



CHALMERS



Cirkulär ekonomi för rivningsbetong Med fokus på återvinning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

Erik Söderlund

Farshid Avazpour

Rapport nr. E2019:125

Cirkulär ekonomi för rivningsbetong

Med fokus på återvinning

Erik Söderlund
Farshid Avazpour

Handledare: Johan Tivander

Examinator: Anna Nyström Claesson

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för miljösystemanalys
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2019

Cirkulär ekonomi för rivningsbetong

Med fokus på återvinning

Erik Söderlund

Farshid Avazpour

© Erik Söderlund, Farshid Avazpour, Sverige, 2019

Examensarbete E2019:125

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för miljösystemanalys

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 10 00

Omslag: Bild som symboliserar en rivning. Hämtad från Colourbox.

Chalmers digitaltryck

Göteborg, Sverige 2019

SAMMANFATTNING

Idag produceras och kasseras resurser i stora mängder vilket påverkar den globala hållbarheten. Principer som cirkulär ekonomi har därför vuxit fram och kan, med verktyg för att cirkulera produkter i slutna kretslopp, effektivisera resursanvändningen.

Byggbranschen bidrar, efter gruvbranschen, med Sveriges största avfallsmängder där betongavfall bidrar med stora mängder. Betong är en resurs som globalt produceras i stora kvantiteter och orsakar stora koldioxidutsläpp, främst på grund av användningen av cement. Att återvinna brukbar cement ur härdad betong hade därför varit önskvärt för att effektivt minska utsläppen. Men cements härdande egenskaper kan inte återkallas genom en mindre krävande process än originaltillverkningen varför det idag inte återvinns cement. En annan återvinning är återvinning av betong som betongkross för att ersätta jungfruligt ballastmaterial vilket har undersökts i denna studie.

Syftet med studien har varit att ta reda på hur olika aktörer hanterar och/eller använder betongavfall från rivningar och översiktligt kvantifiera avfallsflöden för rivningsbetong. Metoden för detta har varit att använda litteratur, tillgänglig statistik och intervjuer.

Enligt resultatet produceras i Sverige cirka tio gånger mer betong än vad som blir avfall. Vanligaste användningsområdet för rivningsbetong är som fyllnads-/konstruktionsmaterial på eller utanför avfallsanläggningar och obetydliga mängder har funnits användas i ny betong. Endast ett av nio analyserade betongföretag i studien uppger att de använder rivningsbetong som ballast och då enbart från egentillverkad betong för en specifik typ av tillämpning. Anledningar till att rivningsbetong inte används i ny betong är enligt betongindustrier grundade i spårbarhet, att endast små mängder krossad betong får blandas i ny betong och att det inte finns tillräckliga volymer av betongavfall tillgängligt. Dessutom blandas ofta rivningsbetong med andra material vilket försvårar för återvinning. På samma sätt visar avfallsstatistiken ett blandat avfallsflöde med flera sorters bygg- och rivningsmaterial. Därtill skiljer sig rapporteringsrutiner och definitioner av rivningsfraktioner mellan olika år i statistiken. Det är därför svårt att dra slutsatser om hur mycket rivningsbetong som hanteras i olika avfallsströmmar.

Nyckelord: Slutet kretslopp, resurseffektivitet, cirkulär ekonomi, rivningsbetong

ABSTRACT

Today, resources are produced and discarded in large quantities which affects global sustainability. Principles like circular economics has therefore emerged. With tools for circulating products in closed loops, circular economy can make the resource use more efficient.

Next after the mining industry, the construction industry generates the largest amounts of waste where concrete waste contributes to large quantities. Concrete is a resource that globally is produced in large quantities and causes large carbon dioxide emissions, mainly due to the use of cement. Recycling usable cement from hardened concrete would therefore have been desirable to effectively reduce the emissions. However, the hardening properties of cement cannot be recalled through a less demanding process than for original production why cement is not recycled today. Another type of recycling is recycling of concrete as crushed concrete to replace virgin ballast material which has been investigated in this study.

The aim of this study has been to investigate how different stakeholders treats and/or uses concrete waste from demolition. Another aim has been to briefly quantify waste flows for demolished concrete. The method has been to use literature, available statistics and interviews.

According to the results about ten times more concrete is produced than what becomes waste in Sweden. The most common area of use for demolished concrete is as a filling/construction material on or off waste facilities and insignificant amounts has been found to be used in new concrete. Only one out of nine concrete companies analyzed in the study states that they use demolished concrete as ballast, and then only from own made concrete for a specific type of application. Reasons why demolished concrete is not used in new concrete is, according to concrete industry, based on traceability of the concrete, that only small portions of crushed concrete can be recycled into new concrete and that there are not enough volumes of concrete waste available. In addition, demolished concrete is often mixed with other materials, which makes it difficult to recycle. In the same way, the official waste statistics presents a mixed waste flow with several sorts of building and demolition materials. In addition, reporting routines and definitions of demolition fractions differ between years in the statics. Therefore, it is difficult to draw conclusions about how much demolished concrete is handled in different waste streams.

Key words: Closed loop, resource efficiency, circular economy, demolished concrete

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Avgränsningar	2
2	Litteraturstudie	3
2.1	Resursanvändning i samhället	3
2.1.1	Resurseffektivisering	3
2.1.2	Transporter och byggnaders energi	4
2.1.3	Återvinning	5
2.2	Cirkulär ekonomi	6
2.2.1	Linjär och cirkulär ekonomi	6
2.2.2	Resurser och kretslopp	8
2.2.3	Ekonomisk frikoppling- olika scenarier	9
2.2.4	Design för demontering, återanvändning och återvinning	11
2.2.5	Användningsområden för rivningsbetong	12
2.3	Livscykeln för betong	13
2.3.1	Vad är betong?	13
2.3.2	Betongåtervinning	14
2.3.3	Mellanlagring och deponi	15
2.4	Avfallshantering i Sverige	16
2.4.1	Hantering vid rivning	17
2.4.2	Regleringar för avfall från byggverksamhet	18
2.4.3	Regleringar för rivningsbetong	20
2.4.4	Ekonomiska styrmedel för betongåtervinning	23
2.5	Aktörer	24
2.5.1	Rivningsentreprenörer	24
2.5.2	Avfallsentreprenörer	25
2.5.3	Anläggning för behandling av avfall	25
2.5.4	Betongindustrier	26
2.5.5	Andra organisationer och myndigheter	28
2.6	Avfallsstatistik	29
2.6.1	Rapportering av bygg- och rivningsavfall	29
2.6.2	Tillgänglig statistik	30
2.6.3	Trender i statistiken	35
2.6.4	Avgränsningar och osäkerheter i statistiken	36
2.6.5	Cirkularitet för rivningsbetong	37
3	Metod	40
3.1	Litteraturstudie	40
3.1.1	Flödesschema	40
3.1.2	Resurser och cirkulär ekonomi	40
3.1.3	Avfallsstatistik	41
3.2	Datainsamling	41
3.2.1	Intervjuer	41
3.3	Kvantifiering av flöden	44
3.4	Analysstrategi	46
3.4.1	Vad finns det för användningsområden för återvunnen rivningsbetong?	46
3.4.2	Hur arbetar aktörer med flöden av rivningsbetong?	46
3.4.3	Hur mycket rivningsbetong finns i avfallsflöden i statistiken?	47

4	Resultat	48
4.1	Avfallshantering	48
4.1.1	Rivning.....	48
4.1.2	Anläggningar för avfall	48
4.1.3	Betongindustrier	50
4.1.4	Sammanfattning av användningsområden enligt intervjuer.....	53
4.2	Flödeskvantifiering för rivningsbetong	53
4.2.1	Flödesdiagram från Avfall i Sverige 2016	53
4.2.2	Officiell statistik.....	54
4.2.3	Nytt flödesdiagram.....	55
5	Resultatanalys	59
5.1	Användningsområden	59
5.1.1	Etablerade användningsområden	59
5.1.2	Begränsad användning av rivningsbetong i ny betong	60
5.1.3	Aktörernas hantering av betongflöden från rivning	61
5.2	Flödeskvantifiering	62
5.2.1	Totalt uppkommet betongavfall.....	62
5.2.2	Betongspill	63
5.2.3	Blandade material i avfallsstatistiken.....	63
5.2.4	Osäkerheter med fördelning av avfall i behandlingsflöden	64
5.3	Cirkulär ekonomi för rivningsbetong	65
5.3.1	Vinster i ett cirkulärt system	65
5.3.2	Möjliggöra sluten återvinning	66
6	Diskussion	67
6.1	Metoddiskussion	67
6.1.1	Användningsområden för rivningsbetong.....	67
6.1.2	Aktörer.....	67
6.1.3	Andel betong i mineralavfall.....	68
6.2	Osäkerheter i flödesberäkningar	68
6.3	Svårigheter under arbetet	69
6.4	Bidrag till området	70
7	Slutsats	71
	Förslag till fortsatta studier	72
	Källförteckning	73
	Bilagor	87

Förord

Detta examensarbete har skrivits vid avdelningen Miljösystemanalys på Chalmers Tekniska Högskola, våren 2019. Arbetet skrevs med Anna Nyström Claesson som examinator och Johan Tivander som handledare. Vi vill rikta ett tack till Anna och Johan för vägledning och stöttning under arbetets gång. Vi vill även tacka alla intervjuade personer som har bidragit med nödvändig information för detta arbete.

Göteborg Maj 2019

Erik Söderlund

Farshid Avazpour

1 Inledning

Byggverksamheter i Sverige bidrog år 2016 med 9.8 miljoner ton primärt bygg- och rivningsavfall vilket motsvarar 31 % av allt genererat avfall i Sverige (Boverket, 2019). En stor andel av bygg- och rivningsavfallet var mineraliskt avfall bestående av bland annat betong, tegel och gips (Naturvårdsverket, 2018a).

Sveriges befolkning blir samtidigt större vilket medför att fler bostäder måste tillföras. Befolkningsmängden uppskattas öka med en miljon invånare till år 2029 och år 2070 beräknas Sverige ha 13 miljoner invånare (Statistiska Centralbyrån [SCB], 2019). Byggsektorns resurseffektivitet är och kommer därför att bli viktig för att större avfallsmängder inte ska användas i miljöbelastande sammanhang, till exempel deponering. I de fallen måste mer naturliga råvaror utvinnas och tillsättas produktionsprocessen.

Användningen av naturliga råvaror för produktion bidrar exempelvis till minskad biodiversitet, markförstöring, överexploatering av grundvattenreservoarer, nedskräpning, ökade mikroplaster, läckagerisk på deponier, utsläpp av ämnen till luft och vatten och ökar koldioxidutsläppen (United Nations Environment Programme [UNEP], 2018a; Material Economics, 2018; Göransson, 2015). Betong som är ett viktigt material för samhället används både för hus och för infrastruktur och tillverkas i stora mängder. Därför krävs också stora mängder råvaror som cement, vatten och ballast vid produktion. Under betongens livscykel bidrar användningen av cement med 90 % av betongens totala koldioxidutsläpp (Svensk Betong, 2017) och är den största källan till växthusgaser från industrier i Sverige, näst efter järn-och stålindustrin (Naturvårdsverket, 2018b). Samtidigt påverkar utvinningen av naturgrus som ballast i betong svenska sötvattenresurser negativt eftersom naturgruset utgör våra viktigaste grundvattenreservoarer (Göransson, 2015). System som cirkulär ekonomi där värde skapas genom att använda resurser mer effektivt kan medföra att resursanvändningen blir mer hållbar.

1.1 Syfte

Rapporten syftar till att redovisa hur olika aktörer hanterar och/eller använder betongavfall från rivningar och vad som reglerar hanteringen. Rapporten syftar även till att översiktligt kvantifiera avfallsflöden för rivningsbetong för att förstå dess cirkulära status.

Denna studie avser att reda ut:

- Vad finns det för användningsområden för återvunnen rivningsbetong?
- Hur arbetar aktörer med flöden av rivningsbetong?
- Hur mycket rivningsbetong finns i avfallsflöden i statistiken?

1.2 Avgränsningar

Rapporten fokuserar på icke-farlig betong från rivning. Den geografiska avgränsningen är Sverige och insamlad statistik är ämnad att beskriva ett nuläge. Fokus ligger på återvinning av krossad rivningsbetong utan hänsyn till eventuell återvinning av armering.

2 Litteraturstudie

De inledande kapitlen omfattar resurseffektivitet och cirkulär ekonomi. Därefter beskrivs materialet betong, vad det innehåller och hur det återvinns följt av en generell beskrivning av avfallshanteringen i Sverige. Slutligen beskrivs inblandade aktörer och existerande statistik för rivningsbetong.

2.1 Resursanvändning i samhället

Dagens konsumtionssamhälle använder stora mängder resurser som material, mat och energi vilket leder till stora mängder avfall (United Nations [UN], u.å). Ett vanligt material är plast, exempelvis plastpåsar, som ofta används en gång för att sedan slängas. Produktionen av plast inleddes under tidigt 1950-tal och sedan dess har nio miljarder ton tillverkats (UNEP, 2018b). Av de tillverkade mängderna har 9 % återvunnits, 12 % förbränts och 79 % hamnat på deponi och i naturen (UNEP, 2018b). I ett oförändrat tillstånd kommer tolv miljarder ton plastavfall finnas på deponier och i naturen år 2050 (UNEP, 2018b). Konsumtion av mat är ett annat exempel på ineffektiv resursanvändning. Det globala matsvinnet är idag en tredjedel, alternativt 1,3 miljarder ton per år, av maten som produceras varje år (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2011) och till år 2030 kan mängden öka till 2,1 miljarder ton (The Boston Consulting Group [BCG], 2018).

2.1.1 Resurseffektivisering

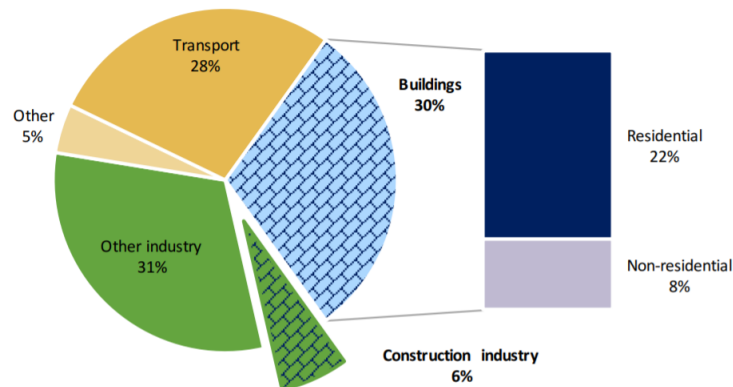
Den ineffektiva användningen av resurser innebär stora värdeförluster. Värdeförlusterna i Sverige för material med ursprung i exempelvis byggnader, transport, produkter och förpackningar motsvarar idag 76 % eller 42 miljarder kronor, orsakat av upparbetningskostnader vid återvinning; volymförluster när använt material inte blir till nytt material, till exempel då plast förbränns; och pridförluster när material vid återvinning nedgraderas och får ett lägre värde än nyproducerat material, till exempel då högvärdig plast återvinns till säckar, mattor, backar med mera (Material Economics, 2018). Det bevarade materialvärdet på 24 % eller 13 miljarder kronor är främst till följd av en högre resurseffektivitet där sekundärt material används i ny materialproduktion (Material Economics, 2018). För en förbättrad resurseffektivitet krävs att tillverkare förändrar produktdesign och materialval, att återvinningsindustrier utvecklas för att kunna ta hand om material och produkter som faller ur användning. Det krävs också en stabil marknad för återvunna material (Material Economics, 2018).

För att effektivisera användningen av plast och mat i Sverige har olika åtgärder vidtagits. För att minska mängderna plast har bland annat lagen som reglerar producentansvar utökats och plastförpackningar får därför bara användas i de fall som det anses nödvändigt (Naturvårdsverket, 2019a). Europaparlamentet har också godkänt förbud för vissa engångsplastartiklar (Europaparlamentet, 2019). För

matavfall har en handlingsplan med 42 förslag på åtgärder för att minska matsvinnet, till exempel med förändrat konsumentbeteende och ett nationellt mål med tillhörande uppföljningsmetoder, sammanställt av Livsmedelsverket tillsammans med Jordbruksverket och Naturvårdsverket (Livsmedelsverket, 2018). Det matsvinn som ändå uppstår bör återvinnas för en ökad resurshållning i livsmedelskedjan (Naturvårdsverket, 2019b). Gemensamt för åtgärderna för plast och mat är att i första hand effektivisera användningen genom att konsumera och kassera mindre. I andra hand ska uttjänade varor behandlas med biologisk återvinning av matavfall eller materialåtervinning av plast.

2.1.2 Transporter och byggnaders energi

En annan resurs som används i stora mängder är energi, där transporter och byggnader har en stor påverkan på ett samhälles sammanlagda energiåtgång (figur 1). Den globala konsumtionen av primäre energi ökade med 2,9 % år 2018 vilket är den snabbaste tillväxten sedan 2010 (BP, 2019). I nuvarande takt väntas energiförbrukningen för värme och kyla i byggnader att öka med 79 % och 84 % under perioden 2010 och 2050 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Samtidigt beräknas den globala energiförbrukningen för transport öka med cirka 40 % till år 2040 (U.S Energy Information Administration [EIA], 2017)



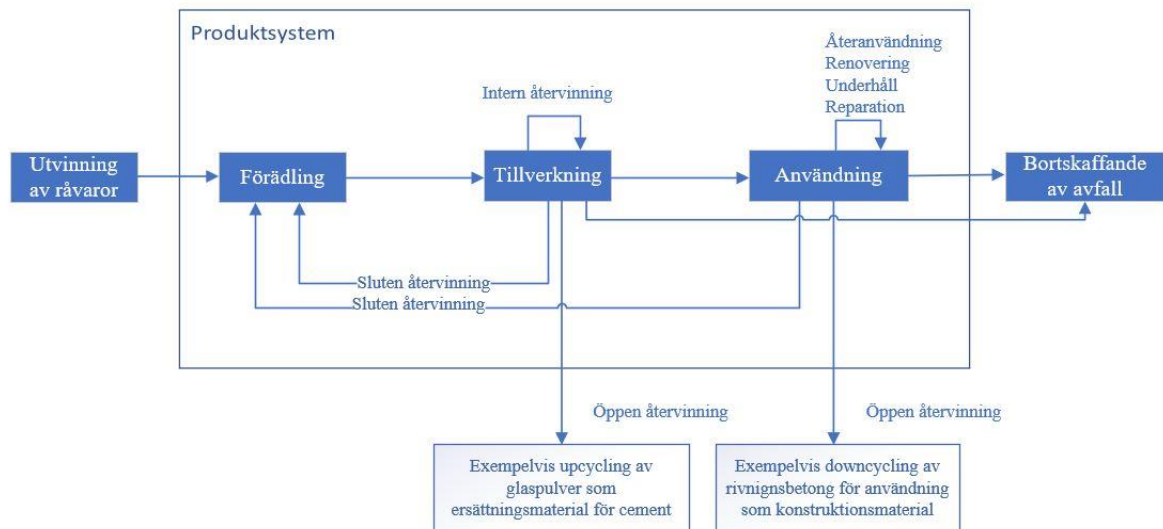
Figur 1. Fördelning av den globala energikonsumtionen efter sektor, år 2015. (UNEP, 2017). Återgiven med tillstånd.

Hushållningen av resurser som förbrukas vid transport och energianvändning hos byggnader kan effektiviseras på olika sätt. Förutom effektivare användning av energi och transporter behövs även en ökad andel förnybara energikällor och bättre rening av utsläpp (Naturvårdsverket, 2019c). Hållbar transport, med till exempel cykel, gång och kollektivtrafik, bidrar inte bara till att reducera energianvändningen, utan också till att minska trängsel i städer och minska luftföroreningar, skapa ökad sysselsättning, mobilitet och tillgänglighet (UNEP, 2012). För byggnader har regeringen i Sverige som mål att minska energianvändningen med 20 % till år 2020 och 50 % till år 2050 jämfört med 1995 (Regeringen, 2006). Exempel på åtaganden är därför att nya byggnader som ägs och används av offentliga myndigheter ska vara nära-noll-energibyggnader från och med 31 december 2018. Efter 31 december 2020 ska detta

även omfatta övriga aktörer (Regeringen, 2016). Samtidigt sker stora energiförluster och år 2009 nådde endast 71,6 % av den totalt producerade energin i dåvarande EU-27 en slutanvändare (European Environment Agency [EEA], 2015). Energiförluster som kan ske vid generering av energi, distribution och konvertering eller som spillvärme, gasfackling och avloppsvatten skulle kunna minskas i ett effektivare energisystem (EEA, 2015). Exempel på system är avloppsreningsverken i Bromma och Henriksdal där energi från avloppsvatten återvinns för produktion av biogas som används i 280 av Stockholms Lokaltrafiks bussar (EEA, 2015; Scandinavianbiogas, 2019).

2.1.3 Återvinning

Återvinning är viktigt för att resurser som inte längre kan hållas i användning ska kunna få nytt värde. För återvinning finns begrepp som downcycling och upcycling för att skilja på olika kvaliteter av återvinning. Downcycling innebär att ett avfall omvandlas till ett material med lägre kvalitet, lägre ekonomiskt värde och/eller lägre funktionalitet (Ellen MachArthur, 2013), till exempel uttjänad plast av hög kvalitet (PET-flaskor med mera) som vid återvinning ofta blandas med plast av lägre kvalitet och återvinns som plast i parkbänkar och som farthinder (Russo, 2008). Upcycling innebär att det omvandlade materialet är av högre kvalitet, högre ekonomiskt värde och/eller högre funktionalitet (Ellen MachArthur, 2013), exempelvis om uttjänad plast omvandlas för inblandning i ett mer högvärdigt material som nanorör (Zhuo & Levendis, 2013). Man pratar även om öppna och slutna kretslopp. Återvinning i öppna kretslopp innebär att material från återvinning används i andra produktsystem (figur 2) vilket innefattar både upcycling och downcycling (Wahlström et al., 2019). Exempel på downcycling i öppna kretslopp är om betong återvinns som konstruktions-/fyllnadsmaterial (figur 2) (Di Maria, Eyckmans och Van Acker, 2018). Exempel på upcycling i öppna kretslopp är om exempelvis glaspulver, som är ett avfall från glasindustrin, används som ett ersättningsmaterial för cement i betongindustrin (figur 2) (Deschamps, Simon, Tagnit- Hamou och Amor 2018). I ett slutet kretslopp återvinns material och produkter för att fylla samma funktion som tidigare (Wahlström et al., 2019) vilket också kan benämnas som funktionell återvinning (UNEP, 2011a; Ellen MacArthur, 2014). I ett slutet kretslopp återvinns betong för användning i ny betong, stål omsmälts för användning i nytt stål och återvunnet gips används i nytt gips. Material kan också återanvändas för att sluta kretsloppet, till exempel om demonterade betongelement används i nya byggnader. Återanvändning, renovering, underhåll och reparation är metoder för att öka livslängden på produkten inom produktsystemet.



Figur 2. I öppen återvinning faller material ur produktsystem medan material cirkulerar i produktsystemet i ett slutet system. Under användningsfasen kan återanvändning, renovering, underhåll och reparation bidra till att öka livslängden på en produkt. Intern återvinning kan ske till exempel om ohärdad restbetong återvinns för att gjuta betongkuber.

De olika begreppen för återvinning är användbara för att urskilja olika kvaliteter på återvinningar. I Nederländerna återvanns till exempel 97 % av avfallet från bygg och rivning år 2015 vilket får det att framstå som att man har kommit långt på vägen resurseffektivitet (Reike, Vermeulen och Witjes, 2018). Men avfallet återvanns i regel som downcycling (Reike et al., 2018). Om höga återvinningstal blir synonymt med hög resurseffektivitet finns risk att man stagnerar i att återvinna produkter på ett sätt som gör att de förlorar sin ursprungliga funktion (Reike et al., 2018) vilket kan orsaka miljömässiga och ekonomiska förluster (Material Economics, 2018).

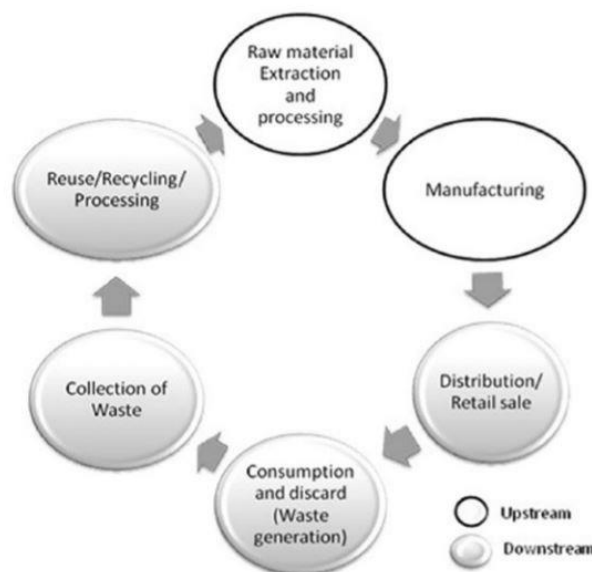
2.2 Cirkulär ekonomi

För att effektivisera resursanvändningen har cirkulär ekonomi vuxit fram som en användbar metod. Det är svårt att spåra konceptet till en konkret historisk källa men dess praktiska tillämpning tog fart på sent 1970-tal (Ellen MacArthur, 2013). Sedan dess har konceptet fått ökad uppmärksamhet i den akademiska världen och från beslutsfattare (Geissdoerfer, Savaget, Bocken och Hultink, 2017). Exempelvis finns cirkulär ekonomi som en strategi för genomförandet av Agenda 2030 i Sverige (Finansdepartementet, 2018). Visionen med cirkulär ekonomi är att cirkulera material i så slutna system som möjligt för att bevara kvaliteten över flera livscyklar (Jansson, Nyström och Wendin, 2014) vilket möjliggör en hållbarare resursanvändning.

2.2.1 Linjär och cirkulär ekonomi

I den linjära ekonomin där värdeskapande i huvudsak involverar resurser som används och kasseras, tas begränsad hänsyn till ekologisk och social hållbarhet (Sauvé, Bernard och Sloan, 2016). Avfallshantering, återvinning och

föroreningsminimering är framförallt prioriterat nedströms från produktion och konsumtion (figur 3), därför saknas värdekedjor för att använda återvunnet material (Sauvé et al., 2016). Med hänsyn till begränsade resurser, ökade mängder avfall och föroreningar kommer den linjära ekonomin sannolikt att innebära ett ökat hot mot samhällets välbefinnande och välfärd liksom mot företags konkurrenskraft, avkastning och kontinuitet (Wijkman och Skånberg, 2015). Exempelvis ökar linjära system företags exponering för risker som höjda och mindre förutsägbara råvarupriser (Ellen MacArthur, 2013). Den höga råvaruanvändningen orsakar samtidigt miljöproblem som minskad biodiversitet, markförstöring, överexploatering av grundvattenreservoarer, nedskräpning, ökad mängd mikroplaster, läckagerisk på deponier, utsläpp av ämnen till luft och vatten, påverkan på grundvattnet och ökade koldioxidutsläpp (UNEP, 2018a; Material Economics, 2018; Göransson, 2015). I ett scenario med mer högvärdig återvinning av stål, aluminium och plast minskar det totala koldioxidutsläppet per år från 13 miljarder ton till 9 miljarder ton i Sverige (Material Economics, 2018). Minskningen sker tack vare reducerade materialförluster vid ersättning av material som kommer från orörda resurser med sekundärt material, som har lägre utsläppsintensitet, och genom att eliminera utsläppen vid förbränning (Material Economics, 2018).



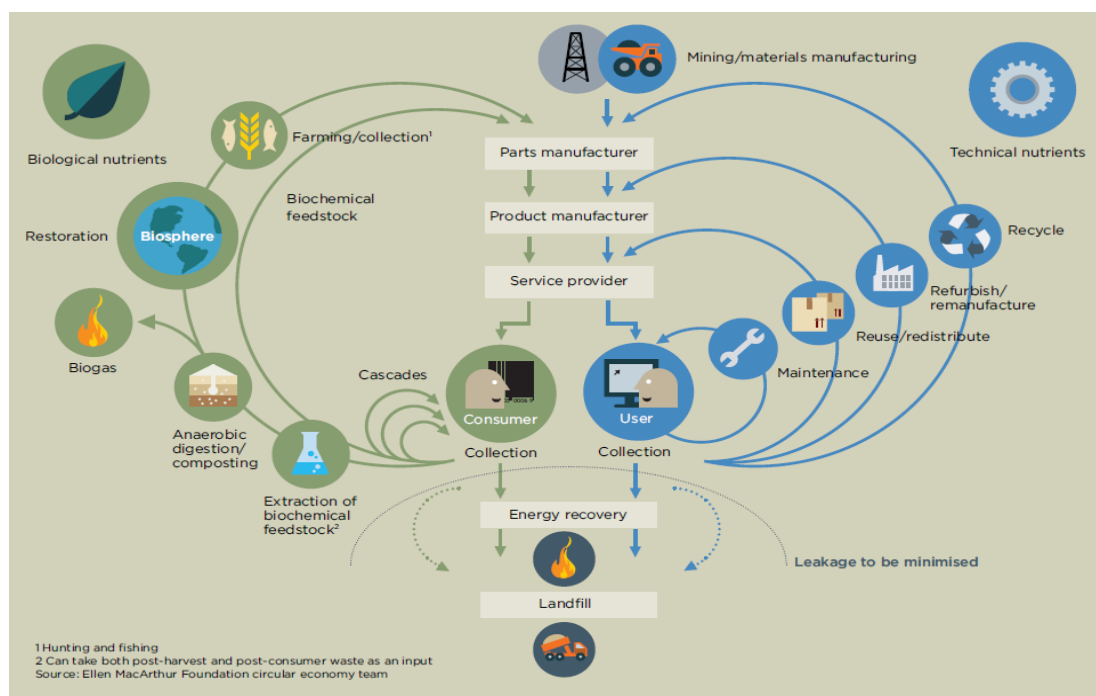
Figur 3. Uppströms- och nedströmssteg för en produkt i en försörjningskedja. (Gupt och Sahay, 2015)

Cirkulär ekonomi är en modell som skiljer sig väsentligt från linjär ekonomi (Sauvé et al., 2016). Cirkulär ekonomi kan definieras som ett system som genom att sakta ned, sluta och täta material- och energikretslopp minimerar resursintag, avfall, utsläpp och energiförluster. Detta kan ske genom produktdesign för ökad livslängd, underhåll, reparation, återanvändning, återtillverkning, renovering och återvinning (Geissdoerfer et al., 2017). Genom att sluta kretslopp med återanvändning och återvinning syftar den cirkulära ekonomin till att frikoppla välstånd från råvaruanvändning (Sauvé et al., 2016) vilket betyder att den ekonomiska tillväxten inte behöver vara lika beroende av utvinning av råvaror. Med en minskad råvaruanvändning är sannolikheten för att

framtida generationer kan få sina behov tillgodosedda större och den cirkulära ekonomin har därmed större potential att skapa hållbarhet än en linjär ekonomi (Sauvé et al., 2016).

