

CHALMERS



Återbruk av tegelstenar

En studie om återbrukade tegelstenars förutsättningar för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell.

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet och teknisk kandidat
Byggingenjör och Affärsutveckling och entreprenörskap inom byggt teknik*

Maria Öhrn och Sandra Isaksson

Institutionen för Energi och miljö

Avdelningen för Miljösystemanalys

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2014

EXAMENSARBETE

Återbruk av tegelstenar

En studie om återbrukade tegelstenars förutsättningar för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet och teknisk kandidat

Byggteknik

MARIA ÖHRN, SANDRA ISAKSSON

Institutionen för Energi och miljö

Avdelningen för Miljösystemanalys

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014

Återbruk av tegelstenar

En studie om återbrukade tegelstenars förutsättningar för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet och teknisk kandidat

Byggteknik

MARIA ÖHRN, SANDRA ISAKSSON

© MARIA ÖHRN, SANDRA ISAKSSON, 2014

Examensarbete/ Institutionen för Energi och miljö

Chalmers tekniska högskola 2014

Institutionen för Energi och miljö

Avdelningen för Miljösystemanalys

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Tegelvägg fotad av Sandra Isaksson

Chalmers reproservice/ Institutionen för Energi och miljö

Göteborg 2014

Återbruk av tegelstenar

En studie om återbrukade tegelstenars förutsättningar för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet och teknisk kandidat

Byggteknik

MARIA ÖHRN, SANDRA ISAKSSON

Institutionen för Energi och miljö

Avdelningen för Miljösystemanalys

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Det produceras mycket byggnadsmaterial och samtidigt byggs det i snabb takt. När en byggnad rivs och byggnadsmaterialet ska tas omhand återvinns materialet eller hamnar på deponi, istället för att återanvändas trots att många byggnadsmaterial med fördel kan användas i nya projekt. Byggnadsbranschen är en av de branscher i Sverige som producerar mest avfall.

Syfte 1: jämföra återbrukade tegelstenar med nyproducerade ur ett livscykelperspektiv, med avseende på miljöpåverkan, kostnad, arbetstid och kvalitet. Syfte 2: utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden.

Jämförelse mellan återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar har utförts med hjälp av en fallstudie av ett tegelhus. I denna fallstudie studeras och jämförs miljöbelastningar, kostnad, arbetstid och kvalitet. Ett tryckhållfasthetstest har gjorts på återbrukade tegelstenar för att undersöka kvaliteten hos stenarna. Information från litteraturstudier och intervjuer har gett upphov till ett förslag på en ny livscykel och en ny affärsmodell för återbrukade tegelstenar. Rapporten är avgränsad till att studera återbruk inom byggnadsbranschen i Sverige med fokus på Göteborgsregionen. Affärsmodellen är avgränsad mot försäljning till företag och en mer generell bild över marknadsföring och affärsutveckling presenteras. De miljöbelastningar som undersöks avgränsas till enbart tegelstenars koldioxidutsläpp från transport och energianvändning vid tillverkning.

De viktigaste slutsatserna som dras i rapporten är att genom återbruk av tegelstenar minskas miljöpåverkan vid transporter och tillverkning av tegel, jämfört med nyproducerade tegelstenar. Det kostar mer att bygga med återbrukade tegelstenar samt längre arbetstid krävs. Utvecklas affärsmodellen och marknadsförs de återbrukade tegelstenarnas positiva fördelar så kan på sikt en marknad och efterfrågan skapas.

Nyckelord: Återbruk, byggnadsmaterial, avfall, tegelsten, miljöbelastning, marknadsföring, affärsnytta, samhällsnytta, hållbar utveckling.

Reuse of bricks

A study of reused bricks qualification for a second-hand market and a new business model.

Diploma Thesis in the Engineering Program

Building and Civil Engineering & Business development and entrepreneurships in Building Technology

MARIA ÖHRN, SANDRA ISAKSSON

Department of Energy and environment

Division of Environmental systems analysis

Chalmers University of Technology

Abstract

Today it is easy to produce new material and it occurs at a high rate. Despite this, only a small portion of the material is reused after demolition. Although, many building materials can be advantageously used in new projects. The construction industry in Sweden is one of the industries that produce the most waste.

The purpose of this study is to compare the reused bricks with newly produced bricks with a lifecycle perspective, with focus to environmental impact, cost, working hours and quality. The aim is also to assess the basis for a second-hand market and a new business model in terms of attitudes, marketing perspective, eco labeling and brick flow.

A comparison of reused bricks and newly produced bricks has been conducted using a case study of a brick house. This case study compares environmental impact, cost and working hours. A compressive test has been done on reused bricks to examine the quality of the stones. Information from literature studies and interviews has led to a proposal for a new lifecycle and a new business model for the reused bricks. The report focus on recycling within the construction industry located in Gothenburg. The business model is restricted to companies only and a more general picture of marketing and business development are presented. The study of the environmental impact is limited to carbon emissions from transport and energy use during brick production.

The study conclude that the impact on the environment, caused by carbon emissions during transportation and energy use during brick production, is reduced by using reused bricks compared to using new bricks. The cost and time spent, when using reused bricks is higher compared when using new bricks. Despite this fact, it is probably beneficial to start a Brick-Recycling-Company in Gothenburg.

Keywords: Recycling, building materials, waste, brick, environmental impact, marketing, business benefits, social benefits, sustainable development.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Metod	2
2 ÅTERANVÄNDNING AV BYGGNADSMATERIAL	3
2.1 Avfallsflöden och miljöbelastning från byggnadsmaterial	3
2.2 Avfallshierarki och Eco-design	3
2.3 Miljöbelastning från byggnadsmaterial	4
3 TEGEL	5
3.1 Tegel ur ett livscykelperspektiv	5
3.2 Arbetsmetod för att återbruka tegelstenar	7
3.3 Kostnader, arbetstid och dagens marknad för återbrukade tegelstenar	9
3.4 Affärsmodellens marknadsföring av återbrukade tegelstenar och miljömärkning	11
4 METOD	14
4.1 Metod för syfte 1	14
4.2 Metod för syfte 2	16
5 RESULTAT	18
5.1 Jämförelser av miljöpåverkan, kostnader och arbetstid	18
5.2 Kvalitet	23
5.3 En ny andrahandsmarknad för tegelstenar	24
6 DISKUSSION	30
6.1 Metod	30
6.2 Resultat	31
8 VIDARE STUDIER	34
REFERENSER	35
CHALMERS <i>Energi och miljö</i> , Examensarbete 2014	III

BILAGA 1 – BERÄKNING FALLSTUDIE AV ETT TEGELHUS	37
BILAGA 2 – INTERVJUER	40
BILAGA 3 – BERÄKNINGAR AV ENERGIANVÄNDNING OCH KOLDIOXIDUTSLÄPP	45

Förord

Detta examensarbete har skrivits vid institutionen Energi och miljö på Chalmers tekniska högskola för handledare och examinator Anna Nyström Claesson. Vi vill rikta ett stort tack till Anna för givande handledning och idéer. Tack riktas även till Kerstin Sandholt och personal på Tengbom Arkitekter som tagit sig tid och gett goda råd. Tack till Björn Arnosson på Kretsloppsparken och Ljupce Mitrovsk på Brukspecialisten som besvarat frågor om återbruk, samt stort tack till Marek Machowski vid Chalmers tekniska högskola som hjälpte oss vid provtagning av tegelstenar.

Göteborg maj 2013

Maria Öhrn och Sandra Isaksson

1 Inledning

Byggnadsbranschen är den bransch som producerar mest avfall i Sverige (Andersson & Olsson, 2010). Avfallshanteringen är en kostsam process under byggnationens gång och därför är det viktigt för byggnadsföretag att minska avfallsflödena. Trots detta hamnar mycket byggnadsmaterial, som är i gott skick och med fördel kan användas i nya projekt, på deponi eller återvinns istället för att återbrukas. Ett material som har goda egenskaper och lång livslängd, som oftast drabbas av detta är tegelstenen. När tegelstenar demonteras hamnar de på deponi eller krossas och blir fyllnadsmaterial till vägar (Fröst 1995, ss. 88-91).

Utvecklingen går snabbt framåt när det gäller byggnadsmaterial och det är lätt att producera nytt material i hög takt (Baban & Dang, 2010). När tegelstenar utvinns och tillverkas krävs energianvändning och koldioxidutsläpp bildas. Tillverkningen sker utomlands och materialet måste transporteras med lastbilar och fartyg för att nå Sverige. Detta medför ytterligare utsläpp och energianvändning. Återbrukas tegelstenarna istället minskas materialflödena och avfallsflödena, samt uppkomsten av skadliga ämnen (Kuikka, S, 2012).

För att nästkommande generation ska kunna bo och leva med lika goda förutsättningar som vi lever med idag, är det av stor vikt att bygga hållbart och ta tillvara på naturresurserna (Gröndahl & Svanström, 2010).

Det finns förbättringsområden inom den byggtekniska branschen ur olika perspektiv. Rapporten vill belysa möjligheten att utveckla ett effektivare sätt att ta tillvara på gamla tegelstenar och återanvända dessa för att spara på miljön, minimera kostnaderna och bibehålla kvaliteten.

1.1 Syfte

Syfte 1: jämföra återbrukade tegelstenar med nyproducerat ur ett livscykelperspektiv, med avseende på miljöpåverkan, kostnad, arbetstid och kvalitet.

Syftet 2: utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden.

1.2 Avgränsningar

Rapporten är avgränsad till att studera återbruk inom byggnadsbranschen i Sverige med fokus på Göteborgsregionen.

Avgränsning har även gjorts för murbruk där inga beräkningar av miljöbelastning samt återbruksmöjligheter tas upp på grund av tidsbrist.

I rapporten redovisas en konceptuell modell av affärsmöjligheter med återbrukade tegelstenar i Göteborgsområdet som riktar sig mot företag, alltså har en avgränsning gjorts mot försäljning till privatpersoner.

Ett livscykelperspektiv används och med hjälp av det undersöks miljöbelastning från tegelstenars koldioxidutsläpp från transport och energianvändning vid tillverkning.

1.3 Metod

Jämförelse mellan återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar har utförts med hjälp av en fallstudie av ett tegelhus. I denna fallstudie jämförs miljöpåverkan, kostnad och arbetstid.

Ett tryckhållfasthetstest och densitetstest har gjorts på återbrukade tegelstenar för att undersöka kvaliteten hos tegelstenarna. Testet gjordes på tio återbrukade tegelstenar från år 1920, resultaten jämfördes sedan med givna värden på tio nyproducerade tegelstenar.

För att utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell har metoder som intervjuer, studiebesök, enkät och marknadsföringsmixen använts.

2 Återanvändning av byggnadsmaterial

Kapitlet ger en översiktlig bild av hur avfallsflöden av byggnadsmaterial ser ut, hur dessa tas om hand i Sverige och Göteborgsområdet, samt miljöbelastning från byggnadsmaterial.

2.1 Avfallsflöden och miljöbelastning från byggnadsmaterial

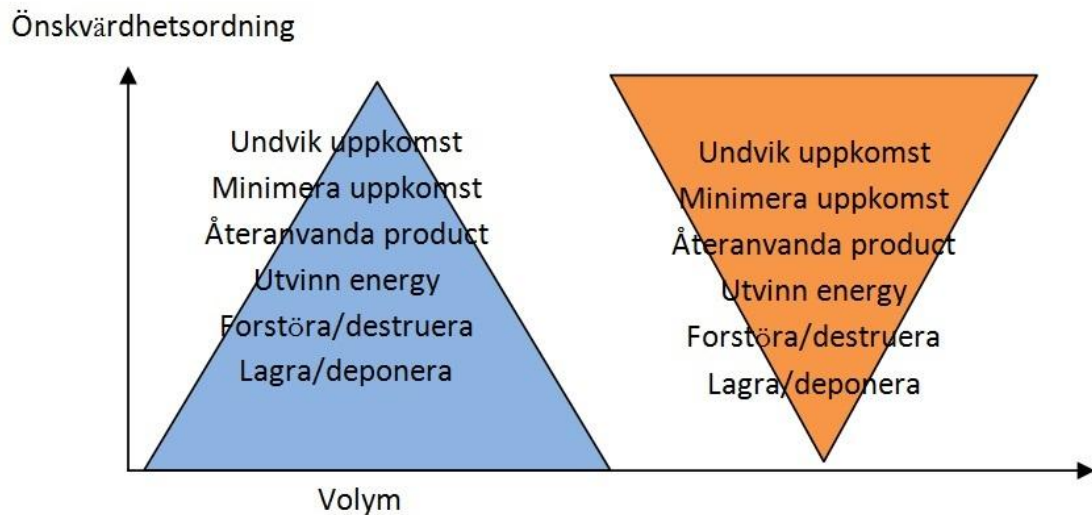
Återanvändning av byggnadsmaterial har gått från att vara en liten del av avfallshanteringen av material till att öka stort i Sverige (Insanic, 2006). Utvecklingen har gått snabbt framåt och år 1998 beräknades 40% av byggavfallet hamnade på deponi, 10% gick till förbränning och 50% återanvändes, jämfört med år 1990 då 91% av byggnadsavfallet lades på deponi, 5% till förbränning och endast 4% återanvändes. Byggnadsbranschen är en av de branscher i Sverige som producerar mest avfall (Andersson & Olsson, 2010).

