som kopplar till studiens frågeställning.

4.1 Intervjuns genomförande/förutsättningar vid intervju

Alla intervjuer gjordes på plats på respondenternas respektive arbetsplatser. Vid intervjuernas början informerades respondenterna om vad intervjuvaren skulle användas till, och examensarbetets ämne och frågeställningar presenterades. Respondenterna informerades även om att de skulle vara anonyma. Vid intervjuerna hade författaren med en utskrift av Tabell 2 som utgångspunkt för vilka likheter och skillnader det finns i dimensioner mellan äldre prefabricerade betongelement och nytillverkade. Vid intervjuerna ställdes först några grundläggande frågor om respondent så som antal år i branschen och utbildning, därefter ställdes huvudfrågorna som berör ämnesområdet. De fem intervjuerna pågick alla under ungefär en halvtimme. Samtliga intervjufrågor redovisas i bilaga 1.

4.2 Resultat från intervjuer

4.2.1 Inställning till återbruk

Av de fem respondenterna var respondent 4 den enda som hade erfarenhet av återbruk. Respondenten hade varit med om ett projekt där de tog ner lättbetongelement/siporexväggar och satte upp elementen igen i en byggnad som skulle användas som någon form av lagerlokal. Respondenten tyckte de var lättare att göra så med då de bara var fastspända i varandra och ingen sågning behövdes göras. Trots det var respondent 4 negativt inställd till återbruk. Även respondent 2 hade en negativ inställning medan respondent 1, 3 och 5 var neutralt inställda till återbruk.

4.2.2 Lyft

Ingen av respondenterna tror att det skulle vara svårt att lösa lyft av de olika återbrukade elementtyperna. För lyft av bjälklag menar respondent 1 att för hantverkarna blir det ingen skillnad, men att det kanske blir det för kranen om de återbrukade elementen har en annan tyngd än de element som vanligtvis används. Enligt respondent 2 blir det inte så stort problem att lyfta de återbrukade bjälklagselementen då lyftögglor kan skruvas fast i bjälklaget och användas vid lyft.

När det gäller lyft av massiva betongväggar anser respondent 1 att lyften kan lösas genom att sätta fast lyftögglor (se Figur 8), använda stroppar/rundsling på något sätt eller sätta fast bultar på sidorna att lyfta i. Alla fem respondenter menar att lyft av sandwichelement i betong görs likadant som för massiva betongväggar och kan därför lösas på samma sätt.



Figur 8 Lyft av väggelement med lyftögglor, i vänstra delen av elementet kan uppstick ses (ByggAi, 2008a).

Respondent 2 och 5 anser precis som de andra respondenterna att lyftanordningar för de återbrukade elementen går att lösa, men de är tveksamma till om återbrukade element håller för att bli lyfta. Respondent 2 anser att det är viktigt ur ett arbetsmiljöperspektiv att det är säkert för yrkesarbetarna att lyfta elementen. Vidare är respondent 2 skeptisk till om det finns personer som kan avgöra hållfastheten för de återbrukade elementen vid hantering och lyft, och även om någon skulle kunna göra det är respondenten tveksam till att någon skulle vilja vara ansvarig.

Enligt respondent 5 har nytillverkade prefabricerade betongelement förstärkningsarmering för att kunna klara lyft, vilket kan saknas i äldre element. Respondenten anser att det kan lösas med att det återbrukade elementet sågas i mindre bitar eller genom att fler lyftpunkter används. Respondent 2, 4 och 5 anser att platsgjutna element inte håller för att lyftas då de inte är dimensionerade för det.

4.2.3 Infästningar

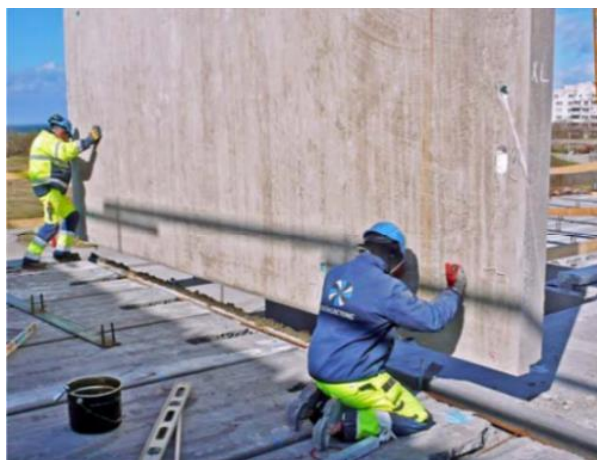
Bjälklag

När det gäller infästningar hos bjälklag tror alla fem respondenter att det går att lösa. Respondent 1 säger att när dagens håldäckbjälklag monteras läggs de på underliggande väggar som har uppstick som passar in i motsvarande hål i bjälklaget. Från den underliggande väggen finns det armering som sticker upp och den viks ner mot bjälklaget som ett L. Armering placeras även i skarvarna mellan bjälklagen. Efteråt gjuts skarvarna mellan bjälklagen och skarvarna mellan bjälklag och väggelementen ihop.

När det gäller återbrukade bjälklag menar respondenten 1 att det går lika bra att borra fast armeringen i bjälklagen som viks ner mot väggen och kopplas på. Kombineras återbrukade bjälklag med ny tillverkade väggar finns det i väggarna redan uppstick och då kan hål borraras i bjälklagen som sticken prickas in i. Efter det placeras, precis som för ny tillverkade elementen, armering i skarvarna och slutligen gjuts alla skarvar ihop. Denna beskrivning ger även de fyra andra respondenterna, som alla håller med respondent 1 i att det går att lösa.

Massiva väggar

Angående infästningar för massiva väggar hade respondenterna lite olika uppfattning. Respondent 1 anser att infästningarna inte blir annorlunda än med ny tillverkade element. Väggar sätts idag på dubb, vilket innebär att hål borraras i plattan och dubb som är fäst i väggen stoppas ned (se Figur 9(a) och Figur 9(b)). Hålet i den prefabricerade väggen träffar armeringsjärnet och sedan fylls hålet med betong och gjuts igen. Det som blir annorlunda jämfört med ny tillverkade element är då det hål som behöver göras i det återbrukade väggelementet och placering av armeringsjärn eller gängstång.



(a)



(b)

Figur 9 Massivt betongelement förs ned mot bjälklaget och träffar dubb underifrån (a) (ByggAi, 2008a). Dubb kan även användas vid infästning av trappor, på bilden ses dubb på undersidan av ett trappelement som ska sänkas ner och fästas i golvet, hål borraras i bjälklaget där dubben kan föras ned och gjutas fast. Dubb, uppstick, instick är alla synonymer och beskriver den stålstången som utgör infästning mellan undre delen av en vägg och bjälklaget. (b)

Respondent 2 förklarar att nedåt fästs innerväggar med i förväg ingjutna dubb i bjälklaget som går upp i hål på undersidan av väggen, och därefter gjuts konstruktionsdelarna ihop. Längs sidan av väggelementet som vetter mot nästa väggelement har elementet ingjutna svetsplåtar som svetsas ihop så att de elementen bredvid varandra sitter ihop, se Figur 10. På en normalhög vägg sitter två svetsplåtar, på en högre vägg som i en av byggnaderna på det projekt respondent 2 arbetar på (ca 6m hög, förf. anm.) sitter tre svetsplåtar. Uppåt fästs väggelementet ihop med ovanliggande bjälklag med hjälp av armeringsbyglar. Efteråt täcks svetsplåtarna och skarvarna med bruk eller betong. Respondenten anser att dubben nedåt kan fästas på återbrukade element, men att de gamla svetsplåtarna, som är dolda under bruk eller betong, kan vara svåra att ersätta. En möjlig lösning är att knacka fram svetsplåtarna ur bruket eller betongen och svetsa ihop dem igen. Respondenten är dock tveksam till hur bra hållfastheten hos svetsplåtarna är efter lång tid. Dessutom är respondenten tveksam till hur bra svetsplåtarna sitter fast i det återbrukade betongelementet när elementet är äldre och dessutom utsätts för påfrestningar vid demontering, transport, lyft och montering. Respondent 3 och 4 ger samma beskrivning som respondent 2.