2.2.2 Resurser och kretslopp

Material och produkter cirkulerar i den cirkulära ekonomin i biologiska eller tekniska kretslopp i täta och glesa kretslopp (figur 4). Gemensamt för avfallet i kretsloppen är att det är en resurs och ska återgå i produktionsprocessen. I det biologiska kretsloppet återvänder material, genom kompostering eller rötning, till biosfären som biologiska näringsämnen i ett evigt kretslopp (Jansson et al., 2014). I det tekniska kretsloppet hålls tekniska material i cirkulation som näring för industriella processer (Jansson et al., 2014). Täta tekniska kretslopp, till exempel underhåll, återanvändning och renovering/återtillverkning kräver mindre råvaror och energi samtidigt som de är ekonomiskt mer gynnsamma än om material återvinns. Därför bör tiden i de täta kretsloppen maximeras (Korhonen, Honkasalo och Seppälä, 2018). På samma sätt skriver Reike et al. (2018) att täta kretslopp som kan öka livslängden för en produkt genom bland annat förebyggande åtgärder och återanvändning är de mest föredragna i en cirkulär ekonomi, exempelvis då tätare kretslopp har större möjlighet att bevara värdet av resurser över flera livscyklar. Samtidigt kan valet av cirkulära modeller skifta mycket beroende på typ av produkt eller material (Ellen MacArthur, 2013). Återvinning bör ske slutet och utan att kvaliteten på produkten eller materialet förloras (Jansson et al., 2014). Förbränning för energiåtervinning och deponi bör ses som de sista alternativen (Korhonen et al., 2018).



Figur 4. Cirkulär ekonomi. Biologiskt kretslopp till vänster och tekniskt kretslopp till höger. (Ellen MacArthur, 2013). Återgiven med tillstånd.

För fungerande samarbeten i en cirkulär ekonomi är avstånden mellan industrier en viktig faktor som påverkar energi- och materialflöden (Winans, Kendall och Deng, 2017). Det krävs också fungerande transport och infrastruktur om material ska kunna transporteras i industriella nätverk (Winans et al., 2017). Exempel på existerande samarbeten för en cirkulär ekonomi är eko-industriparken Kalundborg i Danmark där industrier har skapat en sammanlänkning av materialflöden (Winans et al., 2017). I Eko-industriparker delas vatten, energi, information och/eller material för att minimera energi- och råvaruanvändningen och skapa ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet (Winans et al., 2017).

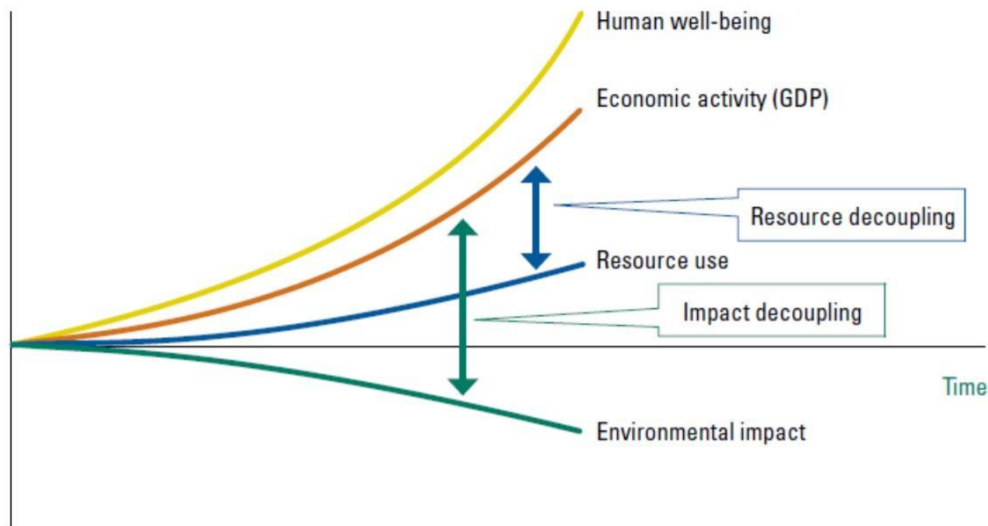
En god cirkuläreconomisk modell ska bidra till alla dimensioner (social, ekologisk och ekonomisk) av hållbarhet (Korhonen et al., 2018):

- För den ekologiska hållbarheten är målet att minska användningen av ingående råvaror och energi och samtidigt minska utgående avfall och emissioner. Detta fås genom att cirkulera material och använda förnybara resurser, till exempel vind- och solenergi.
- För den ekonomiska hållbarheten är målet att minska kostnader för råvaror, energi, avfallshantering, miljöskatter och föroreningskontroller. Samtidigt finns det möjlighet att skapa nya produkter och affärsmodeller.
- För den sociala hållbarheten är målet bland annat att skapa en delad ekonomi, exempelvis med gemensam transport med färre fordon snarare än individuell transport med fler fordon, och en ökad sysselsättning.

En cirkulär ekonomi innebär inte en garanterad hållbarhet. Det kommer alltid finnas en viss entropi eftersom återvinning kräver energi och i sig genererar avfall och sidoprodukter som inte kommer kunna återtas (Korhonen et al., 2018). Det är därför omöjligt att återvinna material med 100 procents effektivitet (Bianciardi, Tiezzi & Ulgiati, 1993). Varje process eller projekt borde därför analyseras för att se om det bidrar till ekologisk hållbarhet (Korhonen et al., 2018).

2.2.3 Ekonomisk frikoppling- olika scenarier

Cirkulär ekonomi kan med alternativa modeller för produktion och konsumtion möjliggöra för en ekonomisk frikoppling (Reike et al., 2018). Ekonomisk frikoppling innebär att den ekonomiska tillväxten ökar snabbare än motsvarande ökning i energi- och resursanvändning och miljöpåverkan (figur 5) (Wijkman och Skånberg, 2015). Ekonomin bygger snarare på effektivare användning av redan inbyggda material än av råvaror och därför behöver konsumtion inte vara beroende av utvinning av råvaror (Sauvè et al., 2016).



Figur 5. Ekonomisk frikoppling mot råvaruanvändning och miljöpåverkan. (UNEP, 2011b). Återgiven med tillstånd.

Det finns tre frikopplingsstrategier som kan kombineras: öka mängden förnybar energi och effektivisera energi- och materialanvändningen (Wijkman och Skånberg, 2015). Wijkman och Skånberg har studerat dessa frikopplingsstrategier för Finland, Frankrike, Nederländerna, Spanien och Sverige:

- Scenario förnybar energi innebär att hälften av den fossila energin byts ut mot förnybar energi. Detta sänker koldioxidutsläppen med upp till 50 % i alla studerade länder, bland annat Sverige. 15 000 nya jobb skulle skapas i Sverige. Handelsbalansen skulle öka med en tredjedel till två tredjedelar av en procent av GDP:n i de studerade länderna (Wijkman och Skånberg, 2015).
- Scenario energieffektivisering innebär att energianvändningen reduceras med 25 % jämfört med år 2010. Effektiviseringen skulle sänka koldioxidutsläppen med 30 % i alla studerade länder, bland annat Sverige och det skulle skapa 20 000 nya jobb i Sverige (Wijkman och Skånberg, 2015).
- Scenario materialeffektivisering innebär att hälften av råmaterialen ersätts med återvunnet material och att produktlivslängden dubblas. Detta skulle sänka koldioxidutsläppen med 3 till 10 % i de studerade länderna och skapa 50 000 nya jobb i Sverige. Handelsbalansen skulle öka med 1–2 % av GDP:n i alla de studerade länderna (Wijkman och Skånberg, 2015).

Om de tre frikopplingsstrategierna förnybar energi, energieffektivisering och materialeffektivisering kombineras skulle handelsbalansen öka med 1,5 % av GDP:n för alla europeiska länder (Wijkman och Skånberg, 2015). Det motsvarar 5 miljarder euro i Sverige per år. Samtidigt skulle upp till 200 000 nya jobb skapas i Sverige vilket innebär en sänkning av arbetslösheten med en tredjedel (Wijkman och Skånberg, 2015). En kombination skulle troligen också innebära en sänkning med två tredjedelar av koldioxidutsläppen (Wijkman och Skånberg, 2015).

2.2.4 Design för demontering, återanvändning och återvinning

Att designa produkter för senare omhändertagande är en viktig del av den cirkulära ekonomin då det möjliggör demontering, återanvändning och återvinning. Den här principen är exempelvis inte ovanlig inom bilindustrin där man utvecklar bilar med beståndsdelar som ska vara enkla att demontera och återvinna (Marier och Calafut, 1998). Tillverkningen av Volvo S40 och V40 är ett exempel där man har halverat antalet olika beståndsdelar från tolv till sex genom att använda det mångsidiga materialet polypropen som har bra egenskaper för återvinning (Maier och Calafut, 1998). Inom mobiltillverkningen kan designen också vara avgörande för senare demontering och återvinning. För att underlätta demontering behövs en ny demonteringsvänlig design som ger en enklare åtkomst till delarna i mobilen. Att ersätta lim med klämhållare är ett exempel på en sådan förändring (Ellen MacArthur, 2012). Inom byggsektorn finns till exempel principen Design for Deconstruction (DfD) som handlar om att planera och designa byggnadsdelar som gör att de kan monteras på ett sätt som möjliggör senare demontering, återanvändning och återvinning. Potentialen att återanvända byggnadselement kan lätt överskattas om demonteringen inte beaktas noggrant (Fahlén, Sidenmark, Löfås och Cusumano, 2017).

En av metoderna inom DfD är att minska byggnadernas komplexitet (Fahlén et al., 2017). Komplexitet hos ett byggnadselement innebär en blandning av flera olika material med varierande mått. Man bör därför använda en enkel stomme, som går att nyttja i flera projekt, och med inblandning av så få material som möjligt för att minska komplexiteten (Fahlén et al., 2017). Betongkonstruktioner bör designas med prefabricerade betongelement eftersom dessa har större potential att demonteras än element som gjutits ihop med plattbärlag (Fahlén et al., 2017).

Principer och strategier för DfD är (Fahlén et al., 2017):

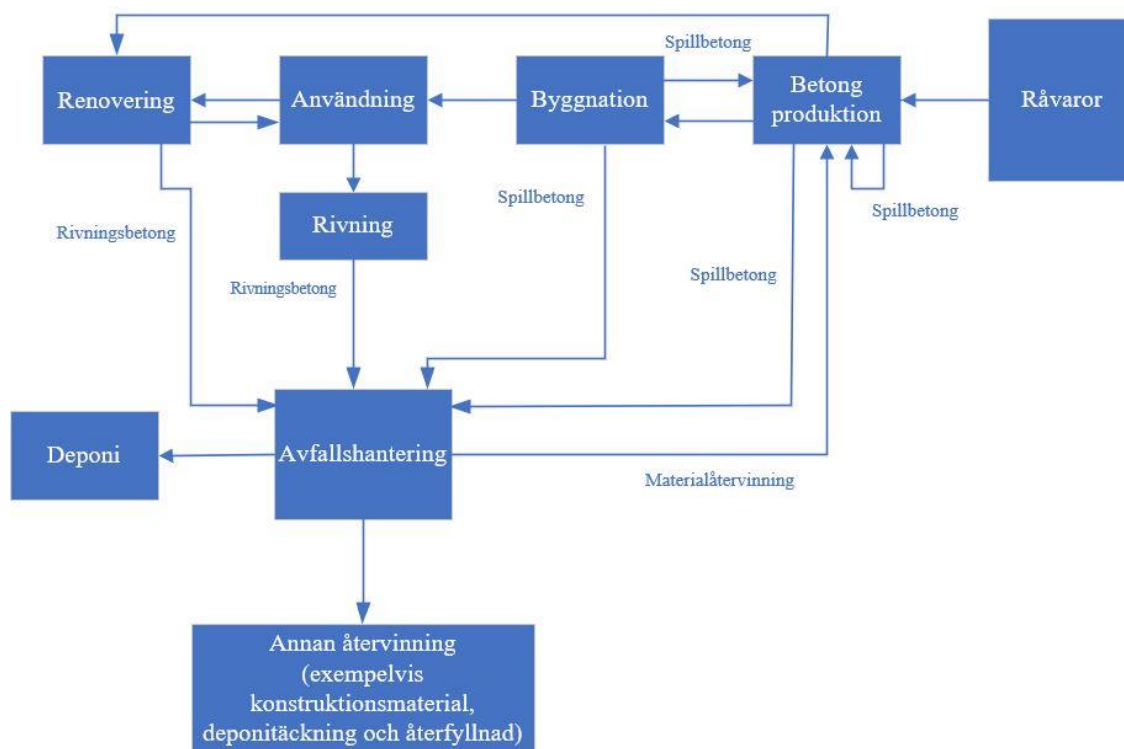
- Dokumentera material samt metoder för demontering
- Välja material utifrån försiktighetsprincipen
- Designa infästningar så att de är åtkomliga
- Välja infästningar som klarar att monteras isär
- Förenkla och standardisera sammanfogningar och kopplingar
- Förenkla och separera olika tekniska system
- Minska byggnadernas komplexitet
- Designa för prefabrikation, förmonterat och modulbyggnad
- Designa för flexibilitet och anpassningsförmåga
- Säkerställa en hälsosam och säker arbetsmiljö

Det finns DfD-lösningar för vissa betongelement på marknaden redan idag. Fahlén et al. (2017) uppger att en leverantör har koncept för en betongstomme, för parkeringshus, som är designad för demontering och återanvändning. Denna finns inbyggd i tre referensprojekt och dokumentation för hur demonteringen ska gå till

finns. En annan leverantör uppger också att de har information om hur deras element ska demonteras om sådana lösningar säljs (Fahlén et al., 2017).

2.2.5 Användningsområden för rivningsbetong

Vid betongproduktion utvinns och används råvaror som ballast, cement, vatten och tillsatsmedel. I produktion och byggnation uppstår restbetong/spillbetong som kan återvinnas direkt i flytande tillstånd för att gjuta betongmoduler, alternativt härdas betongen och återvinnas eller deponeras. Under användningsfasen kan renovering bidra till att gammal betong blir betongavfall och ny betong behöver tillsättas. Vid rivning uppstår rivningsbetong som kan återvinnas eller deponeras. För rivningsbetong kan avfallshanteringen innebära att betongen behöver källsorteras, eftersorteras och krossas. Behandling av betong kan bland annat ske på plats med mobila krossverk och på en anläggning för behandling av avfall. Figur 6 visar ett översiktligt flödesschema som har gjorts utifrån litteratur.



Figur 6. Flödesschema för betong.

Enligt Johansson et al. (2017) används betongdominerat rivningsavfall som fyllnadsmassor för anläggningar av hårdgjorda ytor och deponier, men också som ballast i olika delar av uppbyggnaden i cykel-, gångvägar, parkeringar och gator. Rivningsmassor med betong har enligt Arm, Lindberg och Helgesson (2007) exempelvis användningsområden som konstruktionsmaterial på deponi, underbyggnad vid vägbygge, bärlager under gång- och cykelvägar, parkeringar; och utfyllnader under vägar. Betong från rivningar kan också användas som bullervallar (Erlandsson och Holm, 2015). I en studie av Almasi, Milute-Plepiene och Fråne

(2018) användes betongavfall på kommunala avfallsanläggningar framförallt för vägbyggen på deponier och för sluttäckning av deponier. Johansson (2011) beskriver i sitt examensarbete olika scenarier när återvinning av betong kan ske direkt på rivningsplatsen, där exempelvis återfyllnad beskrivs som ett scenario.

I Sverige fanns 265 deponier i drift (2015), varav 72 av deponierna hanterade inert avfall (Naturvårdsverket, 2019d). Enligt Naturvårdsverket (2018a) deponeras fortfarande i stor mängd mineraliskt avfall från bygg och rivning som exempelvis betong, tegel, kakel, klinker och mineralull i 2016 års avfallsstatistik. På liknande sätt skriver Naturvårdsverket (2016) och Naturvårdsverket (2014) att betong tillsammans med jordmassor och sten var de bygg- och rivningsavfall som deponerades mest i 2014 och 2012 års avfallsstatistik. Detta innebär troligen att en stor mängd rivningsbetong deponeras.

Användning av återvunnen betong i vägkonstruktion är för närvarande den återvinningen av betong med högst potential eftersom det finns få krav för detta, såvida betongkrossen uppfyller kraven för vägkonstruktioner, och eftersom betongkross har passande egenskaper för detta syfte (Almasi et al., 2018). Betongkross används företrädesvis för mindre projekt som exempelvis i cykelvägar och för parkeringsytor (Almasi et al., 2015). För användning i större vägprojekt krävs att det finns tillgängligt material i stor mängd och att kvaliteten är jämn vilket är svårt att tillgodose med återvunnen betong (Almasi et al., 2015). Idag finns inte någon samordnad organisation för distribution av betongkross och enskilda aktörer kan ofta inte stå för den tillförsel som krävs (Palm et al., 2015).

2.3 Livscykeln för betong

Betong är globalt det viktigaste och mest använda byggnadsmaterialet (Meyer, 2004) med fördelar som att det är beständigt och flexibelt (Svensk Betong, u.å-a). Det finns många användningsområden och till exempel används betong i byggnader, dammar, broar och vägar (Svensk Betong, u.å-b).

2.3.1 Vad är betong?

Betong består av ballast, cement, vatten och ibland används tillsatsmedel för att ändra betongens egenskaper. Som tillsatsmedel används till exempel flyttillsatsmedel vilket minskar betongens vattenhalt och ökar dess hållfasthet (Burström och Nilvér, 2018). Betong utgörs vanligtvis av 65–75 % ballast (Burström och Nilvér, 2018). Ballasten bör ha varierande kornstorlek. Detta är viktigt för ballastens förmåga att fylla ut hålrum eftersom enbart stora partiklar lämnar ett större hålrum runt sig (Burström och Nilvér, 2018). Lämpligtvis blandas kornstorlekar mellan 0-8mm och 8-16mm (Cementa, u.å-a). Ballasten som används kan delas in i naturligt formade material som naturgrus och mänskligt formade material som bergkross. Det som framförallt skiljer bergkross från naturgrus är dess kornform (Cementa, u.å-b). Naturgrus består av runda komponenter med jämn yta medan bergkrossen är kantig och sträv med ojämn yta

vilket gör att det inte rör sig lika smidigt som naturgrus i betongmassan (Cementa, u.å-b). Det medför bland annat ett ökat slitage i gjututrustningen och det blir svårare att framställa självkompakterande betong (Cementa, u.å-b). För att få liknande egenskaper med krossad ballast måste kornen rundas vid krossning alternativt måste mer vatten och cement tillsättas betongen (Cementa, u.å-b). För att hjälpa ballasten att röra sig i betongmassan kan tillsatsmedel appliceras (Cementa, u.å-b).

Cement som används som bindemedel i betong tillverkas huvudsakligen av kalksten. I tillverkningsprocessen krossas, mals och upphettas kalkstenen till 1 450°C för att omvandlas till klinker. Klinkern mals sedan tillsammans med sand och gips för att skapa cement (Cementa, u.å-c).

2.3.2 Betongåtervinning

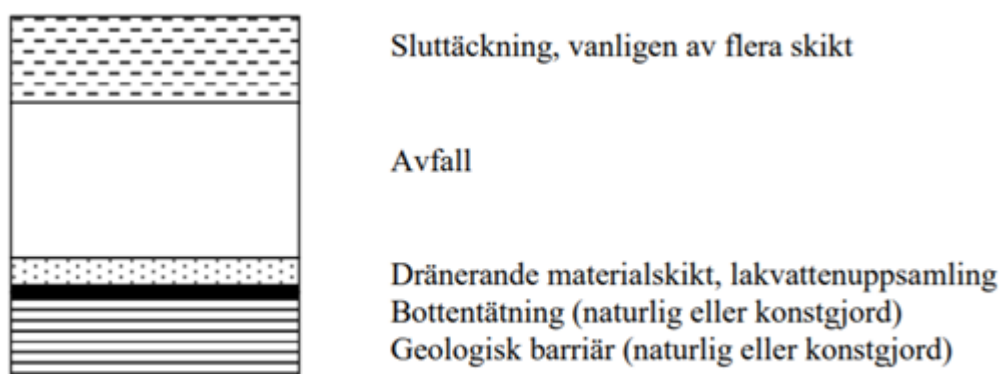
Betongavfall för återvinning kommer från två källor: restbetong och rivningsbetong. Restbetong eller spillbetong är överbliven betong från produktion och konstruktion som normalt anses fri från förorenande ämnen (Svensk Betong, u.å-c). Rivningsbetong kommer från rivning av byggnader, broar och andra betongkonstruktioner (Isaksson och Nilsson, 2016). Vid rivning kan betong blandas med murverk, glas, metaller, gips och bituminösa material, som blir föroreningar i betongen och försvårar återvinningen (Johansson et al., 2017). Rivningsbetong kan även innehålla kemiska föroreningar som klorider, sulfater, tungmetaller, PAH och PCB (Johansson et al., 2017). Efter rivning kan betongen sorteras, krossas och återvinnas.

Återvinningsprocessen av krossad betong kan delas in i olika steg: förbehandling, krossning, efterbehandling och sortering (Boverket, 1997). Rivningsbetongen förbehandlas genom att stora betongblock krossas med betongsax. I förbehandlingen avlägsnas jord och material av mindre kornstorlek för att minska dammbildning i krossmängden. Krossningen utförs i tre steg: käftkross, slagkross och gyratorisk kross. I käftkrossen bildas en grovfraktion med en kornstorlek på 0–350 mm. I slagkrossen bearbetas betongen vidare till en kornstorlek på 500–30 mm och vid gyratorisk krossen fås kornstorleken 0–100 mm (Boverket, 1997). Nästa steg i återvinningsprocessen är efterbehandling och denna process består av olika steg. Efterbehandlingen sker i stegen separering av armering och sortering. Separering genomförs med hjälp av kraftiga magneter och sortering för att avlägsna material som förorenar, till exempel trä och papper. Sortering sker med hjälp av siktning, torrseparering och vattentvättning (Boverket, 1997). Det sista steget i återvinningsprocessen handlar om att sortera den krossade betongen i varierande fraktioner för att sedan använda dem i olika arbetsområden. Till exempel används fraktionsintervallet 0–8 mm vid framställning av ny betong. Lämpliga fraktioner för cykelvägars bärlager är exempelvis 0–32 mm och 0–100 mm för dess förstärkningslager (Boverket, 1997).

2.3.3 Mellanlagring och deponi

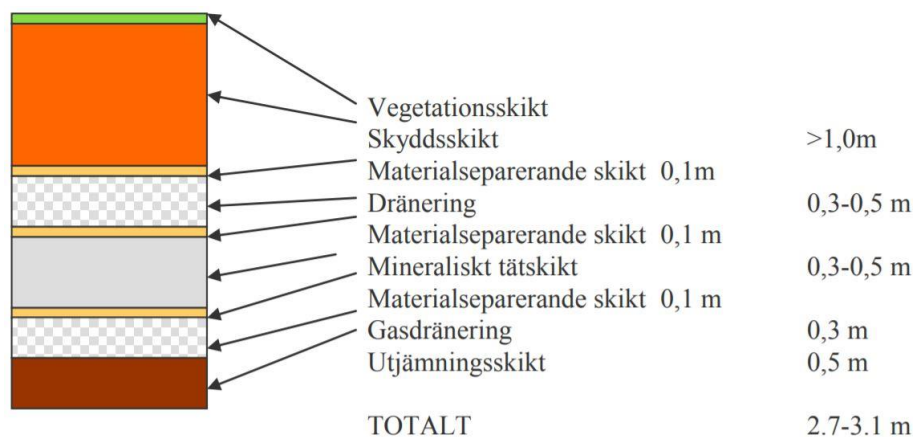
Om betongen exempelvis är tänkt att återvinnas i anläggningsarbeten men inte kan användas direkt kan mellanlagring ske (Miljösamverkan Västerbotten, 2014). Mellanlagring kan anses uppkomma när avfall körs till en annan plats eller efter slutförd entreprenad (Miljösamverkan Västerbotten, 2014). Lagringen får ske i ett år innan materialet förs vidare, alternativt tre år innan det återvinns. Därefter betraktas materialet vara deponerat (Statens Geotekniska Institut [SGI], 2019). Att ha smart utplacerade mellanlagringsplatser mellan företag som hanterar rivningsbetong kan vara ett sätt att minska transportavstånden om den är tänkt att återvinnas (Sadagopan, Malaga och Nagy 2017).

I figur 7 visas en konstruktion av deponi bestående av ett flertal skikt. Utöver att deponeras (Naturvårdsverket, 2018a; Naturvårdsverket; 2016; Naturvårdsverket, 2014) kan betong användas i sluttäckningsskiktet ovanför det deponerade avfallet (Rihm, Rogbeck, Svedberg och Eriksson, 2009).



Figur 7. Uppbyggnad av deponi. (Rihm et al., 2009). Återgiven med tillstånd.

Sluttäckningsskiktet består i sin tur av flera skikt (figur 8) där tänkbara användningsområden för krossad betong är i utjämningskiktet, gasdräneringsskiktet, dräneringsskiktet och skyddsskiktet (Rihm et al., 2019). För att använda betong i dräneringsskiktet behöver betongkrossets hydrauliska konduktivitet kontrolleras så att den är tillräckligt hög (Rihm et al., 2009). När rivningsbetong används över tätskiktet ska den vara fri från miljöbelastande ämnen såsom asbest, PCB, PAH, kvicksilver och andra metaller (Rihm et al 2009). När rivningsbetong läggs under tätskiktet ska den betraktas som ett deponerat material vid rapportering av avfallsstatistik (Naturvårdsverket, 2018c).



Figur 8. Exempel på skikt i sluttäckningen. (Rihm et al., 2009). Återgiven med tillstånd.

2.4 Avfallshantering i Sverige

Målet för bygg- och rivningsavfall i Naturvårdsverkets nationella avfallsplan och avfallsförebyggande program är att minska avfallsmängden och farligheten i avfallet som uppstår (Naturvårdsverket, 2018d). Exempelvis behöver materialinventering vid rivningen förbättras för att identifiera material och produkter för återanvändning, materialåtervinning och för att identifiera farligt avfall (Naturvårdsverket, 2018d). Det kan idag ta upp till två år mellan inventering till dess att rivning sker vilket medför problem då byggnaden kan ha ändrats under tiden. Samtidigt kan kommunikationen mellan inventerare och företag som river vara bristande, vilket leder till att material som kan återanvändas istället blir avfall (Naturvårdsverket, 2015a). Det krävs också en förbättrad sortering vid bygg- och rivningsverksamheter för att öka återanvändning och återvinning (Naturvårdsverket, 2018d). Dessutom måste byggherrar efterfråga mer begagnat material, vilket i sin tur kräver dyrare deponering, att material kan lagras och att man vid rivning kan kvalitetssäkra material som kan återanvändas (Naturvårdsverket, 2015a).

Idag återvinns i en uppföljning av etappmålet 50 % bygg- och rivningsavfall i Sverige 2016. Anledningar att etappmålet med 70 procent återvinning av bygg- och rivningsavfall inte uppnås är bland annat att träavfall huvudsakligen går till avfallsförbränning, mineraliskt avfall som i stor utsträckning deponeras och bränslefraktioner som sorteras ut från blandat avfall som går till avfallsförbränning (Naturvårdsverket, 2018a). Etappmålet för bygg- och rivningsavfall, vilket enligt Naturvårdsverket (2018e) också kallas EU:s återvinningsmål, är citerat från Naturvårdsverket (2018d) att till år 2020 ska: "förberedandet för återanvändning, materialåtervinning och annan återvinning av icke-farligt byggnads- och rivningsavfall, med undantag för sådant naturligt förekommande material som definierats i kategori 17 05 04 i avfallsförteckningen, ska öka till minst 70 viktprocent, varvid också ska medräknas sådana fall där avfall används som fyllmaterial för att ersätta annat material. Samma mål återfinns som etappmål i det svenska miljömålssystemet."

2.4.1 Hantering vid rivning

Begreppet "rivning" innefattar totalrivningar och mindre rivningar i samband med ombyggnad (Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor [U.F.O.S], 2008). Rivningsprocessen kan ske i följande steg:

- Materialinventering
- Projektering
- Eventuell sanering
- Rivning
- Källsortering
- Eventuell krossning av fyllnadsmassor

En materialinventering bör alltid göras innan rivning (Naturvårdsverket, 2019e). Undantag får endast ske om man kan garantera att inga farliga material och produkter kommer beröras av rivningen (Sveriges Byggindustrier, 2017). Materialinventeringen ska citerat från Sveriges Byggindustrier (2017): "omfatta material och produkter som kan bli farligt avfall samt bedömning av vilka material och produkter som kan återanvändas, materialåtervinnas samt energiåtervinnas". Att göra en materialinventering är en förutsättning för att kunna säkra omhändertagandet av rivningsavfallet (Naturvårdsverket, 2019e). Materialinventeringen ligger även till grund för en avfallshanteringsplan vilken är ett hjälpmedel vid planering och avfallshantering (Sveriges Byggindustrier, 2017). Vid misstanke om förorenat byggmaterial på grund av verksamhet eller att material innehåller miljöstörande ämnen utförs också i samband med materialinventeringen provtagningar och analyser (Naturvårdsverket, 2005). För byggnadsmaterial är provtagning ofta av stickprovskaraktär och tas antingen punktvís eller som ett samlingsprov (Naturvårdsverket, 2005). För betong används vanligtvis borrhörnar för att analysera föroreningarna. Analyserna sker med fältinstrument eller på ett laboratorium (Naturvårdsverket, 2005). Om byggnaden visar sig vara förorenad ska byggnaden betraktas som en efterbehandlingsåtgärd och därmed saneras (U.F.O.S, 2008)

Under projekteringen utförs bland annat beräkningar för att undvika oönskade ras vid rivning av bärande konstruktioner (U.F.O.S, 2008). Exempelvis kan det bli aktuellt med förstärkningar av bjälklag. Uppgifter om konstruktionen behövs också för att kunna bedöma i vilken ordning bärande delar ska rivas (U.F.O.S, 2008).

Det är vanligt att en byggherre anlitar en entreprenör för genomförande av ett rivningsprojekt (Sundqvist, Edborg, Stare, Jensen och Dunsö 2013). Men byggherren kan även utföra rivningen själv (Naturvårdsverket, 2018f). Vid upphandling av entreprenad bör exempelvis krav ställas på att det farliga avfallet ska hanteras korrekt och annat avfall minst ska källsorteras efter basnivå (Sveriges Byggindustrier, 2017). Den anlitate entreprenören har egenkontroll för sitt arbete, men byggherren ska kunna kontrollera entreprenörens arbete varför entreprenören måste dokumentera egenkontrollen (Sveriges Byggindustrier, 2017). En representant för byggherren ska

också kontrollera arbetet och avfallshanteringen på plats (Sveriges Byggindustrier, 2017). Byggherren är enligt Plan- och bygglagen ytterst ansvarig i ett rivningsprojekt (Sundqvist et al., 2013). Det krävs därför att denna har mycket kunskap och kompetens om rivnings- och avfallshantering för att rivningsprocessen ska fungera (U.F.O.S, 2008).

Efter rivning bör avfallet enligt riktlinjerna från Sveriges Byggindustrier (2017) källsorteras. Den minsta utsortering som bör göras är att sortera efter en basnivå (tabell 1). En avvikelse med färre fraktioner än basnivån ska vara särskilt motiverad (Sveriges Byggindustrier, 2017). Till exempel kan faktorer som platsbrist på rivningsplatsen försvåra för källsortering (Palm et al., 2015). Källsorteringen är endast en riktlinje och inte obligatorisk (Sadagopan et al., 2017). Dessutom finns ingen rekommendation om att sortera ut betong i en egen fraktion (Sadagopan et al., 2017). Däremot anger lagstiftning bland annat att farligt avfall ska sorteras separat och att brännbart avfall ska förvaras och transporteras skilt från annat avfall. En metod för att säkra källsortering av flera avfallsfraktioner är selektiv rivning (Almasi et al., 2018). Selektiv rivning är, utöver att det är en metod som möjliggör källsortering, ett brett begrepp och innefattas av i stort sett alla tillvägagångssätt förutom rivning med rivningskula (Palm et al., 2015). Exempel på materialfraktioner som kan källsorteras efter selektiv rivning är plast, elavfall, metall, glas, trä, brännbart, inert avfall (exempelvis gips och betong) och farliga avfall (Elander och Sundqvist, 2015) vilket liknar materialfraktionerna i tabell 1.