Avfall från byggnadsprocessen uppstår under hela byggnadens livscykel från råvaruutvinning till byggnation, rivning och renovering (Andersson & Olsson, 2010).

Avfallet sorteras på byggarbetsplatsen i olika fraktioner beroende på material. Containerar med sorterat avfall hämtas på byggarbetsplats av avfallshanteringsföretag och i Göteborgsregionen är det företaget Renova som är dominerande inom avfallshantering. Avfallshantering av tegelstenar sker vanligtvis genom materialåtervinning, det vill säga att tegelstenarna sorteras ut, krossas på avfallsanläggningar och används som utfyllnadsmaterial i vägar. Då avfallshanteringen är en av de största kostnaderna i byggnationen är det viktigt för byggnadsföretagen att minska avfall för att reducera kostnader.

2.2 Avfallshierarki och Eco-design

Industrisamhället och den ökande konsumtionen i samhället bidrar till att avfallsflöden ökar i hög takt (Gröndahl & Svanström, 2010). Vid tillverkning av nya produkter skapas flöden av material som kan innehålla farliga ämnen för naturen, men genom att material återbrukas kan flöden minskas och uppkomsten av skadliga ämnen undvikas. Prioriteringsordning av avfallshantering kan symboliseras i en hierarkiordning, se figur 1. Triangeln till vänster visar på avfallshanteringens ordning så som den ser ut i de flesta samhällen idag och den högra triangeln visar hur det ur ett hållbart perspektiv borde se ut.



Figur 1 Avfallshierarkin, prioriteringsordning där triangeln till vänster visar på avfallshandlingens ordning så som den ser ut i de flesta samhällen idag och den högra triangeln visar hur det ur ett hållbart perspektiv borde se ut. (figuren baseras på Gröndahl & Svanström, 2010).

Eco-design är en strategi som kan tillämpas för att minska materialflöden och på så sätt minska avfallsflöden (European Commission, 2012). På ett tidigt stadiet planeras produktens materialflöden och livscykel för att få så liten skadlig miljöpåverkan som möjligt. Systemet syftar till att minska en produkts miljöpåverkan under hela dess livscykel, från vaggan till grav. För att motverka samt minska miljöpåverkan är det av stor vikt att tidigt planera produktens möjligheter till återvinning och återanvändning. Genom att använda miljövänliga material, minska mängden olika materialtyper och minska mängden material, underlättas avfallshandling och sortering vid rivning, samt att farligt material hamnar i kretsloppet vilket bidrar till ett hållbart system.

2.3 Miljöbelastning från byggnadsmaterial

Miljöbelastning från byggnadsmaterial sker under hela livscykeln men främst vid tillverkning av material, vid råvaruutvinning och transporter (Baban & Dang, 2012). När materialet utvinns används maskiner för att utvinna råvaror samt att bearbetningen av materialet sker maskinellt, dessa moment kräver energi och ger upphov till emissioner. Många byggnadsmaterial tillverkas utomlands och transporteras med tunga lastbilar och fartyg vilket leder till utsläpp av emissioner. Byggnadsmaterial kan även innehålla kemikalier vilket är en stor miljöbelastning genom materialets hela livscykel. Ett exempel på detta är isolering så som mineralull som innehåller kemikalier vilket är svårt att återvinna (Isolering, 2010).

3 Tegel

Detta kapitel handlar om tegelstenens livscykel i dagsläget där en konceptuell modell visar tegelstenens livscykel från vagga till grav. Kapitlet redovisar även tegel som material och dess egenskaper, hur man återbrukar tegelstenar samt kostnader vid återbruk och arbetstid. Kapitlet redogör också för den andrahandsmarknad och de företag inom återbruk av tegelstenar som existerar i Göteborg, samt vilka parametrar som berör en affärsutveckling, marknadsföring och miljöcertifiering för en framtida affärsmodell inom området.

3.1 Tegel ur ett livscykelperspektiv

I Sverige importeras tegelstenar från Europa, främst från Holland och Danmark, där stora mängder tegelstenar tillverkas (Baban & Dang, 2010).

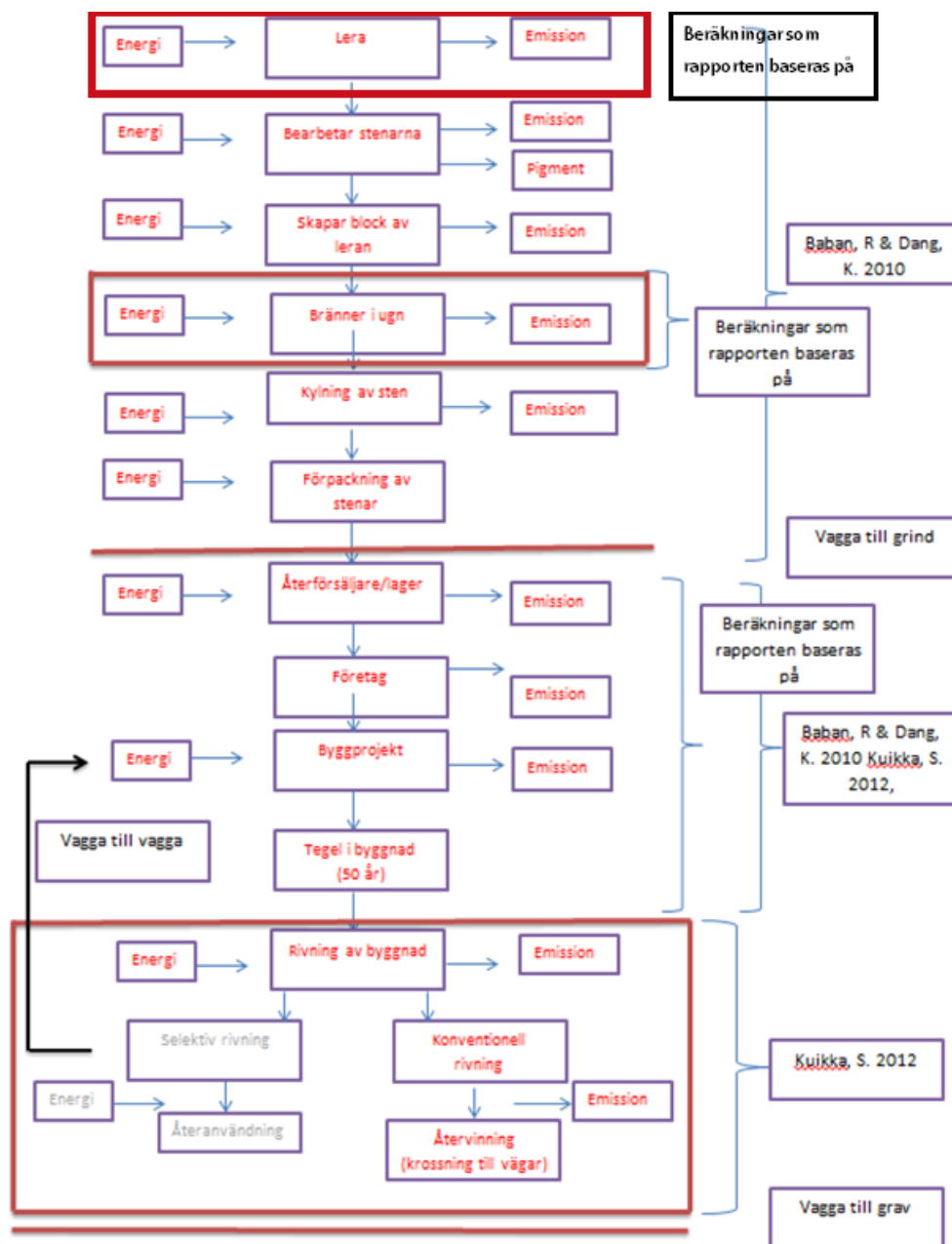
Tegelstenar transporteras från Holland eller Danmark med tunga lastbilar och fartyg över Kattegatt till Sverige, vilket ger upphov till emissioner, främst koldioxid (Baban & Dang 2010). Tegelstenarna transporteras vidare till återförsäljare och lagerplatser, där företag kan inhandla tegelstenar till sina byggprojekt. Byggnadsföretag transporterar sedan vidare stenarna med hjälp av lastbilar till byggarbetsplatser och ytterligare emissioner bildas (se figur 2).

I figur 2 redovisas en tegelstens livscykel och tidigare studier om tegelstenar. I rapporten som Baban och Dang har skrivit jämförs tegelstenens miljöbelastning med andra fasadmateriell i ett vagga till grind- perspektiv där beräkningar har gjorts för energianvändning vid produktion och koldioxidutsläpp vid transporten av tegel. Slutsatserna från studien är att den största miljöbelastningen uppstår vid tillverkning, då teglet bränns i ugn. Studien baserades vidare på att råmaterialet tegellera grävdes upp och kom ifrån Holland. Den färdiga tegelstenen transporterades därefter till Göteborg för användning.

Vidare har ytterligare en rapport studerats skriven av Sara Kuikka (Kuikka, S, 2012), som redogör tegelstenens miljöbelastning i rivningsfasen (figur 2). Studien jämför två olika metoder att riva på, konventionell och selektiv metod. Konventionell rivning innebär att man på snabbast möjliga sätt river byggnaden med hjälp av maskiner, och liten mängd material återbrukas. Selektiv rivning innebär att byggnaden rivs på ett mer försiktigt sätt så att material kan tas tillvara på och på så sätt lättare kan användas igen (Aronsson, Hopkins, Törnquist, 1996). När en byggnad rivs selektivt kan cirka 70% av tegelstenarna återbrukas och ibland så lågt som 10% vid konventionell rivning (Gamle mursten 2013).

Resultatet i Kuikkas rapport visar att selektiv rivning av tegel bidrar till att minska byggnadens totala miljöbelastning genom att det totala bidraget till klimatförändringarna kan minska med 88 ton CO₂ vilket motsvarar 37 000 mils bilkörning eller 65 flygresor tur och retur från Stockholm till Bangkok. Slutsatsen från studien är att tegelstenar minskar miljöbelastningen mest vid selektiv rivning jämfört med andra material så som fönster, dörrar och limträbalkar.

I livscykeln för tegelstenar sträcker sig konventionell rivning från vagga till grav (Kuikka, S. 2012). Tillämpas selektiv rivning vid demontering av byggnaden kan materialet återanvändas och materialets livscykel förlängs. Detta kallas för att livscykeln går från vagga till vagga (figur 3).



Figur 2 Teglets livscykel från vagga till grind, vagga till vaggas och från vagga till grav. Områden som rapporten berör är inramade i rött och källorna till livscykeln redovisas till höger i figuren.

Tegelstenens råvara och produktion

Tegelstenar som byggnadsmaterial är slitstarka och nöts inte ner, utan det är oftast murbruket runt stenarna som kräver underhåll och behöver bytas ut (GD, 2013).

I Sverige används tegelstenar främst till fasadbeklädnad, då användningen av tegelstenar som bärande element har i dagsläget nästan helt upphört.

Tegelstenar innehåller kaolinit eller ”tegellera” som är det huvudsakliga råmaterialet (NE, 2013).

Tegellera är en mineralgrupp som finns i 60% av jordskorpan. Om tegellera hettas upp avges vatten och kvar finns ett hårt vattenfritt aluminiumsilikat.

Tegelstenens färg beror på vilka föroreningar som finns i kaoliniten, t.ex. helt ren kaolinit ger teglet en gul färg, järnföroreningar ger en röd färg. Genom att tillsätta färgpigment kan man styra nyanserna noggrannare och få önskvärd färg.

Tegel kan delas in i två olika typer, obränt tegel som består av torkad lera och eventuellt en inblandning av tagel eller halm som fungerar som armering. Bränt tegel som består av lera och sand, det är också denna typ av stenar som används som byggnadsmaterial.

Kaolinit blandas med olika vatten, sand och ytterligare färgpigment för att kunna bearbetas och formas till tegelstenar (NE, 2013).

Leran blir eldfast på grund av att materialet innehåller föroreningar av järn, kalk, magnesium och alkalier, som är en löslig bas inom kemiska föreningar.

Tillverkningsprocessen för tegelstenar tar tre dagar och leran bränns i ugnar med mycket hög temperatur (950-1100°C) (Brukspecialisten, 2013). För att få olika färger på tegelstenar, bränns stenarna olika. För att få exempelvis grå/svart färg bränns stenarna två gånger i ugnen. Därefter kyls tegelstenarna ned och förpackas inför transport.

3.2 Arbetsmetod för att återbruka tegelstenar

När en tegelsten ska återbrukas behöver stenen genomgå en bearbetning för att säkerställa och kontrollera stenens kondition. Denna bearbetning kan vara kvalitetskontroll av tegelstenen, undersökning av yttre påverkan, se vilket murbruk som används på tegelstenen samt reningsmetoder för att ta bort gammalt murbruk.