Figur 10 Skarv mellan två massiva väggelement i betong med svetsplåt (ByggAi, 2008a).

Respondent 5 menar att det finns olika monteringsätt av väggar beroende på leverantör. Det krävs speciell utbildning och erfarenhet för monteringen och det är därför ofta leverantörerna själva som gör det. Enligt Respondent 5 finns två alternativa utföranden, antingen används svetsplåtar som sitter på båda sidorna så som respondent 2, 3 och 4 har beskrivit, eller så har elementen urspårning på gavlarna som ett U eller V in mot väggen och öglor sticker ut från respektive element. Ett armeringsjärn sticks ner genom öglorna och sedan formas och gjuts skarven ihop. Respondent 5 anser att med ett återbrukat element är det svårt att lösa infästningen med varianten med öglorna, men att med svetsplåtar kan det gå, dock är det inte lika enkelt som infästningen för bjälklag.

Sandwichelement

Respondent 2, 3, 4 och 5 har arbetat med den typen av element och menar att de monteras likadant som massiva väggar. Respondent 3 säger att skillnaden är att elementet består av två skivor, där en av skivorna är bärande, ofta innerskivan. Den bärande innerskivan fästs på liknande sätt som mellanväggar med dubb under, svetsplåt mellan väggelementen och bjälklag ovanpå som låser fast väggelementet. Ytterskivan är i sin tur infäst i innerskivan med sammankopplande armering. Respondent 2 säger att infästningen blir likadant som för massiva väggar, dvs sandwichelementen sänks ner och placeras på bjälklaget, stämp och strävor stabiliserar innan infästningarna är klara. Då sandwichelement är placerade i fasaden kommer mellanväggarna emot och stabiliserar elementet ytterligare. Respondent 1 har inte arbetat med sandwichelement och kunde därför inte svara på frågorna om den elementtypen.

4.2.4 Andra produktionsaspekter

Hantering

Respondent 2 anser att hanteringen blir mycket mer omständlig av de återbrukade elementen för alla elementtyperna. Det återbrukade elementet ska sågas ner, lyftas upp på en lastbil, transporteras, lyftas av från lastbil och sedan monteras. Under alla dessa moment ska elementet hålla ihop, och respondent 2 anser att det skulle innebära en osäker arbetsmiljö för yrkesarbetarna.

Enligt respondent 5 är tidsaspekten ett stort problem. De allra flesta byggprojekt har stor tidspress, det ska gå så snabbt som möjligt och för att återbrukade betongelement ska hålla ihop under lyftet behöver de troligen vara i mindre delar är nytillverkade prefabricerade element. Det innebär att det blir många fler lyft med kranen och varje sådant tar lång tid. Om stora, nya element används kommer det gå snabbare än att montera små element.

Installationer

Respondent 1 anser att en svårighet med återbrukade prefabricerade bjälklag är att installationer så som vatten, avlopp och el inte kan gjutas in utan måste bli utanpåliggande, vilket påverkar takhöjden. Respondenten menar att i och för sig blir det även så vid användning av håldäck, men respondenten tycker det är väldigt smidigt att ha med alla installationer i bjälklaget, som platsgjutna bjälklag.

Respondent 1 anser att återbruk av väggar har fler svårigheter än bjälklag då det finns hål i väggar för fönster och dörrar. Finns dessa hål i det återbrukade elementet måste kanske planlösningen styras av det. Behöver nya hål göras i väggelementet kan det ge stor påverkan på hållfastheten. Vid stora hål som för dörrar och fönster görs extra armering runt hålen och ska hål tas för dörrar och fönster kan det behövas sågas upp extra för att kunna extraarmera. Respondenten menar att detta extrajobb kan göra att de eventuella vinsterna med återbruk försvinner. Ytterligare svårigheter enligt respondent 1 är eventuella eldosor och installationer som finns i de återbrukade väggarna. Antagligen kan de inte användas och då behöver de kanske fyllas igen eller tas bort. Behövs eldosor i

väggen blir det en hel del håltagning. Om installationer behövs i väggen så måste en installationsvägg uppföras intill elementet, vilket gör väggen tjockare och därmed minskar golvytan. Figur 11 visar en installationsvägg.



Figur 11 Installationsvägg (innervägg) uppreglad med stålreglar, mellan relgarna dras elinstallationer.

För sandwichväggar tror respondent 1 att precis som för mellanväggar blir det problem med installation av eldosor och dylikt. Det skulle kunna vara lättare att göra installationsvägg för återbrukade element som används i yttreväggen då inte lika mycket golvyta förloras eftersom installationsväggen även kan utnyttjas för isolering, se Figur 12. Det gör att det finns två fördelar med installationsvägg, håltagning i betongväggen behöver inte göras och isoleringstjockleken ökas (respondenten syftar här på Tabell 2 som författaren visat vid intervjun där det är mindre isolering i de återbrukade yttreväggselementen jämfört med nyttillverkade). Respondent 1 menar vidare att det även kan göras extraisolering genom att isolera bakom yttreväggsbeklädnad som kan bestå av murning eller plattor, och ändå få samma estetiska utseende som nya element.



Figur 12 Platsbyggt yttrevägg (utfackningsvägg) som fyllts med lösull. Stålreglar fästs på insidan av plastfolien och skapar ett skikt där installationer kan dras utan att göra hål i plastfolien. Efter att installationerna dragits placeras ytterligare isolering mellan stålreglarna.

Respondent 5 anser att håltagning är en svårighet, det ger en dålig arbetsmiljö (se kap. 3.7) och det är väldigt dyrt. Respondenten är lite osäker på varför det är så dyrt, men säger att håltagning tar mycket tid och kräver dyra maskiner. Håltagningsmaskinen ska bultas fast, det tar tid att göra själva sågningen och därefter blir det en tung och otymplig betongkärna som ska hanteras. Detsamma gäller för spårning, som tar mycket tid och sliter mycket på maskinerna. Generellt är det så att ju hårdare material som ska sågas i, desto mer kostar maskinen och bladet. Utöver det så ska även gamla håligheter fyllas igen.

Övrigt

Respondent 5 anser att en stor skillnad för återbrukade bjälklag jämfört med håldäckselement, som också är prefabricerade, är tyngden på elementen. Respondent 5 menar att den stora fördelen för håldäcksbjälklag jämfört med andra platsgjutna bjälklag är att de inte väger lika mycket och att de klarar större spännvidder. De återbrukade bjälklagen är förmodligen homogent (massivt) gjutna och då väger de mer. Respondent 5 menar att det påverkar resten av konstruktionen och är frågande till om väggar och andra bärande element klarar den extra tyngden.

Respondent 4 anser att det inte är produktionstekniskt svårt att använda återbrukade element. Av de tre elementtyperna anser respondenten att återbrukade väggelement är lättast att använda ur produktionsperspektiv.

Respondent 3 och 4 tycker båda två om att jobba med sandwichelement, de anser att de är enkla, smidiga, det går snabbt och det kan inte bli så mycket fel vid produktionen. Platsgjutet är billigare, men det kan bli mer fel vid utförandet. Enligt respondent 4 tar det längre tid om platsbyggda utfackningsväggar med stålregelkonstruktion görs då det är fler lager och även ökad risk för att fukt tar sig in i väggen. Respondent 4 säger vidare att det till och med finns sandwichelement med fasadplattor redan påsatta och att produktionen då kan gå väldigt snabbt.