Tabell 1

Basnivå för källsortering (Sveriges Byggindustrier, 2017).

Basnivå för källsortering
Utsorterade produkter och material för återanvändning
Farligt avfall
El- avfall
Trä
Brännbart
Plast för återvinning
Skrot och metall
Fyllnadsmassor
Deponi (utsorterat) eller Blandat avfall – för eftersortering

2.4.2 Regleringar för avfall från byggverksamhet

Lagar, regler och bestämmelser om rivning och avfallshantering finns till exempel i Plan- och bygglagen (PBL), Miljöbalken (MB), Avfallsförordningen och Deponeringsförordningen. Det finns även riktlinjer från Sveriges Byggindustrier tillsammans med Kretsloppsrådet som citerat från Sveriges Byggindustrier (2017) syftar till “att uppfylla kraven i miljöbalkens allmänna hänsynsregler och avfallshierarkin och för att möta förväntningarna i övrigt från samhället på branschens material- och avfallshantering”.

Exempel på lagstiftning vid rivning, hämtat från Naturvårdsverket (2018f):

- Avfall från rivning ska enligt 15 kap. 11 § MB hanteras på ett hälso- och miljömässigt godtagbart sätt.
- Rivningsentreprenören ansvarar exempelvis för att sortera farligt avfall i separata fraktioner 16–18 §§ avfallsförordning (2011:927) och att brännbart avfall sorteras för sig. Brännbart avfall ska förvaras och transporteras bort skilt från annat avfall 14 § avfallsförordning (2011:927).

Deponeringsförordningen reglerar deponering för att minska negativa effekter av avfallsdeponering. Exempel på paragrafer som finns i förordning (2001:512) är:

- 9 § Utsorterat brännbart avfall får inte deponeras.
- 10 § Organiskt avfall får inte deponeras.
- 14 § Endast avfall som har behandlats får deponeras. Med behandling avses användning av fysikaliska, termiska, biologiska eller kemiska metoder samt sortering som ändrar avfallens egenskaper så att dess mängd eller farlighet minskas, hantering eller återvinning underlättas. Kravet på behandling gäller inte inert avfall där behandling inte är tekniskt genomförbar eller annat avfall där behandling inte medför minskade negativa effekter på människors hälsa eller miljön.

Avfallet för bygg och rivning ska liksom avfallet i det övriga samhället hanteras enligt avfallshierarkin, vilket är ett verktyg för att uppnå EU:s miljömål (SYSÄV, 2018). Avfallshierarkin återfinns i 15 kap. 10 § MB. I fallande prioritet listas de metoder för avfall som ska användas:

1. Förebyggande: Minska mängden avfall genom att förhindra att avfall uppkommer.
2. Återanvändning: En produkt eller ett material används på nytt utan att omvandlas.
3. Materialåtervinning: Använt material ersätter jungfruligt material.
4. Energiåtervinning: Energi i material utnyttjas genom förbränning.
5. Deponering: Används för avfall som inte kan hanteras på ett annat sätt.

2.4.3 Regleringar för rivningsbetong

Rivningsbetong kan användas som ballast vid tillverkning av färsk betong, men eftersom det krävs omfattande prövningar för inblandning av naturlig ballast finns också strikta restriktioner för inblandning av rivningsbetong (Johansson et al., 2017). Gemensamt för all betongballast är att det ska finnas beskrivningar av ballastens kvalitet, tekniska egenskaper och eventuella brister (Jepsson och Nyberg, 2017).

Användningen av återvunnet material i ny betong regleras i SS 137003 vilket är en svensk tolkning av europastandarden SS-EN 206 (Svensk Betong, u.å-c). Ballast av återvunnet material kan med SS-EN 206 delas in i typ A och B enligt tabell 2 (Jepsson och Nyberg, 2017). Uppdelningen av typ A och B är baserad på materialets densitet, renhet och beståndsdelar (Helsing, 2015). För att en ballastklass ska klassas som typ A måste den exempelvis innehålla minst 90 % av materialen för kod Rc enligt tabell 2. Samtidigt får ballasten exempelvis maximalt innehålla 10 % Rb (tabell 2) (Jepsson och Nyberg, 2017). Uppdelningen av typ A och B sker även med hänsyn till materialets flisighetsindex, inverkan på initial bindetid och yttorr korndensitet (Johansson et al., 2017). Båda typerna ska dessutom klara av krav som till exempel tar hänsyn till halten vattenlösliga sulfater, motstånd mot fragmentering och vattenabsorption (Johansson et al., 2017).

Tabell 2

Krav på beståndsdelar för typ A och B enligt SS-EN 206. Sammanvägd tolkning av tabeller från Johansson et al. (2017) och Jepsson och Nyberg (2017).

Kod	Komponenttyp	Typ A	Typ B
Rc	Betong, betongprodukter, murbruk, betongblock	≥ 90 %	≥ 50 %
Rc+Ru	Rc (Betong, betongprodukter, murbruk, betongblock) och Ru (bunden ballast, natursten, hydrauliskt bunden ballast)	≥ 95 %	≥ 70 %
Rb	Murverkselement/produkter av lera (dvs. tegelstenar och kakelplattor), murstenar av kalksandsten, icke-flytande lättbetong	≤ 10 %	≤ 30 %
Ra	Bituminösa material	≤ 1 %	≤ 5 %
Rg	Glas	≤ 1 %	≤ 2 %
FL	Partiklar som flyter i vatten	≤ 2 %	≤ 2 %
X	Övrigt, t.ex. lera och jord, metaller, trä (ej flytande, ingår i FL), plast, gummi och gipsbruk	≤ 1 %	≤ 2 %

Användningen av återvunnen betong i nyttillverkad betong begränsas av exponeringsklasser, vilka beskriver den miljö som den producerade betongen kommer exponeras för (Jepsson och Nyberg, 2017). Det finns totalt 18 exponeringsklasser och i tabell 3 anges nio av dessa vilka är exponeringsklasser där betong med återvunnet

material kan användas. Den andel material från typ A och typ B som får användas för respektive exponeringsklass anges i Tabell 4.

Tabell 3

Exponeringsklasser. (Betongindustri, u.å). 9 exponeringsklasser av totalt 18 är återgivna.

Exponeringsklasser	max vct	Beskrivning av miljö	Exempel på användningsområde
X0		Mycket torr	Inomhus med mycket låg luftfuktighet. I torra uppvärmda lokaler.
XC1	0.9	Ständigt torr eller ständigt våt	Inomhus med låg luftfuktighet. Ständigt under lägsta lågvattennivå. Enbart kortvariga perioder av förhöjd relativ luftfuktighet. Badrum i lägenheter. Vissa industri- och butikslokaler med verksamhet som kräver fukt. Yttertak, översida. Brogrundläggningar. Betongtunnelns utsida.
XC2	0.6	Våt, sällan torr	Utsatta för långvarig kontakt med vatten. Många grundläggningar.
XC3	0.55	Måttligt fuktigt	Grundläggningar med ibland ensidigt vattentryck. Betongkonstruktioner utomhus -med ytor skyddade mot nederbörd -oskyddade mot fukt Betongkonstruktioner inomhus -med måttlig eller hög luftfuktighet -i oisolerad byggnad Torpargrund, fasader, pelare, undersida yttertak, balkongplattor, loftgångar, restaurangkök, livsmedel- & processindustri, spannmålssilo, badhus (vissa delar), brobaneplatta (undersida), betongtunnlar (insida), parkeringsdäck/bjälklag (vertikala delar och undersida), skorstenar (nedre delen).
XC4	0.55	Cykliskt våt och torr	Ytor utsatta för kontakt med vatten (se XC2) mellan lägsta lågvattenyta och högsta högvattenyta. Socklar. Underbyggnader på mark eller i vatten.
XS1	0.45	Salthaltig luft ej direktkontakt med havsvatten	Utomhuskonstruktioner i kustnära läge med havsvatten. Delar av broar som inte hänförs till XS3.
XD1	0.45	Måttligt fuktig	Ytor utsatta för luftburna klorider. Vissa industrilokaler, delar av broar och vägar som inte befinner sig i väg/tunnelmiljö.
XF1	0.6	Måttligt vattenutsatt utan tössalter	Vertikala ytor utsatta för regn eller frysning. Utomhus med större lutning än 30 grader. Fasader, inomhus i oisolerade byggnader, utrymningsvägar samt uppvärmda och ventilerade sidoutrymmen i vägtunnlar.
XA1	0,5	Obetydligt kemiskt angripande	Vissa delar av lantbruks-och industribyggnader.

Tabell 4

Tillåten andel återvunnet material i betong enligt SS-EN 206. (Helsing, 2015)

Typ av material	Exponeringsklass			
	X0	XC1,XC2	XC3,XC4,XS1 XD1,XF1,XA1	Alla andra
Andel grov ballast				
Typ A	50 %	30 %	30 %	0 % a
Typ B	50 % b	50 % b	0 %	0 %
a. Upp till 30 % för användning om det utgörs av betong med minst samma hållfasthetsklass och som uppfyller kraven för aktuell exponeringsklass. b. Får inte användas i hållfasthetsklass: C30/37				

För användning i vägar är den krossade betongen indelad i fyra klasser med avseende på dess kvalitet och renhet enligt tabell 5 (Vägverket, 2004). Betongens kvalitet bestäms genom micro-Deval (vilket är en metod för bestämning av nötningssegenskaper) eller via tryckhållfasthetstester (Vägverket, 2004). Renhet avser frånvaro av andra material än cementpasta och ballast av krossat berg eller naturgrus (Vägverket, 2004).

Tabell 5

Klassificering av krossad betong. (Vägverket, 2004)

kvalitets- klass	Betongkvalitet				Renhet			
	Ett av nedanstående värden skall uppfyllas							
Krossad betong	Dokum. Uppgifter Hållfasthetsklass C-värde ⁽¹⁾ K-värde		Tryck- hållfasthet kärnor ⁽²⁾	micro- Deval	Mängd betong minst	Tillåten mängd tegel max ⁽³⁾	Tillåten mängd lättbtg max ⁽⁴⁾	Tillåten mängd övrigt max ⁽⁵⁾
Nr	Mpa	Mpa	Mpa		vikt %	vikt %	vikt %	vikt %
1	³ C 30/37	³ K4	³ 30	=25	100	0	0	0
2	³ C 20/25	³ K25	³ 20	=35	95	5	1	0.5
3	³ C 12/15	³ K12	³ 10	=50	80	20	5	2
4	H'	H'	H'	H'	50	50	50	10

(1) Klasser för tryckhållfasthet, enligt SS-EN 206-1.

(2) Provnings av betong utförs enligt SS-EN 12390-3.

(3) Mineraliskt material med kompaktdensitet >1,6 t/m³

(4) Mineraliskt material med kompaktdensitet <1,6 t/m³

(5) Övrigt material såsom trä, plast, papper, bitumen mm

Krossad betong som uppfyller kraven för klass 1 eller 2 passar att användas i bärlager i gång- och cykelvägar och som förstärkningslager i vägar. För dessa syften skall kornstorleksfördelning bestämmas enligt SS-EN 933-1 och betongen bör ha ett micro-Deval värde på högst 25 (Vägverket, 2004). Krossad betong som uppfyller kvalitetsklass 3 och 4 kan användas till skyddslager samt underbyggnadslager (Vägverket, 2004).

För att använda betong i vägar krävs även certifieringsinformation (Vägverket, 2004). Certifieringen säkerställer att produkten uppfyller kraven som ställs med avseende på, kvalitetsklass, kornstorlek och miljöpåverkan (Vägverket, 2004). Kvalitetsklass bestäms utifrån betongens kvalitet och renhet (Vägverket, 2004). Kornstorleksfördelning bestäms enligt SS-EN 933-1 (Vägverket, 2004). Vid miljöprovningen får rivningsbetong inte innehålla asbest, PCB, PAH eller kvicksilver. Därutöver ska typ av betong (rivningsbetong eller produktionsbetong), betongens ursprungliga användningsområde, exempelvis "bjäklagskonstruktion från lasarett", och krossplats kunna intygas (Vägverket, 2004). Miljöprovningen kan vara tidsödande och därmed kostsam, varför användningen av avfall blir mer komplicerad än användningen av jungfruligt material (Palm et al., 2015)

Utöver nämnda krav för användning i vägar måste regler och krav följas enligt TDOK 2013:0532 och TRVK Väg 2011:072 (Jepsson och Nyberg, 2017). TDOK 2013:0532 omfattar tekniska krav på material, utförande och kontroll för vägar byggda med till exempel krossad betong (SGI, 2018). TRVK Väg 2011:072 består av tekniska krav vid design och strukturell utformning vid vägöverbyggnad (Jepsson och Nyberg, 2017).

2.4.4 Ekonomiska styrmedel för betongåtervinning

Avgifter för avlämning av betongavfall på avfallsanläggningar skiljer sig beroende på om avfallet är avsett för återvinning eller deponering (tabell 6) (Almasi et al., 2018). Samtidigt menar Almasi et al. (2018) att differentieringen i pris för olika typer av återvinning är obefintlig. Till exempel gäller för deras studerade fall att avgiften för sluttäckning på deponi och användning av återvunnet kross i vägar är densamma. Det försvårar för mer högvärdig användning som hade kunnat vara aktuell med renare betongfraktioner (Almasi et al., 2018). Det finns därför idag få alternativt obefintliga ekonomiska incitament för att samla in betongavfall av högre kvalitet för mer högvärdig användning på anläggningar.

Tabell 6

Mottagningsavgift betongavfall. Data från tio avfallsanläggningar. (Almasi et al., 2018).

Avfallsfraktion	Mottagningsavgift (kr/ton)			Generell hantering av avfallet
	Medel	Max	Min	
Blandat inert avfall, konstruktionsmaterial	320	600	50	Konstruktionsmaterial
Jordmassor, icke farligt	90	280	0	Konstruktionsmaterial
Blandat icke brännbart avfall (icke- farligt avfall)	940	1800	100	Deponering och användning som konstruktionsmaterial
Blandat inert avfall, deponering	1390	720	1030	Deponering
Betongavfall	240	720	75	Konstruktionsmaterial ¹

¹Priset i den övre delen i angivet prisintervall avser hantering av större bitar betongavfall, ofta med armeringsjärn, vilket kräver krossning och sortering innan slutlig hantering.

Priset för att lämna blandade massor kan vara högre än för att lämna mer sorterade massor (Almasi et al., 2018). Men det kan för entreprenören snarare innebära större kostnad att sortera materialet på grund av ökade transportkostnader än att lämna blandade massor eftersom avfallet måste transporteras i flera, icke fyllda, containrar med sorterat avfall (Almasi et al., 2018).

För återvinning av krossad betong i ny betong krävs på Skanska relativt stora volymer av betongkross för att fabriker ska avsätta ballastfack för materialet (Jepsson och Nyberg, 2017). Betong med högre inblandning av återvunnet material är enligt Jepsson och Nyberg (2017) inte lönsamt i jämförelse med naturmaterial eftersom transport- och hanteringskostnader ökar.

2.5 Aktörer

Detta kapitel syftar till att ge en bild över inblandade aktörer och hur de hanterar avfall och rivningsbetong.

2.5.1 Rivningsentreprenörer

På den svenska marknaden finns det många rivningsföretag. Det fanns 2014 cirka 13 100 rivningsfirmor inklusive firmor för mark- och grundarbeten (Sveriges Byggindustrier, 2015). Vissa rivningsentreprenörer finns med i en branschorganisation för byggnadsberedning vilket är en organisation för rivning, håltagning och sanering.

Tjänsterna som rivningsentreprenörer kan utföra varierar mycket och ofta har företagen ett stort utbud av olika tjänster. Till exempel kan de utföra rivning, selektiv rivning, transport, sanering, krossning, källsortering, återvinning, håltagning och provtagning. Somliga rivningsföretag har samarbete med andra företag vilket utökar

antal tjänster de kan utföra. Exempelvis är företagen Riv AB, Ak Schakt och Entreprenad AB och Rivners AB en del av företaget Lotus AB. Ak Schakt och Entreprenad skriver att Lotus, i och med uppköpet av Ak Schakt och Entreprenad, kan utöka sitt tjänsteutbud med uthyrning av bland annat entreprenadmaskiner (Ak Schakt, u.å-a). Exempel på maskiner som Ak Schakt och Entreprenad har är larvburet sorteringsverk och mobila krossverk (Ak Schakt, u.å-b)

2.5.2 Avfallsentreprenörer

En avfallsentreprenör är ett företag som hämtar och transporterar avfall (U.F.O.S, 2008). I många fall kan de dessutom behandla avfall då de kan tillhöra en behandlingsanläggning (U.F.O.S, 2008). Avfallsentreprenörer kan även bland annat titulera sig som återvinningsföretag (exempelvis Ragn-Sells och Stena Recycling) och som ett åkeri (exempelvis Wiklunds Åkeri).

Avfallsentreprenören kan användas som en konsult vid planering av rivning och avfallshantering (Sveriges Byggindustrier, 2017). Därutöver kan denna medverka på arbetsplatsen och övervaka avfallshanteringen (Sveriges Byggindustrier, 2017).

2.5.3 Anläggning för behandling av avfall

Avfallsmottagaren/avfallsbehandlaren är den som tar emot avfallet och behandlar avfallet och kan vara ett återvinningsföretag eller en sorteringsanläggning (Naturvårdsverket, 2015b). Valet av avfallsanläggning kan vara både rivningsentreprenörens och avfallstransportörens (Sundqvist et al., 2013). På anläggningen vägs och klassificeras avfallet innan behandling (Sundqvist et al., 2013). Om ett byggnads- eller rivningsprojekt inte har gett upphov till stora mängder avfall kan transport ske till en återvinningscentral för vidare sortering innan avfallet når en mottagningsanläggning (Naturvårdsverket, 2015b). Anläggningarna kan ägas av kommunala aktörer men också av privata aktörer.

Behandling och användning av insamlat betongavfall skedde i en studie med tretton kommunala anläggningar på ett likartat sätt på de olika anläggningarna (Almasi et al., 2018). I studien uppgav elva anläggningar att de huvudsakligen använder betongen som anläggningsmaterial för vägbyggen vid deponier och/eller för sluttäckning av deponier (Almasi et al., 2018). För behandling av avfallet saknas ofta krossar vilket försvårar återanvändning eller återvinning av avfallet (Almasi et al., 2018).

Företag som anländer till SYSAV:s kommunala avfallsanläggning med rent betongavfall kan hänvisas vidare till andra företag för att kunna återvinna eller återanvända betongmaterialet (Almasi et al., 2018). På samma sätt tar företaget GDL emot rena betongfraktioner från Tekniska verken i Linköping. Men andra större kommunala anläggningar säger att de sällan får in rena avfallsströmmar och måste behandla blandat avfall (Almasi et al., 2018). Flera avfallsanläggningar uppger att det

inte finns många användningsområden för betongavfallet mer än som konstruktionsmaterial på deponier om källsortering inte ägt rum tidigare (Almasi et al, 2018).

Återvinning behöver inte ske på en anläggning utan kan ske direkt på rivningsplatsen med exempelvis mobila krossverk. Företag som exempelvis BR Andersson skriver att de med mobila krossverk kan återvinna betong för fyllnadsmassor och anläggning av vägar (Bröderna Andersson Åkeri och Gräv, u.å). Återvinning sker antingen direkt på arbetsplatsen eller på en lagringsplats (Bröderna Andersson Åkeri och Gräv, u.å). 54:ans Riv och Entreprenad skriver på liknande sätt att de kan krossa betong på plats med mobila krossverk för användning som fyllnadsmaterial och bärlager (54:ans Riv och Entreprenad, u.å). Enligt Johansson (2011) är återvinning på plats det billigaste alternativet för behandling av betong. Men det finns olika krav om man ska krossa betong för återvinning i en stad. Exempelvis ställs krav på ljud- och bullernivåer och dammalstring (Göteborgs Stad, u.å).

2.5.4 Betongindustrier

Den rivna betongen kan enligt Svensk Betong (u.å-c) krossas och blandas i ny betong. Swerock AB återvinner 700 000 ton bygg- och rivningsavfall i södra Sverige (Almasi et al., 2018). De använder sedan krossad betong som fyllmedel i betongtillverkningen både inom företaget och på andra platser (Almasi et al., 2018).

Däremot skriver Johansson et al. (2017) att det ”till rapportförfattarens kännedom” inte finns någon betongindustri som gjuter betong för husbyggnad med återvunnen rivningsbetong. Men det finns forskningsprojekt där man testat att använda rivningsbetong för inblandning i ny betong och det finns betongföretag som återvinner element som betongsliprar för inblandning i nya sliprar (Johansson et al., 2017). På liknande sätt skriver Wahlström et al. (2019) att i Sverige begränsas användningen av återvunnen betong, från bygg och rivning, i ny betong till forskningsprojekt. Enligt Arm et al. (2014) används obetydliga mängder återvunnen betong i färdigblandad och prefabricerad betong i nordiska länder.

På Skanskas betongindustrier återvinns inte krossad betong i ny betong på grund av lagringsbegränsningar och fulla materialfickor på fabrikerna (Jepsson och Nyberg, 2017). Enligt Skanska (2019) utforskas snarare möjligheten att använda krossad betong i ny betong. Däremot kan ohärdad restbetong användas för att gjuta C3C-block (figur 9) vilket är lego-liknande block, som bland annat säljs till industri- och jordbruksverksamheter (Jepsson och Nyberg, 2017). C3C- blocken kan användas som exempelvis stödmurar, nätningsramper, lagerhallar, materialfickor, planlager, mast- och pelarskydd, ramper och brand- och bullerskydd (C3C, u.å-a). Thomas Betong använder på liknande sätt, i en liten skala, returbetong som är en typ av restbetong för gjutning av betongklossar (Isaksson och Nilsson, 2016). Annars används härdad

restbetong som exempelvis fyllnadsmassa alternativt deponeras det (Isaksson och Nilsson, 2016).



Figur 9. Materialfickor av C3C-block. C3C (u.å- b). Återgiven med tillstånd.

Om rivningsbetong ska användas i förtillverkade betongprodukter krävs enligt SS-EN 13369 kännedom om källan till den krossade betongen men spårbarheten för rivningsbetong är i princip obefintlig (Johansson et al., 2017). Spårbarhet är bland annat också viktigt för att certifiera att rivningsbetongen inte innehåller farliga ämnen vilket är ett krav för inblandning i ny betong (Almasi et al., 2018). Om rivningsbetong ska användas finns dessutom svårigheter eftersom avfallsfraktioner kan behöva sorteras. Mer långtgående sortering av mineralavfall kan ske med NIR- teknik, som använder infraröd strålning för att separera betong från exempelvis gips och tegel. Men tekniken är dyr med en investeringskostnad på 9 000 000 kronor och en driftkostnad på 2 000 000 kronor/år (Palm et al. 2015). Därav följer att en tillförsel på 83 000 ton material per år är nödvändig för ekonomisk lönsamhet (Palm et al. 2015). På samma sätt skriver Sadagopan et al. (2017) att det krävs en kontinuerlig tillförsel av material för att det ska bli ekonomiskt lönsamt att separera betong med komplexa separationsmetoder. Tillförseln försvåras av de långa transportsträckor som uppstår i Sverige (Sadagopan et al. 2017).

2.5.5 Andra organisationer och myndigheter

Andra organisationer och myndigheter arbetar exempelvis med tillsyn och statistik. Tillsynsansvaret är uppdelat på byggnadsnämnden och miljönämnden där byggnadsnämnden utövar tillsyn över rivningen och formella moment i avfallshanteringen med stöd av plan- och bygglagen medan miljönämnden ansvarar för operativ tillsyn med stöd av bestämmelser i miljöbalken (Naturvårdsverket, 2018g). En operativ tillsyn innebär att kontrollera att regler från miljöbalken och beslut från domstolar och myndigheter efterlevs. I tillsynsarbetet ingår exempelvis att vidta åtgärder för att verksamhetsutövare ska följa reglerna. Det ingår även att skapa förutsättningar för att miljöbalkens ändamål efterlevs (Naturvårdsverket, 2018h).

Andra organisationer och myndigheter som arbetar med bygg- och rivningsavfall är (Naturvårdsverket, 2018i):

- Sveriges byggindustrier: Är byggföretagens bransch- och arbetsgivarorganisation. Har tagit över och uppdaterat Kretsloppsrådets riktlinjer för byggsektorn.
- Återvinningsindustrierna: Är en branschorganisation för återvinningsföretag.
- Avfall Sverige: Är kommunernas branschorganisation för avfallshandling.
- Boverket: Vägleder kommunerna inom bygg- och rivningsverksamhet.
- Naturvårdsverket: Är en central tillsynsvägledande myndighet.
- Kemikalieinspektionen: Ger bland annat vägledning för skadliga ämnen i byggmaterial och produkter.
- Arbetsmiljöverket: Sköter bland annat tillsyn och vägledning för bygg- och rivningsverksamhet.
- Länsstyrelsen: Handlägger tillståndsärenden för avfall och avfallshandläggningar.
- Svenska MiljöEmissionsData (SMED): Har enligt SMED (u.å) i uppdrag av Naturvårdsverket att säkerställa underlag till Sveriges internationella rapportering för avfall. SMED är ett konsortium där organisationerna IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Statistiska Centralbyrån (SCB), Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) samarbetar.
- Byggnadsnämnden: Vid ansökan om rivningslov gör man detta hos byggnadsnämnden i kommunen (Boverket, u.å). Byggnadsnämnden utövar även tillsyn över rivningar och formella moment i avfallshandling. (Naturvårdsverket, 2018g).
- Miljönämnden: Citerat från Naturvårdsverket (2018i): "Miljönämnden utövar operativ tillsyn över bygg- och rivningsverksamhet, avfallshandling, avfallstransportörer och avfallsanläggningar enligt miljöbalken".

2.6 Avfallsstatistik

Detta kapitlet beskriver översiktligt den existerande statistiken för bygg- och rivningsavfall: hur den rapporteras, dess osäkerheter och hur den kan användas. I slutet av kapitlet beskrivs cirkularitet för rivningsbetong.

2.6.1 Rapportering av bygg- och rivningsavfall

För all form av avfall är det Naturvårdsverket som ansvarar för den nationella statistiken enligt förordning (2001:100). ”Naturvårdsverket ansvarar för internationell rapportering av avfallsdata till EU, OECD och EEA liksom för uppföljning av nationella mål och avfallsströmmar som anses extra viktiga inom miljömålssystemet, i den nationella avfallsplanen och i det nationella avfallsförebyggande programmet. Statistiken ska också finnas tillgänglig för allmänheten” (Naturvårdsverket, 2019f). Enligt EU:s förordning om avfallsstatistik (WsatR) ska rapportering om uppkommet och behandlat avfall ske vartannat år (Ek, Junestedt, Kock, Ljunggren-Söderman och Szudy, 2009). Naturvårdsverket överläter idag ansvaret för att säkerställa underlag för Sveriges internationella rapportering av avfall till konsortiet SMED (SMED, u.å).

Det uppkomna avfallet ska rapporteras efter den utökade rapporteringen av bygg- och rivningsavfall som startade år 2015 (Boverket, 2019). För information om uppkommet avfall från byggbranschen används uppgifter från avfallsbehandlingsanläggningar vilka rapporterar mottaget avfall (SCB, 2018a). Skillnad ska göras på sekundärt och primärt uppkommet avfall, där det endast är primärt uppkommet avfall som har nått en anläggning som ska redovisas i rapporteringen (Naturvårdsverket, 2018c). Primärt avfall uppkommer i samband med konsumtion eller produktion och sekundärt avfall uppkommer hos en avfallsmottagare efter exempelvis förbehandling (Naturvårdsverket, 2018a). Förbehandling genererar alltid sekundärt avfall som i sin tur kommer att behöva för- eller slutbehandlas (Naturvårdsverket, 2018a). Sekundärt avfall innebär att avfallet ändrar avfallskod (omklassas) vid förbehandling eller behandling (Naturvårdsverket, 2018a). Därför finns specifik statistik för sekundärt avfall skilt från de slutbehandlade mängderna för den förra avfallskoden.

För uppgifter om behandlat avfall använder SMED till stor del miljörapporter, vilka skrivs av tillståndspliktiga verksamheter, och kompletteras med uppgifter från andra nationella rapporteringar och från branschorganisationer (Naturvårdsverket, 2018a). Det behandlade avfallet redovisas, liksom det uppkomna avfallet, efter avfallsslag. För behandlat avfall redovisas även vilken typ av avfallsbehandling som gjorts för avfallet (Naturvårdsverket, 2018a). Den anläggning som tar emot avfallet ska rapportera slutlig hantering även om sortering och annan behandling sker i nästa led. Hanteringen ska vara den som är känd eller bedöms som troligast (Naturvårdsverket 2018c).

I många andra länder bygger avfallsstatistiken på administrativa data, vilket betyder att man med lagstiftning i den nationella miljölagstiftningens krav får in detaljerade uppgifter om avfall (Naturvårdsverket, 2018a). Denna typ av lagstiftning saknas i Sverige varför man istället bland annat baserar uppgifter om avfall på miljörapporter, vilka enligt Johansson och Sundqvist (2016) är den viktigaste källan för avfallsstatistiken. Men miljörapporter är inte utformade för att användas som datakälla för avfallsstatistik (Johansson och Sundqvist, 2016). Bristen på standardiserade uppgifter om avfallet i miljörapporter gör det svårt att sortera ut relevant data, eftersom avfallsuppgifterna kan presenteras på väldigt många olika sätt (Sundqvist et al., 2013). Tolkning av data och inmatning i databas sker manuellt, varför arbetet blir tidskrävande (Johansson och Sundqvist, 2016).

2.6.2 Tillgänglig statistik

För att rapportera statistik används EWC-Stat-koder vilket är aggregeringar av olika sexsiffriga avfallskoder som finns listade i avfallsförordningen (Naturvårdsverket, 2018a). Exempel på EWC-Stat-koder är “12.1 mineralavfall från bygg och rivning” och “12.6 jordmassor”. Exempel på en vanlig avfallskod är “17 09 04 blandat bygg- och rivningsavfall”, där blandat avfall innebär att det innehåller två eller fler olika material såsom betong, tegel, gips, plast, papper, metaller, jord, sten med mera (Naturvårdsverket, 2018c).

På SCB:s hemsida kan olika tabeller och variabler användas för att få information om avfall. För avfall finns det uppgifter om uppkommet avfall efter egenskap och näringsgren. Det finns även uppgifter om behandlat avfall efter typ av behandling och avfallsslag. Det senaste året med avfallsstatistik var 2016.

