

CHALMERS



Betongåtervinning

En fallstudie av rivningsobjekt i betong

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ERIK JOHANSSON

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Geologi och geoteknik
Gruppen Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2011

Examensarbete 2011:51

EXAMENSARBETE 2011:51

.Betongåtervinning

En fallstudie av rivningsobjekt i betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ERIK JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Geologi och geoteknik
Gruppen Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2011

Examensarbete Betongåtervinning
En fallstudie av rivningsobjekt i betong
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ERIK JOHANSSON

© ERIK JOHANSSON, 2011

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2011:51

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Geologi och *geoteknik*
Gruppen Väg och *trafik*
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Krossning av betong vid Angeredkrossen i Göteborg, Erik Johansson (2011).

Chalmers reproservice
Göteborg 2011

Examensarbete Betongåtervinning

En fallstudie av rivningsobjekt i betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ERIK JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Geologi och geoteknik

Gruppen Väg och trafik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Betong är idag och har länge varit ett av Sveriges vanligaste konstruktionsmaterial. Ett material med unika egenskaper samt en bra beständighet har gjort materialet ovärderligt i jämfört med många andra. I samma takt som det byggs nya betongkonstruktioner rivs gamla. Materialet som utvinns vid rivning kan återanvändas då tester visat att betong i krossad form har många likheter med ett stenmaterial.

Prover som gjorts på det krossade betongmaterialet har fastställt att bärigheten hos ett förstärkningsmaterial av betongkross är bättre än ett av naturgrus- eller bergkrossmaterial. Samtidigt har även tester visat att betongen har ett lågt nedkrossningmotstånd och dålig frostbeständighet. Dessa två parametrarna gör att betongmaterialet inte klarar kraven för överbyggnadsmaterial enligt VVK Väg. Vidare har provvägar visat att nedkrossningen endast uppstår vid återkommande höga belastningar. Detta medför att materialet är fullt dugligt som bär- och förstärkningslager vid lägre belastade ytor, så som cykelvägar, parkeringsytor med mera.

Återvinningsprocessen från byggnad till färdig fraktion utförs med hjälp av en mobil eller stationär krossenhet, vilken krossar betonge till önskad fraktion samtidigt som armeringen skiljs från materialet. Beräkningar har visat att krossning av rivningsobjektet på plats är det mest lönsamma alternativet då etableringskostnaden för krossenheten i flertal fall ligger under kostnaden för transport och deponering av betongen, samtidigt som ett stort behov av återfyllnadsmaterial brukar finnas vid rivningar.

Problemet idag ligger i att betongkross är ett väldigt nytt material på marknaden och samtidigt som det fått ett oförtjänt dåligt rykte om dålig nedkrossningmotstånd och hög kapillaritet, vilket inte är hela sanningen. En lösning på detta skulle vara en utbildning för branschmännen om nya material på marknaden. Detta skulle medföra en ökad efterfrågan på betongkross på grund av dess låga pris i jämfört med stenmaterialen. En ökad efterfrågan skulle i sin tur leda till en ökad produktion och lägre deponeringskostnader. Vilket idag är den stora orsaken till att rivningsmaterial inte återanvänds utan försvinner vid olagliga "fria slutdeponier".

Nyckelord: Betongåtervinning, kvalitetskrav, egenskapsbestämning,
återvinningsprocess,

Concrete Recycling

A case study of the demolition of concrete objects

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ERIK JOHANSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of GeoEngineering

Forkargruppens väg och trafik

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Concrete is today, and has been for a long time, one of Sweden's most common construction materials. With its unique properties and good durability the material is invaluable in comparison with many others. Old concrete structures are demolished at the same pace as new constructions are built. Tests reveal that the crushed concrete has many similarities with stone materials which enables recycling of the demolished concrete.

Tests conducted on the crushed concrete material determine that the bearing capacity of a backing of crushed concrete is better than a gravel or crushed rock material. Meanwhile, tests have shown that the concrete has a low crushing resistance and poor frost resistance. These two parameters mean that the concrete material does not meet the requirements of the superstructure according to VVK Väg. Furthermore, sample roads show that crushing only occur during periodic high loads. This makes the material fully operational as a support and reinforcement layer for less heavy loaded surfaces, such as bike paths, parking spaces and more.

The recycling process from a fully functional building to a material fraction is performed using a mobile or stationary crushing device which crushes the concrete. This also separates the reinforcing bar from the desired fraction. Estimates have shown that the crushing of the demolition object on site is the most profitable option. In many cases the establishment cost of the crushing unit is below the cost of transportation and disposal of the concrete, while there is a great need for backfill materials during demolitions.

One problem today is that crushed concrete is a very new material on the market and has received an undeserved bad reputation for poor crushing resistance and high capillarity, which is only one part of the truth. A solution would be to educate the workers and present the new materials on the market. This would result in an increased demand for crushed concrete because of its low price in comparison to natural aggregates. An increased demand would lead to increased production and lower deposit costs. Today this is one of the main reasons for not reusing demolition materials and that they instead disappear to illegal "free-end dumps".

Key words: Concrete Recycling, quality, capacity determination, recycling process,

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte och problemformulering	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Metod	1
2 BETONG	2
2.1 Egenskaper	2
2.2 Tillverkning	2
2.2.1 Cement	2
2.2.2 Betong	3
2.3 Användningsområden	4
2.4 Kostnader	4
3 ÅTERVINNINGSPROCESS	5
3.1 Rivning	5
3.1.1 Hydraulhammare	5
3.1.2 Pulveriserare	6
3.1.3 Multirivningsredskap	6
3.2 Transportering	6
3.3 Krossning	7
3.3.1 Käftkross	7
3.3.2 Konkross	8
3.3.3 Hammarkross	8
3.3.4 Magnetband	8
3.4 Siktning och sortering	9
3.5 Återanvändning	9
3.6 Kostnader	10
4 STENMATERIAL	11
4.1 Framställningsprocess	11
4.2 Egenskaper	11
4.2.1 Fördelning av korn i sorteringen	12
4.2.2 Föroreningshalt	12
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2011:51	III

4.2.3	Kornens geometri och utseende	12
4.2.4	Kornens fysikaliska egenskaper	14
4.2.5	Förmåga att suga upp vatten	17
4.2.6	Sammanfattning	17
4.3	Användningsområden	18
4.4	Arbetsmiljö	18
4.5	Kostnader	18
5	ÅTERVUNNEN BETONG	19
5.1	Egenskaper	19
5.1.1	Kvalitetsklass	19
5.1.2	Kornfördelning	20
5.1.3	Stabilitet och styvhet	21
5.1.4	Nötningsegenskaper	21
5.1.5	Tjäle	21
5.1.6	Frostbeständighet	22
5.1.7	Kapillaritet	22
5.1.8	Sammanfattning	22
5.2	Användningsområden	22
5.2.1	Vägöverbyggnad	22
5.2.2	Husbyggnad	23
5.2.3	Betongballast	23
5.3	Arbetsmiljö	24
5.4	Kostnader	24
6	DEPONI	25
6.1	Deponiupplag	25
6.1.1	Tillgänglighet	25
6.2	Miljöpåverkan	26
6.3	Kostnader	26
7	FALLSTUDIE	27
7.1	Scenario 1	27
7.1.1	Alternativ A, återvinning	27
7.1.2	Alternativ B, deponering	27
7.2	Scenario 2	27
7.2.1	Alternativ A, återvinning	28
7.2.2	Alternativ B, deponering	28
7.3	Scenario 3	28
7.3.1	Alternativ A, återvinning	28
7.3.2	Alternativ B, deponering	29
7.4	Scenario 4	29
7.4.1	Alternativ A, återvinning	29

7.4.2	Alternativ B, deponering	29
7.5	Scenario 5	30
7.5.1	Alternativ A, återvinning	30
7.5.2	Alternativ B, återvinning	30
7.5.3	Alternativ C, deponering	30
8	ANALYS	31
8.1	Scenario 1	31
8.2	Scenario 2	31
8.3	Scenario 3	32
8.4	Scenario 4	32
8.5	Scenario 5	32
9	DISKUSSION	34
10	SLUTSATS	37
11	REFERENSER	39
11.1	Figurförteckning	40
BILAGA 1		I
BILAGA 2		IV
BILAGA 3		VII
BILAGA 4		X
BILAGA 5		XIII

Förord

Detta examensarbete är uppbyggt på studiebesök och litteraturstudier utifrån mitt egna intresse. Arbetet är en del av högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör på Chalmers tekniska högskola. Examinatorn liksom handledare vid Chalmers har varit Leif Granhage. Underarbetets gång har jag fått mycket hjälp och stöd av från flera personer som jag vill tacka.

Stort tack till :

Leif Granhage, examinator och handledare vid Chalmers, för råd och stöd genom arbetets gång.

Tommy Johansson, verkställande direktör på AB Nybro Gräv & Schakt, för all hjälp med priser och processflöden vid beräkningsgångar.

KSRR, Kalmarssundsregionens Renhållning, för pris- och deponeringsuppgifter.

Mårten Johansson, försäljningsansvarig på AB Nybrogrus, för hjälpsamhet vid frågor och funderingar över produktion och kostnader för grus- och bergmaterial.

Benny Björklund, produktionsansvarig på Cementa Degerhamn, för studiebesök och ytterligare mejlkontakt angående betongens egenskaper.

Slutligen ett tack till alla övriga personer som inte nämnts ovan men ändå hjälpt mig vid genomförandet av detta examensarbete.

Göteborg juni 2011

Erik Johansson

1 Inledning

Betong är idag ett av Sveriges vanligaste byggmaterial vid både hus- och anläggningsbyggnationer. Livstiden på ett byggnadsverk i betong ligger över 100 år, men vad händer med materialet efter dess livstid? Vad finns det för nya användningsområden? Rapporten ska besvara frågor inom återvinningsprocesser och återvinningsområden samt utvärdering av betong som bärlagermaterial.

1.1 Syfte och problemformulering

Syftet med rapporten är att ge en inblick i betong som material och se om det är ekonomiskt samt tekniskt hållbart att återanvända betongen. Detta kommer att undersökas genom att analysera processen för återanvändningen av materialet, från rivning av byggnationen till färdig krossade fraktioner. Processen kommer att jämföras med att direkt köra rivningsmaterialet på deponi och ersätta den krossade betongen med krossat bergmaterial eller naturgrus.

Rapporten kommer att besvara följande frågeställningar:

- Hur går återvinningsprocessen till?
- Vad kostar den?
- Vilka användningsområden finns det för det återvunna materialet?
- Vilka fördelar/nackdelar finns det med det återvunna materialet i jämfört med ett bergkrossalternativ vid beaktning av kostnader och arbetsmiljö samt vad säger normerna angående materialegenskaperna?

1.2 Avgränsningar

Rapporten avgränsas till att enbart studera betongens återvinningsprocesser och dess användningsområden. Framställningen av betongen kommer även behandlas ytligt för att få en bättre överblick av betong som material. Men inga djupare analyser av betongens miljöpåverkan kommer att beaktas.

1.3 Metod

Rapporten bygger på studiebesök och intervjuer. Tommy Johansson, VD för Nybro Gräv & Schakt som arbetar med betongkrossning, har hjälpt till med vidare kontakter med Cementa AB i Degerhamn samt andra entreprenadfirmor och Trafikverket angående användandet av betongkross som grusmaterial. Resultatdelen kommer byggas upp utifrån fem stycken olika scenarion där varje scenario har två eller tre olika alternativ på tillvägagångssätt vid rivningsprocessen. Dessa olika alternativ bedöms senare utifrån ett ekonomiskt, miljömässigt och framtida perspektiv.

2 Betong

Betong är idag ett av de allra vanligaste byggmaterialen i Sverige. I betong ingår en sammansättning av ett slags cementpasta och stenmaterial som tillsammans medverkar till att bilda ett material med unika egenskaper som är av stort behov vid dagens många olika konstruktioner.

2.1 Egenskaper

Den hårda betongen har en porös karaktär med en densitet på cirka 2400 kg/m^3 beroende på blandningen. Betongen har god förmåga att ta upp tryck vilket är dess främsta egenskap, upp till 80 MPa beroende på andelen vatten i cementpastan. Genom tillsatser av vätmedel och kiselstoff kan tryckhållfastheten fördubblas ytterligare. Betongens förmåga att ta upp drag är dock enbart en tiondel av egenskapen att ta upp tryck. Detta kompenseras med armering vilket tar upp dragkrafterna som uppkommer vid olika konstruktioner. (Betong, 2011)

2.2 Tillverkning

Tillverkningen av cement och så småningom betong är inte helt smärtfri. Många steg i tillverkningsprocessen medför stora CO_2 -utsläpp, speciellt vid brytning och bränning av kalken. Tack vare betongens beständighet och långa livslängd minskas miljöpåverkan utslaget på dess livstid.

2.2.1 Cement

Den vanligaste cementtypen är portlandscement vilken i huvudsakligen består av kalksten som mals till ett fint pulver tillsammans med lera och sand. Det malda råmaterialet bränns i roterande ugnar med en temperatur på 1400°C , varvid de sintrar, vilket innebär att de klumpar ihop sig och bildar små kulor, cementklinker. Den färdiga cementprodukten fås då klinkern svalnat och malts ned tillsammans med en liten mängd gips. När sedan cementen kommer i kontakt med vatten, i samband med betongtillverkningen, startar en kemisk reaktion kallad hydratisering, vilket innebär att kalciumsilikat och vatten bildar kalciumsilikhydrat som är den viktigaste hållfasthetsgivande komponenten i cement. Nedan visar figur 2.1 de olika delmomenten i cementtillverkningen. (Björklund, 2011)

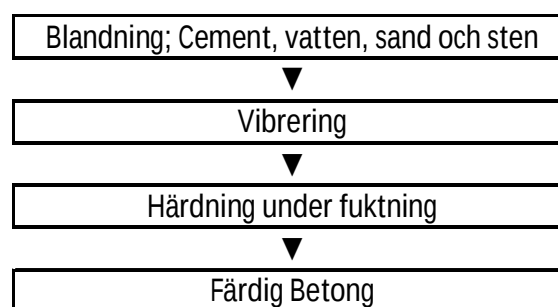


Figur 2.1 Steg för steg vid tillverkning av Cement.

2.2.2 Betong

Vanliga blandningsförhållanden för betongen är en del vatten, en del cement, två delar sand och tre delar sten, utifrån detta recept finns sen ytterligare tillsatser för att specificera betongen för olika egenskaper. Genom att förändra förhållandet mellan vatten och cement i blandningen, vattencementtalet, får man fram de unika egenskaperna som betong har. Bergkrossen som blandas i är också av stor vikt för betongens karaktär då en spröd bergstyp skulle ge en sämre hållfasthet jämfört med en bergstyp av hårdare slag. (Björklund, 2011)

Efter blandning av materialen bildas en formbar massa som bearbetas genom vibrering för att undvika luftbubblor i den färdiga produkten som efterhand hårdnar. Det är av stor vikt att inte betongen brinner för fort, detta förhindras genom att man fuktar betong och på så sätt saktar ner processen. Den färdiga produkten uppnår 90 % av sin totala hållfasthet efter 28 dagar, men utvecklas vidare och med en lägre grad under kommande två åren. (Burström, 2001)



Figur 2.2 Steg för steg vid tillverkning av Betong

2.3 Användningsområden

Idag sträcker sig betongens användningsområden väldigt långt, framförallt i bärande konstruktioner och där påfrestningar av t.ex. fukt och nötning är stora. Exempel på sådana användningsområden är husgrunder, fasader, industrigolv, vägar och broar.(Burström, 2001) Betongen har en lång livstid samtidigt som den har ett lågt krav på underhåll. Detta samverkar till att materialet blir konkurrenskraftigt även sett ur ett miljöperspektiv.