Kvalitetskontroll

Innan återbrukade tegelstenar tas i bruk, måste tegelstenarna kontrolleras för att säkerställa att kvaliteten på stenarna är lika hög som för nyproducerade stenar. Kvalitetskontrollen av tegelstenar innebär en kontroll av tryckhållfastheten, detta görs med ett tryckhållfasthetstest i laboratorium (Fröst 1995, ss. 88-91).

Kontroll av tryckhållfasthet för tegelstenen utförs om tegelstenen ska ingå i en bärande konstruktion (Brukspecialisten, 2013). En nyproducerad tegelsten klarar ett tryck mellan 40-60 Mpa.

Fasadtegel har hög bränningsgrad vilket medför att teglet är motståndskraftigt mot yttre påverkan som köld, regn samt mekanisk påverkan. Mursten har lägre bränningsgrad vilket medför lägre motståndskraft mot yttre påverkan än fasadtegel men fungerar bra för invändiga konstruktioner. Vid återanvändning av tegelstenar är det därför av stor vikt att fasadtegel och mursten separeras vid återbruk.

Yttre påverkan

Tegelstenar kan skadas av yttre påverkan. De vanligaste skadorna på tegelstenar är till exempel frostsador, kalksprängning, mekaniska skador och föroreningar (Fröst 1995, ss. 88-91).

Tegelstenar med frostsador kännetecknas av att tegelstenens yta flagnar. Har en tegelsten suttit i en fasad i många år utan frostsador visar detta på god kvalitet och kan återanvändas. Frostsador förväxlas i bland med kalksprängning, som yttrar sig genom små kratrar i stenen med en vit prick i mitten.

Mekaniska skador på tegelstenar påverkar oftast inte stenens tekniska egenskaper. Dessa skador syns som avslagna kanter och hörn och kan också förväxlas med frostsador.

Tegelstenar som suttit i industriella miljöer kan ha påverkats av inträngande föroreningar i stenens porer (Fröst 1995, ss. 88-91). Om stenen innehåller föroreningar kan detta undersökas med stickprov på plats för att identifiera områden med de mest förorenade stenarna.

Murbruk

Murbruk används för att sammanfoga tegelstenarna vid murning (NE, 2013). Murbruk består av sand eller krossat stenmaterial samt vatten och ett eller flera bindemedel. Cement och kalk är de vanligaste bindemedel som används i Sverige, men cement brukas mest i dagsläget. (Brukspecialisten, 2013).

Cementmurbruk är en stark fogmassa, men den starka vidhäftningen kan också orsaka problem när byggnader rör sig och spänningar uppstår, då kan murbruket orsaka sprickbildningar i fasaden. (KSTR LTH, 2013). En fördel med cementbruk är att den klarar att muras med i minusgrader, vilket kalkbruk inte klarar. Dock innehåller bruket krom vilket kan vara allergiframkallande.

Kalkbruk är inte en lika stark fogmassa som cement. Detta leder till att traditionellt kalkbruk inte fäster så hårt på tegelstenen, vilket gör det enkelt att riva tegelväggen och rensa stenarna med enbart vatten (Brukspecialisten, 2013). En nackdel med kalkbruk är miljöbelastningen från tillverkningen, där bränning av kalk orsakar höga koldioxidutsläpp.

Rening

Innan tegelstenar kan återanvändas behöver stenarna renas från murbruk och smuts (Gamle mursten, 2012). Vanliga sätt att rena tegelstenar från murbruk är tvättning, skrapning, vattenskarvning och skakning. Tvättning används främst vid kalkbruk då murbruket är vattenlösligt.

För att avlägsna cementbruket kan skrapningsmetod användas (B. Aronsson, 2013). Detta innebär att varje tegelsten skrapas var för sig med en skrapmaskin som avlägsnar murbruket. Maskinen avger ett räffelspår på tegelstenen, men då murbruket enbart sitter på över- och undersidan av stenen syns inte detta vid en ny inmurning av teglet. Metoden är inte utbredd i Sverige, och bara ett fåtal maskiner finns i bruk, då metoden anses vara energikrävande på grund av att varje sten måste separeras från tegelväggen först och sedan skrapas (Gamle mursten, 2012).

En annan reningsmetod är vattenskarvning, som används bland annat industriellt vid skarvning av sten, plåt och keramik, men denna metod är inte lika utbredd som de andra metoderna (SBUF, 2013). Vattenskarvningsmetoden baseras på att få upp ett högt tryck med hjälp av ett munstycke som har en sammanhållen och liten tvärsnittsarea. Vid rening av tegelstenar med kalkbruk kan vattenskarvningsmetod användas för att avlägsna murbruket medan metoden funkar mindre bra på cementbruk som kräver mycket högt

tryck. Detta leder till att tekniken blir kostsam och energikrävande för cementbruk och inte lönsamt ur det perspektivet.

En annan metod för att rena tegelstenar är skakning, som används av företaget Gamle mursten i Danmark (Gamle mursten, 2012).

Gamle mursten har utvecklat teknik för att industriellt rena tegelsten, främst kalkmurbruk. Företaget har en patenterad metod på att skaka bort kalkmurbruk från tegelstenen som följs av en visuell inspektion av tegelsten för att vidare sortera bort stenar med sprickor eller som är sotiga. Rena tegelstenar paketeras och en sista kvalitetsgranskning görs på tegelstenarna.

Alla olika typer av tegelstenar går att återbruka, dock försämrar gamla rester av murbruk vidhäftningsförmågan hos den gamla tegelstenen (Gamle mursten, 2012). Ett enkelt standardtest är att kontrollera hur mycket teglet klarar att dra till sig murbruk per minut och ger en indikation på typ av murbruk som bör användas. Rent återvunnet tegel bör lagras torrt eftersom stenarna som utsätts för väta när de muras in kan skapa problem med saltutslag.

3.3 Kostnader, arbetstid och dagens marknad för återbrukade tegelstenar

Det finns flera ekonomiska aspekter som berör användningen av återbrukade tegelstenar, bland annat pris på återbrukade tegelstenar, arbetskostnad samt demontering av tegelstenar. Priset på en nyproducerad tegelsten är ca 3,5kr/sten och en återbrukad kostar ca 5kr/sten (Kretsloppsparken, 2013).

Arbetskostnaden är högre för återbrukade tegelstenar då äldre tegelstenar tar längre tid att mura, ca 550 stenar/dag, då dessa vanligtvis är tyngre. Nyproducerade stenar har ingjutna hål i för att minska vikten på stenen därför hinner muraren mura ca 700 stenar/dag (Fröst 1995, ss. 88-91).

Kostnad för rivningsmetod berörs av olika parametrar, som till exempel avfallshantering, förvaring av byggnadsmaterial, transportkostnader, arbetskostnad per arbetare och arbetsplatsens tillgänglighet (Aronsson, Hopkins, Törnquist, 1996). Om avfallet sorteras på plats blir kostnaderna lägre, detta på grund av att avfallsföretaget som hämtar rivningsavfallet tar ut högre avgifter för osorterat avfall. Då byggnadsmaterialet demonteras varsamt (selektiv rivning) och sorteras på plats för att säljas vidare för återanvändning reduceras både miljö- och materialkostnaderna under tegelstenens livstid.

I tabell 1 redovisas en kostnadsberäkning som har utförts av Aronsson, Hopkins, Törnquist år 1996. Beräkningen avser en rivning av ett kapell med tegelfasad (334 m²) i Göteborg år 1996. I tabellen redovisas kostnaden för konventionell rivning med avfallssortering, konventionell rivning utan avfallssortering, samt selektiv rivning med tillvaratagande av byggnadsmaterial och försäljning. I undersökningen ingår kostnader för avfallet, mängd avfall, sortering av avfall, kostnader för transport, antal transporter och tömning av avfall. Uträkningen uteslutar arbetskostnader för rivningen.

I tabellen kan man se att kostnaden för den selektiva rivningen med avfallssortering, tillvaratagande av byggnadsmaterial och försäljning är billigast (Aronsson, Hopkins, Törnquist, 1996). Detta beror på att allt material återbrukades och såldes vidare och på så sätt minskas kostnaden jämfört med de andra rivningsmetoderna.

Tabell 1 Rivningsmetoder och rivningskostnader vid rivning av ett tegelstens kapell år 1996 (Aronsson, Hopkins, Törnquist, 1996).

Rivningsmetod	Rivningskostnad (kr)
Konventionell rivning utan avfallssortering	47 271 kr
Konventionell rivning med avfallssortering	25 734 kr
Selektiv rivning med tillvaratagande av byggnadsmaterial och försäljning.	19 524 kr

Företag som distribuerar återbrukade tegelstenar

Det finns få återförsäljare av återanvända tegelstenar som är aktiva i Göteborgsområdet och två av dessa är Kretsloppsparken och Brukspecialisten (Kretsloppsparken, 2013).

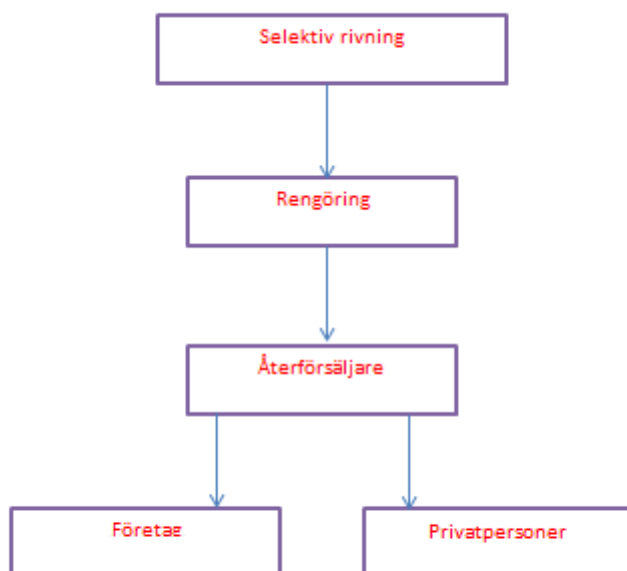
I Danmark är Gamle mursten en stor aktör inom återbruk av tegelstenar och exporterar återbrukade tegelstenar till Sverige.

Kretsloppsparken är återförsäljare av återbrukade tegelstenar och företaget ligger i Alelyckan i Göteborg (Göteborgs stad, 2012). I parken finns återvinningscentral, sorteringsstation för avlämning av produkter, återanvändningsstation med tillhörande butik (Återbruket) för försäljning, samt Stadsmissionen. Här kan både privatpersoner och företag lämna och köpa allt från tyg till återbrukat byggnadsmaterial. Vid köp av återbrukade tegelstenar är det främst privatpersoner som är kunden, men köp av stora mängder tegelsten är det ont om.

Brukspecialisten grundades år 1996 och är försäljare och rådgivare inom murning och putsning av byggnader i Göteborg (Brukspecialisten, 2012). Företaget är återförsäljare av återbrukade tegelstenar som kommer från Gamle mursten i Danmark. Det är både privatpersoner och företag som köper återbrukade tegelstenar från Brukspecialisten. Företaget Gamle mursten är etablerat i Svendborg, Danmark, de är ett av få företag i Skandinavien som försörjer sig på återbruk av tegelstenar. Grundaren till företaget och idén är Rudi Rusfors, som under många år arbetade fram reningsprocessen av tegelstenar med kalkbruk. Gamle mursten, tillsammans med två andra partners lanserade EU-projektet REBRICK. Projektet stöds av CIP Eco-innovation, som är en del av Europakommissionen, och syftar till att främjar innovativa lösningar med betydande miljöpåverkan.

Nedan redovisas hur tegelflödena ser ut i dagsläget för hantering av återbruk av tegelstenar. Först demonteras tegelstenarna ned från tegelbyggnaden genom selektiv rivning med hjälp av maskiner, därefter rengörs tegelstenarna som sedan säljs till privatpersoner eller företag.

Problemet i dagsläget är det låga intresset, attityder och att få företag sysslar med detta i Sverige. Vill man ha större mängder återbrukat tegel får man importera från Danmark (Brukspecialisten, 2012).



Figur 3 Symboliserar hur andrahandsmarknaden för återbrukat tegel ser ut för det Danska företaget Gamle mursten.

3.4 Affärsmodellens marknadsföring av återbrukade tegelstenar och miljömärkning

För att kunna skapa en ny affärsmodell för återbrukade tegelstenar är det av stor vikt att en affärsidé kartläggs (Mossberg & Sundström 2012). Affärsidén innefattar många parametrar, allt från att kartlägga vilka kunder företaget riktar sig till, vad för produkt och/eller tjänst företaget erbjuder till att kartlägga konsumentens livsstil för att nå ut till rätt målgrupp. Genom att marknadsföra produkten skapas intresse hos kunden, som i detta fall är företag i byggbranschen.

Marknadsföringsmixen

Vid marknadsföring av en produkt används oftast en marknadsföringsmix som består av fyra verktyg och dessa är: pris, produkt, plats och påverkan (se figur 2) (Mossberg & Sundström 2012). Genom att använda sig av de fyra P:n kan företaget urskilja sina erbjudanden mot sina konkurrenters.