De tabeller som finns att tillgå med uppgifter om avfall är:

- Uppkommet avfall efter egenskap, näringsgren SNI 2007 (inkl. hushåll) och avfallsslag. Vartannat år 2010 – 2016
- Uppkommet avfall efter näringsgren SNI 2007 samt hushåll och avfallsslag (uppdateras ej). Vartannat år 2004 – 2008
- Behandlat avfall efter typ av behandling och avfallsslag. Vartannat år 2010 – 2016
- Behandlat avfall efter typ av behandling och avfallsslag (uppdateras ej). Vartannat år 2004 – 2008

I tabellerna kan man sedan välja olika variabler. För uppkommet avfall man välja:

- Egenskaper:
 1. Icke-farligt avfall
 2. Farligt avfall
- Näringsgren (till exempel byggverksamhet)
- Avfallsslag (till exempel plastavfall och träavfall)
- År (kan välja vartannat år)

För behandlat avfall kan man välja:

- Tabellinnehåll:
 1. behandlat avfall, farligt (ton)
 2. behandlat avfall, icke farligt (ton)
- Behandlingstyp:
 1. Förbehandling och sortering
 2. Materialåtervinning
 3. Annan återvinning
 4. Bortskaffande
- Avfallsslag (till exempel plastavfall och träavfall)
- År (kan välja vartannat år)

Utöver statistiken på SCB ger Naturvårdsverket vartannat år ut “Avfall i Sverige” med fördjupad information om avfallet. SCB ger även ut en kvalitetsrapport. I kvalitetsrapporten finns bland annat information om datakällor, metoder, bearbetning av data, osäkerheter för Sveriges officiella avfallsstatistik (Johansson och Sundqvist, 2016). “Avfall i Sverige” är ämnat för en bred målgrupp och innehåller sammanställningar och analyser av nationell avfallsstatistik (Johansson och Sundqvist, 2016).

Rivningsbetong antas klassas med EWC-stat-koden “12.1 mineralavfall från bygg och rivning” som enligt Eurostat (2010) bland annat innehåller betong, tegel, gips, asfalt och blandat avfall från byggnation och rivning. Behandling för 12.1 mineralavfall från bygg och rivning delas upp enligt tabell 7.

Tabell 7

Behandlingsmetoder för 12.1 mineralavfall från bygg och rivning.

Förbehandling	Med förbehandling avses exempelvis demontering, fragmentering, krossning och sortering av avfall (Naturvårdsverket, 2018a). Det primära avfallet som förbehandlas kommer ut som ett sekundärt avfall, vilket senare slutbehandlas (Naturvårdsverket, 2018a)
Konventionell materialåtervinning	Konventionell materialåtervinning innebär att ett material återvinns till samma material (Naturvårdsverket, 2018a). Naturvårdsverket (2018a) exemplifierar det med metallavfall som används för produktion av ny metall.
Annan återvinning (samlingsbegrepp och inte en specifik behandling)	“Annan återvinning omfattar behandlingstyperna energiåtervinning, användning som konstruktionsmaterial, återfyllning och markspredning” (Naturvårdsverket, 2018a).
Konstruktionsmaterial	Konstruktionsmaterial innebär avfall som används som funktions- konstruktions- och täckmaterial på eller utanför deponier (Naturvårdsverket, 2018a). För att användning som konstruktionsmaterial ska klassas som återvinning måste det återvunna materialet ersätta ett annat material som till exempel lera, morän, sand eller grus (Naturvårdsverket, 2014).
Återfyllning	“Med återfyllning avses användning av avfall för återställningsändamål i utgrävda områden eller för tekniska ändamål vid landskaps- eller anläggningsarbeten i stället för andra material” (Naturvårdsverket, 2018a).
Deponering	Med deponering avses att avfall läggs på deponi alternativt permanent lagras (Naturvårdsverket, 2018a).

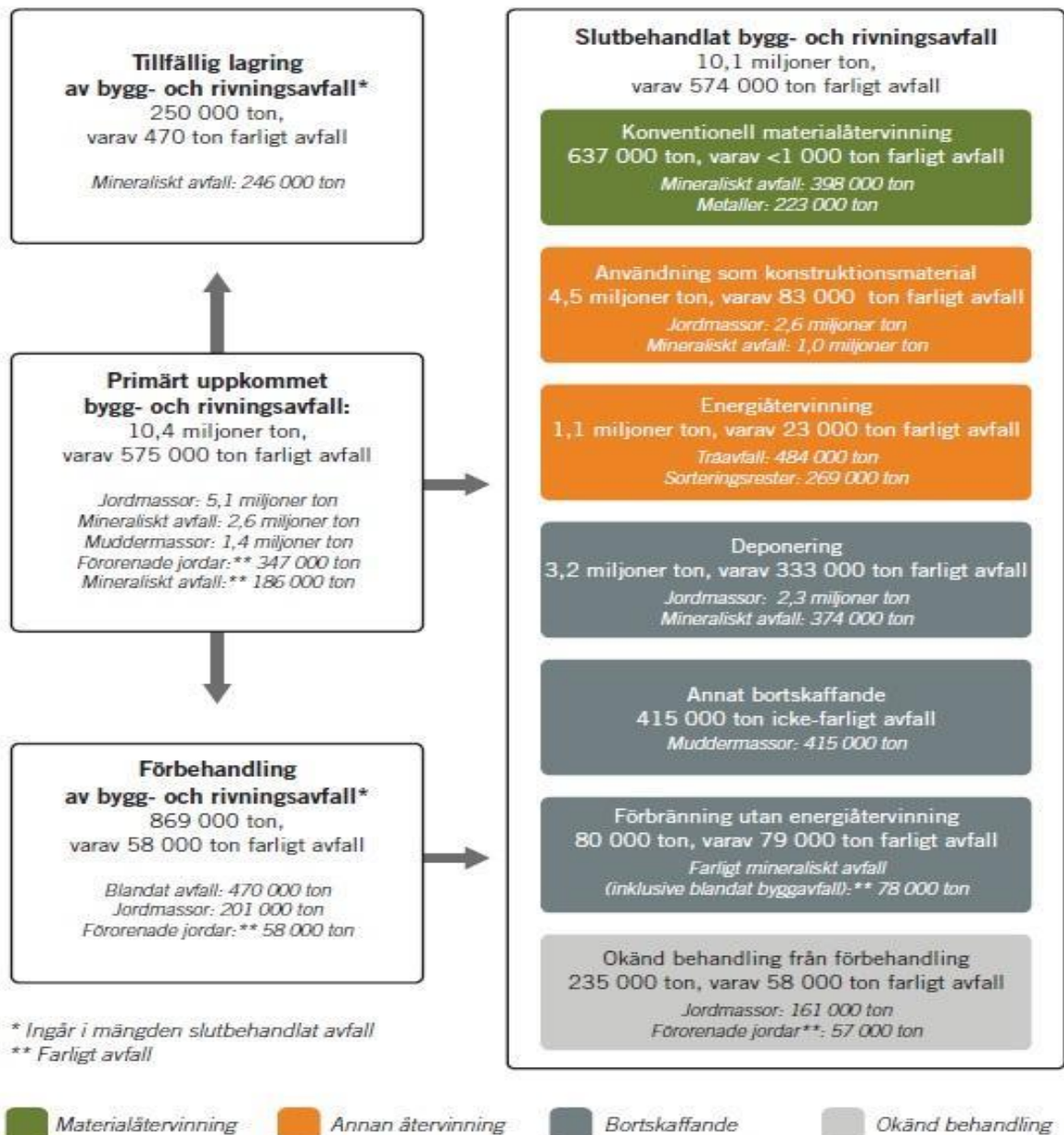
Om den officiella statistiken från år 2016 används för att visualisera behandlingsflödena för “12.1 mineralavfall från bygg och rivning” fås flödena enligt figur 10. Som kan ses finns förbehandling och sortering, annan återvinning inklusive deponitäckning och konstruktion, återfyllning, materialåtervinning, förbränning med energiåtervinning och deponering representerade. Det totalt uppkomna avfallet för 12.1 mineralavfall från bygg och rivning är 2 700 000 ton (Naturvårdsverket, 2018a). Data i figur 10 är hämtad från SCB men den officiella statistiken finns också redovisad i bilagor i “Avfall i Sverige 2016”.



Figur 10. Officiell statistik över behandlade mängder icke-farligt mineralavfall från bygg och rivning, år 2016. SCB (2018b).

Naturvårdsverket har i rapporten “Avfall i Sverige 2016” gjort ett flödesdiagram av kända flöden av bygg- och rivningsavfall (figur 11). Det totalt uppkomna mineralavfallet är här 2,6 miljoner ton. I dessa 2,6 miljoner ton mineralavfall finns 470 000 ton blandat bygg- och rivningsavfall (avfallskod 17 09 04). Av mineralavfallet går också 246 000 ton som tillfällig lagring, 398 000 ton som konventionell materialåtervinning, 1 000 000 ton för användning som konstruktionsmaterial och 374 00 ton som deponering. Flödesdiagrammet är förenklat och anpassat för att passa en allmän publik. Till exempel består varje flöde endast av de dominerande avfallstyperna (Naturvårdsverket, 2018a).

I jämförelse med tidigare års statistik är det större mängder mineralavfall som går till konventionell materialåtervinning vilket är intressant ur ett cirkulärt perspektiv. Enligt Naturvårdsverket (2018j) utgörs de “små” mängder som materialåtervinns från och med 2012 till stor del av asfalt. Samtidigt skriver Palm et al. (2015) att asfalt som går till materialåtervinning inte inkluderas i statistiken. Boverket (2019) skriver också att stora flöden av bygg- och rivningsavfall som hade kunnat återvinnas inte finns med i statistiken, vilket bland annat beror på att asfalt och betong tas om hand av mindre behandlingsanläggningar.



Figur 11. Kända flöden av bygg- och rivningsavfall i Sverige 2016, inklusive dominerande avfallstyper (kursiv stil). Mängder anges i ton (avrundade värden). Naturvårdsverket (2018a). Återgiven med tillstånd.

I en rapport från Palm et al. (2015) har statistik från 2012 använts. I rapporten jämförs uppkommet avfall med behandlat avfall för att skapa en översikt över flöden för bygg- och rivningsavfall. Det förklaras att anledningen till att mängden uppkommet avfall är större än mängden behandlat avfall är att de är framtagna med olika metoder och att C- och U-anläggningar behandlar avfall som inte rapporteras. I rapporten beskrivs att för “12.1 Mineralavfall från bygg och rivning” räknas även avfallskoden 17 09 04 “Blandat bygg- och rivningsavfall” trots att den inte enbart innehåller mineraliska material utan även brännbara och återvinningsbara material som till exempel metaller, plast, trä och papper (Palm et al., 2015). Det redovisas även att

blandat avfall sorteras ut i till exempel mineralavfallsfraktioner som används som konstruktionsmaterial, deponirester och brännbara sorteringsrester. Det görs också en bedömning på sammansättningen för “12.1 mineralavfall från bygg och rivning” enligt tabell 8.

Tabell 8

Sammansättning på 12.1 Mineralavfall från bygg och rivning. (Palm et al, 2015). Mängder är från 2012 års statistik.

Sammansättning på 12.1 Mineralavfall från bygg och rivning	Mängd (ton)	Procentuell fördelning (%)
Gips som går till återvinning	24 400	2,8
Potentiell återvinningsbar gips	36 000	4,3
Betong och tegel	600 000	71
Klinker och keramik	100	0,01
Asfalt (exkl. Trafikverket och kommuner till återvinning)	13 000	1,5
Mineralull, isolering	4000	0,5
Ospecificerat	167 700	20
SUMMA	844 800	100

2.6.3 Trender i statistiken

För att försöka beskriva hur statistiken ser ut i dagsläget och göra bedömningar om hur stora avfallsmängder som kommer uppstå i framtiden kan man göra trendanalyser och extrapolera den tillgängliga statistiken. Men det finns faktorer som försvårar extrapolering med statistiken. Den främsta anledningen är enligt Naturvårdsverket (2018a) att det har skett många förändringar i hur avfallsstatistiken redovisas och att det har skett ändringar i vad man klassificerar som ett avfall. Krav på nationell avfallsstatistik som rapporteras till EU är relativt nytt och har endast funnits åren 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014 och 2016.

För att beskriva några förändringar som har skett vilket kan vara relevant för betongavfall kommer här exempel:

- Mellan åren 2004 till 2008 fanns inte avfallsslaget “mineralavfall från bygg och rivning” med i statistiken. För att få fram uppkommet avfall från branschen byggverksamhet kan istället “mineralavfall exklusive förorenade jord- och muddermassor” användas. För behandlat avfall kan dock inte mineralavfallet hänvisas till någon bransch för 2004–2008, varför det på SCB inte går att jämföra det behandlade avfallet med dagens mineralavfall som går att hänvisa till bygg och rivning.

Enligt Naturvårdsverket (2012a) har indelningen i avfallsslag för avfallsstatistiken ändrat sig mellan 2008 och 2010, varför man inte ska jämföra trender för enskilda avfallsslag. SCB (u.å) skriver också att “tabeller för perioden avseende rapporteringsår 2008 och tidigare är skilt från rapporteringsår 2010 och framåt. Anledningen är att flera parametrar

förändrats mellan rapporteringsåren 2008 och 2010, vilket innebär att statistik från 2008 och tidigare inte är direkt jämförbar med senare statistik. Det är därför inte möjligt att jämföra tidsserier över perioden 2004–2016”.

- Det har inte skett större förändringar för de tre rapporteringsåren 2010, 2012 och 2014 vad gäller avfallsbegreppet eller indelning i branscher och man kan därför göra en enkel trendanalys, framförallt på totalnivå (Naturvårdsverket, 2016). Men år 2013 beslutade Naturvårdsverket om en utökad rapportering till SMP enligt 29 kap. miljöprövningsförordning (2013:251) för tillståndspliktiga verksamheter som tar emot bygg- och rivningsavfall (Boverket, 2019). Denna utökade rapportering syftar till att tillgodose kraven enligt EU:s avfallsstatistikförordning (EC 2150/2002) samt att bättre kunna följa upp målet om återvinning för bygg-, rivnings- och anläggningsavfall (Naturvårdsverket, 2018c). Första året som rapporteringen av avfallsdata påverkades av denna utökade rapportering var 2016. Därför påverkas enligt Boverket (2019) jämförbarheten med åren dessförinnan.

År 2016 räknades dessutom krossning av betong, glas- och asfaltsavfall som förbehandling, vilket gav större förbehandlade mängder (Naturvårdsverket, 2018a). Användning som konstruktionsmaterial räknades också från och med 2016 som annan återvinning istället för materialåtervinning (Naturvårdsverket, 2018a).

Möjliga framtida förändringar är att även C-klassade verksamheter som tar emot eller skapar avfall ska omfattas av ett rapporteringskrav (Boverket, 2019).

2.6.4 Avgränsningar och osäkerheter i statistiken

Avfallsstatistiken inkluderar avfall som importerats till Sverige för behandling men inte avfall som uppkommer i Sverige och exporteras för behandling utomlands (Naturvårdsverket, 2018a). Statistiken omfattas inte heller avfall som materialåtervinns på samma plats som det skapas (Naturvårdsverket, 2018a).

Avfallsstatistiken används enligt Naturvårdsverket (2012b) huvudsakligen för följande syften:

- Uppföljning av de nationella miljömålen.
- Att rapportera om Sveriges förhållanden till EU och internationella organ.

Enligt Naturvårdsverket (2012b) fanns då rapporten skrevs en osäkerhet kring statistiken över bygg- och rivningsavfall med 50 %. Den främsta anledningen till den höga osäkerheten var enligt rapporten osäkerheter kring hanteringen av mineralavfall som betong, tegel och asfalt. Enligt Palm et al. (2015) saknas cirka 800 000–1 000 000 ton asfalt från Trafikverket och kommuner som går till återvinning. Eftersom osäkerheten är stor kan man inte med säkerhet säga ifall etappmålet/ EU:s

återvinningsmål om 70 viktprocent återvinning av icke- farligt bygg- och rivningsavfall har uppnåtts (Naturvårdsverket, 2012b). Bland annat med bakgrund av uppföljningen av detta återvinningsmål har den utökade rapporteringen för tillståndspliktiga verksamheter införts (2018k).

Samtidigt fångar den utökade rapporteringen i praktiken inte in allt väsentligt bygg- och rivningsavfall. Bland annat för att rapporteringskravet inte omfattar anläggningar som endast är anmälningspliktiga (Sveriges Miljömål, 2019). Tillståndspliktig verksamhet, alternativt A- och B- verksamheter, kallas de verksamheter som behöver prövas i miljödomstolen eller länsstyrelsen. C- verksamheter är anmälningspliktiga verksamheter som måste göra en anmälan till den lokala miljö- och hälsoskyddsnämnden i kommunen (Växjö Kommun, 2019). Normalt redovisar inte C- anläggningar miljörapport i Svenska Miljörapporteringsportalen varifrån uppgifter om behandlat avfall kommer (Johansson och Sundqvist, 2016). Relevant för byggavfall finns lagring, sorteringsanläggningar och anläggningsarbeten som kan utgöra C- verksamheter (Sundqvist et al, 2013). Exempelvis klassas återvinning av schaktmassor och mineralavfall i byggprojekt och anläggningsarbeten som C- verksamheter (Sundqvist et al., 2013).

Det finns även andra faktorer som försvårar arbetet med att ta fram data för uppkommet och behandlat avfall för bygg- och rivning (Sundqvist et al., 2013):

- Byggbranschen består av 70 000 företag, där majoriteten är små företag. Av dessa har färre än 5000 företag tio eller fler arbetare anställda. I byggbranschen finns dessutom många olika aktörer.
- Ansvarsfördelningen för avfallshanteringen kan se olika ut i olika byggprojekt och det kan vara olika aktörer som ansvarar för att rapportera avfallsstatistiken.
- Att man i byggbranschen arbetar i projekt gör dessutom verksamheten mer svårdefinierad vad gäller byggprojektens art och omfattning.
- För byggverksamhetsavfall finns det enligt SCB (2018a) även risk för dubbelräkning av ett avfall eftersom det skickas i flera led mellan olika anläggningar som ska rapportera avfallet och avfallsflödet mellan anläggningarna och det kan vara svårt att följa. Sundqvist et al. (2013) beskriver också att det finns risk för att mängderna inte räknas alls om data endast hämtas från en aktör.

2.6.5 Cirkularitet för rivningsbetong

Betong är ett 100 % återvinningsbart naturmaterial som ofta har en livslängd på mer än 100 år (Svensk Betong, u.å-d). Betongen i en husstomme innehåller inte heller utfasningsämnen eller andra substanser som är farliga för hälsa och miljö och kan därför efter sin livstid återvinnas (Svensk Betong, u.å-d).

Under betongens livscykel kommer ungefär 90 % av koldioxidutsläppen från cement (Svensk Betong, 2017). För koldioxidutsläppen hade det därför varit effektivt att kunna återvinna cement. Men cement är ett hydrauliskt bindemedel vilket innebär att det har egenskaper som gör att det härdar vid reaktion med vatten. När cementet har härdat kan inte dess egenskaper återkallas genom en mindre krävande process än originaltillverkningen varför det idag inte återvinns cement (Material Economics, 2018). Att använda exempelvis flygaska och slagg, vilket är restprodukter från andra produktsystem, som alternativa bindemedel för cement är istället metoder för att minska klimatpåverkan. Enligt Cementa (u.å-d) har cementindustrin även kommit långt med energieffektivisering och att använda industri- och hushållsavfall som ersättning för fossila bränslen vid tillverkning av cementklinker. Ett end-of-life-förfarande inom produktsystemet för att minska den totala betongproduktionen och därmed också cementproduktionen hade kunnat vara att återanvända hela betongelement, där principer som Design for Deconstruction som tar hänsyn till framtida omhändertagande av uttjänta byggnadselement kan möjliggöra för ökad återanvändning.

Både sluten och öppen återvinning är att föredra ur miljöpåverkanshänseende jämfört med deponering (Ghisellini, Ripa och Ulgiati, 2018). Den form av sluten återvinning som verkar mest aktuell är återvinning av betong som ballast för inblandning i ny betong. Miljövinster jämfört med jungfrulig ballast kan exempelvis vara minskade koldioxidutsläpp tack vare kortare transporter och miljövänligare krossning (Estévez, Aguado och Josa, 2003). Enligt Serres et al. (2016) har betong med återvunna betongaggregat en lägre miljöpåverkan än jungfruligt material i alla miljöpåverkanskategorier förutom försurning. Om dessutom återvinning av armering räknas in fås enligt Knoeri, Sanyé- Mengual och Althaus (2012) en 30 % lägre miljöpåverkan med återvunnen betong jämfört med konventionell betong. För GWP, global uppvärmningspotential, är resultaten mer jämlika för de två betongtyperna, främst beroende på högre cementhalt för återvunnen betong (Knoeri et al., 2013). Användningen av återvunna aggregat kan kräva mer cement, vilket medför att miljöpåverkan jämfört med jungfruliga aggregat inte skiljer sig och till och med kan vara högre för återvunna aggregat (Yazdanbakhsh, Bank, Baez och Wernick, 2018; Marinkovic´, Raonjanin, Malešev och Ignjatovic´, 2010). Dessutom kan miljöpåverkan för produktionen av återvunna aggregat vara högre än för jungfruligt material (Marinkovic´ et al., 2010). Men om det antas att betongavfall deponeras är den totala miljöpåverkan enligt Yazdanbakhsh et al. (2018) signifikant mycket lägre för återvunna aggregat jämfört med jungfruliga aggregat. Transport verkar annars vara en bidragande anledning till skillnader i total miljöpåverkan. Exempelvis skriver Palm et al. (2015) att eventuella minskningar i transporter skulle vara den främsta anledningen till en minskad klimatpåverkan om återvunnen betong används istället för jungfrulig ballast. Fortsättningsvis visas att det, utifrån en utförd LCA, finns vissa miljömässiga fördelar för återvunna aggregat jämfört med naturliga aggregat vilket främst är relaterat till kortare transport och undvikande av deponering (Ding, Xiao och Tam, 2016).

En miljövinna med att använda återvunnen betong som ballast är en minskad råvaruanvändning, där framförallt användningen av naturgrus hotar Sveriges miljö. Naturgrus är en ändlig resurs och utgör våra viktigaste grundvattenreservoarer (Göransson, 2015). Naturgrusformationer har därutöver stora natur- och kulturvärden, berikar landskapet och är viktiga för friluftslivet (Sveriges Miljömål, u.å). Naturgrus användningen bör därför minimeras och istället ersättas med återanvänt material, krossberg och morän (Sveriges Miljömål, u.å). Idag används den största delen av naturgruset för betongtillverkning, även om användandet av naturgrus i betong i absoluta tal har minskat något mellan 2000 och 2016 (från cirka 5,9 miljoner ton till cirka 5,3 miljoner ton) (Sveriges Geologiska Undersökning [SGU], 2017). Detta beror på en minskad användning i andra användningsområden, då exempelvis produktionen av naturgrus för användning av ballast vid konstruktion av väg- och järnväg idag nästan helt borta (Göransson, 2015). Med hänsyn till byggkonjunktur kunde man för år 2016 anta att en del av de svenska upplagen av naturgrus för betong har använts upp och att en högkonjunktur kunde betyda risk för ökad efterfrågan på betonggrus (SGU, 2017).

I Sverige uppkom 510 000 ton betongavfall år 2012 enligt beräkningar från svensk avfallsstatistik, där majoriteten deponerades och användes som konstruktionsmaterial och försumbara mängder materialåtervanns konventionellt (IVA, 2016). Länder där det finns känd verksamhet för konventionell materialåtervinning av betong är till exempel Danmark och Frankrike. I Danmark har återvinningsföretaget RGS Nordic och betongindustrin DK Beton fått 5 miljoner DKK från Miljøstyrelsens Udviklings- og Demonstrationsprogram med syfte att ersätta en miljon ton jungfrulig ballast mot rivningsbetong inom tio år (RGS Nordic, 2018). Från ett renoveringsprojekt i Frankrike har 3280 ton rivningsavfall återvunnits för användning i vägar och 720 ton rivningsavfall återvunnits till ballast för användning i ny betong och (UNEP, 2017). Tack vare detta reducerades koldioxidintensiteten för projektet med 16 % (UNEP, 2017).

3 Metod

Detta arbete har baserats på litteratur, intervjuer och befintlig statistik. Information från litteratur och intervjuer har sammanställts för att svara på relevanta frågor. Sammanställningen skedde under våren 2019.

3.1 Litteraturstudie

Litteratur till arbetet har hämtats från Google Scholar, Chalmers bibliotek, tidigare examensarbeten och böcker. Sökord har exempelvis varit (både på engelska och svenska): Återvinning av betong, Cirkulär ekonomi för byggnadsmaterial, Cirkulär ekonomi, Bygg- och rivningsavfall, Deponi, Rivningsbetong, Krossad betong.

Mycket av informationen för avfallshantering vid rivning kommer från Sveriges Byggindustrier och Naturvårdsverket eftersom de har en övergripande kunskap. Information kommer även från forskarrapporter från till exempel konsultföretaget RISE och Borås Högskola. För att kartlägga processen från rivning till behandling och tillhörande aktörer har flödesbilder från rapporter av Naturvårdsverket (2015b) och Sundqvist et al. (2013) använts. Informationen om tjänsterna som rivningsentreprenörer kan utföra kommer från olika rivningsentreprenörers hemsidor.

På Naturvårdsverkets hemsida kan man snabbt navigera mellan relevanta ämnen. Om man exempelvis söker "Naturvårdsverket avfall" kan man läsa om avfall på Naturvårdsverkets hemsida men även hitta relevanta källor om ämnet under "mer information", vilket har nyttjats mycket för denna rapport.

3.1.1 Flödesschema

För flödesschemat i figur 6 användes rapporten "Avfall i Sverige 2016" för att dela in användningarna i deponi, annan återvinning och konventionell materialåtervinning. Flödesschemat sammanfattar de användningsområden som funnits i litteratur.

3.1.2 Resurser och cirkulär ekonomi

Information om cirkulär ekonomi kommer delvis från vetenskapliga publikationer från hemsidan ScienceDirect. Information från dessa publikationer har genomgående använts i kapitlet om resurser och cirkulär ekonomi. Rapporter från bland annat Wijkman och Skånberg, Ellen MacArthur Foundation och Material Economics har också använts. Material Economics beskriver den linjära och cirkulära ekonomin mer specifikt för dagsläget i Sverige. Rapporten av Wijkman och Skånberg beskriver de potentiella vinster för Sverige, och andra länder, som finns i cirkulär ekonomi. Ellen MacArthur har framförallt använts för att förstå begrepp i den cirkulära ekonomin.

3.1.3 Avfallsstatistik

Eftersom Naturvårdsverket och SMED är ansvariga för framtagning av statistiken har mestadels deras rapporter använts för statistikavsnittet.

3.2 Datainsamling

För att få information om hur mycket rivningsbetong som finns i avfallsflöden har det gjorts ett försök att använda statistik på SCB. Eftersom statistiken inte visar ett eget flöde för rivningsbetong har denna behövt kompletteras med antaganden byggd på intervjuer och litteratur.

Sökord har exempelvis varit: Kartläggning av materialflöden, Avfallsstatistik, Andel spillbetong.

3.2.1 Intervjuer

Intervjuer har utförts med verksamhetsutövare som arbetar som rivningsentreprenörer, avfallsentreprenörer, anläggningar för avfall och betongtillverkare. Intervjuer har även gjorts med forskare och myndigheter. Intervjuerna utfördes under våren 2019 både via mail och telefon.

Intervjuerna har bland annat syftat till att få en förståelse för hur rivningsbetong behandlas av de olika aktörerna, vilka användningsområden som finns för återvunnen betong, om rivningsbetong återvinns i ny betong och om inte: svårigheterna med att återvinna rivningsbetong i ny betong.

För att förstå hur entreprenörer arbetar med rivning- och avfallshantering har intervjuer med Destroy Rebuilding Company AB, CS Riv och Ragn-Sells gjorts, tillsammans med studier av de övriga listade rivningsentreprenörernas hemsidor. Frågorna som ställdes handlade om hur de arbetar med rivning och avfallshantering i olika moment (tabell 9).

Tabell 9

Intervjuer med företag som river och hanterar avfall vid rivning

Företag	Namn	Befattning	Typ av intervju
Destroy Rebuilding Company	Tony Stigmansild	Affärschef	Telefon
CS Riv	Andreas Landqvist	Projektledare	Telefon
Ragn-Sells	Kristina Elehag	Sektionschef	Telefon

Eftersom det finns rapporter om hur kommunala avfallsanläggningar hanterar betongavfall har denna rapport även inkluderat intervjuer med privata företag med anläggningar för avfall för att få reda på hur de hanterar och/eller använder betongavfallet. Urvalet av intervjuade företag har inte tagit hänsyn till vilken sorts

anläggning/anläggningar företaget har, utan har bara syftat till att hitta anläggningar som behandlar betong. Intervjuerna har inte heller syftat till att få information om hur specifika anläggningar hanterar betong, utan snarare till att ge en översiktlig bild av hur betongen kan hanteras. Därav har anläggningar ibland fått olika frågor, även om den röda tråden i intervjuerna har varit hur anläggningarna hanterar och/eller använder betongavfall. Se tabell 10 och tabell 15.

Uppringningarna gick ofta via en telefonist för att komma i kontakt med relevanta personer och/eller anläggningar. Exempelvis har Swerock recyclinganläggningar på många platser i Sverige, varför en telefonist kopplade oss vidare till anläggningar han/hon trodde behandlade betong.

Kontakt skedde antingen direkt med en specifik anläggning för avfall eller med en person på ett företag som har anläggningar för avfall men inte är direkt kopplade till en specifik anläggning. Med anläggningar för avfall avses anläggningar där avfall kan hanteras, såsom till exempel på en avfallsanläggning och en återvinningsanläggning.

Tabell 10

Intervjuer direkt med anläggningar för avfall eller företag som äger anläggningar för avfall.

Företag/anläggning	Namn	Befattning	Typ av intervju
Swerock Malmö	-	-	Mail
Swerock Helsingborg	Pontus Wifvesson	Platschef	Telefon
SYSAV	Käthy	Avfallsrådgivare Kundservice	Mail
GDL	Michael Claesson	Produktionschef	Mail
RGS Nordic Malmö	-	-	Telefon
Anläggning för avfall 1 (anläggning 1 i texten)	-	-	Telefon
Anläggning för avfall 2 (anläggning 2 i texten)	-	-	Telefon
Företag med anläggning för avfall 1 (företag 1 i texten)	-	Chiefsbefattning	Telefon
Företag med anläggning för avfall 2 (företag 2 i texten)	-	Chiefsbefattning	Telefon
Företag med anläggning för avfall 3 (företag 3 i texten)	-	-	Telefon
Företag med anläggning för avfall 4 (företag 4 i texten)	-	-	Telefon

Intervjuer har gjorts med nio betongindustrier med syftet att se om rivningsbetong kan blandas i ny betong och för att få aktörernas syn på problemen de problem som finns med inblandning. Om intervjun skedde via telefon frågade vi om de återvann rivningsbetong vilket ledde till en diskussion/förklaring om varför det inte skedde. På mail fick vi ofta bara enkla svar utan några förklaringar om varför de inte återvann rivningsbetong. Se tabell 11 och 16.

På samma sätt som för återvinningsföretagen skedde kontakten ofta via en telefonist. Swerock är återigen ett exempel där en telefonist användes eftersom det var svårt att veta vem specifikt man skulle kontakta.

Tabell 11

Intervjuer med betongindustrier.

Företag	Namn	Befattning	Typ av intervju
Swerock	Karin Bergkvist	Hållbarhetsstrateg	Telefon
Swerock Väst	Andreas Arwidsson	Arbetschef Swerock Väst	Telefon
Kynningsrud Prefab Uddevalla	Håvard Nyman	Utvecklingsansvarig	Telefon
Ulricehamns Betong	Peter Wigert	Marknadschef	Telefon
Större betongindustri	-	-	Mail
Tranemo Prefab	Johan Kettil	VD Försäljning	Mail
Mindre betongindustri 1	-	-	Mail
Mindre betongindustri 2	-	Chiefsbefattning	Mail
Mindre betongindustri 3	-	Chiefsbefattning	Mail
Abetong Vislanda-S	Bengt- Eric Hartonen	Fabrikschef	Telefon

Lars Viklund på SCB har blivit intervjuad för att hjälpa till med att tolka statistiken. Se tabell 12. Frågan var:

- Varför är det skillnader i mängder i flödesdiagrammet och den officiella statistiken?