4.2.5 Demontering

Vid frågorna av mer öppen karaktär tog flera respondenter upp olika aspekter kring demontering av elementen. När det gäller bjälklag menar respondent 4 att gamla prefabricerade bjälklagselement inte håller för demonteringen i den ursprungliga byggnaden. Respondent 4 anser att det är mycket armeringsbyglar och annat i skarvarna mellan gamla bjälklag och att elementen därför kommer gå sönder när de sågas ner.

Respondent 2 anser att det finns svårigheter vid demontering för alla elementtyperna i och med att det finns armeringsjärn emellan elementen vilket försvårar sågningen. Respondent 2 anser även att det är svårare att demontera väggelement då de är hopsvetsade med svetsplåtar, till skillnad från bjälklag som inte är det. Det håller inte respondent 3 och 4 med om, de menar att svetsplåten inte är något problem då en betongsåg klarar både betong och stål och att stål inte är svårare att såga igenom än betongen. Respondent 3 och 4 anser att väggelement är enklare att såga upp än bjälklag.

Respondent 2 och 5 menar att det inte med säkerhet går att veta hur en byggnad är uppbyggd förrän den börjar dekonstrueras. Även om det finns tillgång till ritningar kan produktionen ha gjort andra lösningar, och respondent 2 ger exempel på en av byggnaderna respondenten arbetar med just nu där de har fått göra flera lösningar på plats. Det är ytterligare en fördel med prefabricerade element, lika mycket går inte att ändras på plats. Slutligen är respondent 2 tveksam till att det går att garantera säkerhet för yrkesarbetarna som arbetar med demontering.

4.2.6 Tankar om återbruk

Respondent 1 tror att det svåraste med användning av återbrukade element är bedömningen av och ansvarstagande för elementens hållfasthet. Respondenten tror även att det kan vara svårt att få återbruk av betongelement ekonomiskt lönsamt.

Respondent 2 anser att ett stort problem är att den nya byggnaden måste anpassas till måtten på de återbrukade elementen. Respondent 2 anser också att det är svårt att få återbruk av betongelement ekonomiskt lönsamt och är skeptisk till om återbrukade element håller vid hanteringen. Respondenten menar också att hållfastheten blir osäker då det är okänt vad elementen har utsatts för tidigare under dess livstid. Detta tar även respondent 5 upp, framförallt rörande armering då det inte kan göras samma visuella bedömning som för betongen då den är dold i betongen. Detta gäller även armeringen som håller ihop de två betongskivorna i sandwichelement. Dock berättade respondent 5 att det finns företag som gör inspektioner på betongkonstruktioner, t.ex. för broar, så respondenten menade att det därmed finns metoder för att kvalitetssäkra gamla betongkonstruktioner.

Generellt anser respondent 4 att det inte är några problem praktiskt att lösa monteringen av återbrukade element vid nyproduktion, men däremot behövs de en CE-märkning för att elementen ska få användas. Respondenten gav exempel på ett projekt där betongelement hade levererats från en fabrik som sedan visade sig sakna CE-märkning då de inte hade betalt för certifieringen. De var då tvungna att riva elementen och få nya element levererade som den här gången var CE-märkta. Respondent 4 menar dock att det kan vara så att återbruk är möjligt vid lagerhallar eller lantbrukshallar där det är lägre krav på hållfasthet och liknande. Respondenten menar att det är störst krav på bostäder och därmed svårare med återbruk där.

Respondent 4 menar att även om de kan göra en visuell bedömning att elementet kommer att hålla, så måste företaget följa gällande normer för exempelvis lastkapacitet. Respondenten visade ritningar från en skola intill det aktuella projektet med kulvertar av betong byggda i slutet av 40-talet. Respondent visade på ritningen att de innehöll mycket lite armering, jämfört med betongplattan de gjutit i sitt projekt. Respondenten menade också att även under respondentens tid i branschen har respondenten upplevt hur mer och mer armering föreskrivs i konstruktionerna. Armeringsnät som användes tidigare vid gjutning av betongplatta kunde hantverkarna lyfta in, men nu är de så grova och tunga att de behövs lyftas in med kran i plattan. Respondenten vet inte varför mängden armering

ökar. Kulvertarna som respondenten nämnde tidigare håller fortfarande och enligt respondenten var det inte stora sprickor eller dylikt i dem. Den ökade mängden armering med tiden tog även respondent 5 upp och menade att de ökade kraven i Eurocode hänger ihop med att dimensionering idag sker med hänsyn till fortskridande ras, vilket inte togs hänsyn till förr.

Respondent 5 anser att den största svårigheten vid återbruk av betongelement är ekonomisk lönsamhet och tidsaspekten, dvs att det troligen tar längre tid att bygga med återbrukade element. Andra svårigheter går att lösa menar respondenten, exempelvis kan återbrukade element som är tydligt överdimensionerade, t.ex. element med markant större tjocklek än nödvändigt, användas i nya byggnader. En annan möjlighet är att förstärka de återbrukade elementen med armering, kanske genom att gjuta in ny armering i ett nytt lager betong på elementet, eller genom att klistra fast kolfiberarmering. Respondent 5 berättade att respondenten sett ett byggprojekt där ett hål tog i ett bjälklag för att sätta in en spiraltrappa och då klistrades kolfiberarmering under bjälklaget för att förstärka konstruktionen.

Vid alla intervjuerna kom det upp en diskussion om vad som görs av gammal betong idag, där författaren återberättade det som beskrivs i kap. 3.2. Respondenterna ansåg att detta var ett långt gången och tillräckligt miljöarbete. Alla fem ansåg även att återvinning är enklare än återbruk, dock påpekade respondent 5 att krossad betong som ballast inte kan användas till vad som helst utan kanske bara till gjutningar med lägre krav på betongklass.

4.2.7 Sammanställning

I Tabell 4 redovisas de moment där vissa respondenter ansåg det fanns tänkbara problem medan andra respondenter inte ansåg att det var ett problem. Massiva väggelement och sandwichelement var mycket lika när det gäller exempelvis monteringsätt så i Tabell 4 och 5 används ordet ”väggelement” för att beskriva något som gäller båda de elementtyperna och när det syftas på alla tre elementtyperna används ordet ”element”.

Tabell 4 Tänkbara problem för de olika elementtyperna där respondenterna hade olika uppfattning

Tänkbara problem	Uppfattning
DEMONTERING	
Bjälklag håller inte för demontering	Togs upp av respondent 4, men inte av de andra
Uppsågning av svetsplåtar för väggelement kanske inte går	Respondent 2 ansåg att det inte gick, respondent 3 och 4 ansåg att det gick

I Tabell 5 sammanställs de problem som respondenterna tog upp och vilka lösningar de ansåg att det fanns.