2.4 Kostnader

Kostnaden för cement och betong skiljer sig mycket då olika kvalitéerna används vid olika konstruktioner. Nedan visar Figur 2.3 kostnaden för ett urval av cement- och betongprodukter som är vanligt förekommande inom hus- och anläggningsarbeten. Fraktkostnad som varierar med avståndet tillkommer.

Kvalité	kr/ton
C32/40	1500
C30/37	1300
C20/27	1100

Figur 2.3 Kostnaduppgifter för betong.(AB Nybro Cementgjuteri)

3 Återvinningsprocess

En konstruktion eller byggnad blir idag snabbt omodern då nya tekniker och designer utvecklas. Livstiden på en betongbyggnad är lång vid enbart beaktning av materialets beständighet. Men i dagens moderna samhälle spelar design och funktionalitet allt mer in. En byggnad som byggdes för 30 år sedan kan idag ses som mycket omodern och olönsam att renovera. I många fall är då en nybyggnad billigare. Detta beteende medför en stor mängd rivningar av betonghus och konstruktioner som i sin tur leder till stora mängder rivningsbetong.

I detta kapitel beaktas hela återvinningsprocessen, steg för steg. Olika sorters rivningsredskap kommer att beskrivas såsom rivningsverktyg, krossar och sorteringsverk.

Återvinningsprocessen kommer att beskrivas utifrån ett husrivningsexempel steg för steg fram till ett färdigt stenmaterial. Vi utgår ifrån att huset som ska rivas är placerat så att någon krossning på plats inte är möjlig. Detta medför att rivningsmaterialet måste transporteras iväg för krossning.

3.1 Rivning

Vid själva rivningen av huset kan maskinvalen variera väldigt mellan olika typer av rivningar. Ett högt hus kräver en maskin med lång räckvidd medan en bro kräver en maskin med kraftigare utrustning. För att krossa och klippa ner betongen krävs det speciell utrustning, nedan benämns några väldigt vanliga utrustningar.

3.1.1 Hydraulhammare

En hydraulhammare är en välanvänd uppfinning som monteras på en grävmaskin och drivs genom hydraultryck från grävmaskinens hydraulpump. Hammaren är utrustad med ett spett som påverkas av ett slag, på så sätt kan spettet slå sönder och klyva större betongblock. En hydraulhammare har idag många användningsområden vid både rivning och nybyggnad, tillverkarna är många likaså modeller och storlekar. Allt från vikt på 100 till 4000 kg, beroende på användningsområde. (Johansson, 2011)



Figur 3.1 Exempel på en hydraulhammare.

3.1.2 Pulveriserare

En Pulveriserare används främst vid stationär krossning av rivningsobjekt, då pulveriseringsverktyget, som är monterad på grävmaskinen, krossar sönder objektet samtidigt som det rivs. Verktöget fungerar genom att två käftar trycks mot varandra med hjälp av en hydraulkolv och på så sätt krossar betongen. Processen är tidsödande men man sparar flera led av efterföljande processer. Pulveriseraren kommer till stor användning vid mindre rivningar då en större etablering med fler maskiner inte är lönsam. Precis som hydraulhammaren har pulveriseraren många tillverkare samt finns i flera modeller och storlekar, från cirka 1000 till 4000 kg. (Johansson, 2011)



Figur 3.2 Exempel på en pulveriserare.

3.1.3 Multirivningsredskap

Multirivningsredskapet är, som tidigare nämnda verktyg, kopplad till en grävmaskin och styrs helt och hållet utav maskinens hydraulik. Redskapet fungerar på samma sätt som en stor sax som klipper igenom betongen och armeringen. Syftet är att dela upp rivningsmaterialet till lagom stora bitar att hantera i transporter och krossning. Detta redskap används då materialet ska gå vidare produktionskedjan eller eventuellt transporteras till slutdeponi. Verktöget tillverkas av många företag och finns i storlekar från 2000 till 4000 kg tunga. (Johansson, 2011)



Figur 3.3 Exempel på ett multirivningsredskap.

3.2 Transportering

När en krossning av materialet på rivningsplatsen inte är möjlig uppkommer ett behov av transporter. Det kan dock finnas exempel då man väljer att göra en deponi på stället. Vilket medför att man gräver ner rivningsmaterialet på tomten och använder det som fyllnadsmaterial. Detta medför en billig rivningskostnad då inga transporter är av behov, men vid eventuella föroreningar i rivningsmaterialet kan detta medföra miljöproblem och skador på marken i området. Vid mindre rivningar såsom villor och liknande tillämpas ofta detta tillvägagångssätt. Då rivningen medför väldigt liten andel rivningsmaterial. Detta ger i sin tur en dålig lönsamhet för vidare transport och krossning. Samtidigt är behovet av fyllningsmaterial ofta stort vid återställningen av marken.

I de fall då transport är av behov används främst lastbilar med bergflak för att frakta rivningsmaterialet. Materialet förs då oftast till större upplag där en stor mängd rivningsbetong och betongrester kan förvaras innan det krossas ner av en kross. Då krossningen kan utföras inom ett närmre område kan eventuellt dumpers eller truckar vara till användning. En truck eller dumper kan lasta mer samtidigt som de inte har samma behov av en god vägstandard jämfört med en lastbil. Dock är det få modeller av dessa maskiner som har tillstånd att köra på väg då deras bredder och vikter överstiger normerna för vägtransporter på allmän väg, undantag kan göras då tillstånd söks.(Johansson, 2011)

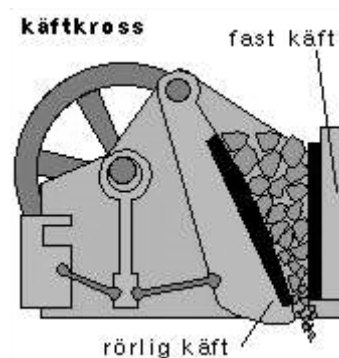
3.3 Krossning

För att rivningsmaterialet ska bli intressant för marknaden igen krävs en krossning där vi vill minska fraktionerna från rivningen till en attraktivare materialstorlek. Samtidigt vill vi sortera ut föroreningar i betongen som inte är av intresse, armeringsjärn. En stor del av beståndsdelen i betong är just armeringsjärn, för att särskilja dessa från varandra används ett magnetband som direkt efter krossningen sorterar bort allt järn ifrån det nykrossade materialet. På detta sätt får vi ett krossat material som är fritt från järnföroreningar.

Ett okrossat rivningsmaterial kan variera i storlek, från stora flak till ett mjöligt damm. De maximala dimensionerna en kross kan svälja skiljer sig mycket från maskin till maskin och det är i regel det som avgör krossens storlek. Samtidigt som krossarna finns i olika storlekar har de olika modeller och fungerar med olika principer. Nedan beskrivs några av de allra vanligaste typerna. (Johansson, 2011)

3.3.1 Käftkross

Käftkrossen är den allra vanligaste typen av kross och används främst inom bergmaterialframställning. Den fungerar genom en rörlig krossplatta, som drivs av en el eller dieselmotor, som arbetar mot en fastplatta och på så sätt krossar sönder materialet. Plattorna är justerbara mot varandra för att få ut den önskade fraktionen. En käftkross kan krossa fram fraktioner från 90 till 200 mm, för att få ner fraktionerna ytterligare används en efterkross av annan typ. Det maximala intaget på en käftkross varierar med dess storlek, men en vanligt förekommande modell har en käftöppning på 1000 gånger 800 mm, en sådan kross kan väga upp till 60 ton.

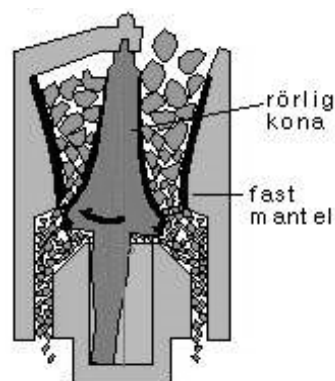


Figur 3.4 Principskiss för en käftkross

Käftkrossen är som tidigare nämnt främst användbar vid framställning av bergmaterial då dess uppbyggnad är väldigt kraftig. Den lämpar sig inte lika bra för betongkrossning då fraktioner under 90 mm är väldigt svåra att framställa. För att få fram en mindre fraktion krävs då en efterkross vilket i sin tur medför en högre produktionskostnad. (Johansson, 2011)

3.3.2 Konkross

En konkross fungerar med principen att mala ner materialet till mindre fraktioner. En kona, som drivs av en motor, roterar inuti en mantel där materialet mals och minskar i storlek. Precis som övriga krosstyper finns konkrossen i olika storlekar de vanligast förekommande kan ta in ett material på upp till 200 mm. Den färdiga fraktionsstorleken efter krossen kan ställas från 30 till 90 mm genom att höja och sänka konan inuti manteln.

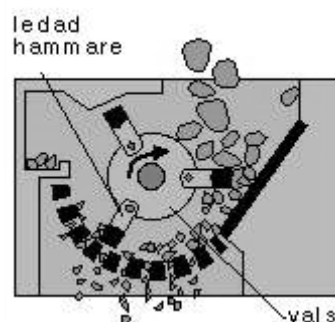


Figur 3.5 principskiss för en konkross

En konkross används främst vid bergmaterialsframställning, då som efterkross till en käftkross för att få ner fraktionerna till rätt dimension. Vid betongkrossning kan konkrossen vara ett alternativ då en redan krossad fraktion behöver minskas ytterligare. (Karlsson, 2011)

3.3.3 Hammarkross

Hammarkrossen är den vanligaste krosstypen inom återvinningsbranschen. Det fungerar genom att ett antal ledat infästa hammare roterar runt en vals som i sin tur omsluts av en mantel och på så sätt både slår och slungas materialet sönder till mindre fraktioner. Det maximala intaget för en hammarkross beror, som tidigare nämnda krossar, på modell och storlek. En vanlig förekommande modell har ett intag på 600 gånger 800 mm och har en vikt på ca 40 ton. En stor fördel med hammarkrossen är att det färdiga materialet från krossen kan ställas ner till 30 mm och på så sätt minskas produktionskedjan längd då ingen efterkross är av behov.



Figur 3.6 Principskiss för en hammarkross

En hammarkross har inte samma kraftiga konstruktion som en konkross eller käftkross vilket medför att den inte lämpar sig för att krossa berg av hårdare karaktär. Krossen är utvecklad för att sönderdela återvinningsmaterial såsom betong, asfalt och tegel. Den kan även användas vid krossning av mjukare bergarter såsom kalk vid till exempel cementtillverkning. Krossningsprincipen som används i en hammarkross medför dock ett stort slitage som i sin tur utgör ett högt produktionspris i jämfört med en käft- och konkross. (Karlsson, 2011)

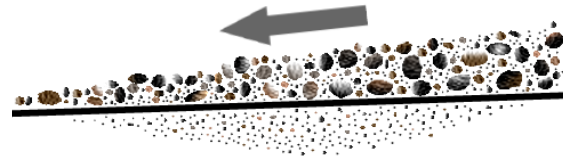
3.3.4 Magnetband

För att avskilja armeringen och övriga järnföroreningar i det återvunna materialet tillämpas ett så kallat magnetband. Magnetbandet monteras på det utgående bandet från krossenheten där krossen redan särdelat betongen från armeringen. Ett överliggande band utrustad med en elektromagnet som skiljer armeringen från betong samtidigt som det förs åt sidan med hjälp av bandets drivning. Järnet placeras i en hög eller direkt i container vid sidan av krossen. (Johansson, 2011)

3.4 Siktning och sortering

Siktning och sortering tillkommer då det krossade materialet inte uppfyller den efterfrågade fraktionstypen. Till exempel vid efterfrågan av ett makadammaterial så krävs en bortsortering av de fina kornen i materialet. Detta utförs med hjälp av ett sorteringsverk som sorterar ut olika typer och storlekar av ett material.

Ett sorteringsverk är uppbyggt med en sikt med ett eller flera däck, där varje däck har olika grovlek på maskorna i sållen. Sikten vibrerar med hjälp av hydraul- eller elmotorer vilket medför att viss del av materialet passerar igenom sållet samtidigt som det överflödiga sorteras åt sidan. På detta sätt sorteras materialet upp i många olika fraktioner, vilket beskrivs i figur 3.7. (Johansson, 2011)



Figur 3.7 Sortering av material över ett däck.

3.5 Återanvändning

Då materialet genomgått krossning och sållningen är de färdiga fraktionerna framställda och klara för återanvändning. Vid återvinning av betong framställs främst fraktioner med storlekar 0-60 och 0-32. Användningsområden för det återanvända materialet är många då priset är lägre än för ett bergmaterial vilket gör det konkurrenskraftigt även då dess fysikaliska egenskaper är sämre på vissa punkter. Mer ingående information om materialets egenskaper och användningsområden finns att läsa under kapitel 5. (Johansson, 2011)

3.6 Kostnader

Nedan redogör tabell 3.8 över kostnaderna för de olika processerna i produktionskedjan vid återvinning av ett betongmaterial.

Tabell 3.8 Kostnadstabell över återvinningsprocess. (Johansson, 2011)

Rivning	Hydraulhammare	Pulvericerare	Multiklipp	Enhet
30 tons Grävmaskin + Redskap	1100	1100	1100	kr/tim
	-	20-30	-	ton/tim
Transport	Lastbil	Lastbil + släp	Dumpers	
	125	175	-	kr/mil
	650	850	650	kr/tim
	13	34	10 25	Lastkap.
Krossning	Käftkross	Konkross	Hammarkross	
Inklusive matning och bärning	20	20	38	kr/ton
	200	200	50	ton/tim
Sortering		2 fraktioner	3 fraktioner	
Maskinmekano LS 902		12	15	kr/ton
		200	200	ton/tim
Återställning		Liten	Stor	
Hjullastare typ 5 eller 12 ton		500	650	kr/tim
Grävmaskin typ 5 eller 30 ton		500	850	kr/tim
Anläggningsarbetare	350			kr/tim

4 Stenmaterial

Sten och berg sägs vara jordens äldsta råvara och samtidigt den viktigaste. De första bergen skapades för cirka fyra miljarder år sedan då vår planet var nästan en miljard år gammal. Bergen byggdes upp av olika sorters bergarter, som i sin tur bestod av mineraler. Den svenska berggrunden består främst av hårda kristallina bergarter vilket är till fördel vid framställning av krossade material. Exempel på dessa är gnejs, granit och diabas.