Tabell 12

Intervjuer för statistik.

Namn	Befattning	Företag/ Myndighet	Typ av intervju
Lars Viklund	?	Statistiska Centralbyrån	Mail

Intervjuer har också utförts för att få reda på hur stor del av mineralavfallet som består av betong. Detta har gjorts med fyra olika rivningsföretag och sex olika anläggningar som hanterar avfall (se tabell 13). Typ av verksamhet är i tabell 13 förenklat anläggning för avfall men kan också vara företag med anläggning för avfall.

Tabell 13

Intervjuer för antagande om andel betong i mineralavfall.

Typ av verksamhet	Befattning	Typ av intervju
Företag som bland annat utför rivningar	-	Telefon
Rivningsföretag	-	Telefon
Rivningsföretag	-	Telefon
Rivningsföretag	-	Telefon
Anläggning för avfall	Chefsbefattning	Telefon
Anläggning för avfall	Chefsbefattning	Telefon
Anläggning för avfall	-	Mail
Anläggning för avfall	-	Telefon
Anläggning för avfall	-	Telefon
Anläggning för avfall	-	Telefon

Slutligen har intervjuer också gjorts med Linus Brander, forskare på RISE, och Madumita Sadagopan, doktorand på Högskolan i Borås (tabell 14). Madumita har hänvisat sina svar till egenskriven litteratur.

Tabell 14

Intervjuer med forskare och doktorand.

Linus Brander	Forskare	RISE	Mail
Madumita Sadagopan	Doktorand	Högskolan i Borås	Telefon

3.3 Kvantifiering av flöden

Kvantifieringen är baserad på tillgänglig officiell statistik från SCB (2018b) och Naturvårdsverket (2018a) som visar flöden för “12.1 mineralavfall från bygg och rivning”. Många antaganden är baserade på rapporten “Analys av lämpliga åtgärder för att öka återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsavfall” av Palm et al. (2015). I rapporten av Palm et al. (2015) jämförs uppkommet avfall med behandlat avfall för bygg- och rivningsavfall. Det visas, för avfallsslaget 12.1 mineralavfall från bygg och rivning, att det uppstår en viss del okänd behandling då det uppkomna avfallet är större än det behandlade. Det visas också att blandat avfall sorteras ut i till exempel deponirester, brännbara sorteringsrester och mineralavfall som konstruktionsmaterial.

För att anpassa kvantifieringen till att visa uppkommet avfall för riven betong har vissa antaganden behövt göras:

1. Antagande om andel betong i mineralavfallet har försökts göras med hjälp av intervjuer med rivningsentreprenörer och anläggningar för avfall. Resultatet av dessa intervjuer har inte lett fram till något antagande och antagandet har därför istället gjorts med hjälp av litteratur. Användbar litteratur som hittats är från Palm et al. (2015) och AB Jacobson och Widmark (1996). I rapporten av Palm et al. (2015) finns uppskattade andelar av mineralavfall i fraktionen "12.1 mineralavfall från bygg och rivning" enligt tabell 8. I rapporten från AB Jacobson och Widmark (1996) finns en kartläggning av materialflöden i Sverige. Använd data är att den mängd tegel som frigörs vid rivning (inklusive reovering) av hus samt underhåll av vägar och övriga anläggningar är 290 kton/år medan den mängd betong som frigörs vid rivning (inklusive reovering) av hus samt underhåll av vägar och övriga anläggningar är 1090 kton/år. Andelen inbyggt material i hus är 522 000 kton betong och 155 000 kton tegel (AB Jacobsson och Widmark, 1996).
2. På SCB finns ingen uppdelning på rivningsavfall och byggnadsavfall utan bara sammanslagen statistik. Data från litteratur blev den använda metoden även i detta fall. Använd data:
 - Svensk Betong har publicerat en "betongindikator" med den totala produktionen i Sverige, år för år (Svensk Betong, u.å-e). År 2016 producerades enligt indikatorn 5 804 000 m³ betong i Sverige. Tillsammans med antagande om hur mycket spill som generellt uppstår vid produktion har en uppskattning gjorts för den totala uppkomsten av spill år 2016 i Sverige.
 - Byggvarudeklarationer från Skanska, Strängbetong, Tranemo Prefab, Sydsten, Våxtorps Betong och Thomas Betong visar att spillet varierar mellan 1–5 % vid tillverkning av fabriksbetong och prefabricerad betong. I litteratur står att man på Skanska räknar med cirka 2 % betongspill för fabriksbetong (Backman och Junkers, 2012). På Abetong räknar man med 5 % spill för plattgjutna plattrambroar och 1–1,5 % spill för prefabricerade plattrambroar (Rashem och Swahn, 2018). Enligt en rapport av Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien [IVA] (2016) uppstår av den totalt producerade betongen cirka 0,9 % betongavfall vid produktion. Data i rapporten, som bygger på internt beräkningsunderlag från SMED, visar att 6–15 kg/m² betongavfall uppstår vid nybyggnation av hus. Samtidigt används 1000 kg/m² betong vid nybyggnation av hus, vilket bygger på uppskattningar från ett tillfrågat byggföretag IVA (2016). Alltså är betongavfallet vid nybyggnad inom intervallet för $\frac{6}{1000} = 0,6 \%$ till $\frac{15}{1000} = 1,5 \%$ för betong. Vi antar att betongavfall vid nybyggnation är i form av betongspill.

Importerade och exporterade mängder byggnadselement är hämtat från statistik på SCB. Använda tabeller i statistikdatabasen är "Varuimport från samtliga länder efter varugrupp KN 2,4,6,8-nivå och handelspartner, sekretessrensad, ej bortfallsjusterat. År 1995–2018" och "Varuexport till samtliga länder efter varugrupp KN 2,4,6,8-nivå och handelspartner, sekretessrensad, ej bortfallsjusterat. År 1995–2018". Använd KN är "6810-Varor av cement, betong eller konstgjord sten, även armerade". För importerade mängder fås cirka 520 000 ton och för exporterade mängder fås 300 000 ton, år 2016. Det har antagits att den valda KN-gruppen till stor del består av betongvaror som används för byggnader och anläggningar.

Det totalt uppkomna mineralavfallet 2016 var 2,7 miljoner ton i den officiella statistiken (Naturvårdsverket, 2018a). Av de totalt generade mängderna subtraheras i beräkningen 220 000 ton som går till energiåtervinning eftersom sådant avfall enligt Naturvårdsverket (2018j) inte har klassats som mineralavfall från bygg och rivning innan år 2016. Det totalt uppkomna avfallet är därför i beräkningen 2,48 miljoner ton.

Enligt Svensk Betong (u.å-e) producerades 4 543 000 m³ (78 %) betong för hus och 1 262 000 m³ (22 %) för infrastruktur år 2016. Den mesta betongen som blir avfall antas klassas med avfallsslaget "12.1 mineralavfall från bygg och rivning".

3.4 Analysstrategi

Analysen ska svara på arbetets syfte och ska alltså utvärderas med hänsyn till rapportens frågeställningar.

3.4.1 Vad finns det för användningsområden för återvunnen rivningsbetong?

Frågeställningen analyseras och utvärderas med hänsyn till vilka områden som rivningsbetong används i och varför eller varför inte återvunnen betong används för vissa användningsområden.

3.4.2 Hur arbetar aktörer med flöden av rivningsbetong?

Olika anläggningar för avfall som hanterar betongavfallet jämförs med hänsyn till avsättningsområden för betongen. Eventuell användning på betongindustrier analyseras. Hur avfallsentreprenörer arbetar vid rivning och frågan om rivningsentreprenörer river selektivt och på så sätt får ut renare fraktioner utvärderas också.

3.4.3 Hur mycket rivningsbetong finns i avfallsflöden i statistiken?

Analys sker med hänsyn till osäkerheter i utförda antaganden. Därutöver undersöks rimligheten i utförda beräkningar genom att jämföra med relevanta rapporter och relevant statistik. Svårigheter med att utföra arbetet med den befintliga statistiken beskrivs. Slutligen tas faktorer som kan möjliggöra mer högvärdig återvinning upp.

4 Resultat

Kapitlet 4.1 är baserat på intervjuer med rivningsentreprenörer, och personal på anläggningar för avfall och betongindustrier. I kapitlet beskrivs hur aktörer arbetar med avfall och hanterat/använder betong. Kapitlet är uppdelat på hantering vid rivning, hantering och användning på anläggningar för avfall och användning på betongindustrier. I kapitel 4.2 har en ansats till flödeskvantifiering gjorts med hjälp av befintlig statistik.

4.1 Avfallshantering

4.1.1 Rivning

Vid rivning finns möjlighet att påverka för senare omhändertagande av betongavfall. För att underlätta senare omhändertagande behöver avfallet vara så rent som möjligt vilket kan möjliggöras med selektiv rivning. Både Andreas Landqvist, projektledare på CS Riv och Tony Stigmansild, affärschef på Destroy Rebuilding Company AB uppger i intervjuer att selektiv rivning är vanligt inom deras verksamheter då det bland annat ökar lönsamheten. Men selektiv rivning är ett brett begrepp som har olika innebörd och behöver inte innebära att betong sorteras ut i en egen fraktion utan snarare som en fyllnadsmassa (kapitel 2.4.1).

Även vid rivning går det att direkt på plats krossa och återvinna betong som till exempel fyllnadsmassa. Att återvinna betongen på rivningsplatsen är en smidig och ekonomiskt lönsam behandlingsmetod (kapitel 2.5.3). Men enligt Stigmansild är det inte vanligt att man utför krossning om man befinner sig i stadsområden på grund av att det påverkar omgivningen negativt med till exempel damm.

4.1.2 Anläggningar för avfall

I intervjuer med SYSAV och anläggning 2 återvinner de betong från rivningar som konstruktionsmaterial på sina anläggningar. Enligt företag 3 kan rivningsbetong och annat inert material användas för att bygga upp de egna anläggningarna men skickas ofta till andra anläggningar som ett konstruktionsmaterial. Företag 3 uppger att det är väldigt sällan som betongen behöver deponeras utan kan oftast nyttjas som ett konstruktionsmaterial. I kontakt med företag 4 och anläggning 1 kan betong användas som ett utfyllnadsmaterial på anläggningarna. Enligt anläggning 1 behöver betongen i så fall inte vara lika noggrant krossad som om den skulle användas för konstruktionsmaterial i vägar. Företag 4 uppger också att rivningsbetong kan användas som ett konstruktionsmaterial för att bygga upp celler för avfallet på anläggningarna. Om det inte finns behov av betong går det enligt företag 4 till deponi oavsett om det är förorenat eller inte. Om provtagning och en grundläggande karaktärisering har skett på rivningsplatsen kan betongen enligt företag 4 skickas direkt till deponi från rivningsplatsen.

Enligt företag 3 kan inert avfall alltid användas som konstruktionsmaterial på anläggningar. Om fraktionen är blandad med andra material än inerta material måste detta dock sorteras bort. För användning i ny betong krävs däremot enligt tabell 2 relativt rena betongfraktioner utan stor inblandning av exempelvis tegel om betongen ska klassas som typ A. Detsamma gäller för användning i vägkonstruktioner, som omfattas av krav i tabell 5, där högre kvalitetsklasser kräver mindre eller ingen inblandning av tegel.

Swerock Malmö, Swerock Helsingborg, RGS Nordic Malmö, GDL och företag 1 återvinner krossad rivningsbetong och säljer till kunder som fyllnads-/grundmaterial. Exempel på användningsområden är som obundet material i mindre vägar, cykel- och gångvägar, för parkeringar, uppställningsytor, lagerlokaler, under industribyggnader och för diverse fyllnader. Behandling sker enligt kontakt med Swerocks återvinningsanläggning i Malmö med utsortering från exempelvis blandat avfall och provtagning om det inte gjorts innan mottagning. Fraktionen kan därefter bearbetas efter önskemål från kunden, exempelvis kan betong sorteras ut ur en mineralavfallsfraktion med bland annat betong och tegel.

Företag 2 krossar och säljer i dagsläget betong för användning i framförallt deponitäckningar, där den stora majoriteten av den hanterade betongen är rivningsbetong. Enligt företag 4 kan betong användas under dräneringsskiktet i en täckning men mycket sällan som sluttäckning för deponi.

Rivningsbetong och produktionsbetong verkar kunna ha i stort sett samma användningsområden efter behandling på anläggningar. GDL skriver i en mailintervju att de inte särskiljer betongslagen mer än att rivningsbetongen inte får vara kontaminerad. Företag 1 uppger på samma sätt att betongslagen inte särskils mer än att man framförallt använder produktionsbetong för att producera väldigt fina kornstorlekar. Kontaminerad rivningsbetong måste däremot krossas skilt från icke-farligt avfall.

På frågan “vilket användningsområde får den krossade betongen?” har ingen av anläggningarna uppgett inblandning i ny betong som ett användningsområde. I intervjuer med fyra företag där denna fråga specifikt ställdes säger ett företag med anläggning för avfall att det idag inte finns någon sådan verksamhet, men om Sveriges marknad är redo och betongindustrier är villiga att producera sådan betong kommer företaget kunna etablera en verksamhet snabbt.

Tabell 15

Intervjuer med anläggningar för avfall eller företag som äger anläggningar för avfall.

Se hela intervjuer i bilaga 1.

Företag/anläggning	Typ av anläggning	Användningsområde betongkross
Swerock Malmö	Återvinningsanläggning	Provisoriska vägar, planer, underlag för maskinhallar och för diverse uppfyllnader som behöver bärighet.
Swerock Helsingborg	Återvinningsanläggning	Utfyllnader för lagerlokaler och uppställningsytor. En del används även för byggnation av vägar.
RGS Nordic Malmö	Återvinningsanläggning	Säljs som ett fyllnadsmaterial
GDL	Återvinningsanläggning	Fyll-/grundmaterial vid byggnation. Exempelvis vilar cykelvägar i Linköping på krossad betong från bland annat rivningar. Annars kan användas på parkeringsplatser, under industribyggnader och för mindre vägar.
SYSAV	-	Konstruktionsmaterial på anläggning.
Företag 1	-	Obundet lager i vägar, under parkeringar och maskinhallar.
Företag 2	-	Säljs främst för deponitäckning.
Företag 3	-	Konstruktionsmaterial på anläggning.
Företag 4	-	Utfyllnadsmaterial eller konstruktionsmaterial på anläggning.
Anläggning 1	-	Utfyllnadsmaterial på anläggning.
Anläggning 2	-	Konstruktionsmaterial på anläggning.

4.1.3 Betongindustrier

Intervjuer har gjorts med nio betongindustrier (tabell 16) med syftet att se om rivningsbetong kan blandas i ny betong och för att få aktörernas syn på problemen som finns med inblandning av rivningsbetong i ny betong.

Samtliga betongindustrier förutom Abetong har uppgett att ingen rivningsbetong används för produktion av ny betong. Problem har med spårbarhet att göra och att man vill vara säker på vad som ingår i betongen, vilket är svårt att säkerställa med rivningsbetong. Vidare uppger ett par producenter att man begränsas av mängden rivningsbetong som får blandas i ny betong för att uppfylla krav på exponeringsklasser. Ytterligare en orsak som uppgetts är att man inte har tillräckligt med kasserade produkter för att göra det lönsamt att krossa betongen. Restbetong används däremot i ohärdat tillstånd för att gjuta betongmoduler. På Kynningsrud Prefab har man även använt restbetong i härdat tillstånd för nedkrossning och inblandning i ny betong. Att restbetong kan användas beror på att man lättare kan spåra avfallet.

Exempel på svar vid intervjuer (se hela intervjuer och övriga intervjuer i bilaga 2):

- I en telefonintervju med Andreas Arwidsson, arbetschef på Swerock Väst, säger han att de endast återvinner restbetong för att gjuta betongkuber. Han säger att en av anledningarna till att rivningsbetong inte används i ny betong just nu är att en för liten del rivningsbetong får användas. Andreas säger att det är ett ämne som är aktuellt och att han hoppas att regelverket kan lösas upp lite mer.
- Håvard Nyman, utvecklingsansvarig på Kynningsrud Prefab Uddevalla säger på liknande sätt i en telefonintervju att rivningsbetong inte används för inblandning i ny betong, men att de genom tvättning av restbetong kan återvinna stenar och slamvatten för inblandning i ny betong. Nyligen krossades även härdad restbetong och blandades i ny betong. På tåkten som man tog ballast ifrån tidigare kunde nämligen restbetong lagras men idag har man bytt tåkt och där finns ingen sådan lagringsmöjlighet. Enligt Håvard används inte rivningsbetong på grund av osäkerhet om vart betongen kommer ifrån, vad betongen innehåller och vilken hållfasthet materialet har. Med restbetong kan man däremot garantera vart materialet kommer ifrån och dess egenskaper.
- I en telefonintervju med Karin Bergkvist, hållbarhetsstrateg på Swerock, säger hon att på Swerock återvinns inte rivningsbetong för inblandning i ny betong men man utforskar möjligheterna. Anledningar är exempelvis att tillgången på riven betong är för liten och man får därav inte de volymer som krävs. Att bara små mängder enligt regler får blandas in är en annan anledning. Idag återvinns betongen snarare i obundna användningar där den kan göra nytta istället för att deponeras. Man lägger större fokus på alternativa bindemedel för cement, vilket är effektivare för att minska koldioxidutsläppen, där ersättning med slagg är ett exempel. Cement står för 90 % av den färdiga betongens klimatpåverkan. Därför ligger fokus på att hitta alternativa bindemedel, medan åtgärder inom ballsmaterialet ger liten effekt. Men att ersätta naturgrus är också viktigt varför man på Swerock fasar ut naturgrus genom att använda bergkross istället.
- Peter Wigert, marknadschef på UBAB, säger också i en telefonintervju att de inte använder rivningsbetong i ny betong på grund av att man vill veta vad som ingår i den nya betongen, vilket är svårt att säkerställa med rivningsbetong. Restbetong kan däremot användas i ohärdat tillstånd för att gjuta moduler. Peter säger att de är införstådda med att man måste gå mot ökad återvinning för att undvika rester och för att kunna ta tillvara på den inbyggda betong som redan finns. De har även låtit forskare från RE:Concrete vara på industrin.

I rapporten “Kvalitet hos byggnadsmaterial i cirkulära flöden” som nämnts i litteraturstudien står att det redan förekommer att betongföretag återvinner gamla betongelement för inblandning i ny betong, men att det enligt författarens kännedom

inte finns något betongföretag som gjuter ny betong till husbyggnad med återvunnen rivningsbetong (Johansson et al, 2017). Linus Brander, forskare på RISE och medförfattare till rapporten uppger i en mailintervju att verksamheter som var aktuella för materialåtervinning av rivningsbetong var Abetong med återvinning av gamla betongsliprar eller RGS Nordic vilka sade att rivningsbetong användes i ny betong i Köpenhamn.

Bengt- Eric Hartonen, fabrikschef på Abetong, uppger i en telefonintervju att de för 1,5 år sedan började tillverka väggar med inblandning av gamla betongelement i form av krossade betongslipers. För detta har de anlitat en entreprenör som krossar betongen till användbara fraktioner. Hartonen säger att de kan blanda in 10 % krossad betong i utbyte mot jungfruligt material. Det pågår även en diskussion om att använda gamla slipers för tillverkning av nya slipers, vilket kommer innebära att ungefär 1500–2000 ton gammal betong kan behandlas med konventionell materialåtervinning per år. Hartonen uppger att anledningen till att de kan använda gamla sliprar i ny produktion är att de har bra koll på de gamla sliprarnas egenskaper då de har administrerats väl vid tiden då de tillverkades.

Incitament till varför Abetong använder återvunnen betong är till exempel att beställaren kan ha miljökrav på den levererade varan vilket man kan uppfylla om man använder återvunnet material. Man ersätter till viss del jungfruligt material och i Abetongs fall innebär användandet av krossade sliprar att transportsträckorna minskar. En svårighet med att använda återvunnen betong är enligt Hartonen att betongen till skillnad från jungfruligt material reagerar mer på väderförhållanden som exempelvis regn. Därav kan lagring av krossad betong inför tillverkning vara besvärligare än för jungfruligt material eftersom det kräver att betongen skyddas mot olika väderförhållanden.

Tabell 16

Intervjuer med betongindustrier. Se hela intervjuer i bilaga 2.

Företag	Använder ni rivningsbetong som ballast?
Swerock	Nej
Kynningsrud Prefab Uddevalla	Nej
Ulricehamns Betong	Nej
Större betongindustri	Nej
Tranemo Prefab	Nej
Mindre betongindustri 1	Nej
Mindre betongindustri 2	Nej
Mindre betongindustri 3	Nej
Abetong	Ja (betongräler)

4.1.4 Sammanfattning av användningsområden enligt intervjuer

Enligt intervjustudie används rivningsbetong som fyllnads-/konstruktionsmaterial och delvis som deponitäckningsmaterial på anläggningar. Fortsättningsvis kan krossad rivningsbetong också säljas till företag som fyllnads-/grundmaterial för exempelvis cykel- och gångvägar, mindre vägar, parkeringsplatser, uppställningsytor, under industribyggnader, maskinhallar och lagerlokaler.

Konventionell materialåtervinning av rivningsbetong är möjlig men vi har inte hittat något företag, förutom Abetong, som faktiskt använder krossad rivningsbetong i ny betong. Enligt intervjuer återvinns restbetong i ohärdat tillstånd för att gjuta betongmoduler eller tvättas för att sedan återvinna stenar och slamvatten. Härdad restbetong har också på Kynningsrud Prefab kunnat krossas ned för inblandning i ny betong.

4.2 Flödeskvantifiering för rivningsbetong

Med bakgrund av svårigheterna med att se trender med avfallsstatistiken används endast mängder från rapporteringsåret 2016 för att få en förståelse för hur stora avfallsflödena är. Vi har antagit att rivningsbetong framförallt klassas som “12.1 Mineralavfall från bygg och rivning” i den officiella avfallsstatistiken (figur 10), enligt Eurostat (2010) och i “mineraliskt avfall” i flödesdiagrammet (figur 11). De avfallskoder som avfallsslaget bland annat kan innehålla kan ses i tabell 17.

Tabell 17

Exempel på koder i “12.1 Mineralavfall från bygg och rivning”

17 01 01 Betong
17 01 02 Tegel
17 01 03 Klinker och keramik
17 01 07 Andra blandningar av betong, tegel klinker och keramik än de som anges i 17 01 06
17 03 02 Andra bitumenblandningar än de som anges i 17 03 01
17 05 08 Annan spårballast än den som anges i 17 05 07
17 08 02 Andra gipsbaserade byggmaterial än de som anges i 17 08 01
17 06 04 Andra isolermaterial än de som anges i 17 06 01 och 17 06 03
17 09 04 Annat blandat bygg- och rivningsavfall l än det som anges i 17 09 01–17 09 03

4.2.1 Flödesdiagram från Avfall i Sverige 2016

I flödesdiagrammet från Avfall i Sverige (figur 11) är det totalt uppkomna mineralavfallet 2,6 miljoner ton. I dessa 2,6 miljoner ton mineralavfall finns 470 000 ton blandat bygg- och rivningsavfall (avfallskod 17 09 04). Det blandade bygg- och rivningsavfallet förbehandlas och sorteras ut i nya fraktioner som exempelvis

deponirester, men även mineralavfallsfraktioner som kan antas slutbehandlas som ett konstruktionsmaterial (Palm et al., 2015).

4.2.2 Officiell statistik

I den officiella statistiken (figur 10) är det totalt uppkomna mineralavfallet 2,7 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2018a). Flödet för förbehandling och sortering kan tänkas bestå av både blandat bygg- och rivningsavfall (avfallskod 17 09 04) som sorteras men också betong och asfalt som krossas eftersom detta räknas som förbehandling (Naturvårdsverket, 2018a). I rapporten “Avfall i Sverige 2016” kan man i bilaga 2 se att 126 000 ton mineralavfall från bygg och rivning behandlas med konventionell materialåtervinning och 5000 ton behandlas med annan materialåtervinning. Det utgör antagligen de 131 000 ton mineralavfall som materialåtervinns i figur 10. Det är oklart vad annan materialåtervinning för betong skulle innebära och dessutom är mängden i relation till den totala mängden väldigt liten varför den försummas.

I en jämförelse mellan den officiella statistiken och flödesdiagrammet kan man se att mängderna mineralavfall skiljer sig åt. Det beror enligt intervju med Lars Viklund på SCB på att metoderna för framtagning av behandlat avfall i flödesdiagrammet och den officiella statistiken skiljer sig. För att skatta uppkommet avfall för den officiella statistiken används den utökade rapporteringen av bygg- och rivningsavfall. För att skatta behandlat avfall i den officiella statistiken används miljörapporter från anläggningar som behandlar avfall och är tillståndspliktiga. I flödesschemat har däremot den utökade rapporteringen använts för både uppkommet och behandlat avfall varför siffrorna inte går ihop med den officiella statistiken.

4.2.3 Nytt flödesdiagram

Intervjuer som har utförts med rivningsföretag och anläggningar för att anta andelen betong som finns i mineralavfall ledde inte till något användbart resultat (tabell 18) varför data ifrån litteratur i kapitel 3.3 har tillämpats.

Tabell 18

Intervjuer för antagande om andel betong i mineralavfall.

Typ av verksamhet	Finns statistik för hur stor andel av mineralavfallet som är betong?
Företag som bland annat utför rivningar	Nej
Rivningsföretag	Nej
Rivningsföretag	Nej
Rivningsföretag	Nej, för inte statistik på andelarna för mineralavfall
Anläggning för avfall	För möjligtvis statistik men blir inte representativt då mängderna blandas med annat typ av avfall än mineralavfall från bygg och rivning.
Anläggning för avfall	Nej
Anläggning för avfall (frågades specifikt om andel betong för en betong/tegel-fraktion)	Nej
Anläggning för avfall	Vi för ingen statistik i den bemärkelsen men vi väger in och ut allt som kommer in på anläggningen. För ett specifikt avfallsslag och rivningsbetong är det dock svårt och inte så representativt att plocka ut statistik för.
Anläggning för avfall	Nej
Anläggning för avfall	Nej

I tabell 19 finns beräkningar som används i kapitlet och hänvisas till löpande i texten. Beräkning 8 och 9 används direkt i figur 13. Beräkningar och antaganden bygger framförallt på information som finns i kapitel 3.3.

Tabell 19. Använda beräkningar.

Nr.	Beräkning	Förklaring
(1)	$\frac{1090 \text{ kton/år}}{1090 \text{ kton/år} + 290 \text{ kton/år}} = 79 \%$	Andelen betong räknas ur en betong- och tegelfraktion där mängden betong motsvarar 1090 kton/år och mängden tegel 290 kton/år.
(2)	$\frac{522\,000 \text{ kton}}{155\,000 \text{ kton} + 522\,000 \text{ kton}} = 77 \%$	Andelen betong räknas ur en betong- och tegelfraktion där mängden betong motsvarar 522 000 kton och mängden tegel 155 000 kton.
(3)	$78 \% * 71 \% = 55,38 \%$	Medelvärde av (1) och (2) som representerar andelen betong i en betong- och tegelfraktion multipliceras med andelen betong och tegel i mineralavfall (tabell 8) för att få ut andelen betong i mineralavfall.
(4)	$(2\,700\,000 \text{ ton} - 220\,000 \text{ ton}) * 0,5538$ $\approx 1\,370\,000 \text{ ton}$	Totalt uppkommet mineralavfall subtraheras med 220 000 ton (kapitel 3.3) och multipliceras med andelen betong i mineralavfall.
(5)	$5\,804\,000 \text{ m}^3 * 2,35 \text{ ton/m}^3 \approx 13\,640\,000 \text{ ton}$	Mängden producerad betong i Sverige år 2016 omvandlas från volym till vikt.
(6)	$13\,640\,000 \text{ ton} * 0,015 \approx 200\,000 \text{ ton}$	Mängden betongspill antas.
(7)	$1\,370\,000 \text{ ton} - 200\,000 \text{ ton} = 1\,170\,000 \text{ ton}$	Totalt uppkommet betongavfall subtraheras med mängden betongspill.
(8)	$13\,640\,000 \text{ ton} - 300\,000 \text{ ton} = 13\,340\,000 \text{ ton}$	Producerad betong subtraheras med exporterad betong.
(9)	$13\,340\,000 \text{ ton} + 520\,000 \text{ ton} - 200\,000 \text{ ton}$ $= 13\,660\,000 \text{ ton}$	Importerad betong adderas och betongspill subtraheras.

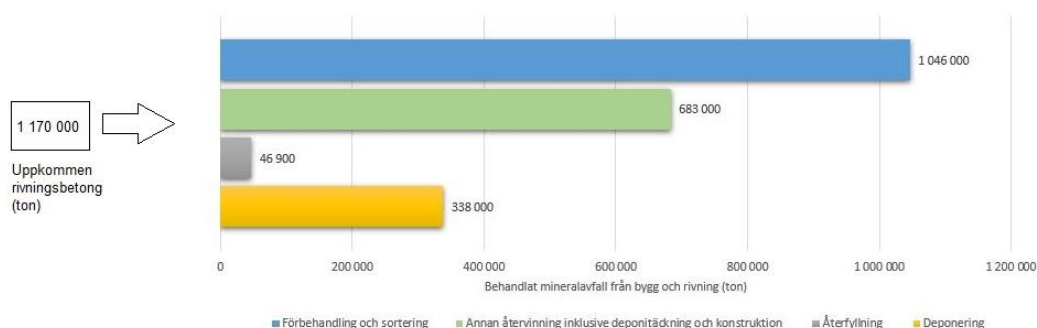
Enligt litteratur blir 1090 kton betong och 290 kton tegel avfall per år vid rivning (inklusive reovering) av hus samt underhåll av vägar och övriga anläggningar. Betongen står därmed för cirka 79 % av betong/tegel-fraktionen (1). För andelen inbyggt material i hus rör det sig om 522 000 kton betong och 155 000 kton tegel. Betongen står då för cirka 77 % av betong/tegel-fraktionen (2). Andelen betong för en betong- och tegelfraktion antas därför vara 78 %. Om det multipliceras med 71 % (tabell 8) fås att 55 % av mineralavfallet från bygg och rivning består av betong (3). Om 2 700 000 ton mineralavfall från bygg och rivning genererades år 2016, inklusive 220 000 ton till energiåtervinning, fås därför att cirka 1 370 000 ton består av betong (4).

År 2016 producerades 5 804 000 m³ betong för hus och infrastruktur i Sverige. Om betongens densitet allmänt antas vara 2,35 ton/m³ motsvarar detta cirka 13 640 000 ton betong (5). Enligt IVA (2016) är nybyggnadsavfallet för betong 0,6 – 1,5 %. Denna data används eftersom den antas ge en generell bild av mängden spill i Sverige

och på grund av att liknande data har observerats från specifika betongindustrier (kapitel 3.3). Med hänsyn till att övriga data från specifika betongindustrier också visar värden som överstiger IVA:s värden väljs det högsta värdet i intervallet. Om 1,5 % spill generellt antas uppstå fås därmed mängden 200 000 ton spillbetong (6). Alltså består mineralavfall från bygg och rivning av 1 170 000 ton rivningsbetong (7). De 1 170 000 tonnen inkluderar all betong som faller ur användning efter byggnation, exempelvis vid renovering och underhåll, men ses förenklat endast som rivningsbetong.