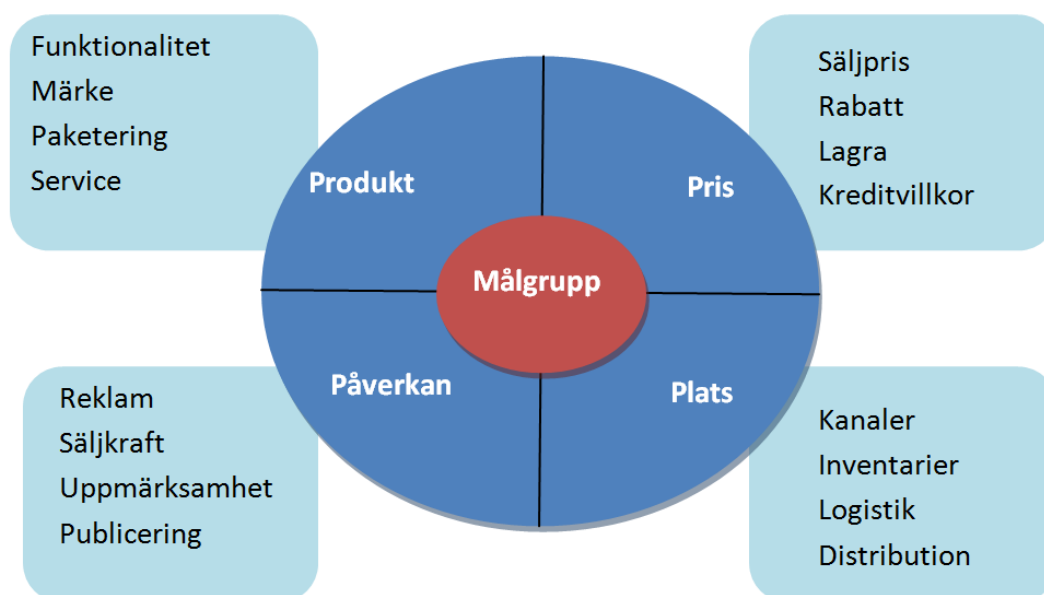
Det ligger mycket taktik bakom prissättning av en produkt och det pris man väljer att sätta beror på vilket budskap företaget vill förmedla med sin produkt. Sätts till exempel

ett högt pris vill företaget förmedla att produkten är exklusiv och att de kunder som köper produkten får något speciellt. Andra faktorer som avgör prissättningen är efterfrågan, konjunkturen och hur konkurrensen ser ut.

Produkten är återbrukat tegel och tjänsten är rening av tegelstenar.

Platsen är viktig ur ett marknadsföringsperspektiv, det är viktigt att produkten är tillgänglig för kunden. För återbruk av tegelstenar kan det vara fördelaktigt att placera rening och lagring av stenarna nära en återvinningscentral där stora flöden begagnat byggnadsmaterial forslas.

Det sista P:n i marknadsföringsmixen är påverkan som handlar om att företaget vill uppmärksamma kunden att de finns. Detta kan ske genom produktinformation direkt till kunden, mässor, broschyrer samt miljömärkning.



Figur 4 Marknadsföringsmixen, de fyra P:n produkt, pris, plats, påverkan, används för att kartlägga och urskilja sina erbjudanden mot sina konkurrenters (figuren baseras på TurnUpYourVolume, 2013).

Miljövarudeklarationer

Miljövarudeklarationer av en produkt eller tjänst är en del av de fyra P:n, påverkan (Ryding, S, 1995). Miljövarudeklarationer används som ett kommunikationsredskap mellan konsumenter och producenter. För att kunna jämföra miljöpåverkan och underlätta miljöhänsytagande av produkter och tjänster har olika system utvecklats för att underlätta detta. Huvudsyftet är bland annat att hjälpa konsumenter och professionella inköpare att göra miljöanpassade val och använda produkter med liten miljöpåverkan. Man beslutade sig för att standardisera miljövarudeklarationer inom den internationella ISO-organisationen och de olika miljövarudeklarationer har var sin standard, även internationellt, dessa är typ I, II och III.

- Miljövarudeklarerationer av typ I miljömärkning (Granskas av 3:e part)**
 Typ I lämpar sig främst att jämföra varor och tjänster i första hand för kommunikation gentemot konsumenter. Miljövarudeklarerationer av typ I innefattar det som benämns miljömärkning och bestäms av en expertgrupp (Ryding, S, 1995). Ett antal kriterier exempelvis miljövänliga och giftfria produkter, som vanligen baseras på analys av livscykelperspektiv, fastställs av gruppen och produkterna måste uppfylla dessa kriterier för att bli miljömärkta. Granskningen av kriterierna görs av ett miljömärkningsorgan, i Sverige används ISO-standard 14024. Huvudsyftet med denna typ är att vägleda konsumenterna med hjälp av en symbol, såsom svanen, falcken, krav eller EU-blomman.
- Miljövarudeklarerationer av typ II egna miljöuttalanden (Granskas inte av 3:e part)**
 Typ II är en miljövarudeklareration som berörs främst av miljöuttalanden som företag själva beskriver (Ryding, S, 1995). Företag lyfter fram positiva egenskaper såsom förnyelsebara material, förnyelsebar energi eller lätt nedbrytbara material i deras varor eller tjänster. Vid denna typ finns ingen extern, oberoende granskning utan företaget tar fram egna symboler men en angiven terminologi bör användas (detta tas upp i ISO 14021).
- Miljövarudeklarerationer av typ III certifierade miljövarudeklarerationer (Granskas av 3:e part)**
 Miljövarudeklareration av typ III är helt uppbyggd på livscykelanalys och detta tas upp i standarden ISO 14025 (Ryding, S, 1995). Ett ackrediterat certifieringsorgan granskar miljövarudeklarerationerna och utfärdar certifieringar. Typ III lämpar sig främst att jämföra varor och tjänster mellan olika företag.

I dagsläget finns inget miljömärke för återbrukat byggnadsmaterial men en pågående process att miljömärka återbrukade tegelstenar sker hos det danska företaget Gamle mursten (Gamle mursten, 2012). Företaget arbetar på att finna ett relevant miljömärke och det har beslutats i EU att CE-märkning skall vara möjligt för återvunna produkter. Det som gör att miljömärkning av återbrukade tegelstenar är aktuellt är delvis på grund av att miljön gynnas, men processen försvåras en aning då cementmurbruk delvis anses miljöbelastande och det krävs ytterligare utredningar inom detta.

4 Metod

I detta kapitel redovisas vilka tillvägagångssätt som används för att belysa syfte 1 och syfte 2.

4.1 Metod för syfte 1

Tillvägagångssättet att jämföra återbrukade tegelstenar med nyproducerade ur ett livscykelperspektiv, med avseende på miljöpåverkan, kostnad, arbetstid och kvalitet, har varit;

Litteraturstudier

För att få en helhetsuppfattning över syfte 1 gjordes litteratur- och informationssökning på Chalmers Huvudbibliotek samt Chalmers Arkitekturbibliotek. Några av sökorden som använts i deras databas Summon var: återanvändning, hållfasthet, tegelsten, återbruk, kostnad återbruk, murning, återanvändning av byggmaterial.

Litteratur som har används är ett äldre examensarbeten av Baban och Dang, 2010, som redogör transport och energianvändning för tegelstenar. Kuikka's examensrapport (Kuikka, S. 2012) har används för att få fram tegelstenens livscykel. Men också Frösts bok, 1995, ss. 88-91, ligger till grund för information om tegelstenens kvalitet.

Fallstudie för byggnation av ett tegelhus

För att jämföra miljöpåverkan, kostnader och arbetstid för återbrukade och nyproducerade tegelstenar så har beräkningar gjorts för byggnationer av ett hus med tegelfasad. Mängden återbrukade tegelstenar i fasaden är mellan 0%, 5%, 7%, 10%, 15% och 20%. Huset har en tegelfasad på 180 m². 1m² rymmer 55 st tegelstenar, vilket ger 180*55= 9900 tegelstenar i tegelhuset (utförliga beräkningar på fallstudien av ett tegelhus finns i bilaga 1 och 4).

- **Miljöpåverkan**

Den delen som berör jämförelsen mellan återbrukade tegelstenar och nyproducerade vad gäller miljöpåverkan, är koldioxidutsläpp från transport av tegelstenar och energianvändning vid tillverkning av tegelstenar.

Två beräkningar har gjorts för att ta fram den mängd koldioxidutsläpp som uppkommer vid transport av tegelstenar från Holland till Göteborg, samt från Göteborg till det lokala bygget. Valet av landet Holland är på grund av att de är stora producenter av tegelstenar till Sverige.

I tabell 2 presenteras hur mycket koldioxid en tung lastbil släpper ut för varje kvadratmeter tegelsten lastbilen fraktar (utförlig beräkning se bilaga 1 och 4).

Tabell 2 Koldioxidutsläpp vid transport av tegelstenar från Holland till Göteborg, samt från Göteborg till bygget. Utförlig beräkning se bilaga 1 och 4.

Transport/produkt	Nyproducerat tegel (kgCO ₂ /m ²)	Återbrukat tegel (kgCO ₂ /m ²)
Holland - Göteborg	7,58	-
Göteborg - bygget	-	0,205

Beräkning av energianvändning vid framställning av nyproducerade tegelstenar har enbart baserats på råvaruutvinning och förbränning av tegelstenar. Dessa två moment i tillverkningen kräver mest energianvändning i tillverkningsfasen (utförlig beräkning se bilaga 1 och 4).

I tabell 3 redovisas energianvändningen vid tillverkning av nyproducerade tegelstenar som är 5000 kgJ/m². Energinvändning vid återbrukade tegelstenar är 0 kgJ/m².

Tabell 3 Energinvändning vid framställning av nyproducerade och återbrukade tegelstenar. Se bilaga 1 och 4.

Energi/tegel	100 % nyproducerat tegel (kgJ/m ²)	100 % återbrukat tegel (kgJ/m ²)
Tillverkning av tegel	5 000	0

- **Kostnad**

I fallstudie för byggnationen av ett tegelhus jämförs kostnad för återbrukade tegelstenar och nyproducerade. Kostnadsuppgifterna är marknadspriset för återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar. Denna information hämtades från intervjun hos Brukspecialisten (se tabell 4).

Tabell 4 Pris för nyproducerad och återbrukat tegelsten.

Ekonomi/tegelsten	Nyproducerat tegel (kr/tegelsten)	Återbrukat tegel (kr/tegelsten)
Pris (kr/tegelsten)	3,5	5

- **Arbetstid**

Beräkningar på arbetstid som behandlas i fallstudien grundas på arbetstiden att mura med återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar. Denna information hämtades från Frösts bok om återvinning (se tabell 5).

Tabell 5 Tid det tar att mura med nyproducerade och återbrukade tegelstenar. Se bilaga 1.

Tid/tegelsten	Nyproducerat tegel (stenar/dag)	Återbrukat tegel (stenar/dag)
Tid	700	550

Kvalitetstest

Jämföra kvalitén hos återbrukade tegelstenar och nyproducerade har undersöks med ett hållfasthetstest och densitetstest. Testet har gjorts på tio stycken begagnade tegelstenar från år 1920 på Chalmers tekniska högskola institutionen för Bygg- & miljöteknik. Företaget Brukspecialisten bidrog med de återbrukade tegelstenarna.

Tegelstenarna placerades i en maskin som fastställde hur mycket tryck tegelstenarna klarade av innan de sprack. För att undersöka densiteten sänktes tegelstenarna ner i vatten och därefter kunde densiteten avmätas.

Densitetstestet utfördes för att säkerställa kvaliteten hos de återbrukade stenarna, dock visade det sig att densiteten inte har en avgörande roll för om tegelstenar kan återbrukas.

Resultatet jämförs med hållfasthets- och densitetsvärden från nyproducerade tegelstenar.

4.2 Metod för syfte 2

Tillvägagångssättet att utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden, har varit;

Intervjuer

För att kunna kartlägga en ny marknad och affärsmodell intervjuades personer inom branschen. En telefonintervju har genomförts med företaget Svanen, för att ta reda på potentialen för att miljöcertifiera användning av återbrukade tegelstenar. Vidare har möten med Tengbom arkitekter och deras kontorschef, Kerstin Sandholt, genomförts för att få en bild över byggnadsbranschens syn på återbrukade byggnadsmaterial och attityder. Även mailkontakt med Kurt Lindman som arbetar på kommunikationsavdelningen på Renova har genomförts gällande avfallshantering av byggnadsmaterial, rivningsmaterial, avfallsheirarkin och miljö. Sveriges miljöminister Lena Ek har också kontaktats för att få en bild av hur Sveriges politiker ser på miljömål och framtidsplaner angående återbruk av byggmaterial i Sverige.

Frågor som bland annat ställdes var: *Hur ser avfallshantering av tegelstenar ut? Använder ni miljöcertifierade byggnadsmaterial? När ni ritar hus, tänker ni då på att materialvalet skall vara lätt att plocka isär vid rivning för att lättare kunna återbrukas?* (Se resterande intervjuer i bilaga 2).