Förutom vår rikedom på bra berg i Sverige täcks cirka 75 % av vår yta av morän, ett sorterat material innehållande block, sten, grus och sand, vilken uppkommit under den senaste inlandsisen. Naturgrus är samlingsnamnet för materialet som länge varit det dominerade råmaterialet för bergmaterialindustrin, men år 1997 gick bergkrossmaterialen om i användandet. Användningen av naturgruset stryptes då materialet insågs vara ändligt och har en betydande inverkan för Sveriges dricksvatten. Av dagens dricksvatten tags 50 % ur de grundvatten som filtreras genom rullstensåsar vilka främst består av naturgrus. (Sveriges Bergmaterialindustri, 2011)

4.1 Framställningsprocess

Att framställa ett stenmaterial skiljer mycket vid jämförelse mellan naturgrus- och bergkrossmaterial. Vid framställning av fraktioner från ett naturgrusmaterial innefattas oftast enbart en brytning som utförs med hjälp av en grävmaskin, eventuellt tillkommer en krossning också. Maskinen schaktar loss materialet och matar det vidare i ett sorteringsverk eller krossverk som sorterar eller krossar materialet till olika önskade fraktioner.

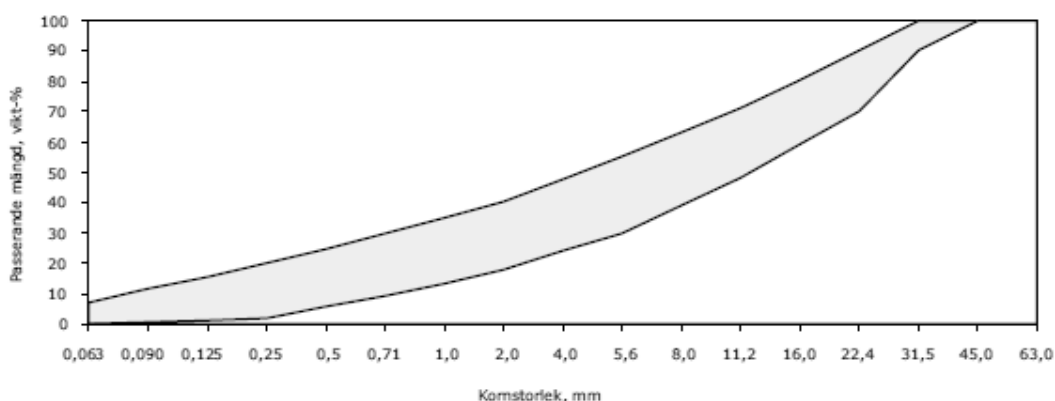
Vid framställning av bergkross blir processkedjan betydligt längre. Först täcks berget av från jord och vegetation, därefter kommer en borrhög och borrar ett symmetriskt hålmönster i berget vilket senare fylls med sprängämne och sprängs. Här börjar krossningsprocessen, där antingen en grävmaskin står mitt i sprängsalvan och matar ett mobilt krossverk, eller också bärs stenen till ett stationärt krossverk med hjälp av hjullastare och truckar. Efter materialet passerat förkrossen har materialet en storlek runt 0-150 mm. Vid behov av finare fraktioner krossas materialet ytterligare med hjälp av en efterkross, då erhålls en fraktion av storleken 0-40 mm. För att få ut olika fraktioner siktar materialet med hjälp av ett sorteringsverk därefter erhålls den färdiga produkten. (Johansson, 2011)

4.2 Egenskaper

Materialens egenskaper har stor betydelse för de som tillverkar materialen. Den som framställer exempelvis förstärkningsmaterial måste veta vilka krav som ställs på materialet. För att avgöra dess kvalitet, beständighet och fysikaliska egenskaper med mera bedöms material utifrån följande egenskaper:

4.2.1 Fördelning av korn i sorteringen

Man bestämmer fördelningen av kornen i sorteringen genom att utför ett siktprov på materialet. Med hjälp av ett antal siktar i olika storlekar siktas provet av en skakmaskin. Härigenom erhålls ett antal fraktioner vars mängd vägs. Indata från provet förs in i ett siktdiagram som visas i figur 5.1 nedan, varifrån det kan utläsas vilken klass materialet håller. (Sveriges Bergmaterialindustri, 2011)



Figur 4.1 Exempel på siktdiagram för ett 0-32 material, med ett gulmarkerat godkänt område. Där ritas senare en siktkurva in för att avgöra om materialet är av godkänd kvalitet.

4.2.2 Föroreningshalt

Föroreningar som kan förekomma i ett bergmaterial är då biologiska ämnen kan komma med vid framställningsprocessen. Detta beror oftast på dålig avtäckning av berget eller vid hålrum och större sprickor i berget vilket medför att jordmaterial kommer med i produktion vilket försämrar materialets egenskaper. (Johansson, 2011)

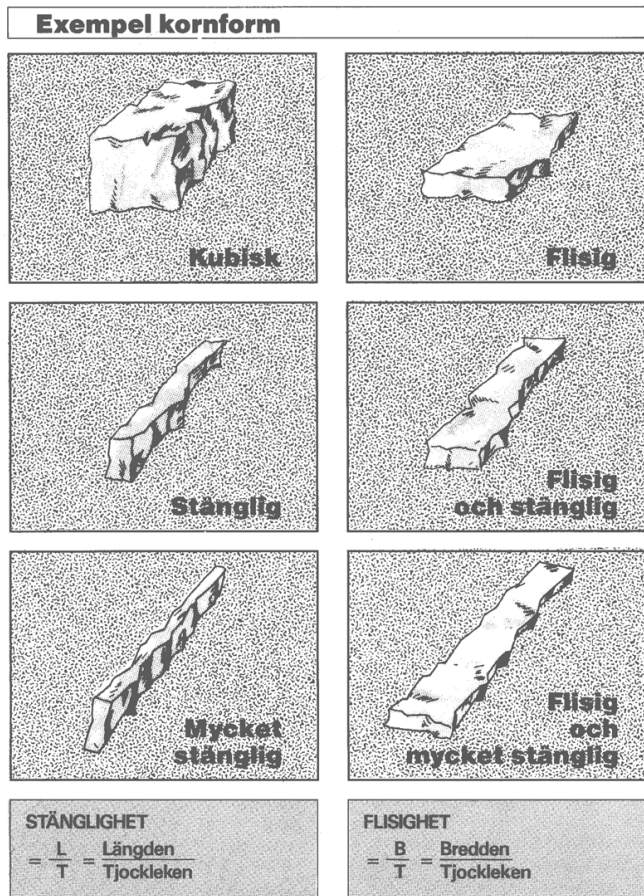
4.2.3 Kornens geometri och utseende

Ett material med en jämn sammansättning av de olika kornstorlekarna medför en bra bärighet. Vid större fraktioner ökar bärigheten samtidigt som det har ett större nedbrytningsmotstånd jämfört med en mindre fraktion. För att specificera kornens utformning används begrepp som stänglighet och flisighet. (Granhage, 2007)

4.2.3.1 Flisighet och stänglighet

Flisighet uttrycks i flisighetstal vilket är ett förhållande mellan stenens bredd och tjocklek. Där bredden erhålls av ett siktprov och tjockleken genom siktnings på harpsiktar. Om bredden och tjockleken är lika blir flisighetstalet 1, och blir där med kubisk. Ju större talet, ju större flisighet. 1,35 är ett ganska normalt värde medan 1,6 är ett ganska flisigt material. Flisighetstalet har på senare år ersatts av ett flisighetsindex i den nya europastandarden. Flisighetsindexet anger viktprocent korn i materialet som har ett flisighetstal större än 1,6.

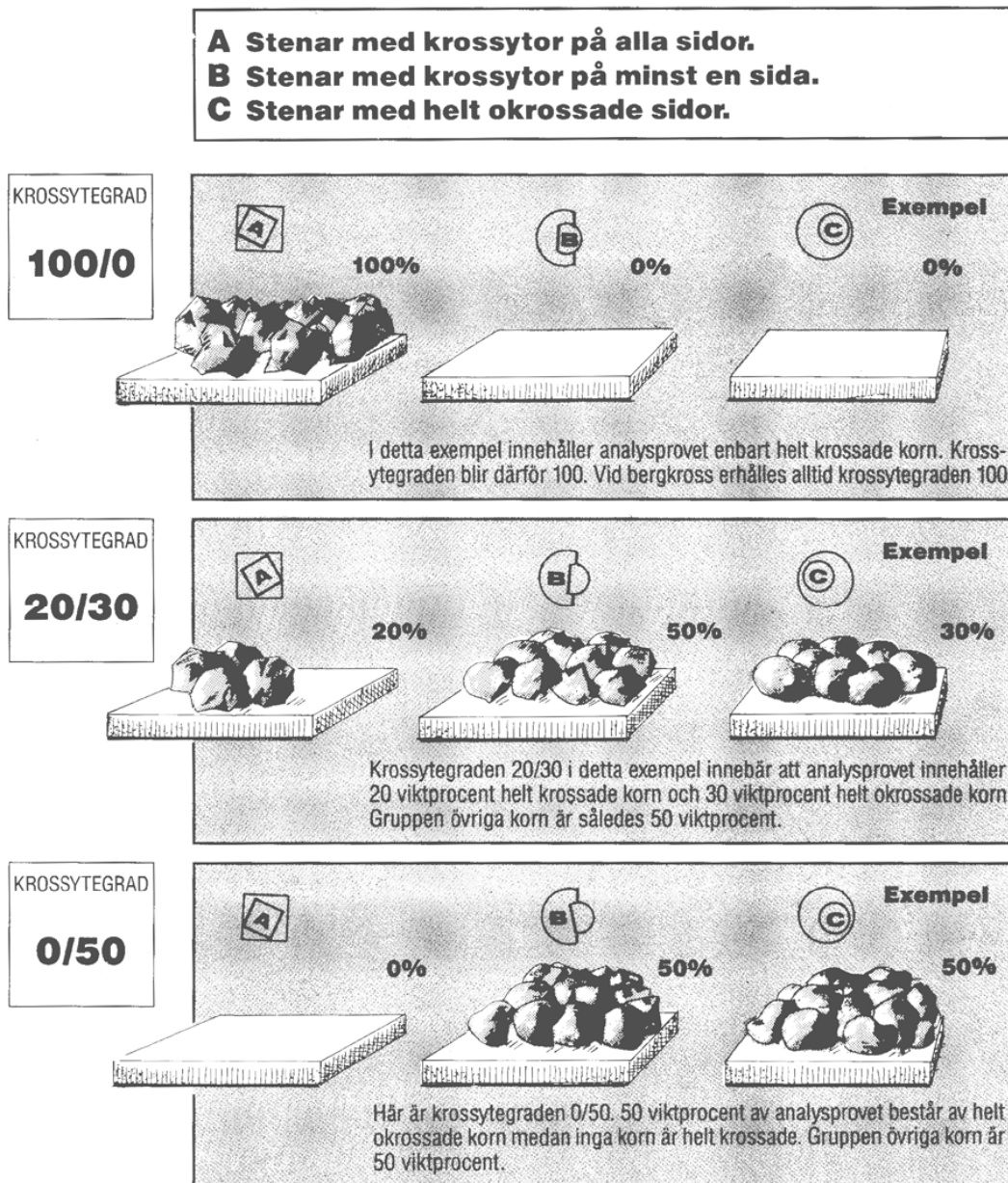
Stänglighet uttrycker stenmaterialets medellängd i förhållande till dess medeltjocklek. Ju längre, ju stängligare. För både stänglighet och flisighet gäller att ett högre värde ger ett sämre material. I figur 4.2 nedan visas exempel på detta. (Vägverket, 1987)



Figur 4.2 Exempel på kornets utseende. (Vägverket, 1987)

4.2.3.2 Krossytegrad

Krossytegraden anger andelen korn med krossytor och andelen korn utan krossytor samt korn med krossytor på vissa sidor av kornet. Provet utgörs genom en okulär bedömning av ett analysprov där kornen sorteras i tre grupper A, B och C. De tre grupperna vägs var för sig och utifrån dessa kan krossytegraden beräknas. Ju högre värde på krossytegraden ju bättre material. Detta test utförs bara på naturgrus material då ett bergkross material erhåller krossytegraden 100 vilket är det maximala. I figur 4.3 nedan finns testet tydligt beskrivet. (Vägverket, 1987)



Figur 4.3 Bestämning av krossytegrad (Vägverket, 1987)

4.2.4 Kornens fysikaliska egenskaper

Vid beaktning av materialets fysikaliska egenskaper undersöks kornens hållfasthet och nötningsresistans. Detta utförs genom tryckprover och nötningsprover där materialet utsätts för en mängd olika tester, såsom kulkvarns malning och tumlingsprover. Samtidigt undersöks vilken bergart materialet är uppbyggt av. Allt sammanställs för att kunna utläsa vilka egenskaper kornen har. Beaktning av till exempel materialets förmåga att motstå nötning ligger till stor vikt vid tillverkning av slitlager, såsom asfalt. (Sveriges bergmaterialindustri, 2011)

4.2.4.1 Glimmerhalt

Glimmer är ett mineral som påträffas i nästan alla svenska bergarter. Mineralen har en flakig och mjuk karaktär som lätt spaltas upp i tunnare flak när det utsätts för mekanisk nötning. Många glimmermineraller är också mycket vittringsbenägna. Detta medför att nedbrytningen sker både genom mekanisk och kemisk påverkan.

För att ett material ska vara bra sett ur anläggningssynpunkt bör glimmerhalten vara låg. Glimret har både en dålig vidhäftningsförmåga samtidigt som dess nedbrytning är stor och packningsegenskaper blir sämre med högre halt. (Vägverket, 1987)

4.2.4.2 Nötningsegenskaper

För att mäta nötningsegenskaperna av ett visst material används idag två olika metoder. Den ena kallas kulkvarnsvärde och används för att mäta nötningsegenskaperna för ett beläggingsmaterial. Ett stenprov på 1 kilo placeras tillsammans med vatten och 7 kilo stålkulor i en trumma med invändiga skovlar. Trumman roterar sen i 5400 r/min i en timmes tid, därefter siktas provet över en tvåmillimeterssikt. Viktprocenten som passerar sikten blir värdet på provet och bör vara så låg som möjligt vid en god nötningsegenskap.