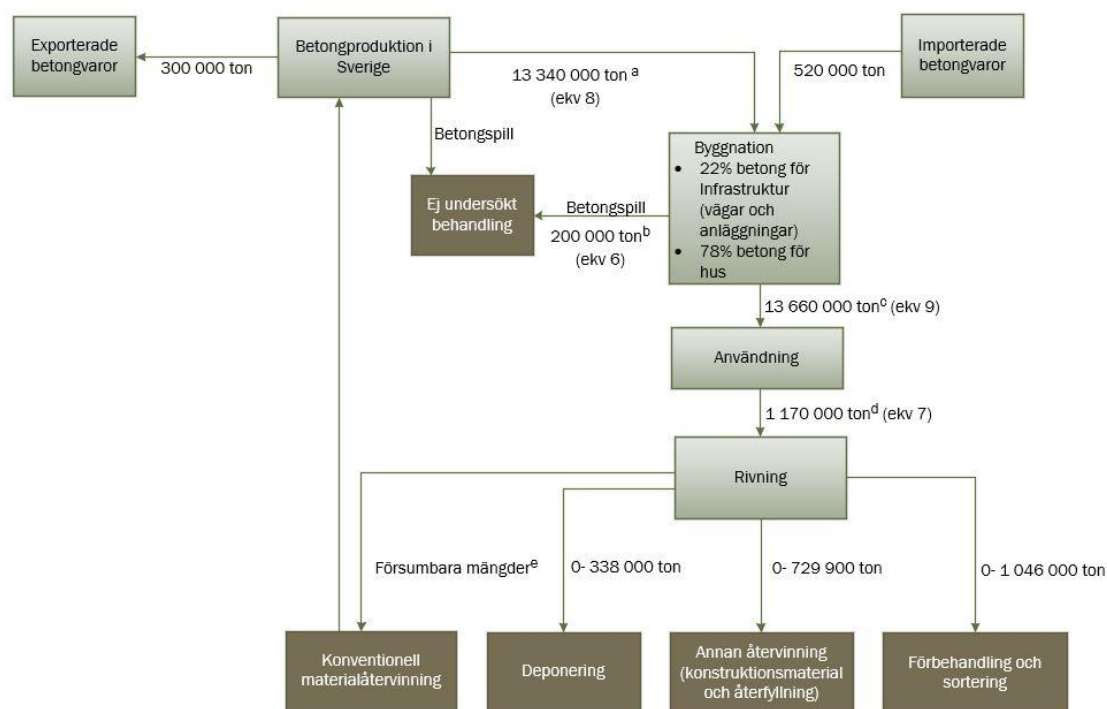
För antagande om hur rivningsbetong används kan energiåtervinning uteslutas då detta kräver brännbara material. Den rivna betongen återvinns utifrån litteratur och intervjuer framförallt för obundna syften inom ”annan återvinning” som konstruktions-/fyllnadsmaterial. Den mängd rivningsbetong som blir sekundärt material vid förbehandling och sortering antas också framförallt återvinnas i obundna applikationer vid slutbehandling. Deponering av bland annat betong förekommer enligt litteratur i stor utsträckning och det antas därför även gälla rivningsbetong (kapitel 2.2.5). Det kan också utifrån litteratur och intervjuer antas att rivningsbetong inte blandas i ny betong i stor skala. Däremot visar statistiken att 126 000 ton (officiell statistik, figur 10) eller 398 000 ton (flödesdiagram, figur 11) behandlas med konventionell materialåtervinning (då material återvinns till samma material enligt tabell 7). Om konventionell materialåtervinning endast omfattar material som återvinns till samma material korrelerar därför inte antagandet med statistiken.

Om 2 700 000 ton mineralavfall från bygg och rivning genererades år 2016 fås med beräkning att 1 170 000 ton är rivningsbetong. Det uppkomna avfallet fördelas enligt antagande om hur rivningsbetong används i intervallen för behandlingsflödena som visualiseras figur 12. Dessa mängder är hämtade direkt från den officiella statistiken i figur 10. Som kan ses inkluderas endast obundna applikationer och deponering som slutbehandling. En viss del okänd behandling tros också finnas eftersom det totalt uppkomna avfallet är större än det totalt behandlade avfallet.



Figur 12. Mängdintervall där rivningsbetong enligt litteratur och intervjuer verkar förekomma. Behandlade mängder är direkt hämtade från den officiella statistiken och alla flöden visualiseras i figur 10.

Baserat på figur 12 och på beräkningar i tabell 19 har en kartläggning för betongflödet från byggnation till rivning av konstruktioner gjorts (figur 13). Importerade och exporterade mängder är hämtat från statistik på SCB (kapitel 3.3). Observera att kartläggningen bygger på många antaganden och syftar framförallt till att översiktligt förstå skillnader i storhet för ingående och utgående mängder, från spill och rivning, samt hur avfallet behandlas. Noggrannheten i siffror är alltså inte det huvudsakliga syftet.



Figur 13. Flödeskartläggning för rivningsbetong

I figuren framgår storhetsskillnader mellan de ingående och utgående betongflödena. Som kan ses produceras cirka 10 gånger mer betong än vad som blir avfall. Med antagande om att betong innehåller 70 % ballast, skulle därför endast cirka 15 % av den totala ballasten kunna ersättas av återvunnet betongkross. Värt att notera är också flödena a, b, c, d och e som inte har varit kvantifierade tidigare.

5 Resultatanalys

Resultatet utvärderas och analyseras med hänsyn till rapportens tre frågeställningar vilket beskrivs i analysstrategin i kapitel 3.4.

5.1 Användningsområden

Undersökta användningsområden för rivningsbetong har varit annan återvinning som konstruktionsmaterial, konventionell materialåtervinning (då material återvinns till samma material) och deponering.

5.1.1 Etablerade användningsområden

Efter att ha gjort en litteraturstudie, pratat med anläggningar för avfall, betongindustrier och forskare antas det främsta användningsområdet för mineralavfall och krossad rivningsbetong idag vara som fyllnads-/konstruktionsmaterial, på eller utanför deponier. Att det är ett populärt användningsområde kan bero på betongkross bärighet men också på grund av att man undviker deponikostnader. Samtidigt kan användningen av betong som konstruktionsmaterial på anläggningar vara situationsbaserad och bero på vilka behov som finns på anläggningen. Om det inte finns behov av konstruktionsmaterial på anläggningen skickas betongen till andra anläggningar alternativt deponeras.

Betongkross i vägar, utanför anläggningar för avfall, är en användning med hög potential eftersom betongen har passande egenskaper för detta syfte och det finns få krav för detta (Almasi et al., 2018). Men betongkross används framförallt i mindre vägar och gång- och cykelvägar, bland annat eftersom det är svårt att säkra stor tillförsel av material för större projekt (Palm et al., 2015). I regioner där mycket återvunnen betong används i vägar, som Flandern i Belgien, används olika inerta avfall som betong, tegel och murbruk (Palm et al., 2015). I Flandern får tillverkaren av betongkross certifikat som bevisar att deras produkter uppfyller gällande krav vilka skiljer sig från svenska förhållanden (Palm et al., 2015).

Att det inte görs någon skillnad på annan återvinning som till exempel konstruktionsmaterial på deponi och konventionell materialåtervinning i etappmålet om 70 % återvinning gör konventionell materialåtervinning svår motiverad. Målet främjar material med hög densitet som betong utan att återvinningen behöver ske på ett högvärdigt sätt, vilket ökar risken för downcycling (Arm et al., 2014). På sikt när färre deponier i Sverige behöver använda bygg- och rivningsavfall som konstruktionsmaterial kan det uppsatta etappmålet bli svårare att uppnå (Palm et al., 2015) eftersom mer betong i så fall riskerar att deponeras. Åtgärder som ett kvalitetssystem för mineralavfall och en utökad mer långtgående sortering skulle då bli viktigare (Palm et al., 2015), då dessa åtgärder skulle kunna öka användningen av mineralavfall utanför deponier.

5.1.2 Begränsad användning av rivningsbetong i ny betong

Att rivningsbetong inte används för inblandning i ny betong är tydligt i intervjuer och litteraturen. Rapporten av Almasi et al. (2018) motsäger denna uppfattning genom att peka på att Swerock återvinner betong från bygg- och rivningsavfall som fyllmedel i betongtillverkningen. Det kan bero på vilken innebörd som lagts i "fyllmedel".

Fyllmedel är inte något begrepp som vi har använt eller påträffat för att beskriva ballastmaterial som blandas i betong. I kontakt med Swerock framgick det att Swerock inte återvinner rivningsbetong för inblandning i ny betong. Men eftersom företaget är geografiskt utbrett finns det en viss osäkerhet. Därutöver finns få källor, företag eller forskare som kunnat visa på att rivningsbetong återvinns i ny betong.

Anledningar till en begränsad användning av rivningsbetong i ny betong är enligt intervjuer framförallt grundade i spårbarhet. Man är osäker om vart materialet kommer ifrån och betongens egenskaper. Andra skäl är att man begränsas av att bara små mängder krossad betong får blandas i den nya betongen för att uppfylla krav på exponeringsklasser. Ytterligare en orsak är att det saknas tillräckliga volymer betongavfall för att göra det lönsamt att krossa betongen för återvinning. Tillgången på naturmaterial i Sverige är dessutom stor vilket bidrar till att betongindustrin saknar incitament att använda krossad rivningsbetong.

Att spårbarhet och exponeringsklasser är begränsande för användningen har uppmärksammats i litteratur (Johansson et al., 2017). Även att volymen betongavfall har betydelse för lönsamheten har uppmärksammats i litteratur, där sorteringen snarare än krossningen uppmärksammades som ett ekonomiskt problem (Sadagopan et al., 2017). Sortering av mineralavfall kräver andra metoder än siktning och kross, där NIR-teknik fordrar storskalig drift för att vara ekonomisk lönsam (Palm et al., 2015). Det finns samtidigt inte någon samordnande organisation för distribuering vilket är ett problem för att kunna distribuera stora volymer betongkross (Palm et al., 2015). Ett sätt att säkerställa krossning och sortering kan vara att samarbeta med återvinningsföretag. Vissa företag har utrustning för att sortera mineralavfall som tegel och betong även om de inte tillfrågades specifikt vilken utrustning som används. Samtidigt kan betongindustrier som Kynningsrud Prefab tekniskt sett använda krossad betong i ny betong. I Danmark samarbetar exempelvis RGS Nordic med DK Beton i ett projekt för att kunna återvinna rivningsbetong storskaligt (RGS Nordic, 2018).

Spårbarheten av rivningsbetong kommer fortsatt vara ett problem. Användning av loggböcker vid nybyggnation kan kanske vara ett steg på vägen för att i framtiden kunna öka spårbarheten. Samtidigt finns det mycket befintligt inbyggt material eftersom betongen har en lång livslängd.

5.1.3 Aktörernas hantering av betongflöden från rivning

Den enda betongindustrin som påträffats under arbetet där gammal krossad betong används i ny är Abetong, där gamla betongräler används i produktionen. Det sker i en förhållandevis liten skala och kan genomföras på grund av att de har dokumenterat rälernas egenskaper när de tillverkades. Användningen kan tänkas bli mer problematisk om en industri saknar dokumentation av egenskaperna samtidigt som betongavfall blandas med annat avfall på en anläggning för avfall.

Enligt litteratur använde kommunala avfallsanläggningar betong mest som ett konstruktionsmaterial på anläggningar alternativt för deponitäckning (Almasi et al., 2018). Det saknades ofta krossar på anläggningarna vilket försvårade annan användning. I intervjuer verkar däremot vissa privata anläggningar kunna sälja vidare återvunnet material till företag. En del anläggningar uppger att man både kan krossa materialet och sortera material i olika omfattning. Att det är skillnad kanske beror på att man har bättre resurser för att hantera inert avfall och att anläggningarna är utformade på olika sätt. Vissa intervjuade anläggningar har till exempel inte deponier och därav kanske behovet av konstruktionsmaterial på anläggningen inte finns i lika stor grad.

Det finns inte mycket litteratur om hur avfallsentreprenörer hanterar avfall varför vi också har intervjuat en avfallsentreprenör om hur de arbetar. Enligt U.F.O.S (2008) kan avfallsentreprenörer komma till en rivningsplats för att hämta, transportera och i många fall dessutom behandla avfall om de kan tillhöra en behandlingsanläggning. I en intervju med Kristina Elehag, Sektionschef på Ragn-Sells, säger hon på samma sätt att avfallsentreprenörer kommer med kärl och containrar för källsortering och kör sedan avfallet till sina egna behandlingsanläggningar. Det behöver däremot inte alltid finnas en avfallsentreprenör utan en rivningsentreprenör kan ha egna containrar som de ansvarar för att sedan transportera till en behandlingsanläggning (Elehag). Att använda sig av en avfallsentreprenör kan tänkas vara bra eftersom entreprenören antagligen kan anläggningens egenskaper och behov och kan justera avfallshanteringen på rivningsplatsen efter detta.

Baserat på rivningsentreprenörers hemsidor är selektiv rivning fullt möjligt och därmed också att skapa renare materialfraktioner. Om det i praktiken utförs är osäkert. Enligt intervjuade rivningsentreprenörer är selektiv rivning en vanlig metod eftersom det ökar lönsamheten. Samtidigt kan en ökad sorteringsgrad av avfallet innebära högre kostnader eftersom avfallet måste transporteras i flera containrar (Almasi et al., 2018).

5.2 Flödeskvantifiering

Enligt resultatet används rivningsbetong i försumbara mängder i ny betong och större mängder betong tillverkas än vad som blir avfall. Resultaten liknar de som IVA (2016) har kommit fram till i en rapport där 2012 års avfallsstatistik har använts för att göra ett materialflöde för betong, trots att det har skett förändringar som att mer mineralavfall rapporteras som konventionell materialåtervinning år 2016 (verkar som uppskattningar i materialflödet i IVA:s rapport har gjorts år 2015) mellan rapporterna. IVA:s rapport hittades alldeles i slutet av detta arbete och, utöver att data från rapporten användes som stöd för att beräkna mängden betongspill, skiljer sig metoder för beräkningar och antaganden troligen åt.

Det är nödvändigt att notera att data som använts för att anta mängden betongavfall är behäftad med osäkerheter som påverkar resultatet. Den officiella statistiken för mineralavfall räknar till exempel inte med mineraliskt avfall som behandlas i c-anläggningar och i en mycket grov uppskattning skulle maximalt 1 000 000 ton extra bygg- och rivningsavfall komma med i statistiken vid en utökad rapportering för c-anläggningar (Palm et al., 2015). Samtidigt är den officiella statistiken inte anpassad för att analysera rivningsbetong då flödet är blandat med andra material.

5.2.1 Totalt uppkommet betongavfall

Huvudsyftet för den utförda beräkningen är inte att den ska vara så noggrann som möjligt utan beräkningen ska endast vara ett verktyg för att översiktligt förstå hur mycket betong som går in i systemet, hur mycket som faller ur och hur frigjorda mängder behandlas. Men det är ändå nödvändigt att jämföra resultatet för att förstå om det är inom ramarna för vad som kan vara rimligt.

De 1 370 000 ton betong som enligt beräkning uppstår kan jämföras med 510 000 ton som IVA skrev uppkom för 2012 (IVA, 2016). IVA:s beräkningar baseras huvudsakligen på antaganden och beräkningsunderlag från 2012 års statistik. I en jämförelse uppkom enligt officiell statistik totalt 845 000 ton mineralavfall från bygg och rivning år 2012 medan totalt 2 700 000 ton uppkom år 2016 vilket är en ökning med drygt 3 gånger. Om behandlingar i den officiella statistiken för mineralavfall där betong antas vara vanligt förekommande jämförs fås en ökning med 4 gånger för deponering och knappt 2 gånger för annan återvinning. Om behandlingar för mineralavfall från flödesdiagrammen i "Avfall i Sverige" jämförs fås en ökning på cirka 3,5 gånger för deponering och knappt 2 gånger för annan återvinning. Mängdskillnader mellan rapporteringsåren enligt litteratur ha olika anledningar (Naturvårdsverket, 2018a; Naturvårdsverket, 2018j; SCB, 2018a), till exempel på grund av förändrad metodik för insamling av data och ändringar i hur man klassar vissa avfall, men antas vara ett tecken på att mängderna betong i statistiken har ökat. Den beräknade mängden kan också jämföras med Danmarks betongavfall då detta redovisas i ett delvis separat flöde. År 2009 uppkom 1 360 000 ton betongavfall och

år 2016 uppkom 1 033 000 ton betongavfall samt 436 000 ton avfall från blandningar eller separerade fraktioner av betong, mursten, tegel och keramik i Danmark (Miljøstyrelsen, 2011; Miljøstyrelsen, 2018) vilket är jämförbart med vår beräknade mängd.

5.2.2 Betongspill

Enligt resultat antas 200 000 ton betongspill uppstå år 2016. Detta kan jämföras med 2012 års statistik där IVA (2016) uppskattade att 100 000 ton spill- och rivningsbetong uppstod vid produktion (nybyggnad och ombyggnad av hus och infrastruktur) vilket motsvarar 0,9 % avfall av den beräknade mängden tillverkad betong för rapporten. Samtidigt skrev Vägverket (2007) att 40 000 ton restbetong uppstår totalt i Sverige vilket antas vara en underskattning för dagens mängder. Exempelvis uppgick i en kartläggning av Isaksson och Nilsson (2016) att 6 726 m³ returbetong (restbetong som returneras med betongbilen till fabriken) och 19 967 ton spolarmassa (restbetong som finns kvar i betongbilarnas trummor efter tömning och som sedan spolats ut) motsvarande cirka 36 000 ton restbetong, med en antagen densitet på 2,35 ton/m³, hanterades per år på 13 av 38 fabriker tillhörande Thomas Betong. Fortsättningsvis uppkom under ett år 800 ton avfall i form av pumprester och betongslam, ej inkluderat returbetong, på en av Swerocks 44 stycken betongfabriker (Karlsson och Johansson, 2018). Siffrorna varierar mycket varför det kan vara nödvändigt att undersöka den totala mängden betongspill närmare.

5.2.3 Blandade material i avfallsstatistiken

Den tillgängliga statistiken för rivningsbetong är en sammanfattande siffra för blandade mineralmaterial och annat blandat avfall från byggande och rivning. Det är därför utifrån statistiken svårt att dra slutsatser om hur ett specifikt material som rivningsbetong behandlas. Den officiella statistiken visar att mineralavfall från bygg och rivning behandlas med förbränning med energiåtervinning vilket inte är möjligt för rivningsbetong som är ett inert material. Det är också oklart vilka material som behandlas med konventionell materialåtervinning (då ett material återvinns till samma material). Statistiken visar att 126 000 ton (officiell statistik, figur 10) och 398 000 ton (flödesdiagram, figur 11) mineralavfall från bygg och rivning behandlas med konventionell materialåtervinning. Mineralmaterial som kan materialåtervinnas i större mängder är gips och asfalt. Samtidigt är det osäkert hur mycket materialåtervunnen asfalt som räknas med i statistiken. Baserat på intervjuerna och litteraturen är det sannolikt att anta att flödet av konventionellt materialåtervunnen rivningsbetong är minimalt.

5.2.4 Osäkerheter med fördelning av avfall i behandlingsflöden

I figur 12 och 13 har de uppkomna mängderna antagits fördelas inom intervall för olika behandlingstyper. Förbehandlat och sorterat avfall (som efter förbehandling ska slutbehandlas) har antagits slutbehandlas i egna flöden skilt från de slutbehandlade mängderna i figur 13. Antagandet har gjorts på grund av att Palm et al. (2015) gör ett likadant antagande och att Naturvårdsverket skriver att förbehandling alltid genererar sekundärt avfall vilket innebär att avfallet ändrar avfallskod (Naturvårdsverket, 2018a). Denna avfallskod borde redovisas separat från använd avfallskod i figur 13. Enligt Naturvårdsverket (2018j) är det däremot inte helt uppenbart att avfallet ändrar avfallskod och därav att material i flödet för förbehandlat avfall inte samtidigt finns med i flödet för det slutbehandlade avfallet med samma avfallskod. Det beskrivs enbart att sortering "kan" innebära att avfallet inte räknas in i de slutbehandlade mängderna (Naturvårdsverket, 2018j). Det finns därför en osäkerhet i vårt antagande. Eftersom vi inte har angett några specifika mängder för det behandlade avfallet borde denna osäkerhet inte påverka resultatet mer än att vi eventuellt kunde visualiserat flödet bättre.

En annan osäkerhet är att tolka vilka användningsområden som hör till rätt behandlingsflöde. Att placera in användningsområden som aktörer har uppgett i intervjuer eller som återfinns i litteratur med behandlingsflöden i den officiella statistiken är komplicerat. Användningsområden som redovisas i tabell 20 borde alla kunna placeras in under annan återvinning i rapporten "Avfall i Sverige 2016" där annan återvinning inkluderar återfyllning och konstruktionsmaterial. Men i den officiella statistiken skils begreppen åt. Återfyllning har ett eget flöde och annan återvinning (inklusive deponitäckning och konstruktion) har ett annat flöde (figur 10). Att placera in rätt användningsområde med rätt flöde är därför svårt eftersom begreppen återfyllning och konstruktionsmaterial inte har några signifikanta skillnader (tabell 7). I engelska rapporter används ordet "backfill" och är ett samlingsnamn för när avfall ersätter andra material för lågvärdiga obundna ändamål. Till exempel betong som används för sluttäckning och fyllnadsmaterial på deponi (Arm et al., 2014). I rapporten "Vägledning- Utökad rapportering i SMP av bygg-, rivnings-, och anläggningsavfall för avfallsmottagande verksamheter" översätts "backfilling" till återfyllnad och utfyllnad vilket enligt rapporten avser samma former av återvinning som beskrivs för återfyllning i tabell 7 (Naturvårdsverket, 2018c). Däremot innefattar "backfilling" enligt rapporten hanteringar som igenfyllnad, utfyllnad, bullervallar, deponitäckning, användning som konstruktionsmaterial. Det motsäger en åtskillnad mellan "återfyllning" och "annan återvinning (inklusive deponitäckning och konstruktion)".

Tabell 20

Användningsområden för betong enligt litteratur och intervjuer.

Anläggningsmaterial
Grundläggningsmaterial
Fyllnadsmaterial
Utfyllnadsmaterial
Konstruktionsmaterial
Återfyllnadsmaterial
Deponitäckningsmaterial

5.3 Cirkulär ekonomi för rivningsbetong

Ur ett cirkulärekonomiskt perspektiv hade återvinning av rivningsbetong i ny betong varit nödvändigt för att kunna sluta kretsloppet. Användning i vägar där det ställs krav på olika egenskaper som kornstorlek, hållfasthet och renhet borde, om man bortser från användning i ny betong eller återanvändning av betong, ses som den användningen med i dag högst cirkulärekonomiskt värde. Samtidigt är detta fortfarande öppen återvinning och downcycling. Betong är i övrigt ett material med lång livslängd vilket är en god egenskap för den cirkulära ekonomin. Det är även positivt att anläggningar samarbetar med varandra, där en anläggning som inte har användning eller kan behandla materialet kan skicka det vidare till en annan anläggning för slutbehandling, vilket gör att risken för att betongen inte får någon användning alls blir mindre. Det finns dessutom en medvetenhet om resurseffektivitet då betongindustrier säger att återvinning av betong är ett aktuellt ämne inom deras verksamheter.

5.3.1 Vinster i ett cirkulärt system

Den minskade miljöbelastningen som kan ske genom att använda ballast från rivningsbetong i ny betong jämfört med jungfrulig materialanvändning är framförallt kortare transporter och minskad användning av naturgrus. Det förutsätter att transportsträckan minskar om betongkross används och att betongkross framförallt ersätter naturgrus och inte bergkross. Källor menar samtidigt att man eventuellt kan behöva använda mer cement och vatten när krossad ballast används istället för naturgrus (Yazdanbakhsh et al., 2018; Marinkovic´ et al., 2010). På samma sätt beror den ekonomiska vinsten med att använda återvunnen betong istället för jungfruligt material framförallt också på transporter (Jepsson och Nyberg, 2017). Att återanvända hela element av betong skulle kunna vara en metod med större potential att minska miljöpåverkan än återvinning eftersom det ersätter nyttillverkad betong och därmed också cementanvändningen. Rapporter som DfD visar på att det redan finns vissa leverantörer som har konstruerat demonterbara och återanvändningsbara betongelement (Fahlén et al., 2017).

5.3.2 Möjliggöra sluten återvinning

Sluten återvinning av material är i den cirkulära ekonomin beskrivet som en eftertraktad metod. Men det är av vikt att förstå om sluten återvinning av specifikt rivningsbetong är önskvärt eller om man bör fokusera på optimeringar inom andra områden istället. Det finns till exempel en mer definierad nytta med att använda alternativa material istället för cement än att använda återvunnen betong som ballast i ny betong. En miljöfördel med att använda återvunnen betong skulle vara om den ersatte naturgrus som ballast, men ersättningen kan också ske genom att använda krossballast.

För att möjliggöra sluten återvinning av rivningsbetong krävs olika förändringar. Till exempel behöver det finnas ökade incitament för att använda rivningsbetong jämfört med idag. Priset för att använda rivningsbetong behöver vara lägre än det för naturliga råvaror och miljöfördelarna mer tydligt definierade. Samtidigt behöver regleringar tillåta större inblandning av återvunnet material.

Mycket kan också göras i tidiga skeden av betongens livscykel för att möjliggöra återvinning. Betongen kan designas för ett senare omhändertagande med en minskad komplexitet och ökad demonterbarhet. Det inbyggda materialet kan sedan spåras genom användning av exempelvis loggbok. Vid rivning ska betongfraktionerna vara så rena som möjligt, vilket kan underlättas med förbättrad design. Ökade regleringar för sortering kan möjligtvis också öka renheten i fraktionerna. Idag finns inte någon reglering för att betong vid rivning ska sorteras ut separat utan endast en rekommendation om att betong, tegel med mera ska sorteras ut som fyllnadsmassa.

Det behövs även större tydlighet kring hur betongavfallet hanteras. Källor som antas känna till hanteringen skriver att "cirkeln är sluten" (Cementa, u.å-e) och att rivningsbetong kan krossas och återvinnas som ballast i ny betong (Svensk Betong, u.å-c) vilket får det att framstå som att rivningsbetong återvinns till ny betong medan den egentligen framförallt används som fyllnadsmaterial. Detta försvårar förståelsen för hur betongavfall faktiskt hanteras. Samtidigt skulle en tydligare statistik för betong utan stor osäkerhet och där det är möjligt att dra slutsatser om hur mycket betong som faller ur användning kunna visa marknaden vilket utbud som finns.

6 Diskussion

I diskussionen diskuteras använda metoder, osäkerheter med flödeskvantifieringen och generella svårigheter. Slutligen beskrivs vad resultatet tillför för kunskap.

6.1 Metoddiskussion

I kapitlet beskrivs metoder för specifika problem och vad som kunde ha gjorts annorlunda och/eller bättre.

6.1.1 Användningsområden för rivningsbetong

I intervjuer med anläggningar har frågor framförallt fokuserat på sortering och användningsområden för att få en uppfattning om hur högvärdig slutbehandling betongen får. Ett misstag som gjordes i intervjuerna var att vi inte frågade alla anläggningar om vilket användningsområde specifikt rivningsbetong kan få, utan frågade ibland bara om "krossad betong". Men litteratur som har hittats stödjer att rivningsbetong kan användas inom "annan återvinning" och intervjuer visar att rivningsbetong och övrig betong hanteras på i stort sett samma sätt på anläggningarna.

6.1.2 Aktörer

För att kartlägga processen från rivning till behandling och tillhörande aktörer har flödesbilder från rapporter av Naturvårdsverket (2015b) och Sundqvist et al. (2013) använts. Vi har försökt kontakta personer på myndigheter för att få hjälp med kartläggningen men inte fått svar. Om aktörer eller processer, specifika för betonghantering, har fallit bort beror det sannolikt på att vi inte har kunnat få en övergripande bild på annat sätt än genom litteraturen. Eftersom litteraturen ändå ger en bra helhetsbild av de viktigaste aktörerna inom avfallshantering borde slutsatser och resultatet inte påverkas speciellt mycket på grund av detta.

För att veta hur företagen arbetar med rivningsbetong har vi dels sökt information på företagens hemsidor men även kontaktat rivningsentreprenörer, avfallsentreprenörer, anläggningar för avfall och betongindustrier för mer specifik information. Tyngdpunkten har lagts vid information från anläggningar för avfall för att få information om hur sluthantering av betong ser ut på olika anläggningar. Vår utgångspunkt var att privata anläggningar kunde krossa fraktioner för att använda i ny betong och vi sökte därför information om huruvida de gjorde det och hur det gick till. I efterhand hade mer vikt kunnat läggas vid hanteringen av rivningsbetong i tidigt skede av exempelvis rivningsentreprenörer och byggherrar/beställare, vilket inte gjordes. Någon specifik information om avfallstransportörer har inte heller hittats utan vi har utifrån information från litteratur och intervjuer antagit att till exempel rivningsentreprenörer eller avfallstransportörer kan transportera avfall.

6.1.3 Andel betong i mineralavfall

För att få fram hur stor del av mineralavfallet som består av betong har vi försökt kontakta fyra företag som utför rivningar och sex aktörer med anläggningar för avfall. Frågan vi har ställt har antingen varit ifall de vet ungefär hur stor andel av deras uppkomna/behandlade mineraliska avfall som består av betong, alternativt om de vet hur stor del av betong/tegelfraktioner som består av betong (om de har uppgett att de framförallt hanterar betong/tegelfraktioner). Svaren har varit att de inte har information om det eller att deras information inte är representativ för det vi söker. Huruvida alla de tillfrågade företagen för annan statistik om avfall vet vi inte och eftersom enda syftet med intervjuerna var att få ut en andel ställdes inga följdfrågor. En anläggning uppgav att de väger in och ut allt som kommer in på anläggningen men att det för ett specifikt avfallsslag och rivningsbetong är svårt och inte så representativt att plocka ut statistik. Möjligtvis hade vi kunnat formulera frågan annorlunda, men vi trodde när frågorna ställdes att det kunde finnas dokumenterade fraktionsandelar för mineralavfall vid till exempel rivning. Vi frågade inte om de förde statistik för varje avfallsslag (betong, tegel, sten och så vidare) eftersom vi har antagit att fraktionen "mineralavfall" till största delen är blandad. Vi har efter intervjuerna också förstått att avfallskoder först senare aggregeras ihop till exempelvis "12.1 mineralavfall från bygg och rivning" och att tillfrågade aktörer kanske därför inte har någon relation till mineralavfall och dess innehåll.

6.2 Osäkerheter i flödesberäkningar

Antaganden som gjorts i mängdberäkningar i kapitel 4.2.3 är osäkra och baseras på litteratur från 2015 och 1996. Det är osäkert hur representativt data från tabell 8, vilken är hämtad från Palm et al. (2015) och är ämnad för 2012 års statistik, är för dagens förhållanden eftersom mängdfördelningen för materialen som finns klassade som mineralavfall kan ha skiftat mellan rapporteringsåren och därmed kan andelen betong ändrats. Exempelvis räknades för första gången krossning av betong, asfalt och glas som förbehandling år 2016 (Naturvårdsverket, 2018a) vilket kan orsakat en förändrad andel betong i mineralavfallet. Mängdfördelningen kan också ha påverkats av enkla anledningar som om det till exempel revs större mängder av ett visst mineralmaterial år 2016 än 2012. På samma sätt kan mängdfördelningen för den betong- och tegelfraktion som hämtats från Jacobsson och Widmark (1996) ha ändrat sig. Men även om det med dessa källor antas att 1 370 000 ton av det totala mineralavfallet från bygg och rivning består av betongavfall behöver nya andelsantaganden göras för varje specifikt behandlingsflöde (figur 12). Tabell 8 visar sammansättningen för totalt uppkommet mineralavfall och inte för specifika behandlingar. Till exempel består antagligen flödena för konventionell materialåtervinning och blandat avfall för sortering av en mindre fraktion betong än betongfraktionen för konstruktionsmaterial. För att beräkna mängderna i dessa flöden behöver nya andelsantaganden göras, men det saknas data för detta. Därför har endast

ett antagande om i vilka flöden som rivningsbetong finns i och ett grovt antagande om andel rivningsbetong i det totalt uppkomna mineralavfallet gjorts.