Tabell 5 Tänkbara problem och dess lösningar för de olika elementtyperna

Tänkbara problem	Lösning
LYFT	
Bjälklag saknar lyftkrokar	Skruva fast lyftöglor
Väggelement saknar lyftkrokar	Skruva fast lyftöglor, använda stroppar/rundsling eller sätta fast bultar
Elementen tål inte att bli lyfta	Dela elementen i mindre delar eller använda fler lyftpunkter
Massiva bjälklag är för tunga för kranen	Dela bjälklagen i mindre bitar
Platsgjutna element är inte dimensionerade för att klara lyft	Använd prefabricerade element vid återbruk
INFÄSTNINGAR	
Återbrukade element saknar hål för uppstick från underliggande vägg respektive bjälklag	Borra hål
Väggelement saknar armering som kan sammankoppla vägg och bjälklag	Borra hål och placera armeringsjäm
Väggelement saknar svetsplåtar	Knacka fram eller fästa nya
HÅLTAGNING	
Hål för installationer i väggelement saknas	Håltagning för installationer eller installationsvägg
Hål för eldosor i väggelement saknas	Håltagning och spårning
Hål för dörrar och fönster saknas	Håltagning. Kontrollera om elementen klarar håltagning av så stora hål, ev såga upp extra stort hål för att extraarmera
DIMENSIONERING OCH NORMKRAV	
Osäkert hur skicket på armeringen i elementen är	Använd metoder för att undersöka det
Bjälklagen är massiva och därmed tyngre än nytillverkade och det är kanske inte resten av konstruktionen dimensionerad för	Dimensionera konstruktionen för att klara den extra tyngden
Elementen har dimensionerats med andra normer än dagens och klarar kanske inte dagens normkrav kring t.ex. fortskridande ras.	Använd där kraven inte är lika höga, ex lagerhaller eller lantbrukshallar
Utanpåliggande installationer på bjälklag ger lägre takhöjd	Kombineras med väggar som ger tillräcklig slutlig rumshöjd
DEMONTERING	
Platsgjutna element kan variera i utformning och behöver inte stämma överens med hur ritningarna ser ut	Använd prefabricerade element vid återbruk
TID	
Elementen kommer kräva större tidsåtgång är användning av nytillverkade	Längre projekttid

För en del av problemen hade inte respondenterna någon lösning, de sammanställs nedan i Tabell 6 och tas upp i kap. 5.

Tabell 6 Tänkbara problem som respondenterna inte hade förslag på lösning till.

Tänkbara problem	Elementtyp
TILLRÄCKLIG KVALITÉ	
Hållfasthet under hantering	Alla
Saknas person som garanterar hållfastheten under produktion och drift	Alla
Garanterar yrkesarbetarnas säkerhet vid demontering	Alla
Saknar CE-märkning eller motsvarande kvalitetssäkring	Alla
EKONOMI	
Ekonomiskt lönsamt	Alla

5 Analys

I analysen jämförs resultaten från intervjuerna med den teori som presenterades i kapitel 3. De problem och lösningar som sammanställs och presenteras i Tabell 4 tas inte upp då det inte finns någon teori att jämföra med.

5.1 Hållfasthet

Respondenterna tog upp flera hinder vid återbruk, varav ett av de stora hindren som togs upp var frågetecken kring hållfasthet. Behovet av kvalitetssäkring och kvalitetssystem tas upp i litteraturen av Asam (2007), Persson (2015) och Camacho Sobek och Fetahovic (2018). Inkonsekvent kvalitet som ett hinder för återbruk togs även upp av Gravina de Rocha och Aloysio Sattler (2009) och Hradil (2014). När det gäller fastställande av hållfasthet har det flera aspekter.

För det första så behövs tillräcklig hållfasthet hos de återbrukade komponenterna för att byggnaden ska hålla i driftskedet. Hradil (2014) menar att de lastbärande komponenterna, så som betongbjälklag, mellanväggar och sandwichelement, är de mest utmanande komponenterna att återvinna då de måste ha hög kvalitet och nå upp till hållfasthetskrav av säkerhetsmässiga skäl.

För det andra så ansåg alla respondenterna att det behövs garanti av hållfastheten inte enbart för att byggnaden ska hålla utan av arbetsmiljöskäl, det kan ge stora konsekvenser om ett betongelement går sönder vid lyft eller vid montering.

För det tredje så finns frågetecken kring hur kvalitetssäkring kan göras på ett sätt så att aktörer i branschen kan lita på att elementets hållfasthet är tillräcklig. Ett återbrukat betongelement saknar CE-märkning, vilket en av respondenterna menade omöjliggör användning av återbrukade element då de enligt respondenten endast får bygga med CE-märkta byggmaterial. Enligt Boverket (2018) krävs dock endast CE-märkning vid försäljning av byggprodukter och inte vid användning. Frågan är därför om det nödvändigtvis behövs göras CE-märkning av återbrukade byggprodukter. Idag finns det enligt respondent 5 och Camacho Sobek och Fetahovic (2018) metoder för kvalitetssäkring av ex. hållfasthet, men som Camacho Sobek och Fetahovic (2018) påpekar så ger frånvaron av CE-märkning en osäkerhet hos byggbranschens aktörer då märkningen är väl inarbetad. Detta tas även upp av Huuhka och Hakanen (2015) som menar att även om avfallshierarkin har införlivats i finsk lagstiftning så har inga riktlinjer

utformats, detsamma gäller för Sverige. Även Asam (2007) efterfrågar riktlinjer från Tysklands regering.

5.2 Användningsområde

Ytterligare en aspekt av hållfasthet är att kraven och normerna kring dimensionering har ändrats sedan elementen som nu ska återbrukas uppfördes, vilket bland annat tas upp av Asam (2007). Element från miljonprogrammet har dimensionerats med andra normer än dagens och frågan är hur det ska hanteras. En av respondenterna menade att de ökade kraven i Eurocode hänger ihop med att dimensionering idag sker med hänsyn till fortskridande ras, vilket inte togs hänsyn till förr. En frågeställning blir därmed huruvida elementen ska anses ha tillräcklig lastkapacitet om de uppfyller kraven enligt normerna som gällde när elementet konstruerades på 60-talet, eller om elementen behöver ha tillräcklig lastkapacitet enligt dagens krav och normer. Ett sätt att hantera frågeställningen är att endast använda återbrukade element i vissa sorters byggnader, med mindre krav på dimensioneringsprocessen. En av respondenterna menade att lagerhallar och lantbrukshallar kanske är ett alternativ då det inte är lika höga krav på exempelvis hållfasthet i sådana byggnader. En annan aspekt på frågan är att hållfastheten hos elementen måste klara dagens krav för den aktuella användningen av elementet. Testen av elementen avseende ex. hållfasthet bör jämföras med vad för krav de ställs inom olika användningsområdena och sedan välja användningsområde för de olika elementen därefter.

En av respondenterna tog upp att en svårighet med återbrukade komponenter är bristen på flexibilitet och att det krävs mycket anpassningar av planlösningen. Detta framgår även i Eklund et al (2003), Asam (2007), Heinsoo och Westerbring (2016) och Renström (2017), som anger att betongelement inte är flexibla och att det behöver tas stor hänsyn i utformning av planlösning, t.ex. för hål för dörrar, storlek på lägenhet. Detta har också tagits upp av Huuhka et al (2015) som föreslår att återbrukade väggelement bör användas i småhus då de inte är tillräckligt höga för att klara dagens normer på rumshöjd för flerbostadshus. Även Huuhka och Hakanen (2015) tar upp att en svårighet med återbruk av betong är brist på efterfråga och utbud, och brist på tillämpningar. Även Asam (2007) tar upp att marknadsaspekter behöver anpassas för återbruk.

5.3 Demontering

Huuhka och Hakanen (2015) menar att det största hindret för återbruk av betongbjälklag och sandwichelement är svårigheter vid demontering. Det stämmer väl överens med resultaten från intervjuerna. Även om det här arbetet inte fokuserar på demontering blev det tydligt i resultaten att det är en stor svårighet, dock ansåg inte respondenterna att det var det största hindret.

Svårigheterna med demontering är extra stora för betongkomponenter, då infästningarna hos betongelement ofta är ingjutna. Betongpelare och betongbalkar upplevs ha större potential än bjälklag och sandwichelement pga. mindre svårigheter vid demontering (Huuhka & Hakanen, 2015).