Den andra metoden som används idag för att mäta ett stenmaterials förmåga att motstå nötning kallas micro deVal, den riktar sig främst på att mäta egenskaperna för sten som befinner sig längre ner i överbyggnaden. Provet används för att bestämma materialets förmåga att motstå nötning. Metoden är väldigt lik kulkvarnsvärdesmetoden men här används en mindre mängd sten, cirka 500 gram som tillsammans med 5 kilo stålkulor och 2,5 liter vatten roteras i en mindre trumma en timme med en hastighet på 12000 r/min. Vattnet lindrar stötarna och vilket medför ett mer nötande slitage. Värdet av provet fås genom att sikta det tumlade materialet över en sikt på 1,6 millimeter, där vikt förlusten i procent efter provet är värdet på provet, vilket bör vara så lågt som möjligt. (Granhage, 2007)

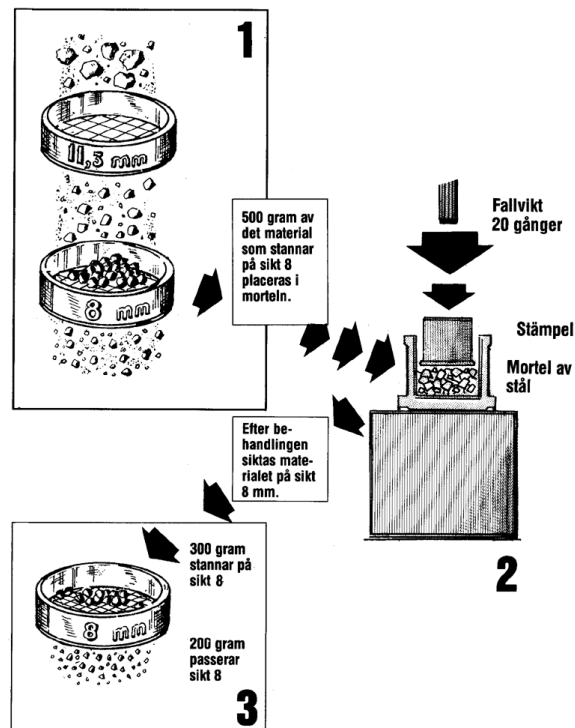


Figur 4.4 Micro deVal utrustning. (Geneq, 2011)

4.2.4.3 Sprödhet

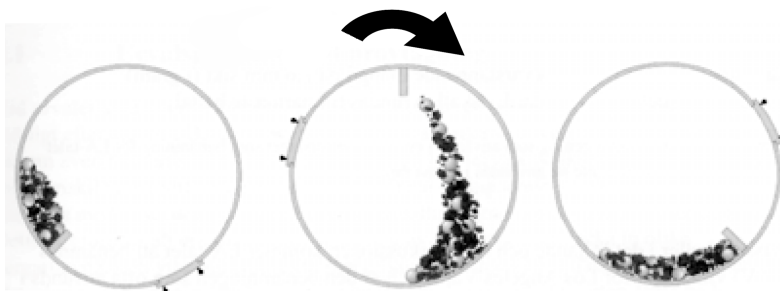
För att undersöka materialets sprödhet används även här två olika metoder. Den ena används på beläggingssten och ger ett så kallat sprödhetstal medens den andra metoden kallas Los Angelesmetoden och ger ett Los Angeles-tal.

Sprödhetstalet är ett mått på materialets motstånd mot fragmentering vid bearbetning. Ju sämre material, ju högre sprödhetstal. Provningsmetoden utförs genom att cirka 500 gram stenmaterial av en viss fraktion till exempel 8 – 11,3 placeras i en mortel av stål. På provet placeras därefter en stämpel, varefter en vikt får falla fritt på stämpeln 20 gånger. Därefter siktas materialet igen över en sikt med samma storlek som fraktionens nedre gräns i detta fall 8 mm. Sprödhetstalet är den viktprocent av materialet som passerar sikten efter mortlingen. Ett bra stenmaterial bör ha ett sprödhetstal runt 40. Ett material med ett sprödhetstal över 60 klassas som dåligt. Figur 4.5 intill visar förtydligande bild över hur testet går till. (Vägverket, 1987)



Figur 4.5 Bestämning av sprödhetstal. (Vägverket, 1987)

Idag är Los Angelesmetoden den främst använda, då den nya europastandarden anger ett material sprödhet och motstånd med ett Los Angeles-värde. Provet utförs genom att 5 kg stenmaterialet av fraktionen 10 – 14, tillsammans med 11 stycken stålkulor, som väger 440g styck, roterar i en så kallad Los Angeles-trumma. Trumman är utrustad med en skovel och roterar så pass sakta att materialet får falla fritt i trumman och på så sätt uppstår en viss sorts krossning. Den viktprocent av materialet som efter provning går igenom en sikt på 1,6 mm blir därmed värdet på provet. Ett bra Los Angeles-värde bör ligga runt 25. (Granhage, 2007)



Figur 4.5 Los Angeles-trumma. (Granhage, 2007)

4.2.4.4 Styvhet och stabilitet

Ett materials styvhet är ett mått på materialets bärförmåga och anges i elasticitetsmodul, E-modul, eller resilientmodul, M_r , som beskriver materialets lastfördelande förmåga. En hög styvhet medför att de elastiska deformationerna blir små och påkänningar i underliggande lager blir låga. Stabiliteten hos ett material beskriver dess förmåga att motstå permanent deformation vilket kan uppstå då materialet krossas eller omlagras. Man strävar alltid efter att använda ett material som har både hög styvhet och stabilitet men det är inte i alla fall som detta inträffar.

Provningsmetoden utgörs genom en simulerad trafikbelastning där en cylindrisk provkropp utsätts för vertikal, statisk och dynamisk belastning samt en horisontell statisk belastning. Metoden kallas ett dynamiskt triaxialförsök där resultat utgörs av ett E-modul-värde för materialet. Detta kombineras med ett fallviktförsök på samma provkropp där en vikt får falla fritt på materialet som därefter undersöks och en permanent deformation kan mätas upp. Ett krossat bergmaterial som är väl packat har en E-modul runt 250-450Mpa. (Grönholm, 1997)

4.2.5 Förmåga att suga upp vatten

Ett materials förmåga att binda vatten, kapillaritet, ökar ju finkornigare materialet är. Den kapillära stighöjden skiljer sig mellan olika jordarter. Ett makadammaterial till exempel, har en låg kapillaritet då dess huvudsakliga uppgift är att dränera bort vatten. Avsaknaden av finkornen i ett sådant material medför dock att bärigheten blir låg. (Granhage, 2007)

4.2.6 Sammanfattning

Vid beaktning av ett stenmaterial med god standard i bärighet på obundna lager samt beläggningslagren kan man sammanfatta egenskaperna på följande sätt:

Kornfördelning	Välgraderat
Stenstorlek	Större fraktioner ger bättre bärighet.
Föroreningshalt	Bör vara låg helst obefintlig.
Flisighet	Kubisk form ultimata, flisighetstal 1.
Stänglighet	Ju stängligare desto bättre.
Krossyttegrad	Ju högre, desto bättre, maxvärde 100.
Glimmer	Glimmerhalten bör vara låg.
Kulkvarnsvärde	Ju lägre desto bättre.
Los Angeles-värde	Ju lägre desto bättre.
Micro DeVal	Ju lägre desto bättre.
Sprödhet	Ju lägre desto bättre.
Dynamiskt triaxialförsök	Ju högre E-modul desto bättre.
Fallviktsmätning	Ju högre desto bättre.
Kapillaritet	Ju lägre desto bättre.

Självklart skiljer sig kraven för ett bärlager jämfört med ett slitlager då ett bärlager har högre krav på micro deVal-värdet medan ett slitlager har högre krav på kulkvarnsvärdet. (Granhage, 2007)

4.3 Användningsområden

Det största användningsområdet för bergmaterial är som konstruktionsmaterial för vägar, järnvägar och annan infrastruktur. Idag används över hälften av bergmaterialproduktionen till att bygga vägar. Vägar som är uppbyggda i flera lager där varje lager har sin funktion vilket medför att olika krav ställs på de olika lagren och materialen. Tillsammans samverkar de olika lagrena för att ta upp och fördela trafikens belastning så att vägen inte sjunker, rasar eller spricker. Med samma princip byggs järnvägsbanor, landningsbanor för flygtrafiken och så vidare.

Det finns samtidigt många andra användningsområden för bergmaterialet t.ex. vid betongtillverkning där cirka 80 % av beståndsdelarna i betong är ballast. Andra exempel på användningsområden är gator, parkeringsplatser, lekytor, grundläggning för hus och liknande byggnader, fyllning för alla slags ledningar, filter för att rena vatten i reningsverk och mycket mer.(Sveriges Bergmaterialindustri, 2011)

4.4 Arbetsmiljö

Att arbeta med framställning av stenmaterial innebär en viss farorisk då stora maskiner hankas med stora mängder material i tillverkningsprocessen. Detta kan medföra personskador då människor kan komma i vägen för maskinens framfart. Krossningsprocessen är högljud och skapar en stendammutsveckling vilket inte är skonsamt för hörsel och lungor. Samtidigt som det alltid finns en risk för personskador då sprängsten ofta är vassa, tunga och otympliga.(Johansson, 2011)

4.5 Kostnader

För att få en inblick i kostnaden av de olika materialen redovisas vissa speciellt utvalda fraktioner i tabell 4.6. De berörda fraktionerna är några av de vanligast förekommande vid väg- och anläggningsarbeten. Priserna på materialen är beräknat utifrån avhämtning direkt ur bergtäkt.

Tabell 4.6 Kostnadstabell (AB Nybrogrus, 2011)

Fraktion (mm)	Bergkross (kr/ton)	Naturgrus (kr/ton)
0-8	64	65
11-16	105	105
16-32	90	94
Förstärkning 0-200	46	-
Morän 0-200	-	26
Osorterad morän	-	22

5 Återvunnen betong

När betongmaterialet har genomgått krossningsprocessen har materialet fått nya egenskaper som skiljer sig mot de tidigare. Idag ställs väldigt höga krav på ett stenmaterial vid användning till förstärkningsmaterial och bärlager med mera. Har betongkrossen tillräckligt goda egenskaper för att platsa som detta, eller vad finns det för nya användningsområden för materialet?

Kapitlet kommer att ta upp vilka egenskaper betongkrossen får sett utifrån testerna som beskrivits i tidigare kapitel, samt vilka eventuellt ytterligare tester som utförs på betongkrossmaterial. Utifrån dessa kan vi utläsa vilka användningsområden betongkrossen är duglig till.

Betongen delas generellt upp i två olika kategorier där dess egenskaper varierar kraftigt.

- Spillbetong, kategoriseras som ädel och är den betong som kommer ifrån cementgjuterier och betongfabriker samt liknande företag där betong inte har hunnit bli förorenad av några andra material. Armeringsjärn är den enda tillsatsen man godkänner som förorening. Materialet kan därmed betraktas som fri från miljöbelastande ämnen.
- Rivningsbetong, är den andra kategorin där övrigt betongmaterial hamnar såsom rivna byggnadsverk till exempel hus, broar eller betongbeläggningar. Rivningsbetongen ska vara fri från miljöbelastande ämnen såsom PAH, PCB, CFC, asbest med mera. Detta ska understrykas genom skriftligt intyg som upprättas i samband med planeringen av rivningsarbetet. (Skogö, 2004)

5.1 Egenskaper

Egenskaperna för ett betongkrossmaterial skiljer sig från ett stenmaterial. Under följande underrubriker redovisas betongkrossens standard och kvalitet.

Generellt kan man utgå ifrån att krossad betong som har haft en högre kvalitet innan krossning kommer medföra en högre kvalitet i proverna efter krossning. Detta medför att betongkrossens egenskaper skiljer sig väldigt från upplag till upplag och därför är man väldigt noggrann med att skilja på spillbetong och rivningsbetong. Rivningsbetongen som kommer från byggen som är över 60 år gamla har oftast en mycket sämre kvalitet än en rivningsbetong från 20 år tillbaka. Därmed blir spillbetongen ädel och rivningsbetongen oädel. (Skogö, 2004)

5.1.1 Kvalitetsklass

Utifrån materialegenskaperna klassas materialet i fyra olika klasser där klass ett är av högsta kvalitet och klass fyra av den lägsta. För att bestämma klasserna utförs först ett prov över betongkvaliteten och sedan ett prov över renheten. (Skogö, 2004)

5.1.1.1 Betongkvalitet

Kvaliteten på betongen bestäms genom prov på tryckhållfasthet eller med micro deVal. Tryckhållfastheten kan bestämmas genom dokumenterade uppgifter om betongkvaliteten eller genom tryckprov av utborrade kärnor. (Skogö, 2004)

5.1.1.2 Renhet

Den krossade betongen klassificeras genom tester av förekomsten av andra material. Andra material får inte innehålla eller utgöras av miljöbelastande ämnen såsom, PAH, PCB, CFC, kvicksilver, asbest eller av beställaren andra angivna miljöfarliga ämnen. Betongkrossens sammansättning skall även bestämmas, materialet delas upp i krossad betong, lätt betong, tegel och övrigt material. Där övrigt material kan vara gips, plast, papper, bitumen med mera. Resultat redovisas i viktprocent av torrt material. (Skogö, 2004)

5.1.1.3 Klassificeringstabell

Nedan visar tabell 5.1 hur de olika kvaliteterna räknas in i klassificering för krossad betong. Betongkvaliteten bestäms utifrån tryckhållfasthetsprov och micro deVal-värde. Renheten avgörs genom en okulär bedömning av materialet. Betongkross av kvalitetsklass ett har i många av testerna lika goda värden som ett stenmaterial som klarar VVK Väg:s krav för trafikklass sju. Medan klass fyra är av lägsta kvalitet och kanske främst duger till slänthyllnad. (Skogö, 2004)

Tabell 5.1 Klassificeringstabell för krossad betong. (Skogö, 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 lättbgt max ⁽⁴⁾	Tillåten mängd övrigt max ⁽⁵⁾
Nr	MPa	MPa	MPa		vikt %	vikt %	vikt %	vikt %
1	≥ C 30/37	≥ K40	≥ 30	= 25	100	0	0	0
2	≥ C 20/25	≥ K25	≥ 20	= 35	95	5	1	0,5
3	≥ C 12/15	≥ K12	≥ 10	= 50	80	20	5	2
4	–	–	–	–	50	50	50	10

5.1.2 Kornfördelning

Att få det krossade betongmaterialet att uppfylla de krav som ställs på förstärknings-, bärlager- och makadamaterialet har i flera undersökningar visats vara uppnåeliga utan problem. Det medför att kornfördelningen på ett betongkrossmaterial är likvärdigt med ett stenkross- och naturgrusmaterial. (Grönholm, 1997)

5.1.3 Stabilitet och styvhet

I många undersökningar av dynamiska treaxialförsök har det visats att ett betongkrossmaterial uppvisar en bättre styvhet och stabilitet vid påkänningar under 1200 KPa än ett natur- eller bergkrossmaterial. Så höga belastningar utgörs sällan ett förstärkningslager för. Vid högre belastningar än 1200 KPa tenderar betongmaterialet att krossas ned mer än ett stenmaterial vilket inverkar sämre på stabiliteten och styvheten. Cylinderprovet för betongkrossen bör ligga på ett värde över 30 MPa för att vara dugligt till användning som förstärknings- eller bärlager. Medans ett fallviktsprov bör uppnå ett värde 450 MPa för att klassificeras till klass 1 och 2 enligt VVK Väg. Nedan visar tabell 5.2 elasticitetsmodulen för de olika klasserna. (Grönholm, 1997)

Tabell 5.2 Tabell E-modul. (Skogö, 2004)

Kvalitetsklass	Elasticitetsmodul (MPa)
1	450
2	450
3	250
4	150

5.1.4 Nötningsegenskaper

Resultat från kulkvarnsprover visar att kvaliteten för betongen är av stor betydelse vid utfallet på kulkvarnsvärdet. En betong med en låg kvalitet medför en låg cylinderhållfasthet och ett högt kulkvarnsvärde. Nedan visar tabell 5.3 ett mätresultat från ett flertal kulkvarnstester där betongkvaliteten skiljer sig.