För att anta hur mycket spill som uppstår har 1,5 % spill generellt antagits. Men uppgifter varierar om hur mycket spill som uppstår, där vissa byggvarudeklarationer visar att 5 % spill uppstår samtidigt som Swahn och Rashem (2018) skriver att 1–1,5 % spill uppstår vid tillverkning av prefabricerade plattrambroar och (Backman och Junkers, 2012) skriver att man räknar med 2 % spill för fabriksbetong på Skanska. Med data från IVA (2016) borde nybyggnadsavfallet för betong vara 0,6 % - 1,5 %. Beroende på procentsats kan avfallet ändras markant, från 81 900 ton vid 0,6 % spill till 682 500 ton vid 5 % spill, varför det finns en stor osäkerhet. Samtidigt klassas inte allt spill inom “12.1 mineralavfall från bygg och rivning” med avfallskod 17 01 01 utan även inom “12.5 annat mineralavfall” med avfallskod “10 13 14 betong och betongslam” vilken har setts användas i några betongindustriers byggvarudeklarationer. På SCB finns data om att tillverkning av mineraliska produkter som porslinsprodukter, keramiska produkter, samt produkter av cement, kalk, gips, betong, sten och lergods genererar 95 000 ton “12.5 annat mineraliskt avfall”. I beräkningar är spillbetong förenklat ett bygg- och rivningsavfall med avfallskod 12.1 men mängden betongavfall som finns mellan 0–95 000 ton (okänt hur mycket) borde alltså egentligen inte subtraheras från den beräknade totala mängden betongavfall. Dessutom medräknas inte avfall som återvinns på samma plats som den uppkommer i avfallsstatistiken vilket kan inträffa om restbetong materialåtervinns direkt på en betongindustri.

6.3 Svårigheter under arbetet

Det har under arbetet varit svårt att hitta uppgifter om hur mycket betongmaterial som rivs, finns inbyggt, och hur mycket spill som uppstår. Det verkar saknas tillförlitliga uppgifter om detta och den senaste versionen som har hittats där det går att finna samlad information är från 1996 (Jacobson och Widmark, 1996). Att statistiken dessutom endast visar ett blandat mineralavfall har medfört att mycket tid har lagts för att utifrån litteratur och intervjuer med aktörer förstå hur rivningsbetong behandlas.

Vi saknar erfarenhet från att arbeta med statistik vilket inneburit att mycket tid har lagts på att förstå den officiella statistiken och hur dagsläget ser ut med hänsyn till exempelvis osäkerheter och förändringar. Mestadels har informationen kommit från litteratur. För uppkomna frågor har vi försökt kontakta relevanta myndigheter, men telefonkontakt har ibland varit omöjlig och mail har ibland tagit lång tid och ibland gett upphov till fler frågor. För bättre resultat, med framförallt flödeskvantifieringen, hade vi behövt kunna ställa frågor mer frekvent med någon som varit med och tagit fram statistiken.

6.4 Bidrag till området

Rapportens resultat tillför information om skillnader i hur anläggningar som hanterar avfall använder rivningsbetong, där vissa använder den som konstruktionsmaterial och andra säljer den vidare. Det redovisar även att betongindustrier inte återvinner rivningsbetong, även om det finns undantag, och anledningarna varför det inte görs. Rapporten ger också information om den statistik som finns relaterad till rivningsbetong och visar att det är svårt att dra slutsatser för rivningsbetong med den statistik som finns. En ansats för att se hur mycket betongavfall som faller ur användning, vilket har jämförts med hur mycket som produceras, och ett antagande om vilka behandlingsflöden rivningsbetongen finns i har ändå gjorts. På grund av mycket osäkerheter är det kvantitativa resultatet inte robust och om flödet visar sig viktigt att studera noggrannare i framtiden skulle det behöva justeras av någon som är mer bevandrad i statistiken.

7 Slutsats

Krossad återvunnen rivningsbetong används i enlighet med litteratur och intervjuer mest som konstruktions-/fyllnadsmaterial. Att använda återvunnen rivningsbetong i ny betong i större skala är enligt intervjuer och den största delen av litteraturen inte något som görs i dagsläget. Anledningar till en begränsad användning har enligt intervjuade betongindustrier att göra med att det är en för liten del rivningsbetong som kan användas i ny betong, att man är osäker på vart betongen kommer ifrån och vilka egenskaper den har.

Olika anläggningar använder rivningsbetongen på olika sätt. Kommunala anläggningar använder enligt litteratur avfallet som ett konstruktions-/fyllnadsmaterial på anläggningar medan vissa privata anläggningar säljer vidare materialet som ett konstruktions-/fyllnadsmaterial utanför anläggningarna.

I Sveriges avfallsstatistik är flödet av rivningsbetong blandat med andra material vilket gör det svårt att dra slutsatser om hur ett specifikt material som rivningsbetong behandlas. Statistiken som finns är även osäker på grund av olika orsaker. Till exempel räknar statistiken inte med c-verksamheter. Det är dessutom svårt att göra trendanalyser med den befintliga statistiken för bygg- och rivningsavfall på grund av att avfallsslag och metoder förändrats som underlag för framtagning av statistik. Möjliga framtida förändringar är att även c-verksamheter ska omfattas av rapporteringskrav vilket kommer öka mängderna bygg- och rivningsavfall.

Resultatet tyder på att betong efter användning återvinns i öppna kretslopp för downcycling. Det produceras ungefär 10 gånger mer betong än vad som blir avfall i Sverige och därför skulle endast cirka 15 % av den totala ballasten kunna ersättas med återvunnet betongkross.

Förslag till fortsatta studier

- Göra miljö- och/eller kostnadsanalyser där naturgrus, bergkross och betongkross jämförs för olika scenarion (inte bara för en betongindustri) och geografiska lägen.
- Studera möjligheterna till att återanvända betongelement. Vilka tekniker är nödvändiga? Hur stor är potentialen? Vilka aktörer är inblandade?
- Hur bygger man infrastruktur för att använda återvunnen betong mer effektivt i samhället och i ny betong? Vem återvinner? Vem distribuerar?

Källförteckning

AB Jacobson och Widmark. (1996). Kartläggning av materialflöden- inom bygg- och anläggningssektorn (4659). Stockholm: Naturvårdsverket.

Almasi., A. M., Milute-Plepiene, J. & Fråne, A. (2018). *Ökad sortering av bygg- och rivningsavfall: Åtgärder för kommunala avfallsanläggningar* (B 2323). IVL Svenska Miljöinstitutet. Hämtad från <https://www.ivl.se/download/18.72aeb1b0166c003cd0d22f7/1544432356586/B2323.pdf>

Ak Schakt och Entreprenad AB. (u.å-a). *Ak Schakt och Entreprenad AB blir uppköpta av Lotus Maskin och Transport AB*. Hämtad 2019-05-19 från <http://akschakt.se/>

Ak Schakt och Entreprenad AB. (u.å-b). *Maskin och fordonspark*. Hämtad 2019-05-19 från <http://akschakt.se/maskinerofordon.html>

Arm, M., Lindberg, J. & Helgesson, H. (2007). *Sammanställning av material och användningsområden: Underlag i Naturvårdsverkets regeringsuppdrag "Återvinning av avfall i anläggningsarbeten"* (Varia 572). Hämtad från <http://www.swedishepa.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avfall/deponering/bakgrundsrapporter/sgi-v-572.pdf>

Arm, M., Wik, O., J.Engelsen, C., Erlandsson, M., Sundqvist, J-O., Oberender, A., Hjelm, O. & Wahlström, M. (2014). *ENCORT-CDW: Evaluation of the European recovery target for construction and demolition waste*. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:724760/FULLTEXT01.pdf>

Backman, A. & Junkers, L. (2012). *Materialspill i byggnadsproduktionen*. (Examensarbete, Tekniska Högskolan i Jönköping). Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:616449/FULLTEXT01.pdf>

Betongindustri. (u.å). *Exponeringsklass*. Hämtad från <https://www.betongindustri.se/sitCKETES/default/files/assets/document/exponeringsklasser.pdf>

Bianciardi, C., Tiezzi, E. & Ulgiati, S. (1993). Complete recycling of matter in the frameworks of physics, biology and ecological economics. *Ecological Economics*, (8), 1-5. doi:10.1016/0921-8009(93)90026-3

Boverket. (1997). *Betong i vägar – förstudie: om möjligheterna att återvinna betong från husrivning* (B6017-2608/96). Karlskrona. Boverket.

Boverket. (2019). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*. Hämtad 2019-05-15 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/>

Boverket. (u.å). *Rivningslov*. Hämtad 2019-04-20 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygga-nytt-om-eller-till/rivningslov/>

- BP. (2019). *BP Statistical Review of World Energy* (68 ed). Hämtad från <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Bröderna Andersson Åkeri och Gräv. (u.å). *Krossning av betong*. Hämtad 2019-05-19 från <https://www.anderssonsakeri.com/index.php/tjanster/betongkrossning/>
- Burström, P.G. & Nilver, K. (2018). *Byggnadsmaterial: Tillverkning, egenskaper och användning* (3. Uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Cementa. (u.å-a). *Lämplig blandning för olika betongarbeten*. Hämtad 2019-10-04 från <https://www.cementa.se/sv/betongarbeten>
- Cementa. (u.å-b). *Bergkross i betong: krossat berg ersätter naturgrus*. Hämtad från <https://www.cementa.se/sv/ladda-ner>
- Cementa. (u.å-c). *Så här tillverkas cement*. Hämtad 2019-10-04 från <https://www.cementa.se/sv/tillverkning-av-cement>
- Cementa. (u.å-d). *Cirkulär ekonomi*. Hämtad 2019-09-15 från <https://www.cementa.se/sv/cirkular-ekonomi>
- Cementa. (u.å-e). *Hållbart byggande*. Hämtad 2019-10-05 från https://www.cementa.se/sv/hallbart_byggande
- Concrete m³ Construction [C3C]. (u.å-a). *C3C Blocksysteem*. Hämtad 2019-06-01 från <https://c3c.se/blocksysteem/>
- Concrete m³ Construction [C3C]. (u.å-b). *Täby Kyrkby* [Elektronisk bild]. Hämtad 2019-06-01 från <https://c3c.se/uppdrag/taby-kyrkby/>
- Deschamps, J., Simon, B., Tagnit-Hamou, A. & Amor, B. (2018). Is open-loop recycling the lowest preference in a circular economy? Answering through LCA of glass powder in concrete. *Journal of Cleaner Production*, (185), 14-22. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.021
- Ding, T., Xiao, J. & V.W, Tam. (2016). A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China. *Waste Management*, (56), 367-375. doi: 10.1016/j.wasman.2016.05.031
- Di Maria, A., Eyckmans, J. & Van Acker., K. (2018). Downcycling versys recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making. *Waste Management*, (75), 3-21. doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.028
- Ek, M., Junestedt, C., Kock, E., Ljunggren- Söderman, M. & Szudy, M. (2009). Utvecklingsprojekt för byggavfall: Hur ska avfallsstatistik från byggsektorn tas fram på bästa sätt? (23 2009). Hämtad från <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1146987/FULLTEXT01.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. (2012). *In-depth-Mobile Phones*. Ellen MacArthur Foundations. Hämtad 2019-10-01 från <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/in-depth-mobile-phones?fbclid=IwAR3bXjcSXS98BURoOScxEyjRsvrWYkN9chWqqbFYV4RtwfewbUmuys1PvdM>

Ellen MacArthur. (2013). *Towards the Circular Economy Vol. 2: opportunities for the consumer goods sector*. Ellen MacArthur Foundation. Hämtad från <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods-sector>

Ellen MacArthur. (2014). *Towards the Circular Economy vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains*. Ellen MacArthur Foundation. Hämtad från <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains>

Eljertsson, A., Lindholm, C. L., Green, J. & Ahlm, M. (2018). *Cirkulär ekonomi i byggbranschen: Sammanfattande översikt av forskningsläget och goda exempel* (C 338). Hämtad 2019-07-01 från <https://www.ivl.se/download/18.14bae12b164a305ba11aa53/1535448825219/C338.pdf>

Elander, M. & Sundqvist, J.O. (2015). *Potentialer för materialåtervinning av byggplast från rivning: Erfarenheter utifrån två fallstudier* (B 2216). IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Hämtad från <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c2/1454339655565/B2216.pdf>

Erlandsson, M. & Holm, D. (2015). *Livslängdsdata samt återvinningsscenarion för mer transparenta och jämförbara livscykelberäkningar för byggnader* (B2229). IVL Svenska Miljöinstitutet. Hämtad från <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76ce/1445517742414/B2229.pdf>

Estévez, B., Aguado, A. & Josa. (2003). *Environmental impact of concrete recycling, coming from construction and demolition waste (C&DW)*. Hämtad från <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB865.pdf>

European Environment Agency [EEA]. (2015). *Urban sustainability issues-Resource-efficient cities: good practice* (24/2015). Hämtad från <https://www.eea.europa.eu/publications/resource-efficient-cities-good-practice>

Europaparlamentet. (2019). *Parlamentet godkänner förbud mot "slit-och-slängplast"*. Hämtad 2019-09-06 från <https://www.europarl.europa.eu/news/sv/press-room/20190321IPR32111/parlamentet-godkanner-forbud-mot-slit-och-slangplast>

Eurostat. (2010). *Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories*. Hämtad 2019-05-20 från <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351806/Guidance-on-EWCStat-categories-2010.pdf/0e7cd3fc-c05c-47a7-818f-1c2421e55604>

Fahlén, E., Sidenmark, J., Löfås, P. & Cusumano, L. (2017). *Design for deconstruction: Kartläggning av byggnadselement* (ID:13369). Hämtad från http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/6aac7324-5725-41b2-8af3-555a26a2b58a/FinalReport/SBUF_13369%20Slutrappport%20Design%20for%20Deco nstruction.pdf

Finansdepartementet. (2018). *Handlingsplan Agenda 2030* (Fi 2018:3). Regeringskansliet. Hämtad från <https://www.regeringen.se/49e20a/contentassets/60a67ba0ec8a4f27b04cc4098fa6f9fa/handlingsplan-agenda-2030.pdf>

Food and Agriculture organization of the United Nation [FAO]. (2011). *Global Food Loss and Food Waste: Extent, causes and prevention*. Hämtad från <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, (143), 757–768. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Ghisellini, P., Ripa, M. & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, (178), 618-643. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.207

Gupt, Y. & Sahay, S. (2015). Review of extended producer responsibility: A case study approach. *Waste Management & Research*, 33(7), 596-610. doi: 10.1177/0734242X15592275

Göransson, M. (2015). *Ersättningsmaterial för naturgrus – kunskapssammanställning och rekommendationer för användningen av naturgrus* (2015:35). Hämtad 2019-06-01 från <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1535-rapport.pdf>

Göteborgs Stad. (u.å). *Regler för krossning av berg, sten och betong*. Hämtad 2019-05-19 från https://goteborg.se/wps/portal/start/foretag/tillstand-och-regler/bygga/krossning-av-berg--sten-och-betong/regler-for-krossning-av-berg--sten-och-betong!/ut/p/z1/hY5BC4IwHMu_jdf9_7rltNsoCGYHiUDbJSzWFENTJXA369NkxKHq3x_s93gMFNaixeXSm8Z0dm37xJ5WeWbLDWLK4QLHNUZQlkwd5jDcFheofoJYYf0ggSFDdZSDhOhAkSBlymmWc8jRfIU_e-2K80MyAcvqmnXbk7pZbrffTvI4wwhACMdaaXpNZR_it0drZQ_0BwjTUz72uxAvhwLda/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Helsing, E. (2015). *Nya krav och möjligheter med SS- EN 206 och SS 13703*. Hämtad 2019-04-21 från https://www.slideshare.net/richardmccarthybise/nya-krav-och-mjligheter-elisabeth-helsing-2015-0421?fbclid=IwAR3BBXceXV3uq_OyJPubz5gpVbm49rGjfWfPC0RrV3Msq1hDyfvuZnk9acU

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Hämtad från https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

Isaksson, P. & Nilsson, Linn. (2016). Hållbar hantering av restbetong och dess avsättningsområden: *En kartläggande studie om återanvändning av restbetong* (Examensarbete, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknik). Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/250862/250862.pdf>

Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien [IVA]. (2016). *Infrastruktur: En branschrapport*. Hämtad 2019-08-20 från <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/resurseffektiva-affarsmodeller/rask-branschrapport-infrastruktur.pdf>

Jansson, T., Nyström, T. & Wendin, M. (2015). *Hur kan Cirkulär ekonomi skapa värde i region Jämtland Härjedalen?* (MG 68). doi: 10.13140/RG.2.1.1683.1521

Jepsson, S. & Nyberg, E. (2017). *Återvinning av asfalt och betong: Möjligheter att utveckla verksamheten inom återvinning*. (Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknologi). Hämtad från http://www.byggnadsmaterial.lth.se/fileadmin/byggnadsmaterial/Education/EX-arb/Jepsson_Nyberg_-_Atervinning_av_asfalt_och_bet.pdf

Johansson, E. (2011). *Betongåtervinning: En fallstudie av rivningsobjekt i betong*. (Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Institutionen för bygg- och miljöteknik). Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/148002.pdf>

Johansson, P., Brander, L., Jansson, A., Karlsson, S., Landel, P. & Svennberg, K. *Kvalitet hos byggnadsmaterial i cirkulära flöden*. (2017:55). Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1178464/FULLTEXT01.pdf>

Johansson, M. & Sundqvist, J-O. (2016). *Den svenska avfallsstatistiken- orsaker till skillnader över uppkomna och behandlade mängder* (181 2016). Svenska MiljöEmissionsData. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1058802/FULLTEXT01.pdf>

Karlsson, K. & Johansson, J. T. (2018). *Återvinning av restbetong från fabrikstillverkning i ny betong*. (Examensarbete, Högskolan i Borås). Hämtad från <http://hb.diva-portal.org/smash/get/diva2:1327957/FULLTEXT01.pdf>

Knoeri, C., Sanyé- Mengual, E. & Althaus, H-J. (2013). Comparative LCA of recycled and conventional concrete for structural applications. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5), 909-918. doi:10.1007/s11367-012-0544-2.

Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, (143), 37-46. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041

Livsmedelsverket. (2018). *Fler gör mer: Handlingsplan för minskat matsvinn 2030 - kortversion*. Livsmedelsverket. Hämtad från https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/matvanor-halsa-miljo/miljo/matsvinn/kortversion_fler-gor-mer-handlingsplan-for-minskat-matsvinn_20180618.pdf

Maier, C. & Calafut, T. (1998). Recycling. *Polypropylene* (ss. 75-78). doi: 10.1016/B978-188420758-7.50014-X

Marinkovic', S., Raonjanin, V., Malešev, M. & Ignjatovic', I. (2010). Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete. *Waste Management*, (30), 2255-2264. doi: 10.1016/j.wasman.2010.04.012

Material Economics. (2018). *Ett värdebeständigt svenskt materialsystem: En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv*. Hämtad från <http://databas.resourc-sip.se/storage/vardebestmtrlsystemrapport180118.pdf>

Meyer, C. (2004). Concrete Materials and Sustainable Development in the USA. *Structural Engineering International*, 14(3), 203-207. doi: 10.2749/101686604777963757

Miljösamverkan Västerbotten. (2014). *Att använda avfall som anläggningsmaterial*. Hämtad från http://www.miljosamverkanvasterbotten.se/wp-content/uploads/2013/01/Rapport_avfall_anl%C3%A4ggnings%C3%A4ndam%C3%A5l_140208_VU1.pdf

Miljøstyrelsen. (2011). *Affaldsstatistik 2009 og Fremskrivning af affaldsmængder 2011-2050* (4 2011). Hämtad från <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2011/10/978-87-92779-44-1/978-87-92779-44-1.pdf>

Miljøstyrelsen. (2018). *Affaldsstatistikken 2016*. Hämtad från <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-39-9.pdf>

Naturvårdsverket. (2005). *Förorenade byggnader: Undersökningar och åtgärder* (5491). Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5491-0.pdf>

Naturvårdsverket. (2012a). *Avfall i Sverige 2010*. (6520). Hämtad från <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6520-1.pdf?pid=3829>

Naturvårdsverket. (2012b). *Avfallsstatistik för bättre miljöarbete: En utvärdering av dataförsörjningen till avfallsstatistiken* (6536). Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6536-2.pdf?pid=4800>

Naturvårdsverket. (2014). *Avfall i Sverige 2012* (6619). Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6619-2.pdf?pid=13196>

Naturvårdsverket. (2015a). *Tillsammans vinner vi på ett giftfritt och resurseffektivt samhälle: Sveriges program för att förebygga avfall 2014–2017* (nr 6654). Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6654-3.pdf?pid=14439>

Naturvårdsverket. (2015b). *Regeringsuppdrag Icke farligt byggnads- och rivningsavfall*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2015/ru-byggnads-och-rivningsavfall/ru-byggnads-och-rivningsavfall-20150309.pdf>

Naturvårdsverket. (2016). *Avfall i Sverige 2014* (6719). Hämtad från <https://naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6719-9.pdf?pid=19072>

Naturvårdsverket. (2018a). *Avfall i Sverige 2016* (6839). Hämtad från <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6839-4.pdf?pid=22595>

Naturvårdsverket. (2018b). *Utsläpp av växthusgaser från industrin*. Hämtad 2019-05-15 från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/>

Naturvårdsverket. (2018c). *Vägledning: Utökad rapportering i SMP av bygg-, rivnings-, och anläggningsavfall för avfallsmottagande verksamheter*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avfall/vagledning-for-utokad-rapportering-av-bygg-och-rivningsavfall-2018-12-20-version-8.pdf>

Naturvårdsverket. (2018d). *Att göra mer med mindre: Nationell avfallsplan och avfallsförebyggande program 2018-2023* (6857). Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6857-8.pdf?pid=23951>

Naturvårdsverket. (2018e). *EU:s återvinningsmål för byggavfall*. Hämtad 2019-08-20 från <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Vem-gor-vad/Bygg--och-rivningsavfall/EUs-atervinningsmal-for-byggavfall/>

Naturvårdsverket. (2018f). *Verksamhetsutövarens avfallsansvar*. Hämtad 2019-04-01 från <https://www.naturvardsverket.se/Util/login.aspx?ReturnUrl=%2fStod-i-miljoarbetet%2fVagledning%2fAvfall%2fBygg--och-rivningsavfall%2fundersidor%2fVerksamhetsutovarens-avfallsansvar%2f>

Naturvårdsverket. (2018g). *Tillsyn av bygg- och rivningsavfall*. Hämtad 2019-05-01 från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Bygg--och-rivningsavfall/Tillsyn-av-bygg--och-rivningsavfall/>

Naturvårdsverket. (2018h). *Att bedriva operativ tillsyn*. Hämtad 2019-05-01 från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Tillsyn/>.

Naturvårdsverket. (2018i). *Vem gör vad bygg- och rivningsavfall*. Hämtad 2019-05-15 från <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Vem-gor-vad/Bygg--och-rivningsavfall/Bygg--och-rivningsavfall/>

Naturvårdsverket. (2018j). *Trender i svensk avfallshantering: Indikatorer och behandling av olika avfallsslag 2018*. Hämtad 2019-07-01 från <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avfall/trender-svensk-avfallshantering-2018.pdf>

Naturvårdsverket. (2018k). *Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2018 – Med fokus på statliga insatser (6833)*. Hämtad 2019-05-15 från <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6833-2.pdf?pid=22054>

Naturvårdsverket. (2019a). *Om producentansvaret - förpackningar och returpapper*. Hämtad 2019-10-10 från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Producentansvar/forpackningar-returpapper/Om-producentansvaret/>

Naturvårdsverket. (2019b). *Vägledning om matavfall*. Hämtad 2019-05-16 från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Matavfall-minska-svinnet/>

Naturvårdsverket. (2019c). *Energi*. Hämtad 2019-11-26 från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/>

Naturvårdsverket. (2019d). *Deponering av avfall i Sverige*. Hämtad 2019-06-01 från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Deponier/>

Naturvårdsverket. (2019e). *Materialinventering och sortering av bygg- och rivningsavfall*. Hämtad 2019-05-15 från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Bygg--och-rivningsavfall/Materialinventering-och-sortering-av-bygg--och-rivningsavfall/>

Naturvårdsverket. (2019f). *Regeringsuppdrag: Förstudie om förbättrad avfallsstatistik och spårbarhet för farligt avfall*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2019/skrivelse-forstudie-forbattrad-avfallsstatistik-sparbarhet-farligt-avfall-beslutad.pdf>

Palm, D., Sundqvist, J-O., Jensen, C., Tekie, H., Fråne, A. & Ljunggren Söderman, M. (2015). *Analys av lämpliga åtgärder för att öka återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsavfall: Underlagsrapport för samhällsekonomisk analys* (nr 6600). Naturvårdsverket. Hämtad från

<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6660-4.pdf?pid=14683>

Rashem, A. & Swahn, T. (2018). *Platsgjuten eller prefabricerad platttrambro: - En jämförande livscykel- och livscykelkostnadsanalys*. (Examensarbete, Linnéuniversitetet, Fakulteten för Teknik). Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1257867/fulltext01.pdf>

Regeringen. (2006). *Regeringens proposition 2005/06:145. Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*. Hämtad från <https://www.regeringen.se/49bb9f/contentassets/7546fad5cce040d0aa0df5db9a3bba5b/nationellt-program-for-energieffektivisering-energisamt-byggande-prop.200506145>

Regeringen. (2016). *Regeringen beslutar om krav på nära-noll-energibyggnader*. Hämtad 2019-08-27 från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/12/regeringen-beslutar-om-krav-pa-nara-noll-energibyggnader/>

Reike, D., J.V. Veremeulen. & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? - Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation & Recycling*, (135), 246-264. doi:10.1016/j.resconrec.2017.08.027

RGS Nordic. (2018). *Groundbreaking concrete collaboration receives the support of the Environmental Protection Agency*. Hämtad 2019-06-05 från <https://www.rgsnordic.com/uk/news/rgs-nordic-and-dk-beton-receive-the-support-of-the-environmental-protection-agency-for-groundbreaking-concrete-cooperation/>

Rihm, T., Rogbeck, Y., Svedberg, B. & Eriksson, M. (2009). *Alternativa konstruktionsmaterial på deponier: Vägledning* (1097). Värmeforsk Service AB. Hämtad från http://vav.griffel.net/filer/C_1097.pdf

Russo, M.V. (2008). *Environmental Management: Readings and Cases* (2. ed). Hämtad från [https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=hRJGrsGnMXcC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Russo.+\(2008\).+Environmental+Management:+Readings+and+Cases&ots=0erAAPNuaH&sig=4YIAqUfB4wCw-Bei1fcTwDFGX6g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=hRJGrsGnMXcC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Russo.+(2008).+Environmental+Management:+Readings+and+Cases&ots=0erAAPNuaH&sig=4YIAqUfB4wCw-Bei1fcTwDFGX6g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Sadagopan, M., Malaga, K. & Nagy, A. (2017). RE:Concrete- Study on Recycling of Concrete in Sweden. I *Nordic Concrete Research: Proceedings of XXIIIth Nordic Concrete Research Symposium*, 21-23 august, 2017, Aalborg, Danmark. Hämtad från: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184901/FULLTEXT01.pdf>

Sauvè, S., Bernard, S. & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, (17), 48-56. doi:10.1016/j.envdev.2015.09.002

Scandinavianbiogas. (2019). *Henriksdal och Bromma, Sverige*. Hämtad 2019-10-01 från <http://scandinavianbiogas.com/project/bromma-henriksdal/>

Serres, N., Braymand, S. & Feugeas, F. (2016). Environmental evaluation of concrete made from recycled concrete aggregate implementing life cycle assessment. *Journal of Building Engineering*, (5), 24-33. doi:10.1016/j.job.2015.11.004

SFS 1998:808. *Miljöbalk (1998:808)*. Hämtad 2019-06-01 från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808

SFS 2001:512. *Förordning (2001:512) om deponering av avfall*. Hämtad 2019-06-01 från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2001512-om-deponering-av-avfall_sfs-2001-512

SFS 2011:927. *Avfallsförordning (2011:927)*. Hämtad 2019-06-01 från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/avfallsforordning-2011927_sfs-2011-927

Skanska. (2019). *Betong och Miljö*. Hämtad 2019-06-09 från <https://www.skanska.se/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/betong/vart-miljoarbete/>

SMED. (u.å). *Vad är SMED?*. Hämtad 2019-05-15 från <http://www.smed.se/om-smed>

Staten geotekniska institut [SGI]. (2018). Trafikverkets tekniska krav: *Trafikverkets krav som ansluter till AMA Anläggning*. Hämtad från <http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/materialguiden/styrande-dokument1/trvs-krav/>

Staten geotekniska institut [SGI]. (2019). *Schaktmassor som är avfall*. Hämtad 2019-05-19 från <http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/materialguiden/atervinning-av-schaktmassor/schaktmassor-som-ar-avfall/>

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (2018a). *Kvalitetsdeklaration- Avfall, uppkommet och behandlat*. Hämtad från https://www.scb.se/contentassets/d643da232a8d493b8f07ea1890f4820b/mi0305_kd_2018_bn_180613.pdf

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (2018b). *Behandlat avfall, icke-farligt (ton) efter behandlingstyp, avfallsslag och vartannat år 2010-2016*. Hämtad 2019-05-15 från http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0305/MI0305T02N/table/tableViewLayout1/?rxid=088c2129-e6ee-442d-880f-163ae27636f1

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (2019). *Befolkningsprognos för Sverige*. Hämtad 2019-04-12 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningsprognos-for-sverige/>

Statistiska Centralbyrån [SCB]. (u.å). *Uppkommet avfall (ton) efter egenskap, näringsgren, avfallsslag och vartannat år*. Hämtad 2019-05-15 från http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0305/MIO305T01B/table/tableViewLayout1/?loadedQueryId=64700&timeType=item

Svensk Betong. (2017). *Betong och klimat: En rapport om arbetet för klimatneutral betong*. Hämtad från <https://www.svenskbetong.se/klimatrapport>

Svensk betong. (u.å-a). *Om betong: 13 sanningar om betong*. Hämtad från https://www.svenskbetong.se/images/Faktablad/SvenskBetong_13sanningar_2018_Digital_180208.pdf

Svensk betong. (u.å-b). *Om betong*. Hämtad 2019-08-22 från <https://www.svenskbetong.se/om-betong>

Svensk Betong. (u.å-c). *Återvinning*. Hämtad 2019-04-15 från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/hallbart-byggande/bestandighet-och-livslangd-2>

Svensk Betong. (u.å-d). *Återvinning*. Hämtad 2019-05-19 från <https://www.svenskbetong.se/hallbarhet/a-tervinning>