När det gäller tillvägagångssättet vid demontering av betongelement sammanfaller resultaten från intervjuerna med litteraturstudien. Heinsoo och Westerbring (2016) beskrev att demontering av väggelement sker genom uppsågning av skarvar och så beskrev även respondent 2, 3 och 4 det. Dock ansåg respondent 2 att det var svårt att såga upp svetsskarvar, till skillnad från respondenterna 3 och 4 samt Heinsoo och Westerbring (2016).

I litteraturstudierna menades att prefabricerade element var lämpligast att återbruka (Huuhka et al, 2015; Heinsoo & Westerbring, 2016). Det var inget som det fanns en specifik fråga om vid intervjuerna, men vid tre av intervjuerna, respondent 2, 4 och 5, kom detta spontant på tal. Anledningarna som respondenterna tog upp var att prefabricerade element är gjorda för att klara lyft och det är enklare att veta var sågsnittet ska läggas. Dessutom är det säkrare hur prefabricerade element ser ut då det inte kan ha gjorts så stora förändringar, platsgjutna element behöver inte stämma överens med hur ritningar är i fråga om infästningar, material och tekniska lösningar. Dock ansåg respondent 4 att det var stor risk att element gick sönder när de sågas upp, framförallt bjälklag.

Vid alla intervjuer kom frågan upp om vad som görs med betongavfall från rivna byggnader idag. Författaren återberättade det som står i kap. 3.2, och respondenterna ansåg alla att det är enklare att genomföra den återvinningen idag än återbruk. I intervjuerna framkom framförallt att vid återvinning behöver inte hänsyn ta till att materialet ska hålla ihop under nedmontering transport, montering och vid drift, vilket även Heinsoo och Westerbring (2016) håller med om.

Ytterligare en sak som är intressant är att i litteraturen och i en av intervjuerna framkom det hur svårt det är att på ett säkert sätt dekonstruera förspänd betong. Idag används mycket förspänd betong, håldäcksplattor, vilket kan göra det svårare med återbruk i framtiden när dagens byggnaders tekniska livslängd är slut.

5.4 Miljöarbete

Inställningen till återbruk av betongelement hos respondenterna var antingen neutral eller negativ. Intressant att notera är att de respondenter som var negativt inställda var de som arbetat längst tid i branschen. Underlaget i den här studien är för litet för att kunna dra några generella slutsatser om detta, men det går att spekulera kring att möjliga förklaringar är att de personerna har mer erfarenhet och därför kan se fler hinder, samt att den långa erfarenheten gör de två respondenterna mindre öppna för nya idéer.

Generellt upplevde författaren en negativ inställning till återbruk men även miljöarbete i allmänhet vilket är intressant då avfallshantering är ett lagstiftat område och dessutom är byggsektorns avfall utpekade som en av de prioriterade avfallsströmmarna i Sverige (Avfallsförordningen SFS 2011:927; Naturvårdsverket, 2019c). Bland annat upplevde författaren en okunskap om avfallshierarkin vilket är intressant då den är lagstiftad, se kap. 3.1.1. Vid alla intervjuerna kom det upp en diskussion om vad som görs av riven betong idag, där författaren återberättade det som beskrivs i kap. 3.2. Respondenterna ansåg antingen att detta var ett långt gånget eller tillräckligt miljöarbete.

Trots att avfallshierarkin än införlivad i svensk lagstiftning finns inga riktlinjer för hur återbruk av betongelement ska ske. Det är ett stort hinder då det delvis är okunskap om tillvägagångssätt som hindrar återbruk av betongelement av typerna som undersökts i denna studie.

Återbruk görs i mycket liten skala idag vilket bekräftades under intervjuerna då flera av respondenterna blev förvånade över ämnesområdet som examensarbetet behandlar. Den enda av respondenterna som hade erfarenhet av återbruk var respondent 4 som hade återbrukat lättbetongelement i ett projekt, men var trots det negativt inställd till återbruk.

6 Diskussion

I det här kapitlet redovisas författarens egna reflektioner kring vald metod och kring den information som framkommit vid teorin och resultaten.

6.1 Diskussion om metodik

Ämnesområdet för denna studie är relativt outforskat och berör ett arbetssätt som i princip inte används idag, därför var det svårt att hitta respondenter med erfarenhet och kunskap inom området. Personer som arbetar som platschefer och arbetsledare valdes som respondenter då de har erfarenhet av nyproduktionen och arbete med betongelement samt en helhetssyn på byggprojekt, vilket även var en styrka i den här studien. Respondenterna hade god kunskap om produktionstekniska aspekter och praktiska lösningar och hade också erfarenhet av att lösa byggtkniska problem på plats på ett annat sätt än de som arbetar i projekteringsstadiet. Dock var det bara en av respondenterna som hade erfarenhet av återbruk och det hade varit bättre om fler respondenter haft erfarenhet av detta, både återbruk generellt och återbruk specifikt av betong.

Det var även bra att respondenterna hade en spridning i utbildning, ålder och erfarenhet, men det hade varit önskvärt att ha fler respondenter. I varje intervju kom det upp något nytt som inte nämnts vid tidigare intervjuer, och det kan finnas fler aspekter på ämnet som inte fångades upp i intervjuerna. Det kom även upp en del saker i intervjuerna som ligger utanför frågeställningen, t.ex. kring demontering och ekonomi, det hade kanske varit möjligt att formulera intervjufrågorna på något annat sätt för att enbart få svar relevanta för frågeställningen. Det hade även varit intressant att intervjua personer som arbetar i andra roller för att få andra perspektiv på återbruk av betong. Slutligen hade det även varit intressant att göra enkäter för att få svaren mer generella, framförallt då det var några aspekter som respondenterna i denna studie inte höll med varandra om.

6.2 Håltagning i de återbrukade betongelementen

Vid användning av återbrukade betongelement krävs håltagning för installationer så som eldosor, ventilationsrör, vatten- och avloppsrör, och eventuellt även för dörrar och fönster, beroende på hur planlösningen anpassas efter elementen. Vid demontering av betongelement krävs uppsågning av betongelement. Det krävs även en del borring i

elementen för sammankopplande armering vid användning av återbrukade element. Som beskrivet i kap. 3.7 ställer håltagning och sågning i betong stora krav på arbetsmiljön. Arbetsmiljörisker så som buller, kvarts-stendamm och vibrationer förekommer vid dessa moment och måste hanteras för att inte leda till skador hos yrkesarbetarna. Även om åtgärder genomförs så utsätts yrkesarbetarna för påfrestningar.

För fallet med vibrationer redovisas i Tabell 3 arbetstid per dag för olika maskiner innan insats- respektive gränsvärde uppnås. För handhållen bilningshammare uppnås insatsvärdet efter 12 min och gränsvärden efter 42 min. För tryckluftsspett och slagborrmaskin uppnås insatsvärdet efter 18 min och gränsvärdet efter 60 respektive 78 min, detta är ganska korta tider med tanke på att en arbetsdag är 8 timmar. Dessutom gäller dessa tider under förutsättning att arbetaren inte använder andra vibrerande maskiner, t.ex. skruvdragare, puts- och slipmaskin, under resten av arbetsdagen. Insats- och gränsvärden är också bara generella värden och AFS (2005:15) påpekar att vibrations-skador kan uppkomma även om vibrationsvärdet ligger under insatsvärdet.

Sammanfattningsvis, å ena sidan finns lagstiftning kring att samhället ska arbeta mot att öka mängden återbruk, och å andra sidan kommer återbruk i större skala skapa fler jobb med håltagning och sågning i betong, arbetsuppgifter med svårighet att tillgodose en god arbetsmiljö i. Ur ett samhällsperspektiv är det viktigt att värna en god arbetsmiljö då arbetsskador kan ge stora kostnader i sjukersättning och sjukvård, och även ett stort lidande hos de drabbade. Ett sätt att förbättra arbetsmiljön är att utveckla arbetsmetoder, t.ex. kan det utvecklas fler lösningar där maskinerna t.ex. spänns fast i väggarna istället för att vara handhållna.