Tabell 5.3 Tabell över hur betongkvaliteten påverkar kulkvarnsvärdet. (Grönholm, 1997)

Betongkvalitet	Kulkvarnsvärde
Betong från skola byggd på 50-talet	38
Betong med cylinderhållfasthet på 73 MPa	25,8
Betong med cylinderhållfasthet på 30 MPa	36,6
Betong med cylinderhållfasthet på 7 MPa	52,2
Betong från rivningshus	29,7
VVK Väg:s krav på obundet bärlager med byggtrafik	≤18
VVK Väg:s krav på obundet bärlager utan byggtrafik	≤30
VVK Väg:s krav på förstärkningslager	30

5.1.5 Tjäle

Krossad betong av klass 1-3 är normalt sett inte tjällyftande på grund av dess oförmåga att binda vatten och blir därmed klassificerad i tjälfarlighetsklass 1 som är den minst farliga. Betongkross av klass 4 anses däremot som något tjällyftande och hamnar på klass 2 i tjälfarlighetsklassningen. (Skogö, 2004)

5.1.6 Frostbeständighet

Betongkrossen har i många tester uppvisat dåliga värden på frostbeständighet. Uppmätta värden visar på att 30 till 40 vikt-% bryts ner under testerna. Jämför man detta med ett stenmaterial som har ett värde under 1 % så utgör detta en betydlig skillnad. (Hartlén, 1999)

5.1.7 Kapillaritet

Tester som gjorts visar att uppsugningsförmågan av betongen är låg men ändå befintlig. Då testet utfördes mättes absorberingen i vikt-% efter 24 timmar respektive 13 dygn. Värden gav då 0,5 samt 1,1 % av vikten. (Hartlén, 1999)

5.1.8 Sammanfattning

Nedan visas en uppställning över de olika egenskaperna för betongkrossmaterial samt ett omdöme om materialets förmåga att uppnå dessa.

Kornfördelning	Likvärdigt med stenmaterial
Föroreningshalt	Är obefintlig vid restbetong
Flisighet	Likvärdigt med stenmaterial
Stänglighet	Likvärdigt med stenmaterial
Kulkvarnsvärde	Vid god betongkvalitet runt 30
Micro DeVal	Vid god betongkvalitet runt 25
Dynamiskt treaxialförsök	Vid god betongkvalitet runt 40 MPa
Fallviktsmätning	Välpackat av klass 1-2 450 MPa
Tjälfarlighet	Låg
Frostbeständighet	Dålig
Kapillaritet	Låg

5.2 Användningsområden

De olika användningsområdena skiljer sig väldigt för betongkrossmaterialet, då dess egenskaper och kvalitet varierar kraftigt. Ett krossat material bestående av rivningsbetong från en äldre byggnad har ett mycket smalare användningsområde än en restbetong som kommer från en betongfabrik eller liknande. Ett sådant material är oftast rent från föroreningar av andra material samtidigt som den har en god och ofta dokumenterad kvalitet. (Skogö, 2004)

5.2.1 Vägöverbyggnad

Ett material som skall användas till vägöverbyggnad har väl dokumenterade krav av VVK Väg som är en standard publicerad av vägverket. Vägens standard avgörs av hur många standardaxlar som beräknas passera under vägens livstid. Där klass ett är den lägsta och klass sju den högsta. (Vägverket, 2009)

Betongkrossens egenskaper för beständighet medför att materialet inte kan användas till obundet bärlager då dess nedkrossning är för stor. Kulkvarnsvärden har visat att den krossade betong har svårt att klara VVK Väg:s krav. I och med att beständigheten

är låg är också nötningsmotståndet lågt vilket medför att det inte heller lämpar sig till någon form av slitlager enligt VVK Väg. Materialet visar dock upp ett värde på styvhet vid packning som till och med kan ge ett högre värde än ett krossat bergmaterial. Detta beror främst på att betongen har en förmåga att återfå sina bindningsegenskaper vid bra packningsförhållanden. Likaså visar provningar av tjälfarlighetsklass och kornfördelning uppnår ett resultat som är inom ramarna för VVK Väg:s krav. (Skogö, 2004)

Betongmaterialet har tillräckligt goda egenskaper för att användas som fyllnadsmaterial i en undergrund på en vägbyggnad då belastningar inte är lika höga på det underliggande lagrena. (Vägverket, 2009)

Sammanfattningsvis kan man utläsa att materialet är dugligt för användningsområden där krav för belastnings- nötningsegenskaperna inte är högsta prioritet, exempel på detta är parkeringsytor och cykelvägar där det enbart trafikeras av enstaka fordon över 3,5 ton. Tester med hjälp av provvägar har även visat att användning av betongkrossmaterial som förstärkningslager har vid grövre fraktioner haft ett så pass högt nedkrossningmotstånd att det skulle kunna godkännas i de lägre klasserna av VVK Väg:s krav. (Skogö, 2004)

5.2.2 Husbyggnad

Vid husbyggnad skiljer sig kraven för grundmaterialet kraftigt utifrån hustyp och storlek. Då belastningen blir väldigt olik på grunden beroende på om huset är byggt av trä eller betong samtidigt som antalet våningar medför en avgörande del på husets vikt.

Att använda betongkrossen som makadammaterial är inte lämpligt då ett makadammaterial bör innehålla en så låg kapillaritet som möjligt för att kunna transportera bort fukt från huset. Tester har visat att betongkrossen har en låg men ändå befintlig kapillaritet vilket gör den olämplig som makadam under husgrunder eller fundament till exempel.

Vid återfyllning runt hus och utfyllning av hustomter för både beläggning av gräsmattor samt marksten är betongkrossmaterialet ett bra alternativ eftersom tjälfarligheten är låg och styvheten är hög samtidigt som inga större belastningar kommer påverka materialet. (Skogö, 2004)

Tyngre konstruktioner såsom broar och höghus ställer höga krav på undergrunden för fundamenten. Betongkrossens egenskaper av dåligt nedkrossningsmotstånd medför att den blir högst olämplig som material i dessa lägen. (Johansson, 2011)

Betongkrossmaterialet bör inte användas i de lägen då stark genomströmning av vatten förekommer då dess höga pH kan medföra korrosion på övrigt material i omgivningen. (Skogö, 2004)

5.2.3 Betongballast

Den krossade betong kan även användas till ny ballast vid betongtillverkningen på så sätt minskas uttaget av ändliga naturmaterial. Återvinningsballasten kan dock inte ge

lika goda kvaliteter som en betong med ren stenballast men för de lägre klasserna är den krossade betongballasten ett godkänt alternativ. (Hansson, 2000)

5.3 Arbetsmiljö

Krossning av betong medför ofta en stor stendambildning. Om ballasten i betongen innehåller stora mängder av kvarts kräver arbetarskyddsstyrelsen att materialet bevattnas innan krossning då vattnet binder det farliga kvartsdammet som uppstår. Inandning av kvartsdamm kan orsaka silikos, stendammslunga, vilket orsakar nedsatt lungfunktion och ökad belastning på hjärt- och kärlsystemet. Samtidigt som damm uppstår medför också krossningen en hög ljudnivå, vid allt arbete intill och i närheten av krossningen ska då hörselskydd användas.

Den krossade betongen har ofta ett högt pH-värde som i samband med en hög alkalihalt kan medföra värden upp till 12. Att arbeta med ett sådant material kan medföra stora skador på maskinerna i form av korrosion. (Grönholm, 1997)

5.4 Kostnader

Kostnaderna för betongmaterialen är väldigt förmånliga i jämfört med ett stenmaterial detta kan avläsas i tabell 5.4 nedan.

Typ	kr/ton
0-32	40
0-90	50

Tabell 5.4 Kostnadstabell krossad betong. (AB Nybrogrus, 2011)

6 Deponi

Deponi kommer från ordet deponeras, en plats där avfall dumpas. Förr användes namnet soptipp vilket kan tyckas ha en sämre klang än deponi. EU kom med nya direktiv angående miljökraven, där allt avfall måste sorteras. Detta medförde ett förbud mot fri deponering och ett högt pris på deponering vid godkända tippor. De nya kraven gjorde att man idag strävar efter att göra alla material återanvändningsbara och på så sätt ge dem ett andrahandsvärde efter dess första användning. Detta för att undvika deponi i så lång utsträckning som möjligt. Figur 6.1 visar en sludeponi av hushållsavfall. (Naturvårdsverket, 2011)



Figur 6.1 Deponi av hushållssopor.

Kapitlet begränsas till att främst beröra deponi av betongmaterial då deponifrågan är väldigt omfattande i storlek och skiljer sig väldigt från material till material.

6.1 Deponiupplag

Förr var deponiupplag en självklarhet, nästan alla kommuner använde sig av en deponi, där det deponerades byggskräp, betong, dåliga jordmassor, stubbar och lite allt möjligt som inte var av intresse för återanvändning. Men sen lagarna skärptes och stora böter delats ut stängdes alla fria deponier helt.

Idag finns större återvinningscentraler i nästan varje kommun, här sorteras sopor från privatpersoner och företag. Material av cement- och betongkaraktär sorteras utifrån dess kvalitet och typ. Armeringsfri och armerad betong sorteras för sig för eventuell direkt återanvändning eller nedkrossning. Återanvändning som befintligt material kan förekomma vid prefabricerade betongprodukter såsom, balkar, pelare, murblock med mera. Betongmaterial förorenat av till exempel oljor, PCB eller liknande miljögift förekommer också och sorteras försigtigt för att genomgå sanering innan återanvändning. (Naturvårdsverket, 2011)

För slutdeponering av krossad betong ligger skatten på 453kr/ton. Denna höga kostnad medför att deponeringskostnaden för betong till återanvändning blir hög. Då inte alla betong går att återanvända hamnar vissa delar på slutdeponering och skattas därmed av den höga deponiskatten. (Oscarsson, 2011)

6.1.1 Tillgänglighet

En viktig fråga för återvinningen av ett material är tillgängligheten av en återvinningscentral eller deponiupplag. Då transportkostnaderna blir allt högre i samma takt som kostnaden för bränsle ökar medför detta att en liten mängd betongmaterial kan medöra en större miljöpåverkan vid en transport än vad den hade gjort vid slutdeponering på plats. Därför är tillgängligheten av deponeringsupplag av stor betydelse. (Johansson, 2011)

6.2 Miljöpåverkan

Ett icke förorenat betongmaterial är idag inte farligt för miljön då betongen inte släpper ut några farliga ämnen vid deponering. En större genomströmning av vatten kan dock medföra att pH-värdet i området ökar. Gammal cement och betong kan även innehålla vissa halter av krom men anses idag inte påverka miljön.

Den armering som finns i betongkonstruktioner kan, om den ligger öppen och inte med ett omslutande betonglager, leda till förhöjda halter av järn i området där det deponeras. En förhöjd järnhalt i naturen medför ingen negativ miljöpåverkan men vid höga halter intill en vattentäkt kan det medföra att vattnet smakar illa och får missfärgning. Likaså kan armeringsjärn som ligger fritt i naturen medför skador på djur och människor då de ofta är vassa och långa samt kamouflerar sig bra naturens färger. (Riksantikvarieämbetet, 2009)

6.3 Kostnader

Kostnader för att lämna betongskrot på återvinningscentraler och deponiupplag varierar väldigt, då kostnader för att återvinna materialet skiljer sig. Ett material utan föroreningar och armering är självklart billigare att återvinna än ett material med oljeföroreningar och armering som måste saneras innan krossning. Nedan visar tabell 6.2 kostnader för olika kategorier av betongskrot. Uppgifterna är tagna ifrån ett deponiupplag i östra småland, priserna kan variera utifrån vart du befinner dig i landet.

Typ	Kr/ton
Oarmerad	60
Armerad ej sönderklippt	250
Armerad sönderklippt 60x60 cm	100

Figur 6.2 Tabell över deponikostnader.(AB Nybrogrus, 2011)

7 Fallstudie

I detta kapitel kommer fem olika sorters scenarier sättas upp där kostnadsjämförelser kommer göras på alla de olika kostnaderna i processen, rivning, transport, krossning, deponi med mera. De olika scenarierna kommer ställa återvinning av betongen emot att deponera betongen och använda sig av andra material istället. Resultat kommer ge en insikt i om det är ekonomiskt hållbart att återvinna materialet i alla lägen.

Kostnadsberäkningarna kommer ge svar på om det är ekonomiskt hållbart att återvinna betongmaterialet i alla lägen. Alla scenarierna är beräknade utifrån att det är helt rent från övrigt byggmaterial såsom inredning och innerväggar av icke cementbaserat material med mera. Detta medför att det är direkt färdigt för rivning med grävmaskin eller liknande.

7.1 Scenario 1

En tvåvåningsvilla med källare byggd i betong ska rivas i ett bostadsområde någonstans i Sverige. Efter rivning ska en återfyllning av schakten göras med återställning till gräsplan. Höga krav på buller och damm finns.

7.1.1 Alternativ A, återvinning

Här används en grävmaskin med pulveriseringsverktyg som får krossa ned huset på plats och använda materialet till fyllnadsmassor i schakten för den tidigare källaren. Grävmaskinen av typen 30 ton får även återställa området efter rivningen. Ytterligare används en lastbil för att forsla bort armeringsskrot och eventuellt överblivet material. En anläggningsarbetare är med under hela rivningen för att hjälpa till med packning av återfyllnaden samt bevattna rivningen för att minska dammbildning som lätt uppstår. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 1. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 78 000 kr

7.1.2 Alternativ B, deponering

I detta alternativ använder vi samma grävmaskinstyp på 30 ton som är utrustad med ett klippverktyg istället för pulveriserare. Materialet lastas på lastbil med släp som för materialet till deponi, vilken finns inom ett avstånd på tre mil. Som retur lastas osorterad morän för att användas som återfyllnad. Under hela rivningen finns en anläggningsarbetare med för att hjälpa till med packning av återfyllnaden samt bevattna rivningen för att minska dammbildning som lätt uppstår. Vid återfyllnaden används samma grävmaskin som vid rivningen. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 1. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 86 000 kr

7.2 Scenario 2

Ett flerbostadshus på fem våningar plus källare, byggd av prefabricerad betong ska rivas. Återanvändning av befintliga balkar och pelare beaktas ej utan allt ska krossas

eller deponeras. Efter rivning skall marken återställas till grusplan för möjlighet till nybyggnad av nya hus. Höga krav på buller och damm finns. (Johansson, 2011)

7.2.1 Alternativ A, återvinning

Byggnaden rivs med hjälp av en grävmaskin av typen 30 ton utrustad med ett multiklippverktyg. Maskinen klipper ner materialet till lagom storlek för att transporteras med dumper till mellanupplag. Eftersom höga krav på buller och damm ställs så väljer man inte att krossa på platsen utan använder en mer avlägsen plan två kilometer bort. Två dumprar används och de har tillstånd att köra med full last då vägarna är av god kvalitet. Materialet krossas därefter med en grävmaskin utrustad med pulveriserare. Mängden betong är för liten vilket medför att en etablering av en krossanläggning skulle bli för dyr. Delar av betongkrossen återanvänds som fyll i schakten och överblivet material säljs som fyllnadsmaterial för 20 kr/ton. Vid återställning används en mindre hjullastare samt en mindre grävmaskin av typen fem ton. Under hela processen finns en anläggningsarbetare med för övervakning samt diverse arbeten. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 2. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 205 000 kr

7.2.2 Alternativ B, deponering

Byggnaden rivs på samma sätt som i alternativ A men ett högre kvar på storleken av rivningsmaterialet ställs till 60 x 60 centimeter. Därefter lastas materialet på två stycken lastbilar med släp för deponering cirka tre mil bort. Som retur lastas osorterad morän vilket används till återfyllnande av schakten. Återfyllnaden utförs av samma grävmaskin som använts vid rivningen. Under hela processen finns en anläggningsarbetare med för övervakning samt diverse arbeten. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 2. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 320 000 kr

7.3 Scenario 3

En stor industribyggnad beläget i ett avskilt område med stora uppställningsytor ska rivas. Konstruktion är uppbyggd av betong och möjlighet för krossning på plats finns. Efter rivningen ska marken återställas till grusplan för möjlighet till nybyggnation.