Intervju med Ljupce Mitrovsk på Brukspecialistens kontor i Göteborg har gjorts. Detta har både bidragit med kunskap om tegelstenar och murbruk. Frågor som ställdes var: *Vad finns det för olika murbruk? Hur stor miljöpåverkan har cementbruk? Går det att återbruka alla slags tegelstenar? Går det att återbruka stenar med cementmurbruk? Hur kvalitetsssäkrar ni stenarna innan de brukas igen? Går återbrukade stenar att använda i bärande väggar?*

Studiebesök

Studiebesök har gjorts hos Kretsloppsparken i Göteborg, där deras hantering av återbrukade byggnadsmaterial studerats. Syftet med studiebesöket var att få en helhetsbild av hur marknaden för återbruk ser ut i Göteborg. Ett urval av frågorna som ställdes var: *Vilka kunder kommer till er? Vad lämnas mest, vad köps mest? Vad har ni för regler för det som lämnas här? Tackar ni nej till något objekt som lämnas in?* (Se bilaga 2).

Enkät

Slumpmässigt utvalda byggföretag som är aktiva i Göteborgsområdet har fått svara på en enkätundersökning via mail, med frågor som berör marknads attityd till återbruk av tegelstenar. Dock har gensvaren från byggbranschen varit liten, tre företag svarade på enkäten utav 30 företag. Några av frågorna som ställdes var: *Vilka krav har ni på rivningsfirman ni väljer? Vad anser ni om selektiv rivning? Använder ni er av selektiv rivning? Försöker ni ta tillvara på material från byggnaden när den rivs? Hur bedömer ni kvalitén på en tegelsten?*

Marknadsföringsmixen

För att utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell för återbrukade tegelstenar studerades ett marknadsföringsperspektiv med hjälp av marknadsföringsmixen och de fyra P:n, pris, placering, produkt och påverkan.

5 Resultat

I kapitel 5.1 redovisas resultaten som belyser syfte 1. Här redovisas fallstudie för byggnationen av ett tegelhus där återbrukade tegelstenar jämförs med nyproducerade ur ett livscykelperspektiv, med avseende på miljöpåverkan, kostnad och arbetstid. I kapitel 5.2 redovisas resultatet från kvalitetstestet.

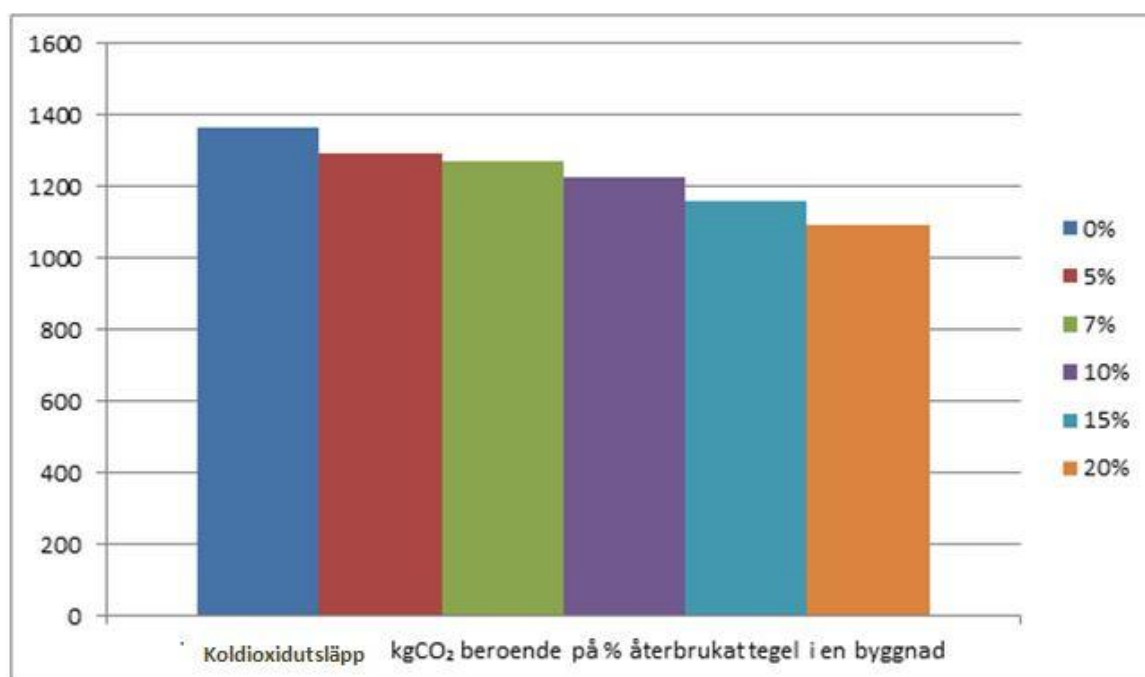
I kapitel 5.3 redovisas resultaten som belyser syfte 2, att utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden.

5.1 Jämförelser av miljöpåverkan, kostnader och arbetstid

Miljöpåverkan från koldioxidutsläpp vid transport och energianvändning vid tillverkning, kostnader och arbetstid jämförs med hjälp av fallstudien av ett tegelhus.

Koldioxidutsläpp vid transport

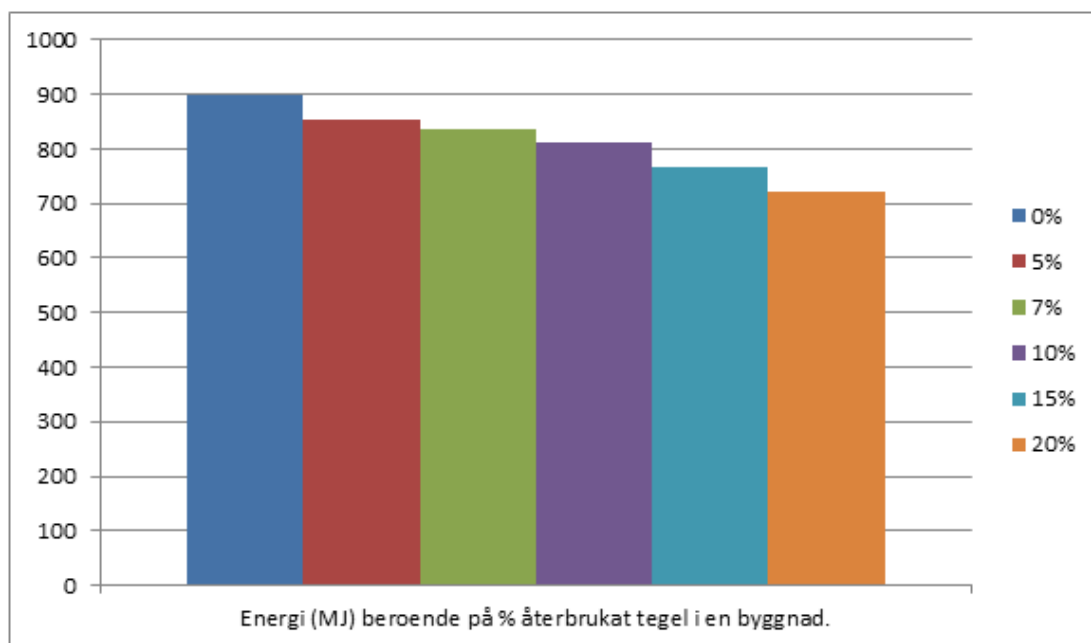
Fallstudie av ett tegelhus visar stora skillnader i koldioxidutsläpp från lastbilstransporter mellan Holland och Göteborg, och mellan lokalt återbrukade tegelstenar i Göteborgsområdet och byggprojektet. Ju mer återbrukat tegel som används i huset desto mindre koldioxidutsläpp. Skillnaden mellan 0% (1350 kgCO₂) återbrukade tegelstenar i tegelväggen och 20% (ca 1100 kgCO₂) återbrukade tegelstenar i tegelväggen är 273,2 kgCO₂ (se figur 5). Detta motsvarar lika mycket koldioxidutsläpp som en modern bil släpper ut under en sträcka på 17,28 mil (Utsläppsrätt.se, 2012).



Figur 5 Koldioxidutsläpp kgCO₂ beroende på procent återbrukade tegelstenar i fallstudiens tegelhus. Se bilaga 1.

Energianvändning vid tillverkning

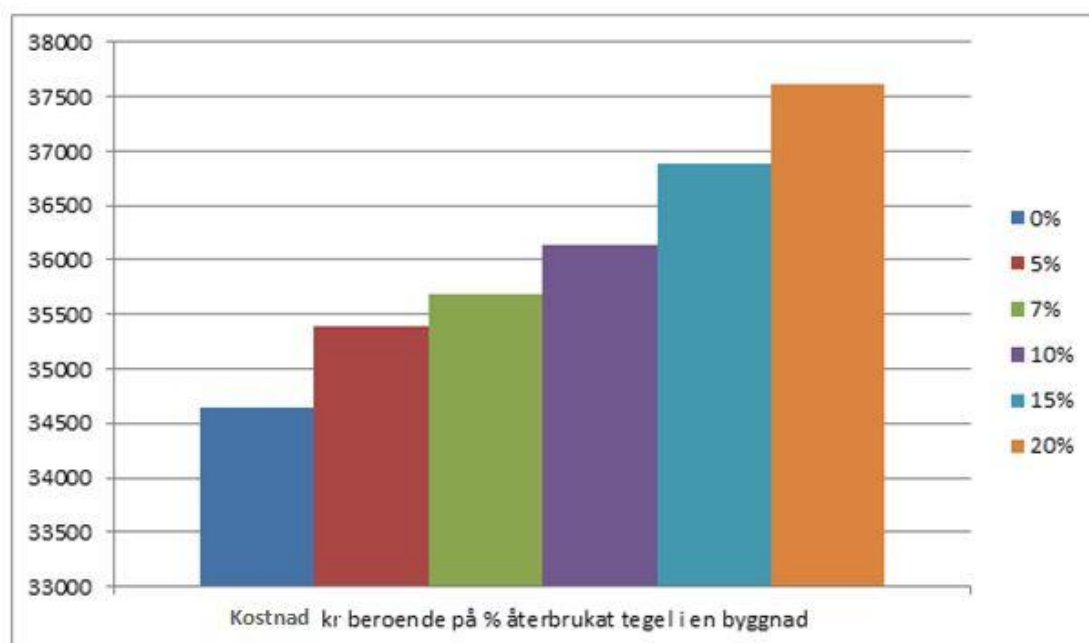
Vid tillverkning av 100% nyproducerade tegelstenar är energianvändningen 900 MJ för att tillgodose en tegelfasad på 180 m², vilket motsvarar lika mycket energianvändning som en 40 W glödlampa som lyser dygnet runt i 260,4 dagar (Tekniska verken, 2012). Används 20% återbrukade tegelstenar i tegelfasaden minskar energianvändningen med 200 MJ (utförlig beräkning se bilaga 1 och 4).



Figur 6 Energianvändning beroende på procent återbrukade tegelstenar i fallstudiens tegelhus. Se bilaga 1.

Kostnad

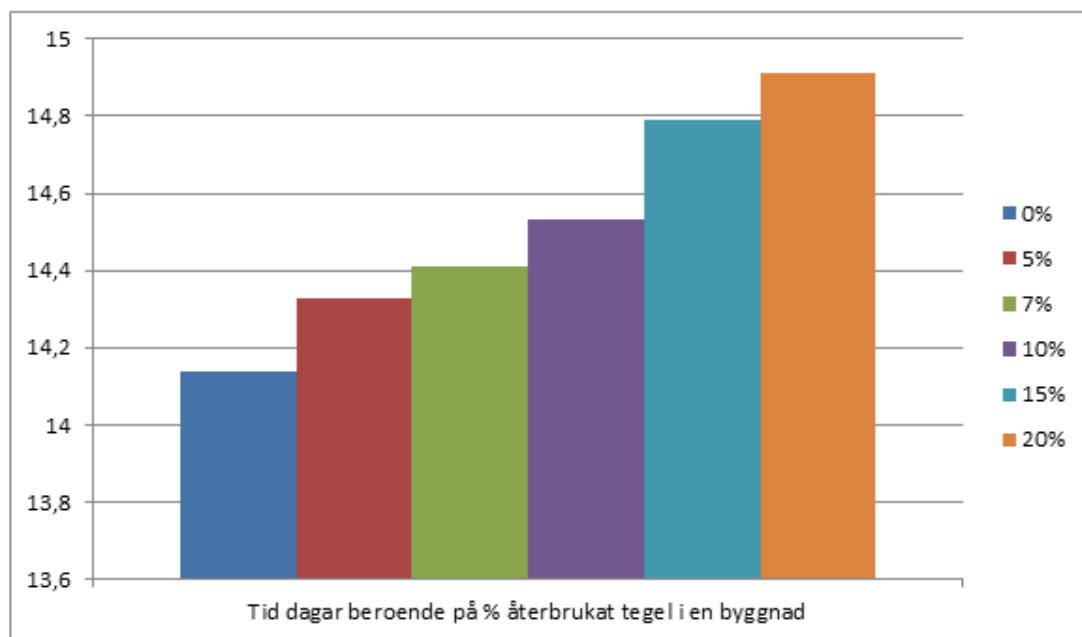
Då det är billigare att köpa nyproducerade tegelstenar än återbrukade tegelstenar blir kostnaderna något större när man blandar in återbrukat tegel. Men skillnaderna är små, om man bygger med 0% återbrukat tegel är priset för hela huset 34 650 kr och när man bygger med 20% återbrukat tegel blir kostnaden enbart 2 970 kr större (se figur 7).