6.3 Problematisering av återbruk

Det finns mycket som pekar mot att återbruk och återvinning måste öka i framtiden. Betongtillverkning genererar stora koldioxidutsläpp vid tillverkning och vid rivning uppstår stora mängder avfall. Vid tillverkning krävs dessutom mycket råvaror som i framtiden kommer bli dyrare och svårare att få tag på, t.ex. råvaror för tillverkning av cement. Ett annat exempel är ballast som tidigare till stor del kom från naturliga grustäkter men av miljökäl är det mycket svårt att få tillstånd att öppna fler naturliga grustäkter då de renar vatten och det blir stora ingrepp på naturen. Istället används i Sverige idag mycket krossat berg som ballast, men i många andra länder har man svårighet att få tag på ballast i bra kvalitet. Utöver de ovan nämnda anledningarna så är avfallshierarkin införlivad i svensk lagstiftning, vilket innebär att vi ska arbeta mot ökad återanvändning och återvinning, och att återanvändning bör väljas framför återvinning.

Återbruk av betongelement inom byggbranschen är emellertid inte helt problemfritt. Det ger ökad arbetsinsats både vid rivning av byggnader som istället ska dekonstrueras och vid produktion av nya byggnader då de återbrukade elementen kräver speciallösningar för infästningar, håltagning för installationer och igenfyllning av gamla hål av akustiska skäl. Dessutom krävs verifiering av hållfasthet och kvalitetssäkring hos de återbrukade

elementen som tar tid och kostar pengar. Den ökande mängden håltagning kräver dessutom fler arbetare, som får en krävande arbetsmiljö som kräver åtgärder för att minimera risker. Det finns även risker i samband med lyft och arbete med tunga byggelement. Den ökande hanteringen kräver ökad arbetskraft men redan idag har Sverige brist på yrkesarbetare i byggbranschen.

I tidigare gjord forskning som behandlar cirkulär ekonomi och återbruk i byggbranschen, och annan litteratur inom området, beskrivs utförligt på ett teoretiskt sätt hur återbruk ska användas inom miljöarbetet. I många studier fokuseras det på vilka element som kan användas och inom vilka användningsområden. Den här studien har en produktionsteknisk aspekt och resultaten visade hur viktigt det är att ta hänsyn till yrkesarbetarnas arbetsmiljö och säkerhet, och att återbruk inte får försämra säkerheten på byggarbetsplatserna. Jag tyckte det var intressant att detta inte togs upp i litteraturen medan personer i branschen såg det som ett stort hinder.

Ytterligare en svårighet med användning av återbrukade betongelement är processen. Ett alternativ är att varje projekt ska leta efter element i byggnader som snart ska rivras för att se om något passar i den nya byggnaden. Då finns svårigheter att på förhand veta vad som plockas ut ur en byggnad, t.ex. avseende hållfasthet. Kanske behövs den nya byggnadens utformning och planlösning anpassas efter de egenskaper som elementen som demonteras i den gamla byggnaden har. Det kan försvåra återbruk i stor skala. Ett alternativ är att element i gamla byggnader demonteras, undersökas, klassificeras och lagras till någon köper dem. I det fallet kommer kostnader för lager uppstå och det måste finnas en efterfrågan på återbrukade element för de ska kunna säljas.

Idag används återvunnet betongavfall som ballast vid vägbyggnationer och som fyllnadsmassor vid anläggningar. Om betongavfallet istället återbrukas kanske det krävs ökad grusanvändning för att ersätta det betongavfall som idag används som ballast vid vägbyggnationer och som fyllnadsmassor. I så fall kommer återbruk inte leda till minskad grusanvändningen. Men det kan också vara så att allt betongavfall idag inte återvinns och då finns det potential till både återvinning och återbruk. Tyvärr saknas statistik i Sverige för hur mycket rivningsavfall som uppkommer och hur stor andel som återvinns (Boverket, 2019b).

6.4 Ekonomisk lönsamhet

Enligt Huuhka och Hakanen (2015) är kostnad inte ett hinder för återbruk, men de skriver själva att detta inte är i linje med annan gjord forskning inom området. Kostnaden som hinder tas t.ex. upp av Asam (2007), Gravina de Rocha & Aloysio Sattler (2009), Hradil (2014) och Persson (2015). Jag tror mycket hänger ihop med ekonomi, t.ex. tekniska lösningar, utbud och efterfråga. Enligt Huuhka och Hakanen (2015) börjar personer som arbetar i branschen reflektera kring sociala och ekonomiska aspekter efter teknisk genomförbarhet har visats. Enligt den här studien finns tekniska lösningar för momenten vid nyproduktion. Det som är kvar att titta på är tekniska lösningar vid demonteringen,

samt transport och lagring. Dock tror inte jag att det nödvändigtvis behövs hittas tekniska lösningar först, utan jag tror att tekniska lösningar kommer utvecklas snabbare om det finns efterfrågan på återbrukade element, t.ex. om det visar sig att det kan vara ekonomiskt lönsamt eller om beställaren efterfrågar ökad återanvändningsgrad i byggnaden. Det tar även Eklund et al (2003) och Asam (2007) upp och beskriver att ekonomisk lönsamhet är avgörande för återbruk i större skala.

Resultaten från den här studien är att det som gör återbruk dyrt är att demontering kostar, verifiering av hållfasthet och annan kvalitetssäkring kostar, om elementen är mindre tar det längre tid vid montering vilket ger ökade kostnader och vid återbruk av betongelement krävs en hel del håltagning som tar tid och kräver dyra maskiner. Det är oklart hur mycket dyrare ett projekt kan tänkas bli och hur mycket mer arbetstimmar som behövs. Det finns väldigt lite studier inom området och de som finns motsäger varandra.

Enligt Asam (2007) kan kostnadsbesparing på 26% göras vid optimal användning, Eklund et al (2003) uppger en kostnadsökning på 10–15% och Huuhka et al (2015) uppger kostnadsbesparing på 20–30%. Den sista siffran är dock något osäker då författaren inte kunnat komma åt källorna bakom siffran då de antingen var opublicerade eller inte fanns på engelska. Dessutom är siffrorna för pilotprojekt i ganska liten skala, några småhus och 22 respektive 50 lägenhet i flerbostadshus (Asam, 2007; Eklund et al, 2003). Det finns anledning att tro att kostanden kan minska om återbruk görs i större skala då fler tekniska lösningar kan utformas och entreprenören får ökad kunskap vilket tas upp av Eklund et al (2003) som menar att projekt med användning av återbruk kan bli ungefär lika dyra som konventionellt byggande. Detta bör dock undersökas.

I den här studien uttryckte respondenterna tvivel till att få återbruk ekonomisk lönsamt, men vid pilotprojekten som nämndes ovan visades att det inte behöver bli dyrare. Dessa frågor kan vara avgörande för om användning av återbrukade betongelement ska komma igång. Siffrorna ovan är endast från pilotprojekt och det är möjligt att det är annorlunda om man gör det i större skala, det bör undersökas.