7.3.1 Alternativ A, återvinning

Industribyggnaden rivs med hjälp av en grävmaskin av typen 30 ton utrustad med ett pulveriseringsverktyg. Samtidigt som industrin rivs krossas materialet till en storlek på 30 x 30 centimeter för att få ut så mycket fint material som möjligt. Stora delar av armeringen kan då samtidigt skiljas åt sidan. Rivningsmaterialet sorteras därefter med hjälp av ett sorteringsverk och en hjullastare av större storlek. Sikten siktar fram ett material med fraktionen 0-90. Materialet används till återställning av grusplanen. Överfraktionen körs med hjälp av lastbilar med släp till ett deponiupplag som ligger cirka två mil bort, eller krossas igenom om önskad mängd inte uppnåts. Återställningsarbetet utförs av samma hjullastare. Under återställningsarbetet finns hela tiden en anläggningsarbetare med som kontrollerar höjder och utför diverse arbeten. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 3. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 225 000 kr

7.3.2 Alternativ B, deponering

Industribyggnaden klipps ner med hjälp av en grävmaskin av typen 30 ton utrustad med ett multiklippverktyg. Grävmaskinen klipper ner materialet till en storlek på 60 x 60 centimeter som därefter körs på deponi med hjälp av lastbilar med släp. Deponiupplaget är beläget två mil bort och som retur tar man ett bergmaterial av storleken 0-90 som används till återställningen av grusplanen. Återställningsarbete utförs av samma maskin som tidigare fast med skopa samt en anläggningsarbetare till hjälp. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 3. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 315 000 kr

7.4 Scenario 4

En mindre vägbro av typen rambro ska rivas och ersättas med en ny modernare träbro. Trafiken leds om tillfälligt och tidspressen blir därmed hög. Marken intill bron ska iordningställas till färdig botten för nya fundament därmed ställs höga krav på fyllningsmaterialet.

7.4.1 Alternativ A, återvinning

Eftersom höga krav på tidspressen ställs finns det ett behov av dubbla grävmaskiner. En utrustad med hydraulhammare och den andra med ett multiklippverktyg båda av typen 30 ton. Bron demoleras snabbt och materialet lastas med hjälp av en av grävmaskinerna på dumparna som för materialet till ett mellanupplag i närheten. Dumparna har tillstånd att köra med full last. Rivningsbetongen från bron krossas senare med hjälp av ett pulveriseringsaggregat till en finare fraktion. Ett betongkrossmaterial uppfyller inte den standard som VVK Väg kräver för förstärkningsmaterial vid fundament. Därmed köps ett 0-90 material in som fraktas med hjälp av lastbil med släp från en bergtäkt cirka tre mil bort. För att återställa den färdiga grunden till de nya fundamenten används den andra grävmaskinen samt en anläggningsarbetare som hjälper till med höjder och packning. Den krossade betongen används som släntfyllnad. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 4. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 100 000 kr

7.4.2 Alternativ B, deponering

Rivningsprocessen sker på samma sätt som i alternativ A med skillnaden att materialet klipps ner noggrannare till ett 60 x 60 centimeters material. Rivningsmaterialet lastas däremot direkt på lastbilar med släp och körs till närmaste deponeringsanläggning som ligger cirka tre mil bort. Som retur lastas 0-90 material vilket används vid återfyllning vid fundamenten för den nya bron. I samband med återfyllnaden används en av grävmaskinerna samt en anläggningsarbetare som hjälper till med höjder och packning. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 4. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 100 000 kr

7.5 Scenario 5

Ett stort bostadsområde med 24 större villor i betong ska rivas. Då de befintliga bostäderna ej är av intresse ska nya villor byggas i ett modernare format. Material som förstärknings- och bärlager är därmed av stort intresse för nybyggnaden. I närheten finns även möjlighet för ett större upplag av rivningsmaterial för återanvändning.

7.5.1 Alternativ A, återvinning

Alla rivningar utförs med samma grävmaskin av typen 30 ton utrustad med ett pulveriseringsaggregat. Rivningsmaterialen förs till det närliggande upplagsområdet med hjälp av en dumpers som lastas av en annan grävmaskin. Allt rivningsmaterial krossas av ett mobilt hammarkrossverk till en fraktion av 0-40 som senare kan återanvändas vid nybyggnation av hus området. Då ett material av denna fraktion kan användas som försäkningsmaterial vid uppfatter, gång och cykelvägar med mera. På så sätt kan rivningsmaterialet gå med vinst då en avgift tags på det krossade betongmaterialet. Vi antar att alla hus även har källare vilket medför ett stort behov av återfyllnadsmaterial. Till detta används osorterad morän som fraktas med lastbil och släp från en täkt tre mil bortifrån. För att återställa tomterna används samma grävmaskin som till utlastningen av rivningsmaterialet samt en anläggningsarbetare som hjälper till med höjder och packning. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 5. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 1 195 000 kr

7.5.2 Alternativ B, återvinning

I stället för att transportera bort rivningsmassorna använder vi dem som i scenario 1 alternativ A, krossar ner huset på plats och använder rivningsmaterialet till fyllnadsmassor. Återställningen utförs av en annan grävmaskin av samma storlek som rivningsmaskinen. Under återställningsarbetet finns hela tiden en anläggningsarbetare till hands som kontrollerar höjder och packning. Vid behov av extra fyllnads material köps osorterad morän av en täkt tre mil bort. Materialet transporteras med lastbil med släp. Om det skulle bli massöverskott körs detta på deponi. Kostnadsberäkning ses i Bilaga 5. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 1 235 000 kr

7.5.3 Alternativ C, deponering

Alternativ C: I det sista alternativet väljer vi att riva husen med en grävmaskin av typen 30 ton utrustad med ett klippverktyg som klipper ner materialet till en 60 x 60 centimeters fraktion som sedan fraktas med lastbil och släp till ett deponeringsupplag. Som retur lastas osorterad morän som används vid återfyllnaden av schakten. Återställningen utgörs av en annan grävmaskin i samma storlek som även lastar ut rivningsmassorna. Under hela återställningsarbete finns en anläggningsarbetare till hands för att hålla koll på höjder och packning. (Johansson, 2011)

Totalkostnad: 1 600 000 kr

8 Analys

I kapitlet analyseras beräkningsresultat i tidigare kapitel utifrån dess olika scenarion och alternativa tillvägagångssätt.

8.1 Scenario 1

En tvåplansvilla med källare rivs på ett sätt så att allt rivningsmaterial återanvänds till fyll i schakten enligt alternativ A. Detta ställs emot att deponera materialet och ersätta det med en ändlig resurs av morängrus. Vid enbart undersökning av priset blir krossningen på plats, alternativ A, det helt klart billigare alternativet. Närmare 10 % billigare. Det som höjer priset i alternativ B är den stora kostnaden för deponering av rivningsmassorna som ligger på 100 kr/ton.

Vid beaktning av miljö där antal maskintimmar undersöks så är alternativ B det klara valet med 20 % färre timmar än alternativ A. Men samtidigt så använder sig alternativ B av en ändlig resurs av typen osorterad morän samt att betongmaterialet hamnar på deponi för krossning eller slutförvar. Vilket medför en ytterligare belastning för miljön. Då både morängruset ska utvinnas samtidigt som den deponerade betongen ska krossas eller slutdeponeras. Detta i jämfört med alternativ A där betongen redan är färdigkrossad och återanvänd.

Sett ur framtidsperspektiv duger betongkrossningsmaterialet till återfyllnadsmaterial vid belastning av standardvillor. Men vid större byggnationer såsom flerbostadshus kan materialet behövas bytas ut och ersättas med ett bättre material som har ett högre motstånd mot nedkrossning för att undvika sättningar.

8.2 Scenario 2

Ett flerbostads hus rivs utifrån två olika tillvägagångssätt. Där alternativ A blir det billigare alternativet med en skillnad på cirka 36 %. Anledningen till den extremt stora prisskillnaden beror på den höga avgiften på deponeringen av betongen som utgör över 50 % av totalpriset på rivningen i alternativ B. Samtidigt utförs en försäljning av det överblivna krossade materialet i alternativ A vilket medför ett det första alternativet blir det självklara valet sett ur ekonomiskt perspektiv.

Ur miljösynpunkt ligger även här alternativ B bättre till hands med cirka 42 % färre timmar än alternativ A. Men precis som i tidigare scenario används ändliga resurser och betongen deponeras vilket medför fler maskintimmar än de som redovisas i beräkningarna. Detta samtidigt som allt material i alternativ A blir återvunnet och återanvänt.

Vid beaktning av framtida användning av marken kan återfyllnadsmaterialet behövas bytas ut i alternativ A, utifall att ett hus av samma storlek skulle byggas på platsen. Betongkrossen med sitt dåliga nedkrossningsmotstånd skulle kunna medföra stora sättningar med tanke på den höga belastningen en sådan byggnad medför.

8.3 Scenario 3

En industribyggnad rivs på två liknande tillvägagångssätt som i tidigare scenarion. Alternativ A medför även här en kostnad som blir cirka 30 % lägre än alternativ B. En skillnad i detta scenario är dock att det krossade materialet är av överskott i alternativ A och en viss procent av rivningsmaterialet körs då på deponi. Det krossade materialet siktas även för att få ut ett förstärkningsmaterial med god standard. Den stora kostnadsskillnaden utgörs främst av det dyra ersättningsmaterialet samt de stora mängderna av rivningsmaterial som deponeras i alternativ B.

Vid beaktning av miljön sett i antal maskintimmar är även här alternativ B det smartaste valet. Trots att tiden för sorterverket i alternativ A inte är inräknat har alternativ B cirka 18 % färre maskintimmar. Precis som i tidigare scenarion så använder sig alternativ B av ett ersättningsmaterial som har ett stort antal timmar bakom sig i framställningsprocessen som ej redovisas i beräkningen.

Sett ur framtidaperspektiv bör båda alternativen vara jämlika. Då fyllningsschakten bara är 40 centimeter djup riskeras inga större sättningar på betongmaterialet om rätt packningsmetod utförts.

8.4 Scenario 4

En mindre bro rivs med hög tidspress, här blir kostnaden för de båda alternativen densamma. Rivningsprocessen blir aningen längre för alternativ B beroende på behovet att hålla nere flakstorleken på deponeringsmaterialet. I alternativ A däremot förs materialet i större block till ett mellanupplag där de krossas ner till en mindre fraktion och återanvänds som släntfyllning. Kostnaden för krossningen blir lika stor som kostnaden för deponeringen med transport.

Ur miljösynpunkt har alternativ B 30 % färre timmar än alternativ A, detta beroende på krossningen och återanvändningen av rivningsmaterialet. Samtidigt har alternativ A en kortare rivningstid då rivningsmaterialet inte har några krav på flakstorleken.

Båda scenariona utgår ifrån att använda bergkrossmaterial som förstärkningsmaterial till fundamenten. Detta på grund av betongens dåliga nedkrossningsmotstånd som skulle medföra sättningar vid fundamenten efter en längre belastning.

8.5 Scenario 5

Ett större bostadsområde rivs enligt tre olika alternativ. Alternativ A blir det billigaste alternativet då det krossade materialet ger en vinst vid försäljningen. Alternativet ligger 3 % respektive 25 % lägre i pris än de övriga alternativen. Om försäljningen av det krossade materialet skulle utebli hade alternativ B varit det självklara alternativet. Ett alternativ där husen krossas på plats och används direkt som fyllnadsmaterial. För alternativ C finns ingen ekonomi då deponikostnaderna och ersättningsmaterialet blir alldeles för dyrt.

Vid beaktning av antal maskintimmar som de olika alternativen medför så är alternativ C det bästa alternativet. Men som tidigare nämnt för andra scenarion beaktas då inte timmarna som deponimaterialet kräver för återvinning eller

slutdeponering. Likaså beaktas inte timmarna bakom utvinningen av moränmaterialet till återfyllnaden. I alternativ A är inte heller timtiden beräknad för krossningen av betongen då den är redovisad i ton istället för timmar.

Sett ur framtida perspektiv skulle alternativ A vara det ekonomiskt smartaste valet. Då skulle ett billigt bra bärlagermaterial finnas nära till hands som duger gott till cykelvägar och garageuppfarter. Samtidigt som återfyllnadsmaterialet utgörs av ett material av god standard för nybyggnation av villor. Återfyllnaden vid Alternativ B kan vid byggnation av större byggnader behövas bytas ut till ett material med bättre nedkrossningmotstånd.

9 Diskussion

Vid problemformulering och syftet ställde jag mig frågor som: hur går återvinningsprocessen till, vad finns det för för- och nackdelar med det återvunna materialet och så vidare. För att undersöka detta använde jag mig av en metod där jag utvärderade ett flertal scenarion efter kostnad, miljö och framtidsförutsättningar. Syftet var att ta reda på i vilka lägen en krossning och återvinning av materialet är lämplig.

Rapporten inleds med ett mindre faktakapitel över betong, angående dess tillverkningsprocess samt egenskaper. Informationen om betong och dess egenskaper fanns det gott om samtidigt som jag gjorde ett studiebesök på Cementa nere i Degerhamn på södra Öland. Där hade jag även en intervju med Benny Björklund som är projektledare på Cementa. Studiebesöket kan ha varit lite överflödigt då tillverkningsprocessen för cement inte är det mest relevanta i arbetet, men intervjun gav god förståelse samt ett ökat intresse för materialet.