Figur 7 Kostnad beroende på procent återbrukat tegel i fallstudiens tegelhus. Se bilaga 1.

Arbetstid

Arbetstid vid fasadmurning tar något längre tid vid användning av återbrukade tegelstenar. Skillnaden kan verka stor men granskar man resultatet (se figur 8) av tiden det tar att placera stenarna visar diagrammet att det knappt skiljer en dags arbete vid användning av 20% återbrukade tegelstenar mot enbart användning av nyproducerade tegelstenar i fasaden.



Figur 8 Tid i dagar beroende på procent återbrukade tegelstenar i fallstudiens tegelhus. Se bilaga 1.

Sammanfattning av fallstudien för byggnation av ett tegelhus

En fallstudie för byggnation av ett tegelhus har gjorts för att se om det är lönsamt att bygga med återbrukade tegelstenar. Siffror som beräkningarna baseras på är mängd koldioxid från transport, energianvändning vid tillverkning av nyproducerade tegelstenar, kostnad för att köpa nyproducerade tegelstenar samt återbrukade tegelstenar, och arbetstiden det tar att mura tegelstenarna vid byggnationen av tegelhuset.

En procentuell jämförelse mellan 0% och 20% återbrukade tegelstenar i byggnationen av ett tegelhus visar följande resultat: För koldioxidutsläppen blir det en minskning med **273 CO²** och för energianvändningen blir minskningen **1 MJ**. Arbetskostnaden och arbetstiden ökar men endast med **2,97kkr** respektive **0,77** dagar.

Tabell 6 En sammanfattning över koldioxidutsläpp, energianvändning, kostnader och tid beroende på hur mycket återbrukade tegelstenar som fallstudiens tegelhus är byggt med. (Utförlig beräkning se bilaga 1).

	Koldioxid CO ₂	Energi MJ	Kostnad kkr	Tid dagar
0%	1364	5	34,65	14,14
5%	1296	4,75	35,39	14,33
7%	1263	4,65	35,69	14,41
10%	1228	4,5	36,14	14,53
15%	1160	4,25	36,88	14,72
20%	1091	4	37,62	14,91

5.2 Kvalitet

Nedan redovisas resultat av återbrukade tegelstenars hållfasthets- och densitetsvärden som genomfördes på Chalmers tekniska högskola institutionen för Bygg- & miljöteknik år 2013. Stenarna var av typen massivtegel och hade gul kulör, samt härstammade från Danmark år 1920. Provresultatet gjordes på tio stycken tegelstenar (se tabell 7).

Provresultatet av hållfasthetstestet på återbrukade tegelstenar gav ett medelvärde på 65 MPa jämfört med nyproducerade tegelstenar, vars hållfasthetsvärde har ett medelvärde på 50 MPa.

Skillnaden mellan medelvärdena är 15 MPa jämfört med nyproducerade tegelstenar. Denna skillnad är inte stor då nyproducerade tegelstenars hållfasthet normalt ligger mellan 40 MPa och 60 MPa.

Ju högre hållfasthetsvärde en tegelsten har desto bättre. I litteraturstudier och intervjuer redovisas liknande resultat, att återbrukade tegelstenar generellt har mycket god hållfasthet.

Medelvärdet för densitet på återbrukade tegelstenar är 1900 kg/m³ i detta test. Jämförs nyproducerade tegelstenars densitet, som ligger mellan ett intervall på 1700 kg/m³ och 2100 kg/m³ (Brukspecialisten, 2013), hamnar återbrukade tegelstenars resultat inom det intervallet. Enligt litteraturstudier och intervjuer påverkar inte densiteten tegelstenens kvalitet och hållfasthet märkbart. Trots att densiteten inte har en betydande roll, har beräkningar gjorts på de återbrukade stenarna och redovisas i tabell 7.

Tabell 7 Hållfasthet- och densitetresultat från kvalitetstestet som gjordes på Chalmers tekniska högskola. Resultatet omfattar 10 stycken återbrukade tegelstenar från Danmark år 1920. Hållfastheten och densiteten motsvarar värden som håller sig inom godkänt intervall hos nyproducerade tegelstenar.

Tegelsten nr	Bruttodensitet kg/m ³	Tryckhållfasthet MPa
1	2020	83,9
2	1990	76,4
3	1940	76,3
4	1860	55,8
5	1900	70,2
6	1940	68,3
7	1960	71,1
8	1760	49,6
9	1790	48,6
10	1790	48,7
Medelvärde	1900	65

5.3 En ny andrahandsmarknad för tegelstenar

Den utvärdering som behandlar förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden redovisas nedan.

Attityder

Det är av stor vikt att byggnadsbranschen och konsumenterna har en positiv inställning till återanvänt byggnadsmaterial för att återbrukade tegelstenar ska säljas och användas i större utsträckning. Under intervjuer med personer i byggnadsbranschen noterades attityder till återbrukat byggnadsmaterial som baserades på argument som berör miljöpåverkan, kvalitet, återbruksteknik, ekonomi, samt marknadsföringsperspektiv.

De olika aspekterna redovisas nedan:

Miljöpåverkan

Attityder från intervjuerna: *”kunskap om miljöpåverkan av återbrukade tegelstenar jämfört med nyproducerade är bristfällig”.*

Studien visar: Genom att återbruka tegelstenar upphör energianvändningen vid tillverkning av nya tegelstenar då hela produktionssteget försummas vid återanvändning. Trots att det går åt energi att rena och demontera tegelstenar är denna åtgång mycket mindre än vid produktionen av nyproducerade tegelstenar. Den energi som inte används vid återanvändning av tegelstenar jämfört med nyproducerade tegelstenar kan under ett helt år räcka för att tillgodose bostäder med el i en hel stadsdel i Göteborg. Förutsättningar för detta är att det bor 2,4 personer i varje hushåll (Tekniska verken, 2012).

Inga nya råvaror till tegelstenar krävs vid återanvändning, bortsett från nytt murbruk, vilket minskar materialflödena. Transporter av nyproducerade tegelstenar upphör.

Kvalitet

Attityder från intervjuerna: *”gammalt tegel är sämre än nytt”*

Studien visar: Återbrukade tegelstenar har samma hållfasthet som nyproducerade tegelstenar, vilket är viktigt att belysa då val av byggnadsmaterial baseras på bland annat kvalitet.

Återbruksteknik

Attityder från intervjuerna: *”det saknas effektiva arbetsmetoder och teknik för att kunna ta hand om materialen och återanvända det”*

Studien visar: För att återbruka tegelstenar måste det gamla murbruket separeras från tegelstenen. Det finns flera metoder för att utföra detta, tvättning, skrapning, vattenskarvning och skakning. Den metod som är mest genomarbetad i dagsläget är tvättning och skakning, vilket används i Danmark vid återbruk av tegelstenar med kalkbruk.

Det är tidskrävande att separera tegelstenarna för hand antingen med vatten, verktyg eller med maskiner men utvecklas metoderna kan processen bli effektivare.

Valet av murbruk kommer att vara avgörande för vilken reningsmetod som används. Av tradition har cementbruk använts flitigt på grund av dess hårdhet men kan man uppmuntra användning av kalkbruk, som är lättare att skilja ifrån tegelstenarna, kan framtida återbruk underlättas.

Ekonomi

Attityder från intervjuerna: *"det kostar pengar och tar tid vid återbruk av tegelstenar"*.

Studien visar: Att mura med återbrukade tegelstenar och att inhandla återbrukade tegelstenar är något dyrare än nyproducerade tegelstenar. Men kostnaderna kan påverkas i framtiden genom att metoder för återbruk utvecklas och flödet av återbrukade tegelstenar ökar, vilket kan leda till minskat produktpris och arbetstid. Ju fler moderna och lättare tegelstenar som återbrukas efter demontering desto snabbare kan man sedan mura i nya projekt.

Kostnader vid avfallshanteringen kan även minskas vid återbruk av tegelstenar. Det kostar pengar att transportera avfall till en återvinningscentral, där materialet sedan ska sorteras och återvinnas. Väljer man istället att riva tegelbyggnader selektivt och därefter sälja tegelstenarna på nytt, minskar kostnaderna.

Nya tegelflöden i livscykeln skulle innebära ökade arbetstillfällen i Sverige. Arbetstillfällena kan vara allt från personer som demonterar tegelväggar selektivt, personer som sköter det administrativa arbetet i ett återbruksföretag, samt försäljare av återbrukade tegelstenar.

Marknadsföringsperspektiv

Attityder från intervjuerna: *"det är svårt att konkurrera på marknaden"*.

Studien visar: För att få en fungerande marknad och underlätta en andrahandsmarknad för tegelstenar används marknadsföringsmixen, de fyra P:n, pris, placering, produkt och påverkan. Dessa används för att urskilja företagets erbjudanden gentemot konkurrenternas.

Priset för återbrukade tegelstenar är något dyrare än nyproducerade tegelstenar. Då många köpare och beställare, så som byggföretag, kommuner eller arkitektföretag arbetar på ett miljömedvetet sätt, kan priset tänkas bli underordnad miljötänkandet och gynna inköp av återbrukade tegelstenar. För byggföretag kan det också vara ekonomiskt gynnsamt vid avfallshanteringen då pengar kan sparas.

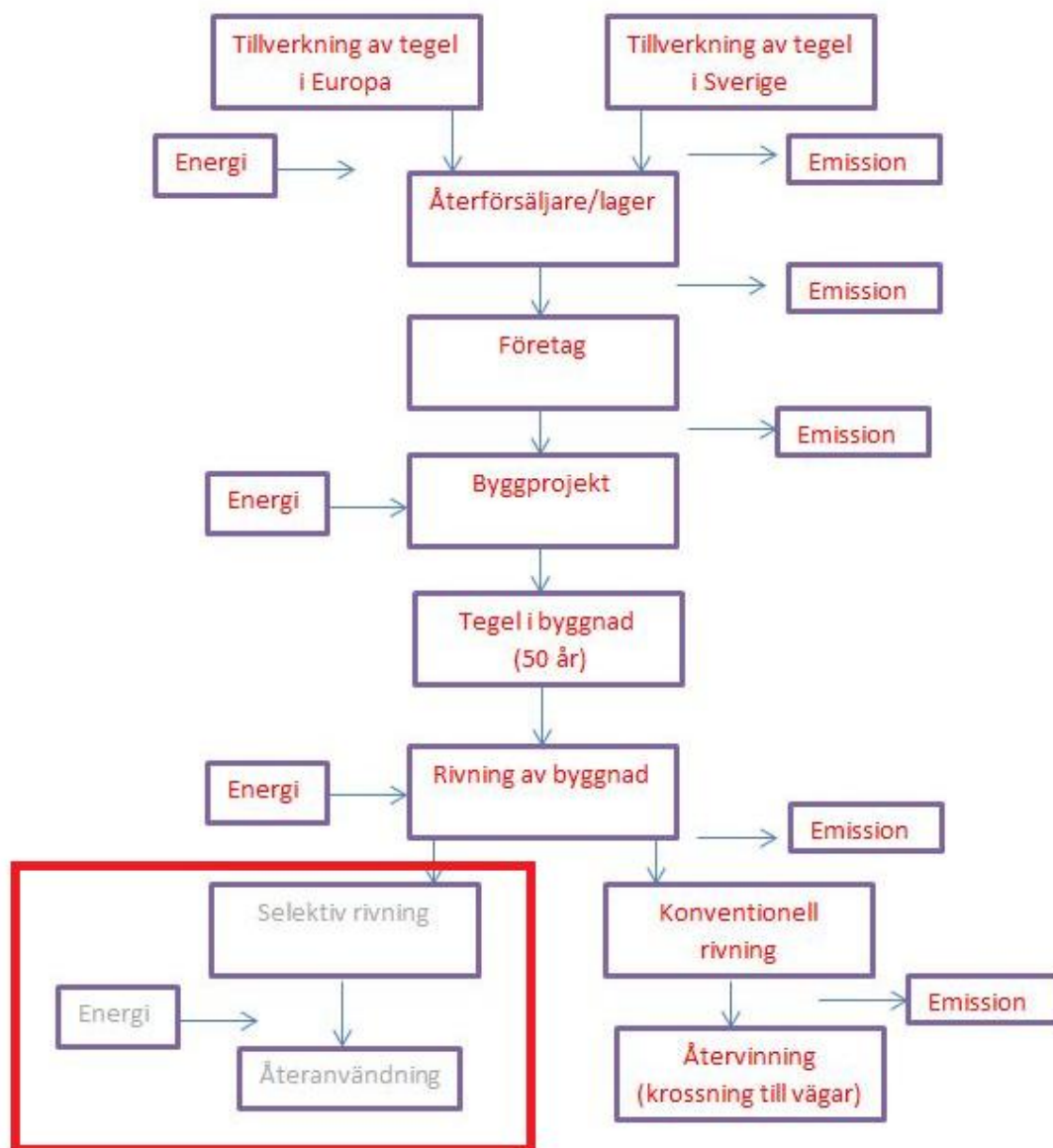
Den geografiska placeringen av den nya affärsmodellen är av stor vikt. Det är fördelaktigt att företaget som säljer återbrukade tegelstenar ligger i direkt anslutning till Kretsloppsparken i Göteborg då stora flöden byggnadsmaterial är i omlopp och platsen ligger i närheten av Renova samt kommunikationer så som motorväg och kommunalt bussnätverk (Kretsloppsparken, 2013).