Svensk Betong. (u.å-e). *Betongindikatorn-resultat 2011-2018*. Hämtad 2019-08-05 från https://www.svenskbetong.se/images/Betongindikatorn/Betongindikatorn_sammanst%C3%A4llning_2011-2018.pdf

Sveriges Byggindustrier. (2015). *Fakta om byggandet*. Hämtad från https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/Userfiles/Info/491/FoB_2015.pdf

Sveriges Byggindustrier. (2017). *Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning: Kretsloppsrådets riktlinjer uppdaterade 2017-05-08*. Hämtad från https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/Userfiles/Info/860/Resurs_och_avfallshantering_vid_byggande_och_rivning.pdf

Sveriges Geologiska Undersökning [SGU]. (2017). *Grus, sand och krossberg 2016*. Hämtad 2019-06-01 från <http://resource.sgu.se/produkter/pp/pp2017-2-rapport.pdf>

Sveriges Miljömål. (2019). *Ökad resurshållning i byggsektorn*. Hämtad från 2019-05-15 från <http://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/okad-resurshallning-i-byggsektorn/>

Sveriges Miljömål. (u.å). *Levererad mängd naturgrus, krossberg och morän från tillståndsgivna täkter*. Hämtad 2019-06-01 från <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/grundvatten-av-god-kvalitet/grusanvandning/>

Sundqvist, J-O., Edborg, P., Stare, M., Jensen, C. & Dunsö, O. (2013). *Miljörapporter som källa för förbättrad avfallsstatistik: - med fokus på bygg- och rivningsavfall* (2013:113). Hämtad från <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1189909/FULLTEXT01.pdf>

SYSAV. (2018). *Avfallshierarkin*. Hämtad 2019-05-01 från <https://www.sysav.se/skola/lararrummet/Avfallstrappan/>

The Boston Consulting Group. [BCG]. (2018). Hegnsholt, E., Unnikrishnan, S., Pollmann-Larsen, M., Askelsdottir, B. & Gerard, M. (2018). *Tackling The 1.6-Billion-Ton Food Loss And Waste Crisis*. The Boston Consulting Group. Hämtad från http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Tackling-the-1.6-Billion-Ton-Food-Waste-Crisis-Aug-2018%20%281%29_tcm22-200324.pdf

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2011a). *Recycling-rates for metals: A Status Report*. Hämtad från <https://www.resourcepanel.org/search/google/Recycling-rates%20for%20metals>

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2011b). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth* (DTI/1388/PA). Hämtad från http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9816/-Decoupling%3a%20natural%20resource%20use%20and%20environmental%20impacts%20from%20economic%20growth%20-2011Decoupling_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y&fbclid=IwAR3yk4tRUOCSa-cnby2nfwK44yiEu3JUQkFZvPwTA3GJ2zecoTiSjnGzs

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2012). *Sustainable, resource efficient cities- Making it happen!*. Hämtad från <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1124SustainableResourceEfficientCities.pdf>

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2017). Abergel, T. Dean, B. & Dulac, J. (2017). *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector: Global status report 2017*. Hämtad från [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20\(web\).pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20(web).pdf)

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2018a). *Resource Efficiency For Sustainable Development: Key Messages for the Group of 20*. Hämtad från <https://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency-sustainable-development>

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2018b). *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability* (DTI/2179/JP). Hämtad från https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?isAllowed=y&sequence=1

United Nations [UN]. (u.å). *Waste management*. Hämtad från https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/sweden/WasteManagement.pdf

U.S. Energy Information Administration [EIA]. (2017). U.S. Energy Information Administration. (2017). *Global Transportation Energy Consumption: Examination of Scenarios to 2040 using ITEDD*. Hämtad från <https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/scenarios/pdf/globaltransportation.pdf>

Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor [U.F.O.S]. (2008). *Riv rätt!: Handbok för miljöanpassad rivning*. Hämtad från <https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7164-317-9.pdf>

Vägverket. (2004). *Allmän teknisk beskrivning: Krossad betong i vägkonstruktioner* (2004:11). Hämtad från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10592/RelatedFiles/2004_11_atb_krossad_betong_i_vagkonstruktioner.pdf

Vägverket. (2007). *Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad* (2007:110). Hämtad från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10272/RelatedFiles/2007_110_alternativa_material_i_vag_och_jarnvagsbyggnad.pdf

Växjö Kommun. (2019). *A- B- eller C- verksamhet*. Hämtad 2019-05-01 från <https://vaxjo.se/sidor/jobb-och-foretag/hallbarhet-och-miljo/miljofarlig-verksamhet/a--b--eller-c-verksamhet.html>

Wahlström, M., Castell- Rüdénhausen, M., Hradil, P., Smith, K., Smith, H. S., Oberender, A., Ahlm, M., Götbring, J. & Hansen, J. B. (2019). *Improving quality of construction & demolition waste- Requirements for pre-demolition audit*. *The Nordic Council of Ministers* (2019:508). TemaNord. Hämtad från <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1294662/FULLTEXT01.pdf>

Wijkman, A. & Skånberg, K. (2015). *The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency*. The Club of Rome. Hämtad från <https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>

Winans, K., Kendall, A. & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(1), 825-833. doi:10.1016/j.rser.2016.09.123

Zhuo, C. & A. Levandis, Y. (2014). Upcycling waste plastics into carbon nanomaterials: A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(4). doi: 10.1002/app.39931

Yazdanbakhsh, A., C. Bank, L., Baez, T. & Wernick, I. (2018). Comparative LCA of concrete with natural and recycled coarse aggregate in the New York City area. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(6), 1163-1173. doi:10.1007/s11367-017-1360-5

54:ans Riv och Entreprenad. (u.å). *Vi krossar betong*. Hämtad 2019-05-19 från https://www.54ans.se/rivning_kross.html

Bilagor

Bilaga 1. Intervjuer med anläggningar

SYSAV

I dagsläget använder Sysav inkommen betong från exempelvis rivningar som konstruktionsmaterial inom våra anläggningar.

Vad gäller materialåtervinning i nya material kan förslagsvis ÅGAB och Swerock vara förslag på företag som har sådan verksamhet.

Intervjun skedde via mail och följande fråga ställdes:

- Jag och en kompis skriver ett exjobb som rör återvinning av rivningsbetong, där en del handlar om att ta reda på vilka sorters företag som sköter materialåtervinning av betong i ny betong alternativt som fyllnadsmaterial. Vi undrar därför om det sker på avfallsanläggningar som era? eller om ni möjligtvis vet vart det kan ske annars?

Swerock Recyclinganläggning Helsingborg

Pontus Wifvesson som är platschef på Swerocks recyclinganläggning i Helsingborg säger att rivningsbetong och annat inert avfall krossas till bestämda fraktioner. Om rivningsbetong är uppblandat med exempelvis tegel sorteras detta dock inte ut eftersom det är svårt att göra det. Han säger att företagen som köper det krossade materialet kan vara väldigt olika. Pontus uppger att användningsområden för den krossade rivningsbetongen framförallt är som utfyllnader istället för bergmaterial för exempelvis lagerlokaler och uppställningsytor. En del används även för byggnation av vägar. Den största delen av den hanterade betongen på anläggningen kommer från rivningsobjekt.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Hur behandlas rivningsbetong med exempelvis sortering och krossning?
- Sorteras betong ut ur mineralmaterialfraktioner som till exempel tegel/betong?
- Vilka användningsområden får den krossade rivningsbetongen?

RGS Nordic Malmö

I en intervju med företagets behandlingsanläggning i Malmö säger de att de krossa olika fraktioner av rivningsbetong, inklusive betong med armering i. Fraktionerna kan antingen vara rena betongfraktioner alternativt fraktioner med bland annat tegel inblandat. De uppger att om det behövs kan de även sortera ut rena betongfraktioner om andra mineraliska material är inblandade. Det krossade materialet säljs sedan till intresserade företag, framförallt som ett fyllnadsmaterial. Anläggningen hanterar endast betong från rivningar.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Hur behandlas rivningsbetong?
- Kan betong sorteras ut ur fraktioner av mineraliskt material?
- Vilka användningsområden får den krossade rivningsbetongen?

Swerock Recyclinganläggning Malmö

På Swerock i Malmö behandlas rivningsbetong genom att sorteras ut från exempelvis blandat avfall. Därefter provtas fraktionen och klassas om ifall det inte har gjorts innan mottagning på anläggningen. Fraktionen kan därefter bearbetas efter önskemål från kunden. Till exempel kan en betongfraktion sorteras ut ur en mineralavfallfraktion av exempelvis betong, sten och tegel om kunden vill det. Innan betongen lämnar anläggningen ska det vara säkerställt att betongen är godkänd och kontrollerad med alla konstens regler. Det ska även finnas analysrapporter och produktblad.

Efter frågan om vilka användningsområden som finns för den återvunna betongen var svaret att det används för provisoriska vägar, planer, underlag för maskinhallar och diverse uppfyllnader som behöver bärigheter.

Intervjun skedde via mail och följande frågor ställdes:

- Hur behandlas rivningsbetong?
- Sorteras betong ut ur inerta fraktioner som till exempel tegel/sten/betong?
- Vilka användningsområden får den krossade betongen?

GDL Återvinningsanläggning

GDL skriver på sin hemsida att de med egen kross- och sorteringsverksamhet återvinner betong och asfalt men även kompost för jordtillverkning. I Almasi et al. (2018) rapport nämns till exempel att rena betongfraktioner som hamnar på Tekniska Verken i Linköping hänvisas vidare till företaget GDL för vidarebehandling.

I en intervju med Michael Cleasson, produktionschef på GDL, skriver han efter fråga om vart betongen kommer ifrån att 60-70 % av avfallet de behandlar kommer från entreprenörer vid rivning inför nybyggnation. Övrigt kommer från industrier som får överskott vid produktion.

Michael skriver, efter fråga om användningsområden och vilka företag som är intresserade av krossad rivningsbetong, att krossad rivningsbetong används som fyll/grundmaterial vid byggnation. Exempelvis vilar nybyggda cykelvägar i Linköping på krossad betong från bland annat rivningar. Han fortsätter med att det annars kan användas på parkeringsplatser, under industribyggnader och för mindre vägar. Dock får det inte användas under hushåll eftersom det finns vissa regler som begränsar detta. Han uppger att betongkross har visat sig ha mycket bra bärande

egenskaper vid packning. Det är enligt Michael främst större anläggningsföretag som köper det återvunna materialet.

Michael skriver att GDL inte särskiljer produktionsbetong från rivningsbetong mer än att man för rivningsbetong ska säkerställa att det inte är kontaminerat med exempelvis olja.

Intervjun skedde via mail och följande frågor ställdes:

- Vart kommer betongen ni krossar ifrån? Exempelvis om den huvudsakligen kommer från avfallsanläggningar som inte har möjlighet att behandla betongen?
- Vilka företag är intresserad av krossad rivningsbetong och hur används den?
- Är det skillnad på hur rivningsbetong och betong från produktionsrester behandlas och vilka användningsområden de kan få?

Företag med anläggning 1 (företag 1 i texten)

I en intervju med en person med chefsbefattning på företaget säger hen att de alltid försöker få ut krossade fraktioner som går att använda utan att material ska behöva deponeras. Om anläggningarna får in blandat mineralavfall med exempelvis tegel kan den blandade fraktionen antingen sorteras ut för att få fram rena fraktioner av exempelvis betong, alternativt krossas och säljs den blandade fraktionen som den är. Krossad betong säljs till företag som kan tänkas ersätta jungfruligt material med krossat material och säger att det exempelvis används som obundet lager i vägar, under parkeringar och under maskinhallar.

Personen uppger i fråga om skillnader i hur rivningsbetong och betong från produktionsrester hanteras, att rivningsbetong måste hanteras med hänsyn till att det kan innehålla föroreningar som till exempel olja. Rivningsbetong med föroreningar måste sorteras och krossas i en egen fraktion och får inte blandas med det icke-farliga avfallet inför krossningen. Om rivningsbetongen är förorenad lämpar den sig till exempel som deponitäckningsmaterial. Förutom att man främst vill ha fina rena betongfraktioner utan exempelvis armering för att framställa väldigt fina kornstorlekar kan rivningsbetong i övrigt ha samma användningsområden som betong från produktionsrester.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Hur behandlas betong?
- Sorteras betong ut ur mineralavfallsfraktioner som till exempel tegel/betong?
- Vilka användningsområden får krossad rivningsbetong?
- Sker hanteringen av rivningsbetong och betong från produktionsrester på olika sätt? Kan de få liknande användningsområden?

Företag med anläggning 2 (företag 2 i texten)

I en intervju med en person med chefsbefattning på företaget säger hen, efter fråga om hur betong behandlas och vart det används, att de krossar och skickar vidare betong för användning i framförallt deponitäckningar. Den sortering som behöver ske är att man sorterar ut armering från betong. Av all betong som hanteras på anläggningarna är mer än 90 % rivningsbetong.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Hur behandlas rivningsbetong som kommer till er anläggning/era anläggningar?
- Sorteras rivningsbetong ut ur inerta fraktioner som till exempel tegel/betong?
- Vilka användningsområden får den krossade betongen?

Företag med anläggning 3 (företag 3 i texten)

Inert avfall som till exempel rivningsbetong kan alltid användas direkt som konstruktionsmaterial på anläggningarna, alternativt skickas avfallet till andra mottagare för användning som konstruktionsmaterial. Det är mycket sällan som rivningsbetong deponeras, utan används istället som konstruktionsmaterial. Om fraktionen är blandad med andra material än inerta material måste dessa sorteras ut för att kunna använda fraktionen som konstruktionsmaterial. Även armering måste sorteras bort. Sortering kan ske på vissa av anläggningar men kan också göras på ett annat företags anläggning.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Vilka användningsområden finns för rivningsbetongen?
- Vilka material är viktiga att sortera bort och kan ni göra det på era anläggningar?

Företag med anläggning 4 (företag 4 i texten)

Om provtagning/grundläggande karaktärisering har skett på rivningsplatsen kan den gå direkt till deponi. Om det finns behov på anläggningarna kan det användas som utfyllnadsmaterial och ibland konstruktionsmaterial för att bygga celler på anläggningen. Om det inte finns behov går det till deponi oavsett om det är förorenat eller inte. Betong kan användas under dräneringsskiktet men mycket sällan som sluttäckning för deponi.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Kan rivningsbetong gå direkt till deponi eller måste det behandlas hos er först?
- Hur använder ni rivningsbetong?
- Används rivningsbetong som deponitäckningsmaterial?

Anläggning 1

Just nu går mycket av materialet som utfyllnadsmaterial på anläggningen.

Som utfyllnadsmaterial behöver inte betongen vara krossad. Men om den till exempel skulle användas som konstruktionsmaterial i vägar behöver den vara krossad. Den kan då exempelvis krossas av rivningsentreprenörer (vilket dessutom minskar deras transportkostnader) eller någon annan innan den anländer till anläggningen. Kan möjligtvis göra detta själva också.

Man gör utfyllnad av ojämnheter för att få mer yta på anläggningarna att arbeta på. Man gör anläggningen helt enkelt större. Jag tror att detta klassas som konstruktionsmaterial.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Vilken användning får betong som kommer till er?
- Behöver betongen vara krossad och vem utför krossningen?
- Vad innebär utfyllnad?

Anläggning 2

Just nu används betong som konstruktionsmaterial på anläggningen.

Det räcker att sortera bort blandat material. Inert material kan användas direkt.

Intervjun skedde via telefon och följande frågor ställdes:

- Vilken användning får betong som kommer till er?
- Vilka material behöver sorteras bort?

Materialåtervinning kopplat till anläggningar

En anläggning för avfall och tre företag med anläggning för avfall har tillfrågats specifikt om de återvinner rivningsbetong i ny betong.

- Anläggning för avfall: Säljer eller använder inte rivningsbetong för inblandning i ny betong. De kan däremot gjuta betongklossar av restbetongen.
- Företag med anläggning för avfall: Säljer inte krossad rivningsbetong till betongindustrier för inblandning i ny betong. De kan däremot använda restbetong för att gjuta betongklossar.
- Företag med anläggning för avfall: Säljer inte eller använder inte rivningsbetong för användning i ny betong.
- Företag med anläggning för avfall: Säger att det inte finns någon sådan verksamhet idag, men om Sveriges marknad är redo och betongindustrier är villiga att producera sådan betong kommer företaget att kunna etablera en verksamhet snabbt.

Bilaga 2. Betongindustrier

Karin Bergkvist, hållbarhetsstrateg på Swerock

På Swerock återvinns inte riven betong för inblandning i ny betong men man utforskar möjligheterna. Anledningar är exempelvis att tillgången på riven betong är för liten och man får därav inte de volymer som krävs. Att bara små mängder enligt regler får blandas in är en annan anledning. Idag återvinns betongen snarare i obundna användningar där den kan göra nytta istället för att deponeras.

Man lägger större fokus på alternativa bindemedel för cement, vilket är effektivare för att minska koldioxidutsläppen, där ersättning med slagg är ett exempel. Cement står för 90 % av den färdiga betongens klimatpåverkan. Därför ligger fokus på att hitta alternativa bindemedel, medan åtgärder inom ballsmaterialet ger liten effekt. Men att ersätta naturgrus är också viktigt varför man på Swerock fasar ut naturgrus genom att använda bergkross istället.

Intervjun skedde via telefon och ställd fråga var:

- Återvinns rivningsbetong för inblandning i ny betong på Swerock?

Andreas Arwidsson, arbetschef på Swerock Väst

Använder endast restbetong för att gjuta betongkuber. Det är en för liten del av rivningsbetongen som kan användas i ny betong och därför är det bland annat inte aktuellt just nu. Andreas säger att det är på tapeten och att de arbetar mot att kunna blanda in. Han tror att regelverket kan lösas upp lite mer på grund av faktorer med miljö osv så att det blir möjligt att använda riven betong i ny betong. Andreas kan inte komma på någon annan industri som i dagsläget använder rivningsbetong i ny betong.

Intervjun skedde via telefon och ställd fråga var:

- Använder ni återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Håvard Nyman, utvecklingsansvarig på Kynningsrud Prefab

Rivningsbetong används inte för inblandning i ny betong, men genom tvättning av restbetong kan man återvinna stenar och slamvatten för inblandning i ny betong. Nyligen krossades även härdad restbetong och blandades i ny betong. På tåkten som man tog ballast ifrån tidigare kunde nämligen restbetong lagras men idag har man bytt tåkt och där finns ingen sådan lagringsmöjlighet. Rivningsbetong används inte på grund av osäkerhet om vart betongen kommer ifrån, vad betongen innehåller och vilken hållfasthet materialet har. Med restbetong kan man däremot garantera vart materialet kommer ifrån och dess egenskaper.

Intervjun skedde via telefon och ställd fråga var:

- Använder ni återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Peter Wigert, marknadschef på UBAB

Vi använder inte rivningsbetong i ny betong. Vi vill veta vad som ingår för att förutse den blivande betongens egenskaper. Det kan vara svårkontrollerat med ballast av rivningsbetong. Däremot kan betongrester från den egna produktionen användas i ohärdat tillstånd för att gjuta betongmoduler. Vi är införstådda med att man måste gå mot mer återvinning för att undvika rester och för att kunna ta tillvara på den inbyggda betong som redan finns. Även om inblandning av rivningsbetong ligger längre bort än inblandning av restbetong är det något som undersöks. Vi har också låtit forskare från RE:Concrete vara på industrin.

Intervjun skedde via telefon och ställd fråga var:

- Använder ni återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Bengt- Eric Hartonen, Fabrikschef på Abetong Vislanda

Abetong tillverkar enligt Bengt- Eric i dagsläget väggar med gamla slippers. Bengt- Eric säger att de kan göra detta på grund av att de har bra koll på sina slippers. Till exempel har de administrerat allt då slipperserna tillverkades så de har koll på vilka egenskaper de har och så vidare. Incitament att använda återvunnen betong är exempelvis på grund av krav på mindre miljöbelastande produkter från kunden. De uppnår detta genom att inte använda jungfruliga material och eftersom transporten blir kortare om de använder krossade slippers istället för jungfruligt material. Hartonen säger att de kan blanda in 10 % krossad betong istället för jungfruligt.

För krossning av betongrälerna har de anlitat en entreprenör.

Ett problem när man lagrar krossad betong istället för grus/vanligt makadam kan vara att väder reagerar mycket mer med betongen, varför betongen måste vara väderskyddad om den lagras innan användning.

Abetong började med konventionell materialåtervinning för 1.5 år sedan. De vill utöka verksamheten till att använda inblandat material när de tillverkar slippers också. Detta kommer ske snart, det handlar om veckor (detta skrevs i slutet av april 2019). När både väggar och slippers produceras med inblandning av gamla slippers kommer de komma upp på 1500-2000 ton materialåtervunnen betong per år.

Intervjun skedde via telefon och ställd fråga var:

- Använder ni gamla betongräler för inblandning i nya betongräler?

Större betongindustri

Nej inte än. Vi håller på med flera projekt inom området och kommer snart använda krossballast.

Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

- Använder ni gamla återvunna betongelement eller återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Johan Kettil, VD Försäljning på Tranemo Prefab

Det använder vi inte.

Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

- Använder ni gamla återvunna betongelement eller återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Mindre betongindustri

Idag så återvinner vi inte något betongmaterial även om det är fullt möjligt.

Andelen återvunnet från betong styrs av EN206 och EN 137003.

Vi begränsas av att man bara kan blanda in en viss mängd kasserad betong i ny betong för att uppfylla de exponeringsklasser som krävs.

Vi har även relativt lite spill av kasserade produkter vilket gör att det inte är lönsamt att krossa upp i rätt fraktion och återanvända.

Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

- Använder ni gammalt betongmaterial för återvinning i ny betong?

Mindre betongindustri

Tyvärr kan vi inte använda det som ballast i våra produkter då det inte uppfyller kvalitetskraven.

Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

- Använder ni gamla återvunna betongelement eller återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Mindre betongindustri

För närvarande använder vi ingen återvunnen betong som ballast.

Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

- Använder ni gamla återvunna betongelement eller återvunnen riven betong för inblandning som ballast när ni gör ny betong?

Bilaga 3. Övriga intervjuer

Linus Brander, forskare på RISE

Stycket bör läsas i sin helhet: “Det förekommer redan idag att en del betongföretag återvinner gamla betongelement och gör ny betong, t.ex. gjutning av nya järnvägssliprars med partiell inblandning av nedkrossade återvunna betongslipers. En del forskningsprojekt finns där man testat att använda krossad rivningsbetong till ny betong, men till rapportförfattarens kännedom finns det idag inget betongföretag som gjuter ny betong till husbyggnad med användning av återvunnen rivningsbetong. Till vår kännedom förekommer heller inte någon storskalig återanvändning av hela stommar eller hela prefabricerade betongelement”

Men de som jag syftade till med ”en del betongföretag” och där info kommer direkt i dialog med företagen – ej rapporter – är:

- Abetong har tillverkat betongjärnvägsslipers delvis med inblandning av krossad betong från gamla slipers. När jag söker på deras hemsida så hittar jag dock inte information om detta – kan vara så att de slutat med det eller att det var en begränsad period. Intressant då förstås veta varför.
- Kynningsrud (Uddevalla) använder (eller har använt) krossad återtagen betong (dvs. ej rivningsbetong, utan produktionsspill) som ballast i ny betong.
- Enligt kontakt på RGS Nordic har rivningsbetong använts i ny betong i Köpenhamn.
- Sen finns det fabriker som testat gjuta med rivningsbetong inom ramarna för FoU-projekt. Ett exempel är Creagh Concrete på Nordirland, som inom ramarna för EU-projektet RE4 gjutit självkompakterande betong och högpresterande betong med 50 % av ballast ersatt med rivningsavfall (dominerat av betong, men även mindre mängder tegel, keramik, asfalt, glas).

Intervjun skedde via mail och frågan som ställdes var:

- På betongdelen i er rapport står att “Det förekommer redan idag att en del betongföretag återvinner gamla betongelement och gör ny betong, t.ex. gjutning av nya järnvägssliprars med partiell inblandning av nedkrossade återvunna betongslipers.”. Jag undrar därför vilka företag som använder gammal/riven betong i ny betong och vad de tillverkar?

Lars Viklund SCB

Kul att du intresserar dig för vår statistik, och jag förstår dina funderingar kring att siffrorna är delvis motstridiga.

Det är ett spännande avfallsflöde du valt att skriva om. Det är också ett område som har varit, och fortfarande är, svårt att övervaka från ett statistikproduktionsperspektiv. Sverige har under lång tid brottats med utmaningen att framställa tillförlitlig statistik över avfall från byggbranschen (SNI 41-43) samt byggavfall i en vidare bemärkelse (exempelvis flödet från uppkomst till behandling). Det har funnits och finns fortfarande flera metodologiska och administrativa aspekter som är en utmaning för

uppföljningen och statistikproduktionen. Se exv. länkarna nr 1 - 3 nedan för att få en bra inblick i problematiken och historiken.

En åtgärd för att förbättra situationen som har gjorts är att Naturvårdsverket 2015 införde ett krav på utökad rapportering av bygg- och rivningsavfall för tillståndspliktiga verksamheter (se länk nr 3 [s 350], samt länk nr 5 och 6).

För att ytterligare komplicera saken så berör dina frågor egentligen tre olika komponenter som vi arbetar med inom avfallsstatistiken. Den officiella nationella avfallsstatistiken som vi producerar, enligt avfallsstatistikförordningen, är uppbyggd i två komponenter:

1) **uppkommet** avfall efter näringsgren och avfallsslag, samt

2) **behandlat** avfall efter typ av behandling och avfallsslag.

Dessutom berör din fråga:

3) etappmålet ökad resurshushållning i byggsektorn (vilket på många sätt är bakgrunden till den utökade rapporteringen).

Det var en kortare historisk återblick.

Nu till din fråga om skillnaderna mellan uppgifterna i flödesschemat och tabellen över behandlat avfall som du observerat, och här blir mitt svar dessvärre lite styltigt.

Orsaken till att siffrorna inte går ihop är att olika datakällor används till olika delar i rapporten Avfall i Sverige.

- Beträffande komponenten **uppkommet** avfall efter näringsgren och avfallsslag används den utökade rapporteringen av bygg- och rivningsavfall för att skatta uppkommet avfall från byggbranschen (näringsgren 41 - 43). Se kvalitetsdeklarationen för statistiken (länk nr 4).
- Beträffande komponenten **behandlat** avfall efter typ av behandling och avfallsslag används miljörapporter från anläggningar som behandlar avfall och har tillståndsplikt A eller B enligt miljöprovningförordningen som datakälla. Se kvalitetsdeklarationen för statistiken (länk nr 4).
- Till **flödesschemat** används uppgifter från den utökade rapporteringen av bygg- och rivningsavfall som datakälla för både uppkomsten av avfallet och behandlingen av avfallet. Det vill säga behandlingsdelen inom flödesbilden är baserad på en annan datakälla än den datakälla som används inom statistiken över behandlat avfall.

Statistiken över **uppkommet** och **behandlat** avfall är en del av "Sveriges officiella statistik". Flödesschemat är samstämmigt med den officiella statistiken beträffande uppkomst av avfall men inte beträffande behandling av avfall (eftersom en annan datakälla används i flödesschemat). Självkritiskt tar vi åt oss av att detta skulle kunna förklarats tydligare i Avfall i Sverige. Nu står det:

"Från och med rapporteringsår 2016 användes en ny datakälla för att uppskatta uppkomna och **behandlade** mängder bygg- och rivningsavfall. Den nya datakällan baseras på redovisade mottagna mängder från avfalls- och återvinningsföretag. Bytet av datakälla försvårar en direkt jämförelse mellan 2016 års siffror och tidigare rapporteringar." (Avfall i Sverige 2016. s. 77, egen fetmarkering)

Vi borde varit tydliga med att denna beskrivning gäller uppkommet och behandlat avfall inom uppföljningen av etappmålet (och flödesbilden), och inte den officiella statistiken över behandlat avfall.

Angående osäkerheter i statistiken.

En viktig kommentar i sammanhanget är att det på nivån totalt avfall (alla avfallsslag) är relativt stora osäkerheter i statistiken beträffande uppkommet avfall från byggbranschen, bryter man ner statistiken det enskilda avfallsslag så ökar osäkerheterna ytterligare. Som jag redogjort för ovan har detta sina förklaringar, byggavfall är ett svårt flöde att följa metodologiskt.

Användbara länkar/rapporter:

1. Miljörapporter som källa för förbättrad avfallsstatistik – med fokus på bygg- och rivningsavfall (SMED Rapport Nr 2013:113)
<http://www.smed.se/wp-content/uploads/2013/02/Slutrapport1.pdf>
Bra ingång till problematiken kring avfallsstatistik beträffande byggbranschen/byggavfall.
2. Avfallsstatistik för bättre miljöarbete - En utvärdering av dataförsörjningen till avfallsstatistiken (Naturvårdsverket Rapport 6536 2012)
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6536-2.pdf?pid=4800>
Se sida 19.
3. Miljömålen - Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2018 – Med fokus på statliga insatser - Reviderad version maj 2018 (Naturvårdsverket Rapport 6833 maj 2018)
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6833-2.pdf?pid=22054>
Se sida 350.
4. Avfallsstatistikens kvalitetsdeklaration (Kvalitetsdeklaration - Avfall, uppkommet och behandlat):
https://www.scb.se/contentassets/d643da232a8d493b8f07ea1890f4820b/mi03_05_kd_2018_bn_180613.pdf
Se exempelvis sida 4, 10 och 15.
5. Infosida om den utökade rapportering för avfallsmottagande anläggningar
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Bygg--och-rivningsavfall/Utokad-rapportering-for-mottagande-anlaggningar/>
6. Vägledning:
<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avfall/vagledning-for-utokad-rapportering-av-bygg-och-rivningsavfall-2018-12-20-version-8.pdf>
7. Eurostats avfallsstatistikmanual
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-RA-13-015>

- Intervjun skedde via mail och ställd fråga var:

Varför skiljer sig statistiken för mineralavfall i flödesdiagrammet på sida 77 i Avfall i Sverige 2016 från den officiella statistiken i tabell 12?

Kristina Elehag, sektionschef på Ragn-Sells

- Vad gör ni vid rivning?

Kommer med kärl, containrar för sortering och kör det till egna behandlingsanläggningar.

- Sorterar ni avfall på egna anläggningar?

Ja, vi sorterar och behandlar endast på våra egna anläggningar.

- Behöver det alltid finnas en avfallsentreprenör?

Nej, en rivningsentreprenör kan ha egna containrar som den transporterar till en behandlingsanläggning.

- Vad innebär förbehandling?

Förbehandling innebär att materialet krossas och sorteras.

Tony Stigmansild, affärschef på Destroy Rebuilding Company

- Krossas betong direkt på plats? Tänker på om man tex vill minska volymer och transporter etc.

Krossning sker sällan i städer eftersom det dammar mycket.

- Vad innebär mellanlagring av avfall, kan du ge exempel?

Mellanlagring kan uppstå när provtagning av rivningsobjekt sker. Exempelvis kan man upptäcka att en del av betongen innehåller krom och därför måste lagring av det farliga avfallet ske för att man ska hinna göra provtagning på all betong.

- Är det en norm för er att utföra selektiv rivning?

Ja, det är vanligt eftersom det ökar lönsamheten.

- Slutligen undrar vi vilka som är avfallstransportörer av avfallet?

Det är vi själva som är avfallstransportörer.

Andreas Landqvist, projektledare CS RIV

- Är det vanligt att selektiv rivning utförs inom er verksamhet? Varför görs det?

Ja det är vanligt, bland annat för att öka lönsamheten.

- Vilka är det som sköter transport av avfallet?

Transport utförs av CS Maskin & Transport AB.