Vidare följer kapitalet om återvinningsprocessen ett av de mest relevanta kapitlen i rapporten. Här beskriver jag utförligt de olika metoderna som används för rivning och krossning av betongkonstruktioner. Intervjun med Tommy Johansson på AB Nybro Gräv & Schakt gav mycket vettig information om både tillvägagångssätt, processflöden och kostnader vilket medförde god förståelse samt mycket material att arbeta med. Detta i kombination med litteratursökning gör kapitlet väl utarbetat och innehållsrikt. Kanske skulle fler prisuppgifter tagits fram på olika arbetsmoment för att få en ännu bättre verklighetsbild.

Kapitlet som berör stenmaterial riktar sig främst mot stenens egenskaper då jag tyckte det var det mest relevant att ta upp. Avsnittet för egenskaperna beskriver de olika mätningmetoderna samt godtyckliga värden för de olika. Efter större litteraturstudier verkar det som att jag har fått med alla metoder över de fysikaliska och geometriska egenskaperna för materialen, däremot finns det ett flertal andra metoder för att undersöka kapillaritet och tjälfarlighet samt frostbeständighet vilka jag inte berör mer än nämner i arbetet. I efterhand borde kanske större vikt även lagts på detta. Vägverkets handbok över materialförsörjning har varit till stor hjälp. Trots sin ålder innehåller den fortfarande bra information för underökningar av materials egenskaper.

Efterliggande kapitel handlar om den återvunna betongen där stor vikt lagts på dess egenskaper för att ta reda på vad det är dugligt till. Efter mycket litteraturstudier samt intervjuer och mejlkontakter har jag lyckat ta fram ett sammanfattat resultat att presentera. Många av de olika källorna talar emot varandra vilket har gjort det svårt att få en bild av hur de egentligen ligger till. Jag valde tillslut att förlita mig på vad Vägverket har givit ut och vad deras utvärderingar säger. Så sammanfattat kan man säga att betongkross som bärlager inte klarar kraven i VVK Väg. Betongens nedkrossningsmotstånd är för lågt för att godkännas, däremot är det fullt godkänt för obundna bärlager till cykel och gångvägar. Vidare i kapitlet kan man läsa att tester visat att betongkrossmaterialet kan användas till förstärkningslager då flertal provvägar bekräftat en lägre nedkrossningen i de underliggande lagren vid en vägbyggnad. Dock kan jag inte hitta någon källa som styrker att det används regelbundet till detta.

Återvinningskapitlet tar även upp andra användningsområden för materialet, som betongtillverkning och övrig anläggningsanvändning. Krossen är inte användbar till makadammaterial under husgrunder påstår många. Detta på grund av att kapillariteten är liten men ändå befintlig. Självklart finns det andra makadamanvändningsområden där kraven inte är lika höga. Vid användning av fyllnads- och förstärkningsmaterial, där materialet inte utsätts för återkommande höga belastningar är betongkrossen ett bra komplement till stenmaterialen. Samtidigt kan betongkrossen användas som ny ballast vid betongtillverkning för de lägre betongklasserna.

En sak som gjorde mig förvirrad över betongkrossens egenskaper var att dess tjälfarlighet visade sig vara väldigt låg samtidigt som dess frostbeständighet var dålig. Det känns som dessa två egenskaper skulle hängt ihop bättre. Kapillariteten var förvånansvärt låg hos betongkrossen i jämfört med vad jag förväntat mig och hört rykten om ute i produktionen.

Sista kapitlet innan fallstuderna tar jag upp deponifrågan, och besvara kort frågor över kostnader, miljöpåverkan, lagar och hur viktigt det är med tillgängligheten av deponirena. Det som inte tags upp i kapitlet är lakvattnet som uppstår ur deponierna och vilka miljögifter som dessa kan medföra. Jag har försökt att hålla detta kapitel väldigt kort eftersom jag inriktat mig på att göra kostnadsanalyser och inte miljöanalyser. Företagen som arbetar med deponeringen har varit väldigt hjälpsamma över mejlkontakt med kostnader och information.

Efter att ha analyserat fallstudierna kan jag utläsa att det i alla lägen är värt att återvinna materialet. Kostnaderna för deponeringen är alldeles för stora för att det skulle kunna bli någon lönsamhet i detta. Anledning till de höga priserna på deponering är att skatten för slutdeponering ligger på cirka 453 kr/ton. Denna höga skatt medför även att priserna på det deponerade materialet blir högt. Skulle skatten för slutdeponering sänkas skulle detta medföra att mer material hamnar på deponeringsupplag för krossning istället för deponering på icke godkända tippar till exempel. Mer betongmaterial på deponiupplagen skulle även medföra större tillgångar av krossmaterialet och på så sätt skapa en konkurrens med stenmaterialet då betongkrossen har ett mycket lägre pris men i många lägen samma egenskaper.

Om skatten däremot inte sänks kommer marknaden för mobila betongkrossar öka, då alla beräkningar visar på att det absolut billigaste alternativet idag är att krossa betongen och återvinna den på plats. På så sätt undviker man även kostnaden för återfyllnadsmaterialet. Om man beaktar miljön i första hand så pekar beräkningarna i scenariona på att antal maskintimmar blir färre vid deponering av materialet än vid krossning på plats. Detta beror främst på att ingen efterhantering av materialet är inräknat. Där tillkommer en hel del timmar som inte redovisas. En inräkning av detta tror jag skulle medföra att de båda alternativen skulle bli väldigt jämna ur miljösynpunkt.

Så här i efterhand borde jag kanske utformat scenariona med större skillnader på tillgänglighet på deponier och bergtäkter. Kanske borde jag undersökt några fler scenarion för att få en bättre helhetsbild.

Problemet idag tror jag ligger hos anläggningsföretagen. De har för dålig kunskap om betongkrossens egenskaper och är rädda för att använda det. Rykte om lågt

nedkrossningsmotstånd och hög kapillaritet är vad jag har fått höra när jag varit ute i produktionen. Detta kan bero på att betongkrossens kvalitet skiljer sig utifrån dess betongkvalitet. Med en större marknad skulle betongen kunna sorteras noggrannare och på så sätt kvalitetsklassa betongkrossen bättre.

Att vända denna trend och rykten om materialets dåliga kvalitet tror jag skulle kunna utföras genom kurser i stenmaterialegenskaper och information om nya material på marknaden. Skulle betongkrossmaterialet bli attraktivt skulle samtidigt fler deponeringsupplag skapas och priserna på deponering sänkas på grund av konkurrensen. Jag tror också att betongåtervinning skulle bli effektivare och därmed minska mängden material som hamnar på slutdeponi.

10 Slutsats

Ur rapporten kan man utläsa att fördelarna med återvinna betongen är många, i såväl ekonomiska som miljömässiga och framtidsperspektiv. Den största fördelen med betongkrossen är dess låga pris som gör den väldigt konkurrenskraftig gentemot sten- och naturgrusmaterial. Egenskaperna varierar dock, då dess nedkrossningsmotstånd och frostbeständighet är låga gör detta materialet olämpligt till ett bärlagermaterial vid tungt belastande konstruktioner. Bärigheten hos ett förstärkningsmaterial av betong har i många lägen däremot uppvisat ett bättre värde än ett bergkrossmaterial, allt beroende på kvaliteten hos ursprungsbetongen.

Rapporten visar även på att arbetsmiljön vid betongkross kan medföra korrosion på anläggningsmaskinerna.

Då rapporten visar på att egenskaperna är väldigt lika ett berg- och grusmaterial blir användningsområdena breda. Så länge inte materialet påverkas av en återkommande tyngre belastning är materialet av samma goda standard som ett berg- eller grusmaterial. Exempel på användningsområden kan då vara cykel- och gångvägar, parkeringsytor, utfyllnadsmaterial vid husbyggnad, ny ballast vid betongtillverkning och mycket mer.

Rapportens fallstudie visar upp ett flertal beräkningar på återvinningsscenarioen där alla resultat pekar på att alla former av återvinning är ekonomiskt hållbart då kostnaden för deponering blir för omfattande.

Utifrån analys- och diskussionsdelen kan vi utläsa att problemet idag står i att kunskapen inom betongkrossens materialegenskaper är låg. Materialet har fått ett oförtjänt dåligt rykte vilket gjort den ointressant för marknaden. Detta i samband med att skatten för slutdeponering är hög har medfört att deponeringskostnaden har hamnat på en orimligt hög nivå. Många aktörer inom anläggningsbranschen drar sig därför idag för att både deponera rivningsmaterialet på godkända deponeringsupplag och använda sig av den krossade slutprodukten.

Ett trendsifte där personalen i anläggningsbranschen skulle utbildas bättre inom materialegenskaper samt kontinuerligt få information om nya material på marknaden skulle enligt diskussionskapitlet vara den rätta vägen att gå.

Det återvunna materialet skulle enligt analys- och diskussionsdelen få en större efterfrågan om en bättre kunskap fanns. En större efterfrågan hade i sin tur medfört ett behov av en högre produktion av återvunnet material. En högre produktion skulle även medföra behov av mer skrot- och rivningsbetong på deponierna. Mer material skulle i sin tur medföra en bättre sortering där betong av dålig klass sorterades i en hög och betong av en bättre klass i en annan. På så sätt skulle det kunna säkerställas en bättre kvalitet på de återvunna materialen, samt ett billigare pris på materialen av sämre kvalitet. För att tillfredsställa behovet av rivningsbetong skulle kostnaderna för deponeringen tvingas att sjunka till en lägre nivå. Att sänka kostnaden för deponering skulle enligt diskussionskapitlet inte vara något problem eftersom en efterfrågan av material hade medfört att fler aktörer gett sig in i branschen och på så sätt skapat en konkurrens om materialet.

Analysen av fallstudien uppvisar ett resultat på att alla återvinning med mobila krossenheter är bästa alternativ sett ur ekonomiskt perspektiv. Detta medför att marknaden för denna typen av krossar bör öka så länge inte kostnaden för deponering sjunker.

11 Referenser

AB Nybro Cementgjuteri (2011) Via mejlkontakt den 2011-05-03.

AB Nybrogrus. (2011) *Produkt och prislista*, <http://nybrogrus.se/produktprislista.html> hämtat 2011-03-23

Betong. (2011) Ur Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/betong>, hämtad 2011-03-11

Björklund, B. (Produktionsansvarig, AB Cementa Degerhamn) Intervjuad av Johansson, E den 2011-02-25.

Burström, P G. (2001) Betong. I *Byggnadsmaterial, Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. ss. 204-207. Polen: Pozkal.

Cement. (2011) Ur Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/cement/1141998>, hämtad 2011-03-11

Granhage, L. (2007) Stenmaterialet. I *Kompendium i vägbyggnad*. ss. 10-22. Sverige: Chalmers tekniska högskola.

Grönholm, R. (1997) *Betong i vägar – förstudie*. Boverket 1997. Karlskrona.

Hansson, B. (2000), *Masshantering i Stocholms län*. Länsstyrelsen i Stockholms län, publikation 2000:11

Hartlén, J. (1999) *återanvändning av sekundära material inom anläggningsområdet*. Naturvårdsverket. AFR-Report 275. Stockholm.

Johansson, T. (Verkställande direktör, AB Nybro Gräv & Schakt) Intervjuad av Johansson, E den 2011-02-23.

Karlsson, C. (Krossmaskinist, AB Nybro Gräv & Schakt) Intervjuad av Johansson, E den 2011-03-25.

Naturvårdsverket. (2011) *Avfall*. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Produkter-och-avfall/Avfall/> hämtad 2011-05-02

Oscarsson, G. (2011) (Utvecklingsingenjör) KSRR, Kalmarregionens Renhållare. Via mejlkontakt 2011-05-10.

Riksantikvarieämbetet. (2009) *Cement och cementbundna material*. http://www.raa.se/cms/materialguiden/material/cement_och_cementbundna_material/miljoaspekter.html hämtat 2011-05-03

Skogö, I. (2004) *Krossad betong i vägkonstruktioner*. Vägverket. Publikation 2004:11. Borlänge.

Sveriges Bergmaterialindustri. (2011) *Bergmaterialindustrin*,
<http://www.sverigesbergmaterialindustri.se/bergmaterialindustrin.html> hämtad 2011-03-11

Vägverket (1987) *Materialförsörjningshandbok*. Vägverkets publikation 1987:99 Borlänge.

Vägverket (2009) *VVK Väg 2009*. Vägverkets publikation 2009:120

11.1 Figurförteckning

Figur 3.1-3 <http://www.maskinia.se/?s=produkter&k=produkter>

Figur 3,4-6 http://www.ne.se/lang/krossning?i_h_word=bergmaterial

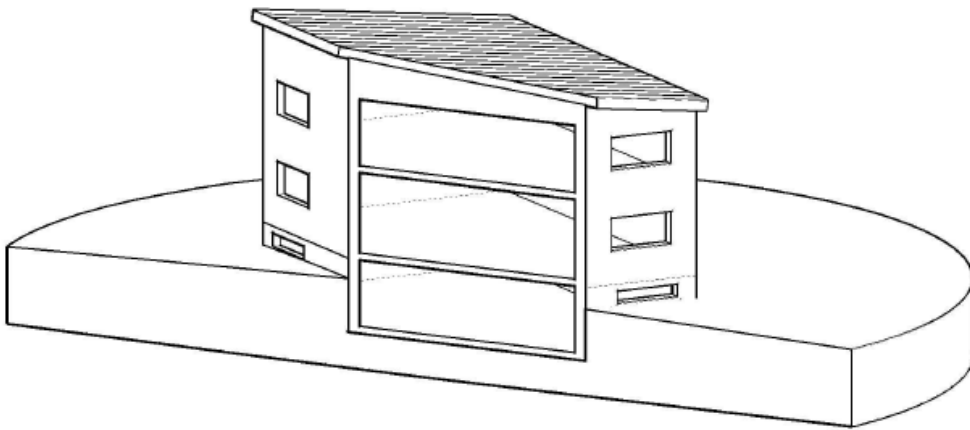
Figure 4.1 <http://www.schwedensplitt.se/pdf/0-32.pdf>

Figure 4:2 <http://nybrogrus.se/produktprislista.html>

Figure 4.4 <http://www.geneq.com/catalog/en/mda.htm>

Figur 6.1 <http://www.ksrr.se>

Bilaga 1



Tvåplansvilla med källare i betong. Rivning samt återställning till gräsyta.

Scenario 1 A

Tvåplansvilla med källare, rivning och krossning på plats.

Cirka 100m³ betong

Cirka 230 ton

Cirka 143 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 130 m³

13 m³ över

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				64000
Grävmaskin med pulvericerare	5000	1100	40	49000
Anläggningsarbetare	1000	350	40	15000
				0
				0
Transportering				2600
Lastbil		650	4	2600
				0
				0
				0
Krossning				0
				0
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
Återställning				11000
Grävmaskin med skopa		850	8	6800
Anläggningsarbetare		350	12	4200
Total maskin tid			52	
Totalkostnad				77600

Scenario 1 B

Tvåplasmilla med källare, rivning och borttransportering samt återfyllnad med osorterat moränmaterial.