Produkten, återbrukade tegelstenar, har positiva egenskaper och sprids kunskapen om materialets goda egenskaper till konsumenterna kan produkten växa på marknaden och sälja. Det är av betydelse att produkten, återbrukade tegelstenar är hela och rena innan tegelstenarna hamnar i nya byggnader. Detta kräver att selektiv rivning används och rätt reningsmetod används när tegelstenen ska separeras från olika slags murbruk.

Påverkan, innefattar att marknadsföra företaget och passande kan vara genom miljömärkning, reklam i branschtidningar, branschmässor samt kommunikation via Internet då marknadsföringen är anpassad att rikta sig till främst företag och personer inom bygnadsbranschen. Budskapet med marknadsföringen är att upplysa branschen om att återbrukade tegelstenar med fördel kan användas, med avseende på tegelstenarnas goda kvalitet, i nyproduktion och renovering, samt att koldioxidutsläpp kan minskas och nya arbetstillfällen kan skapas. Genom att miljömärka återbrukat tegel främjas trovärdigheten av ett bra miljöval både för konsumenter och för branschen. Miljövarudeklarationer av typ I kan vara lämpligt då det är en tredje part som granskar produkten, och därav kan Svanenmärkning eller liknande typ I märkning användas för att konsumenten ska kunna relatera till miljömärkningen.

Ny affärsmodell

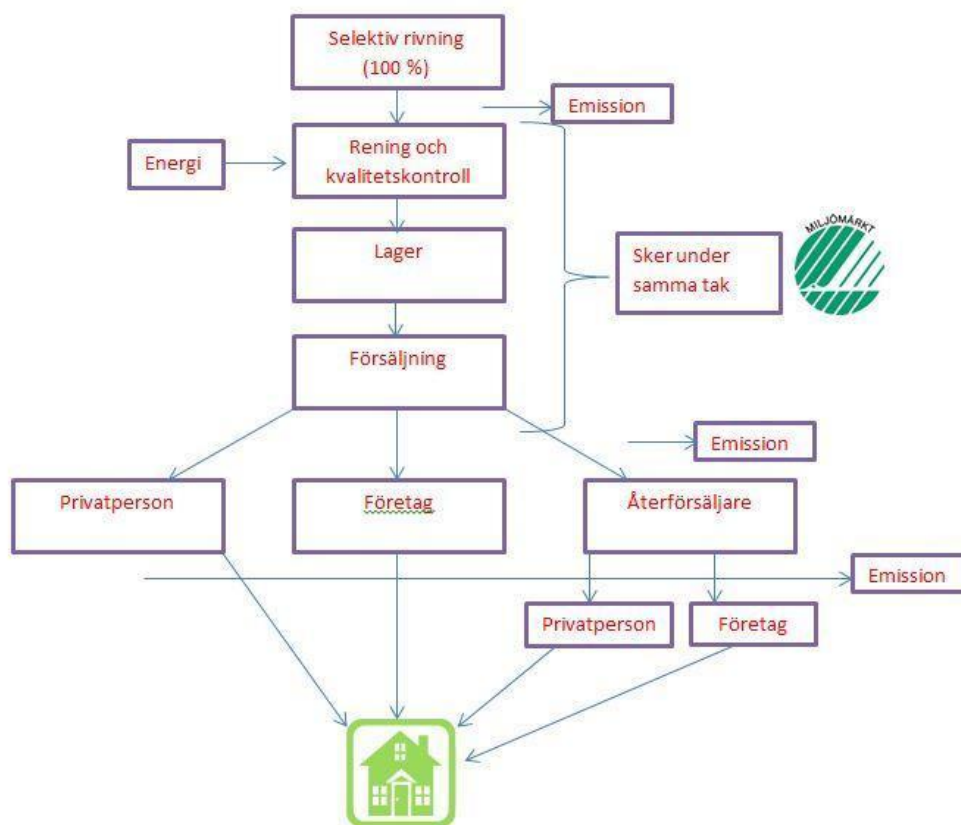
Den nya affärsmodellen baseras på en utveckling av den nuvarande livscykeln för tegelstenar. Affärsutvecklingen börjar där selektiv rivning tar vid (se figur 10).



Figur 10 Markerade området i tegelstensens livscykel är där den nya affärsmodellen av återbrukade tegelstenar börjar.

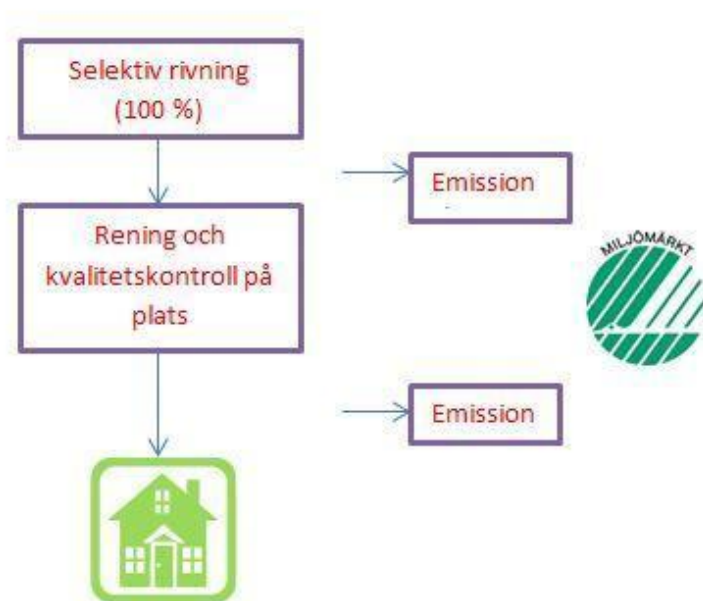
Skapas nya tegelflöden från återanvändning av tegelstenar och blir ett återkopplingsflöde vid ”tegel i byggnad” (se figur 10) bildas konsekvenser. En konsekvens är att materialflödet av nyproducerade tegelstenar avtar om återbrukade tegelstenar ökar i livscykeln. Behovet av att producera nytt minskar och med detta minskar belastning på naturresurser och arbetstillfällen i produktionsländerna, medans nya arbeten skapas där återbruk sker. I dagsläget forslas nästan allt tegelstensavfall från rivning till återvinning eller till deponi. Skulle nya användningsområden för återbrukade tegelstenar bildas kommer avfallsflöden minskas och därmed minskar mängden tegelstenar på deponi. I och med detta återkopplingsflöde kan en ny affärsmodell ta vid.

Affärsmodellen baseras på att en byggherre får i uppdrag att riva en byggnad, antingen görs detta av byggnadsföretaget själva eller så görs det av det nya företags egna rivningsfirma, gemensamt för dem båda är att de väljer att riva byggnaden selektivt. Fasadmaterialet (tegelstenar) plockas ner och placeras på pallar för vidare transport med en eldriven lastbil till företaget, där rening och kvalitetsundersökning samt försäljning sker. Här sorteras teglet och renas från murbruk antingen genom skakning och tvättning eller genom skrapning, beroende på vilket murbruk som har används. Därefter görs en noggrann kvalitetskontroll av teglet, så att stenarna kan återbrukas. När teglet genomgått denna process blir produkten miljömärkt och kvalitetssäkrad av en miljöcertifiering av typ I, exempelvis Svanenmärkning. I anslutning till renings- och kvalitetskontrollplatsen finns även en butik där både företag, återförsäljare och privatpersoner kan köpa återbrukat tegel (Se figur 11).



Figur 11 Nya affärsmodell av återbrukade tegelstenar där modellen börjar vid selektiv rivning av tegelstenar, sedan renas och lagras tegelstenarna och miljömärks. Tegelstenarna säljs sedan vidare på marknaden till nya byggprojekt.

Ett alternativt steg i processen är att byggföretaget river byggnaden selektivt, därefter renas stenarna samt görs en kvalitetskontroll på plats av företaget. En miljömärkning tillkommer och de återbrukade tegelstenarna blir miljömärkt byggnadsmaterial. Nytt byggnadsprojekt uppförs på samma plats eller närliggande plats vilket leder till att transportkostnader och koldioxidutsläpp reduceras samt lokal förvaring av tegel inte behövs då teglet lagras under kontrollerade förhållanden på platsen (Se figur 12).



Figur 12 Alternativ ny process av den nya affärsmodellen av återbrukade tegelstenar. I modellen renas och kvalitetskontrolleras tegelstenarna på samma plats som den selektiva rivningen utförs på, för att sedan låta tegelstenarna bli miljömärkta och användas i nya lokala byggprojekt.

Genom denna nya affärsmodell, livscykel och tegelflöden skapas ett lokalt företag som kan leverera miljömärkta återbrukade tegelstenar till företag och privatpersoner i Göteborgsområdet. Växer företaget kan flera återbruksföretag skapas runt om i Sverige och fler får tillgång till återbrukade tegelstenar.

6 Diskussion

I detta kapitel diskuteras rapportens metoder och resultat.

6.1 Metod

Nedan diskuteras de metoder som har använts för att svara på rapportens båda syften. Först diskuteras litteraturen, studiebesöken, intervjuerna, enkäten, följt av fallstudien för byggnation av ett tegelhus, kvalitetsundersökningen och tillsist metoderna som ledde fram till en ny andrahandsmarknad för tegelstenar.

Litteraturstudien

Rapporten och främst litteraturkapitlen baseras på data från elektroniska dokument, Internetkällor och böcker. Böcker som gett information till kapitlen angående återbruksmöjligheter har varit äldre än tio år, men med hjälp av intervjuer och studiebesök hos bland annat Brukspecialisten och Kretsloppsparken har uppdaterad information kunnat samlas in. Att litteraturen varit föråldrad kan bero på att ett intresse väcktes under 1990-talet inom området återbruk och ledde till mycket forskning inom detta ämne, men intresset svalnade i början av 2000-talet.

Intervjuerna

Intervjuerna med fackmän har lett till bra och trovärdig information som har bidragit med fakta till rapporten. Styrkor med denna datainformation är att en bredare förståelse har fått och att vissa frågor har besvarats utan att vi innan förberett dem. Under intervjuerna antecknades svaren men hade de blivit inspelade hade kanske mer detaljer noterats. I efterhand kanske andra frågor hade ställts till fackmännen men tack vare bra och breda frågor kom mycket information fram. Valet av personer som intervjuats har varit bra, allt från tegelspecialister till arkitekter. Vi hade dock velat intervjua någon från en byggarbetsplats för att få en tydlig bild av byggbranschen i ett tidigare skede, men på grund av tidsbrist och svårigheter att få kontakt med personer i branschen blev det inte av. Istället användes information genom Internetkällor och äldre examensrapporter.

Studiebesöken

Styrkor med studiebesöken hos Brukspecialisten och Kretsloppsparken var att en tydlig bild av hur företag som är försäljare av återbrukade tegelstenar fungerar. Detta gav bra och trovärdig information till den nya affärsmodellen. Nackdelar med studiebesöken var att få studiebesök utfördes, vilket kan ge en smalare bild av verkligheten, samt att det är tidskrävande att åka på studiebesök.

Enkäten

Svårigheterna med att få svar på den utskickade enkätundersökningen till byggnadsföretag medförde att kartläggning över attityder i branschen blev bristfällig. Denna information har istället hämtats från intervjupersoner inom branschen. Det är svårt att säga varför så få svarade på enkäten, antingen ställdes fel frågor, dåligt med information om syftet med enkäten eller kanske tidsbrist och ointresse.

Fallstudie för byggnation av ett tegelhus

Styrkan med att använda sig av en fallstudie av ett tegelhus har underlättat jämförelsen mellan nyproducerade tegelstenar och återbrukade tegelstenar. Hade inte denna metod används hade det varit svårt att hålla reda på alla olika procentvärden och varit svårare

för läsaren att förstå uträkningarna. Svagheter med fallstudien är att den inte redovisar för flera procentvärden utan bara från 0% till 20%. Det hade varit intressant att se hur livscykeljämförelsen skiljer sig med större inblandning av återbrukade tegelstenen i tegelhuset.

Uträkningarna till fallstudien av ett tegelhus har enbart grundats på uppgifter i två äldre examensrapporter och en rapport om kostnader vid avfallshandling och rivning. Svagheter med alla rapporterna är att det är svårt att kontrollera trovärdigheten utan att lägga allt för mycket tid på kontrollräkning och källhänvisningar. Styrkor i rapporterna är att de är mycket detaljerade och det är lätt att följa författarnas tankegångar och uträkningar.