7 Slutsats

De största slutsatserna från studien ges nedan:

- Användning av återbrukade betongelement ger flera tänkbara problem när det gäller lyft, infästningar och installationer.
 - För lyft är de största skillnaderna att de återbrukade elementen saknar lyftöglor och kan ha svårighet att hålla ihop under lyft, vilket kan lösas genom att använda alternativa lyftmetoder och/eller dela elementen i mindre bitar.
 - Gällande infästningarna är de största skillnaderna att återbrukade element saknar hål för infästningsdon och det kan lösas med att borra hål för sammankopplande armering och dylikt.
 - För att få plats med installationer i återbrukade element kan håltagning göras, det är dock dyrt, tidskrävande och innebär vissa risker i arbetsmiljön.
- Planlösningen kan påverkas dels på grund av att det av hållfasthetsskäl kan vara svårt att göra hål för dörrar och fönster, dels att massiva bjälklag innebär att installationerna måste läggas utanpå elementen vilket i sin tur påverkar rumshöjden.
- För återbruk bör prefabricerade element väljas framför platsgjutna då de är dimensionerade för att klara lyft och vid demontering är det lättare att veta var sågsnitten ska läggas. Dessutom är osäkerheten kring armeringens placering mindre då prefabricerade element inte kan avvika från ritningarna lika mycket som platsgjutna för vilka det kan göras andra lösningar på plats.
- Ett stort hinder för att kunna använda återbrukade betongelement är att hållfastheten är okänd och att det saknas praxis för test av hållfastheten och klassificering av elementen. För att möjliggöra användning måste hållfastheten testas och garanteras. Dels för att byggnaden ska hålla, dels för byggarbetarnas säkerhet när de arbetar med elementen.

Slutsats från studien är att det är praktiskt möjligt att använda återbrukade element i nyproduktion, men det är osäkert hur den ekonomiska lönsamheten påverkas. Respondenterna tror att återbruk kommer göra projekten dyrare, dock finns det forskning som visar att det inte behöver bli så. Dessutom bör de miljövinster som uppstår vid återbruk tas i beaktan.

8 Vidare forskning

Återbruk av betongelement är ett relativt outforskat område och i den här studien har produktionstekniska aspekter undersökts för tre elementtyper. Innan återbrukade betongelement kan användas i nyproduktion krävs mer forskning, förslag på några viktiga frågeställningar att undersöka ges nedan:

- Undersöka vilka metoder det finns för att fastställa hållfasthet hos återbrukade betongelement.
- Undersöka hur betongelement efter hållfasthetstest kan klassificeras och vilken storts klassificering testerna leder till.
 - Ta fram användningsområde relaterat till klassificering.
- Undersöka om det är ett alternativ att CE-märka de återbrukade betongelementen. Det är en väl inarbetad märkning så det finns flera fördelar om den typen av klassificering kan användas.
- Undersöka om klassificering av återbrukade element kräver att andra krav än hållfasthet är uppfyllda för att kunna användas i byggnader.
 - Undersöka vilka metoder det finns för att fastställa de framkomna egenskaperna.
- Det hade även varit intressant att använda denna intervju frågeställningar och resultat för att utforma en kvalitativ studie för att få resultaten mer generella. Eller att undersöka ämnesområdet hos respondenter med annan yrkesroll och/eller med erfarenhet av återbruk av betongelement.
- Undersöka vilka betongelement som passar bäst för återbruk.

Dessutom behöver demonteringen av element som ska återbrukas undersökas. Tänkbara frågeställningar inom detta område är:

- Undersöka om kontroll av hållfastheten kan ske på plats, och om det inte går undersöka hur demonteringen kan ske på ett säkert sätt.
- Undersöka hur demonteringen bör göras.
- Undersöka hur man kan säkerställa att elementet håller ihop under stegen demontering i den gamla byggnaden, lyft, transport, lyft och montering i den nya byggnaden.

- Undersöka om elementet håller för att sågas upp utan att gå sönder, och om det är någon elementtyp som klara det bättre än någon annan. I denna studie var det blandade åsikter om den frågan.

Det har även framkommit att ekonomisk lönsamhet är nyckeln för återbruk i större skala. Det hade varit intressant om mer forskning hade undersökt hur ekonomin i siffror påverkas. Nu finns mest generella åsikter om att ”återbruk kommer bli dyrt”.

Kopplat till den frågeställningen hade det varit intressant att undersöka om och hur projekttiden påverkas vid användning av återbruk. I dagsläget finns ingen forskning om det.

9 Referenser

- Abetong (u.å.). *Ytterväggar*. <https://www.abetong.se/sv/Yttervaggar> [2019-08-08]
- AFA Försäkring (2016). *Arbetsjukdomar*. Rapport. <https://www.afaforsakring.se/globalassets/forebyggande/analys-och-statistik/arbets-skaderapporten/ovriga-rapporter-om-arbets-skador-och-sjukfranvaro/f6345-arbetsjukdomar.pdf>
- AFS (2005:15). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*.
- Arbetsmiljöverket (2015). *Arbete med tunga byggelement och formbyggnadselement*. <https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/bygg/risker-vid-byggnad--och-anlaggningsarbeten/arbetsmiljoplan-och-dess-risker/arbete-med-tunga-byggelement-och-formbyggnadselement/> [2019-11-11]
- Arbetsmiljöverket (2016). *Risker med buller*. <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/buller/risker-med-buller/> [2019-09-20]
- Arbetsmiljöverket (2017a). *Vibrationer*. <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/vibrationer/> [2019-09-24]
- Arbetsmiljöverket (2017b). *Fysiska risker vid byggnads- och anläggningsarbeten*. <https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/bygg/risker-vid-byggnad--och-anlaggningsarbeten/fysiska-risker-vid-byggnads--och-anlaggningsarbete/#3> [2019-11-11]
- Arbetsmiljöverket (2019). *Kvarts-stendam*. <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/kemiska-risker-och-luftforenningar/kvarts-stendam/> [2019-09-20]
- Asam, C. (2007). Recycling prefabricated concrete components – a contribution to sustainable construction. *Portugal SB 2007 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium*, 3(2007), ss. 998-1005.
- Björking, S-E. (1978). *Ombyggnad. Hur bostadshusen byggdes 1940–1970* (Byggeforskning Rapport R106:1978). Stockholm: statens råd för byggeforskning.
- Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L. (1983). *Så byggdes husen 1880–1980*. Stockholm: Stoholms stadsbyggnadskontor och Statens råd för byggnadsforskning.
- Boverket (2018). *CE-märkning*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/byggprodukter/att-salja-byggprodukter/ce-markning/> [2019-09-13]
- Boverket (2019a). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/vaxthusgaser/> [2019-06-17]
- Boverket (2019b). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer--aktuell-status/avfall/> [2019-06-17]
- Branschorganisation för byggnadsberedning (2014). *Torr eller våt bearbetning*. <https://hålltagning.nu/torr-eller-vatbearbetning/> [2019-09-23]
- ByggAi. (2008a). *Stomme*. <https://byggai.se/arbetsinstruktioner/stomme/> [2019-06-20]