Cirka 100m³ betong

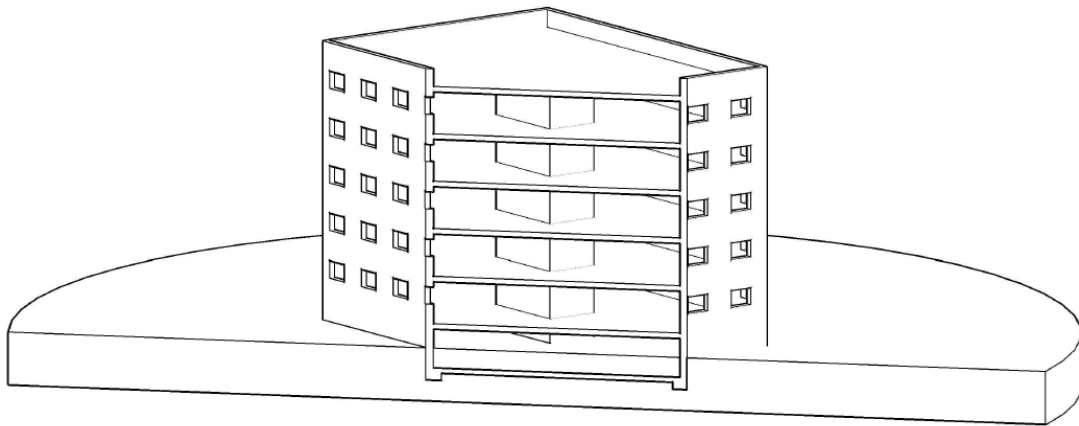
Cirka 230 ton

Cirka 143 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 130 m³ Cirka 235 ton

	Etableringskostnad	A´ pris	Tim	Summa
Rivning				29200
Grävmaskin med Multiklipp	5000	1100	16	22600
Anläggningsarbetare	1000	350	16	6600
				0
				0
Transportering				15300
Grävmaskin med skopa		850	8	6800
Lastbil med släp		850	10	8500
				0
				0
Deponering			Ton	23000
Deponering av arm. Betong 60x60		100	230	23000
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim	17570
Grävmaskin med skopa		850	8	6800
Anläggningsarbetare		350	16	5600
Osorterad morän		22	235	5170
Total maskin tid:			42	
Totalkostnad				85070

Bilaga 2



Flerbostadshus med fem våningar och källare i betong. Rivning samt återställning till gräsyta.

Scenario 2 A

Flerbostadshus med 5 våningar samt källare ska rivas med återställning till gräsplan
Krossning på intilligande område.

Cirka 750 m³ betong

Cirka 1725 ton

Cirka 1078 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 625 m³

453 m³ över

	Etableringskostnad	Å pris	Tim	Summa
Rivning				40800
Grävmaskin med multiklippverktyg	5000	1100	24	31400
Anläggningsarbetare	1000	350	24	9400
				0
				0
Transportering				42000
Dumpers med tillstånd för 25 ton	3000	700	30	24000
Grävmaskin med skopa		850	15	12750
Anläggningsarbetare		350	15	5250
				0
Krossning				79000
Grävmaskin med pulvericerare	2000	1100	70	79000
				0
				0
				0
Återanvändning			Tim Ton	5675
Grävmaskin med skopa		850	10	8500
Dumpers med tillstånd för 25 ton	1500	700	10	8500
Försäljning av fyll		-25	453	-11325
				0
Återställning				36000
Grävmaskin typ 5 ton	1500	500	24	13500
Hjullastare typ 5 ton	1500	500	24	13500
Packning med vibratorplatta		25	24	600
Anläggningsarbetare		350	24	8400
Total maskin tid:			207	
Totalkostnad				203475

Scenario 2 B

Flerbostadshus med 5 våningar och källare ska rivas med återställning till gräsplan

Rivningsmaterialet körs på deponi och ersätts med morän av typen 0-200

Cirka 750 m³ betong

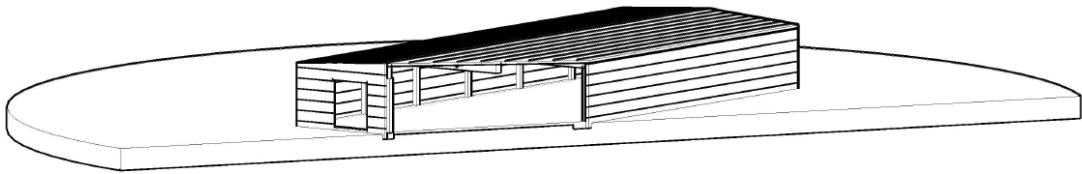
Cirka 1725 ton

Cirka 1078 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 625 m³

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				40800
Grävmaskin med Multiklipp	5000	1100	24	31400
Anläggningsarbetare	1000	350	24	9400
				0
				0
Transportering				68000
Grävmaskin med skopa		850	24	20400
Lastbil med släp		850	56	47600
				0
				0
Deponering			Ton	172500
Deponering av arm. Betong 60x60		100	1725	172500
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	45800
Grävmaskin med skopa		850	16	13600
Anläggningsarbetare		350	16	5600
Morän 0-200		1000	26	26000
Packning med vibratorplatta		25	24	600
Total maskin tid:			120	
Totalkostnad				327100

Bilaga 3



Industrilokal i betong. Rivning samt återställning till grusplan.

Scenario 3 A

En industribyggnad ska rivas och återställas till grusplan för eventuell nybyggnad.

Krossning sker på plats

Cirka 600 m³ betong

Cirka 1380 ton

Cirka 863 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 550 m³

313 m³ över

	Etableringskostnad	Å pris	Tim	Summa
Rivning				115000
Grävmaskin med pulvericerare	5000	1100	100	115000
				0
				0
				0
Transportering			Tim	10200
Lastbil med släp		850	12	10200
				0
				0
				0
Deponering			Ton	50000
Arm. Betong 60 x 60 cm		100	500	50000
				0
				0
				0
Återanvändning			Tim Ton	20260
Sorteringsverk typ LS 902	3000	12	880	13560
Hjullastare typ 12 ton	1500	650	8	6700
				0
				0
Återställning			Tim	25600
Hjullastare typ 12 ton		650	24	15600
Packning med vibratorplatta		25	24	600
Anläggningsarbetare	1000	350	24	9400
Total maskin tid			144	
Totalkostnad				221060

Scenario 3 B

En industribyggnad ska rivas och återställas till grusplan för eventuell nybyggnad.
Rivningsmaterialet körs på deponi och ersätts med bergmaterial av typ 0-90.

Cirka 600 m³ betong

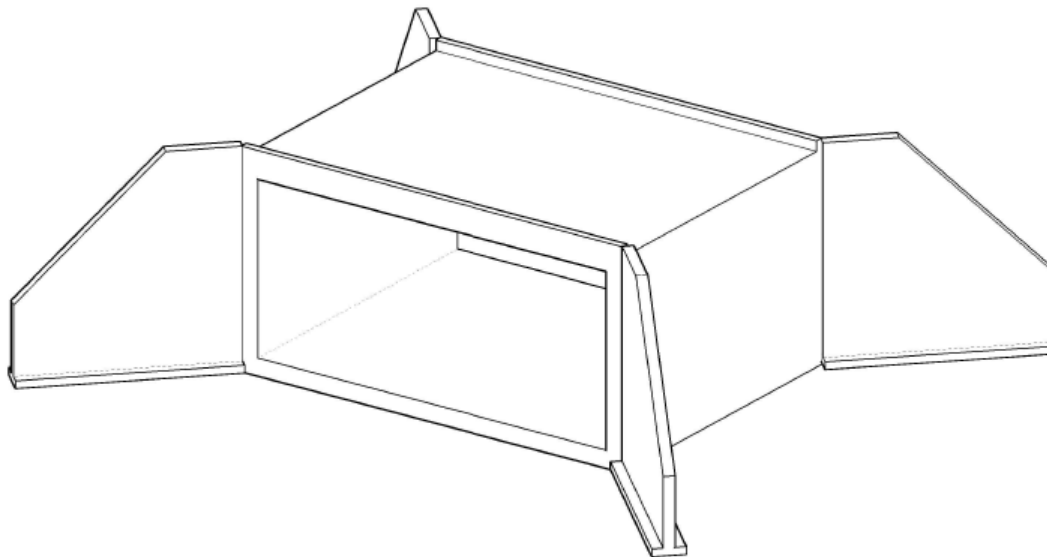
Cirka 1380 ton

Cirka 863 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial cirka 550 m³

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				71000
Grävmaskin med Multiklipp	5000	1100	60	71000
Anläggningsarbetare				0
				0
				0
Transportering				35700
Grävmaskin med skopa		850	14	11900
Lastbil med släp		850	28	23800
				0
				0
Deponering			Ton	138000
Deponering av arm. Betong 60x60		100	1380	138000
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	69820
Grävmaskin med skopa		850	16	13600
Anläggningsarbetare		350	16	5600
Bergkross 0-90		54	930	50220
Packning med vibratorplatta		25	16	400
Total maskin tid			118	
Totalkostnad				314520

Bilaga 4



Rambro i betong. Rivning samt grundförstärkning till nya fundament.

Scenario 4 A

En bro ska rivas med hjälp av två grävmaskiner utrustade med multiklippverktyg och hydraulhammare.

Materialet krossas på nära intilliggande plast och används till släntfyllnad. 0-90 material köps in till fundamentfyllnad.

Cirka 115 m³ betong

Cirka 260 ton

Cirka 162 m³ krossad volym

Behov av fyllmaterial av typen 0-90 cirka 40 m³

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				45200
Grävmaskin med multiklippverktyg	5000	1100	16	22600
Grävmaskin med hydraulhammare	5000	1100	16	22600
				0
				0
Transportering			Tim	9400
Dumpers med tillstånd	1500	700	4	4300
Grävmaskin med skopa		850	4	3400
Lastbil med släp		850	2	1700
				0
Krossning			Tim	23500
Grävmaskin med pulveriserare	1500	1100	20	23500
				0
				0
				0
Återanvändning				7900
Fyllnadsmaterial av betongkross				0
Dumpers med tillstånd		700	4	2800
Grävmaskin med skopa		850	6	5100
				0
Återställning			Tim Ton	14472
Grävmaskin med skopa		850	8	6800
Packning med vibratorplatta		25	8	200
Anläggningsarbetare	1000	350	8	3800
O-90 material		54	68	3672
Total maskin tid			80	
Totalkostnad				100472

Scenario 4 B

En bro ska rivas med hjälp av två grävmaskiner utrustade med multiklippverktyg och hydraulhammare.

Materialet fraktas med hjälp av lastbilar till deponi samt hämtar 0-90 bergmaterial som returlast.

Cirka 115 m³ betong

Cirka 260 ton

Behov av fyllmaterial av typen 0-90 cirka 40 m³

	Etableringskostnad	A´ pris	Tim	Summa
Rivning				49600
Grävmaskin med multiklippverktyg	5000	1100	20	27000
Grävmaskin med hydraulhammare	5000	1100	16	22600
				0
				0
Transportering				10200
Grävmaskin med skopa		850	4	3400
Lastbil med släp		850	8	6800
				0
				0
Deponering			Ton	26000
Deponering av arm. Betong 60x60		100	260	26000
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	14472
Grävmaskin med skopa		850	8	6800
Anläggningsarbetare	1000	350	8	3800
Bergkross 0-90		54	68	3672
Packning med vibratorplatta		25	8	200
Total maskin tid			56	
Totalkostnad				100272

Bilaga 5

Scenario 5 A

Ett villaområden ska rivas med 24 villor i betong, materialet körs till upplag för krossning. Återfyllnaden utgörs av osorterad morän. Det krossade materialet säljs som bärlager.

Per/hus cirka 100 m ³ betong	Cirka 230 ton	Cirka 143 m ³ krossad volym
Totalt cirka 2400 m ³ betong	Cirka 5520 ton	Cirka 3450 m ³ krossad volym

Behov av fyllmaterial per/hus cirka 130 m ³	Cirka 235 ton
Totalt cirka 3100 m ³	Cirka 5640 ton

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				434000
Grävmaskin med Pulvericerare	5000	1100	390	434000
				0
				0
				0
Transportering				116000
Grävmaskin med skopa	5000	850	48	45800
Dumpers	3000	700	96	70200
				0
				0
Krossning			Ton	337160
Grävmaskin med Pulvericerare	2000	20	5520	112400
Hammarkross inkl mat. och Bärn.	15000	38	5520	224760
				0
				0
Återanvändning			Ton	-220000
Försäljning av 0-40 material		-40	5500	-220000
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	524400
Grävmaskin med skopa		850	200	170000
Anläggningsarbetare	1000	350	200	71000
Morän osorterad		22	5700	125400
Lastbil med släp		850	180	153000
Packning med vibratorplatta		25	200	5000
Total maskin tid			914	
Totalkostnad				1191560

Scenario 5 B

Ett villaområden ska rivas med 24 villor i betong, materialet krossas på plats och används som fyll.

Materialunderskott ersätts med osorterad morän.

Per/hus cirka 100 m ³ betong	Cirka 230 ton	Cirka 143 m ³ krossad volym
Totalt cirka 2400 m ³ betong	Cirka 5520 ton	Cirka 3450 m ³ krossad volym

Behov av fyllmaterial per/hus cirka 130 m ³	Cirka 235 ton
Totalt cirka 3100 m ³	Cirka 5640 ton

Massunderskott cirka 120 ton.

	Etableringskostnad	A´ pris	Tim	Summa
Rivning				1039000
Grävmaskin med Pulvericerare	5000	1100	940	1039000
				0
				0
				0
Transportering				0
				0
				0
				0
				0
Krossning				0
				0
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	195790
Grävmaskin med skopa	5000	850	150	132500
Anläggningsarbetare	1000	350	150	53500
Morän osorterad		22	120	2640
Lastbil med släp		850	4	3400
Packning med vibratorplatta		25	150	3750
Total maskin tid			1094	
Totalkostnad				1234790

Scenario 5 C

Ett villaområden ska rivas med 24 villor i betong, materialet klipps ner till ett 60 x 60 cm. Därefter fraktas materialet vidare till deponeringsupplag. Som retur lastas osorterad morän som fyll.

Per/hus cirka 100 m ³ betong	Cirka 230 ton	Cirka 143 m ³ krossad volym
Totalt cirka 2400 m ³ betong	Cirka 5520 ton	Cirka 3450 m ³ krossad volym

Behov av fyllmaterial per/hus cirka 130 m ³	Cirka 235 ton
Totalt cirka 3100 m ³	Cirka 5640 ton

	Etableringskostnad	A´pris	Tim	Summa
Rivning				434000
Grävmaskin med multiklippverktyg	5000	1100	390	434000
				0
				0
				0
Transportering			Tim	249800
Grävmaskin med skopa	5000	850	96	86600
Lastbil med släp		850	192	163200
				0
				0
Deponering			Ton	552000
Arm. Betong 60 x 60 centimeter		100	5520	552000
				0
				0
				0
Återanvändning				0
				0
				0
				0
				0
Återställning			Tim Ton	361600
Grävmaskin med skopa		850	192	163200
Anläggningsarbetare	1000	350	192	68200
Morän osorterad		22	5700	125400
Packning med vibratorplatta		25	192	4800
Total maskin tid			870	
Totalkostnad				1597400