- ByggAi (2008b). *Sammansatta byggdelar*. <https://byggai.se/arbetsinstruktioner/sammansatta-byggdelar/> [2019-09-23]
- Byggindustrins Centrala Arbetsmiljöråd (2006). *Koppla rätt och lyft säkert*. <https://www.byggnads.se/siteassets/broschyror/arbetsmiljo-och-sakerhet/koppla-ratt-och-lyft-sakert.pdf>
- Byggnadsarbetaren (2015). Så länge får du jobba med maskinerna, nr 3 mars, ss. 22. https://www.byggnadsarbetaren.se/files/nyhetsbilder/22_vibrationer.pdf
- Camacho Sobek, B. & Fetahovic, E. (2018). Hinder för cirkulär ekonomi i byggbranschen – cirkulära materialflöden i byggbranschen. Examensarbete, Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi. Helsingborg: LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg.
- Cramo (2019a). *Bilningshammare, el*. https://www.cramo.se/sv/category/byggmaskiner_bilningshammare_bilningshammare-el [2019-10-04]
- Cramo (2019b). *Slagborrmaskin*. <https://www.cramo.se/sv/search?str=slagborrmaskin> [2019-10-04]
- Deilmann, C., Effenberger, K-H. & Banse, J. (2009) Housing stock shrinkage: vacancy and demolition trends in Germany. *Building Research & Information*, 37(5-6), ss. 660-668.
- Ejlertsson, G. (2014) *Enkäten i praktiken*. Lund: Studentlitteratur
- Ekergård, Y. (2012). Återanvändning av betongelement: Att bestämma ett elements nya miljö. Examensarbete, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser. Luleå: Luleå Tekniska Universitet.
- Eklund, M., Dahlgren, S., Dagersten A. & Sundbaum, G. (2003). The Conditions and Constraints for Using Reused Materials in Building Projects. Deconstruction and materials reuse. *11 th Rinker International Conference*. Gainesville, USA 7-10 maj 2003.
- Eriksson, O. (1994). *Byggbeställare i brytningstid*. Stockholm: Byggforskningsrådet.
- EUR-Lex (2018). Kommissionens meddelande inom ramen för genomförandet av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 305/2011 om fastställande av harmoniserade villkor för saluföring av byggprodukter och om upphävande av rådets direktiv 89/106/EG. *Europeiska unionens officiella tidning*, 9.3.2018, C92, ss 139–184. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0309\(09\)&from=SV](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0309(09)&from=SV)
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv (EUT L 312, 22.11.2008, s. 3)
- Fib. (2008). *Structural connections for precast concrete buildings*. (fib bulletin no 43). Lausanne: International Federation for Structural Concrete (fib).
- Gravina de Rocha, C., Aloysio Sattler, M. (2009). A discussion on the reuse of building components in Brazil: An analysis of major social, economical and legal factors. *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (2009), ss. 104–112.
- Heinsoo, J. & Westerbring, J. (2016). Cirkulär ekonomi och demontering för återanvändning inom byggindustrin. Examensarbete, Institutionen för bygg- och miljöteknik. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Helm, P. (2016). Cirkulär ekonomi och avfallshantering. Magisteruppsats, Centrum för miljö- och klimatforskning. Lund: Lunds Universitet.
- Hradil, P. (2014). Barriers and opportunities of structural elements re-use. Research rapport. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo.

- Huuhka, S., Hakanen, J.H. (2015). Potential and barriers for reusing load-bearing building components in Finland. *Int. Journal for Housing Science*, 39(4), ss. 215-224.
- Huuhka, S., Kaasalainen, T., Hakanen, J.H. & Lahdensivu, J. (2015). Reusing concrete panels from buildings for building: Potential in Finnish 1970s mass housing. *Resourc. Conserv. Recycl.*, 101(2015), ss. 105–121.
- Högberg, J., Silins, I. & Stenius, U. (2011). *Kvarts och dess cancerframkallande förmåga*. (Arbetsmiljöverket Rapport 2011:5) <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapssammanstallningar/kvarts-och-dess-cancerframkallande-formaga-rap-20115-kunskapssammanstallning.pdf> Stockholm: Arbetsmiljöverket
- Höst, M., Regnell, B. & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur
- Johansson, P., Brander, L., Jansson, A., Karlsson, S., Landel, P. & Svennberg, K. (2017). *Kvalitet hos byggnadsmaterial i cirkulära flöden* (RISE Rapport 2017:55). Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB.
- Kellner, J. (2017). *Klimat – Energi – Hållbarhet*. Stockholm: Balkong Förlag.
- Lantz, A. (2013). *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Limbachiya, M., Bostanci, S. C. & Kew, H. (2014). Suitability of BS EN 197-1 CEM II and CEM V cement for production of low carbon concrete. Kingston University, Storbritannien. (2015-01-26).
- Nationalencyklopedin (2019). *Uppslagsverk*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/> [2019-06-25]
- Naturvårdsverket (2019a). *Sveriges del av EU:s klimatmål*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimattaganden/> [2019-06-17]
- Naturvårdsverket (2019b). *Sveriges klimatlag och klimatpolitiska ramverk*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/> [2019-06-17]
- Naturvårdsverket (2019c). *Bygg- och rivningsavfall*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Bygg--och-rivningsavfall/> [2019-06-17]
- OSHA (2018). OSHA's Respirable Crystalline Silica Standard for General Industry and Maritime. *OSHA Fact Sheet*, 02/2018. <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3682.pdf>
- Persson, J. (2015). Cirkulär ekonomi och dekonstruktion för återanvändning och återvinning inom byggindustrin. Masteruppsats, Centrum för miljö- och klimatforskning. Lund: Lunds Universitet.
- Renström, E. (2017). Återbrukade byggkomponenter. Masteruppsats, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser. Luleå: Luleå Tekniska Universitet.
- SFS 2011:927. Avfallsförordningen.
- Strängbetong (2012). *Bärande sandwichväggar av betong med EPS isolering*. <https://strangbetong.se/produkter/fasader/sandwichvaggar/> [2019-08-08]
- Stukat, S. (2011). *Att skriva examensarbete inom utbildningsvetenskap*. Lund: Studentlitteratur
- Svensk Betong (2019a). *Däckelement*. <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/produktredovisning/komponenter-till-hus-och-anlaggning/dackelement> [2019-07-03]
- Svensk Betong (2019b). *Håldäck direkt*. <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/statik/haldack/haldack-direkt> [2019-07-03]

- Svensk Betong (2019c). *Dimensionering av väggelement*. <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/statik/vaggar-massivvagg-v-och-sandwichvagg-w/dimensionering-av-vaggelement> [2019-07-04]sv
- Svensk Betong (2019d). *Massiva bjälklagsplattor (RD & RD/F)*. <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/statik/massiva-bjalklagsplattor-rd-rd-f> [2019-07-04]
- Svensk Byggtjänst. (2017). *Betonghandbok. Material*. Stockholm: Svensk Byggtjänst
- Trost, J. & Hultåker, O. (2016). *Enkätboken*. Lund: Studentlitteratur

Bilaga 1

Intervjufrågor

Hur många år har du arbetat i byggbranschen?

Vad har du för utbildning?

Vad är din titel?

Hur gammal är du?

Den första elementtypen jag tänkte vi kunde prata om är bjälklag i massiv betong. Tror du det skulle bli skillnad vid lyft av bjälklag om man använde återbrukade element istället för nyttillverkade?

- Går det att lösa?

När de gäller infästningar tror du det blir annorlunda att montera återbrukade element?

- Om det är annorlunda, går det att lösa?

Vilka fler skillnader tror du det skulle bli produktionstekniskt?

- Går skillnaderna att lösa? Hur?

Nästa element vi kan prata om är mellanväggar i massiv betong. Tror du det skulle bli skillnad vid lyft av massiva väggar i betong om man använde återbrukade element istället för nyttillverkade?

- Går det att lösa?

När de gäller infästningar tror du det blir annorlunda att montera återbrukade element?

- Om det är annorlunda, går det att lösa?

Vilka fler skillnader tror du det skulle bli produktionstekniskt?

- Går skillnaderna att lösa? Hur?

Också har vi det sista element, sandwichelement i betong. Tror du det skulle bli skillnad vid lyft av sandwichelement om man använde återbrukade element istället för nyttillverkade?

- Går det att lösa?

När de gäller infästningar tror du det blir annorlunda att montera återbrukade element?

- Om det är annorlunda, går det att lösa?

Vilka fler skillnader tror du det skulle bli produktionstekniskt?

- Går skillnaderna att lösa? Hur?

Vad ser du som de största hindren för återbruk av betongelement?