Kvalitetstest

Metoden att studera tegelstenarnas kvalitet genom ett hållfasthetstest gav en tydlig bild av de återbrukade tegelstenarnas kondition. Dock var testet tidskrävande då alla stenarna skulle skäras till samma storlek och ytorna var tvungna att vara helt släta för att hållfasthetstestet skulle fungera. På grund av att enbart 10 stycken tegelstenar testades är resultatet inte helt tillförlitligt. Hade information om densitetens obetydelse för tegelstenens kvalitet och hållfasthet upptäckts innan densitetstestet genomfördes hade inte testet gjorts.

Marknadsföringsmixen

Marknadsföringsmixen och de fyra P:n har varit en bra och enkel metod för att kartlägga hur det nya företaget ska marknadsföras. Styrkor med metoden är de fyra P:n, som underlättar och förtydligar kartläggningen genom att dela upp marknadsföringsperspektivet i fyra delar.

6.2 Resultat

Resultaten diskuteras i följande ordning; jämförelsen av miljöpåverkan, kostnader och arbetstid, kvalitet, samt den nya andrahandsmarknaden för tegelstenar.

Jämförelser av miljöpåverkan, kostnader och arbetstid

Svagheter med resultatet från livscykeljämförelsen är att få aspekter behandlas istället för att utreda flera miljöaspekter. Det är en svaghet att endast koldioxidutsläpp från transporter jämförs och inte från någon annan del av livscykeln. Det hade varit relevant att ta med koldioxidutsläppen även från tillverkningen eftersom den information finns tillgänglig i rapportens bilagor.

Det är en svaghet att endast energianvändningen vid tillverkningen jämförs och inte från någon annan del av livscykeln. Det hade varit relevant att ta med energianvändningen även från transportererna eftersom den information finns tillgänglig i rapportens bilagor.

Resultatet hade kanske sett annorlunda ut om återbrukade tegelstenars energianvändning vid demontering och rening tagits med i uträkningarna.

Kostnad och arbetstid för återbrukade tegelstenar jämfört med nyproducerade tegelstenar, redovisar enbart kostnad per tegelsten och arbetstid per tegelsten. Hade flera

kostnadsaspekter samt tidsaspekter räknats med och jämförts hade antagligen resultaten sett annorlunda ut. Det är en svaghet att endast kostnader för inköp av tegelstenar redovisas och inte några andra kostnader. Det hade varit relevant att ta med kostnader för arbetstiden eftersom dessa siffror finns redovisade i resultatet.

Det hade också varit lämpligt att redovisa ett livscykelperspektiv på kostnaderna och kostnaderna för avfallshanteringen - särskilt som dessa är lägre vid återanvändning.

Kvalitet

Vid kvalitetsundersökning av återbrukade tegelstenar hade flera egenskaper hos tegel kunnat studeras för att kvalitetstesta produkten ytterligare. Frostresistens och organisk påverkan i tegelporerna hade kunnat studeras i jämförelsen mellan återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenars för att se hur dessa tillstånd påverkar kvaliteten.

En ny andrahandsmarknad för tegelstenar

För att utvärdera en andrahandsmarknad för återbrukade tegelstenar redovisades resultat från attityder inom branschen, ett marknadsföringsperspektiv genom en marknadsföringsmix, miljömärkningsval och tegelflöden i den nya affärsmodellen. Allt detta resulterade i en ny livscykel och affärsmodell för återbrukade tegelstenar.

Modellens osäkerhet ligger bland annat i om det finns ett behov och intresse hos konsumenterna att köpa återbrukade tegelstenar i Sverige. Även svårt att veta om affärsmodellen kommer ha stor genomslagskraft i Sverige, då det är svårt att undersöka attityder. Något som denna rapport inte har undersökt närmare är exakt hur många tegelstenar som kan återbrukas och skapa lokala tegelflöden i Göteborgsområdet. Detta är av stor betydelse då affärsmodellen grundas på att det finns en produkt att sälja.

Vid återbruk av tegelstenar måste tegelstenen genomgå en behandling, så som nedmontering från tegelvägg, rening från gammalt murbruk, kvalitetskontroll och korrekt lagring. Om inte detta görs på ett effektivt och sparsamt sätt drabbas affärsmodellen och lönsamheten minskar. Det krävs en satsning att utveckla tekniken så att den blir effektivare och fler tegelstenar kan återbrukas på kortare tid och för lägre kostnader. Den svåraste biten tros vara att hitta bra sätt att skilja murbruket från tegelstenen utan att den går i sönder, både vid nedmontering från tegelväggen men också vid reningsprocessen.

7 Slutsatser

I detta kapitel redovisas slutsatserna av syfte 1, att jämföra återbrukade tegelstenar med nyproducerade ur ett livscykelperspektiv, med avseende på miljöpåverkan, kostnad, arbetstid och kvalitet. Syftet 2, att utvärdera förutsättningarna för en andrahandsmarknad och en ny affärsmodell med avseende på attityder, marknadsföringsperspektiv, miljömärkning och tegelflöden.

Jämförelsen av koldioxidutsläpp från återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar leder till flera slutsatser. Det första är den stora skillnaden i jämförelsen av koldioxidutsläpp från transporter. Transporter av nyproducerade tegelstenar från Europa är mycket större än från lokala transporter av återbrukade tegelstenar i Göteborg. Vid jämförelsen av energianvändning vid tillverkning av tegelstenar har även de nyproducerade tegelstenarna den största energianvändningen. Då återbrukade tegelstenar redan är befintliga krävs lite energianvändning och få koldioxidutsläpp. Det bildas koldioxidutsläpp och energianvändning när återbrukade tegelstenar monteras ner från byggnader, transporteras och renas från murbruk, men fortfarande inte lika stora koldioxidutsläpp och energianvändning som vid nyproduktion.

En slutsats som talar emot återbrukade tegelstenar är högre kostnad mellan återbrukade tegelstenar och nyproducerade tegelstenar. Nyproducerade stenar är något billigare än återbrukade stenar. Längre arbetstid vid murning talar också emot återbrukade tegelstenar. Att mura med återbrukade tegelstenar tar längre tid än murning med nyproducerade tegelstenar.

Den slutsats som kan dras vid jämförelsen mellan nyproducerade tegelstenar och återbrukade tegelstenar genom resultat från hållfasthetstestet är att tryckhållfastheten och densiteten är likvärdig nyproducerade tegelstenar, oavsett ålder hos tegelstenarna. Men då enbart 10 stycken återbrukade tegelstenar testades kan inga generella slutsatser dras.

Slutsatser som kan dras av den nya affärsmodellen är att den hjälper till att minska miljöbelastningen från transporter och tillverkningen. Detta sker genom att skapa återkopplingsflöden i tegelstenens livscykel, från selektiv rivning till att tegelstenarna placeras i ett tegelhus på nytt. Kostnaden och arbetstiden blir något dyrare och längre även i affärsmodellen, men etableras modellen på marknaden och blir konkurrenskraftig kan priset och tiden minskas. Det krävs tegelflöden i Göteborg för att affärsmodellen ska fungera och att stenarnas positiva fördelar marknadsförs så att en gynnsam marknad och en efterfrågan skapas.

8 Vidare studier

För vidare studier inom området kan den nya affärsmodellen utvecklas och flera aspekten kartläggas. Vidare kan studier kring utveckling av reningsmetoder av tegelstenar göras, där skrapning av tegelstenar med cementbruk kartläggs, energi och tidsaspekter utreds. Fördelar med olika murbruk kan studeras för att redovisa vilket bruk som ger störst fördel vid återbruk av tegelstenar i framtiden. Även siffror på byggnader av tegelstenar murade med cementbruk respektive kalkbruk i Göteborgsområdet kan tas fram och visa affärsmöjligheter och behov av olika reningsmetoder. Man kan studera om det är möjligt att återbruka kalkbruk genom att exempelvis mala ned kalkbruket. Vidare studier kan även studera rivningsmetoder närmare och se fördelar och nackdelar med respektive metod vid återbruk. En kartläggning över miljömärkning kan göras för återbrukade tegelstenar, och ta reda på vad som krävs för att få ett miljömärke för tegelstenar.

Referenser

- Ahlberg, H. (2011) *Ny rivningsväg: 7 600 bostäder måste bort*. Bofast
http://www.bofast.net/1/1.0.1.0/17/1/?item=art_art-s1/1367. (2013-04-23)
- Andersson, C. (2013) Så går det till att riva. *Bygga hus* <http://www.byggahus.se/bygga/sagar-det-till-att-riva>. (2013-03-13)
- Andersson, N & Olsson, H. (2010). *Avfallshantering vid nyproduktion av byggnader - Med fokus på trånga etableringar*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Baban, R & Dang, K. (2010). *En LCC och LCA analys av olika fasadmaterial – En studie med fördjupning mot Puts, Steni Colour och Tegel*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Bergh, Å & Lindquist, B. (1995). *Planera för återvinning - en handbok för bygget*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Bernevi Rex, G. (2008). *Riv rätt! - Handbok för miljöanpassad rivning*. Stockholm: Kretsloppsrådet.
- Carlstedt, Sylwan, J. (2002). *Bygg- och rivningsavfall*. Andra upplagan. Vimmerby: Sveriges byggindustrier.
- Dedering, S. (1996). *Återvinn avfallet från byggande, rivning och förvaltning*. Stockholm: SABO.
- Francke, U. (2007). *Avfallshantering vid byggande och rivning - kretsloppsrådets riktlinjer*. Stockholm: Kretsloppsrådet.
- Fröst, P. (1995). *Handbok för återvinnare: om återvinning och återbruk av byggnadsmaterial*. Lund: KF-Sigma.
- Gomapper. (2013). Holland - Danmark. <http://www.gomapper.com/travel/dynamic-directions.html?from=holland&to=danmark+hurup> (2013-04-20)
- Granditsky, H. (2010). Titta på teglet. *Gefle dagblad*
<http://gd.se/extra/byggabo/1.1772152-titta-pa-teglet>. (2013-04-03)
- Gustavsson, T. (2001). *Moderna murade småhus - teknisk utformning*. Lund: Tekniska högskola.
http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/pdf_files/concrete_masonry/TVBK_3044_Moderna_murade_smaahus_-_teknisk_utformning.pdf. (2013-03-08)
- Hamid, Insanic, A. (2006). *Bygg- och rivningsavfall*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Hedén, S. (1998). *Juridik för återbruk. Byggaror och returmaterial*. Stockholm: Boverket, byggavdelningen.
- Helsing, E & Nero, K. (1999). *Återvunna byggnadsmaterial*. Karlskrona: Boverket, byggavdelningen.
- Isolering. (2010). Mineralull. <http://www.isolering.nu/isolering>. (2013-06-17)

- Jensen, E. <http://www.fyens.dk/article/1467413:Svendborg--God-vaekst-i-gamle-mursten>. (2013-05-26)
- Kuikka, S. (2012). *LCA of the Demolition of a Building – An assessment conducted at IVL Swedish Environment Research Institute*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Larsson, K & Larsson, S. (2011). *Energiåtgång under tillverkning och produktion av byggnadskomponenter*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Lundmark, R & Samakovlis, E. (2011). *Avfall- Återvinna, bränna eller slänga? Första upplagan*. Stockholm: SNS Förlag.
- Länsstyrelsen. (2012). Miljömål. <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/miljo-och-klimat/miljomal/Pages/default.aspx>. (2013-02-07)
- Mossberg, M. & Sundström, L. (2012) *Marknadsföringsboken*. Lund: Studentlitteratur.
- Nationalencyklopedin. (2013) *Tegel* <http://www.ne.se/lang/tegel>.(2013-03-03)
- Persson-Engberg, J, Sigfrid, L & Torring, M. (1998). *Rivningshandboken*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Ryding, S. (1995). *Miljöanpassad produktutveckling*. Enskede: TPB.
- Sandqvist, M & Berglund Rylander, B. (2000) *Bygga nytt av gammalt*. Göteborg: Byggmästareförening, Väst.
- Sivik, B. (2000) *Återbruk av tegelsten*. SBUF <http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/InfoSheets/PublishedInfoSheet/10FADBC5-730D-4FEE-BC87-2B4C6CE554F9/00-14%20Återbruk%20av%20tegelsten.pdf>. (2013-03-12)
- Tekniska verken. (2008) *Vad är 1 kWh? Tips för minskad energiförbrukning*. http://www.tekniskaverken.se/kundservice/broschyrer/Vad_ar_1_kWh.pdf. (2013-04-27)
- Terra Scaniae (2012) *Böndernas hus på 1600-talet* (2013-04-25) <http://www.ts.skane.se/fakta/bondernas-hus-paa-1600talet>. (2013-03-13)
- Thormark, C. (1995). *Återbruk - möjligheter och problem med återvinning av byggmaterial*. Lund: KF-Sigma.
- Trafikverket. (2013) Bilindex 2012 <http://www.trafikverket.se/Privat/Miljo-och-halsa/Dina-val-gor-skillnad/Att-valja-bil/Bilindex-over-bilars-klimatpaverkan/>.(2013-04-10)
- Utsläppsrätt. (2013) Beräkna utsläpp. <http://www.utslappsratt.se/> (2013-04-17)
- Turn up your volume. <http://www.turnupyourvolume.com/2013/01/09/transitioning-patient-volume-patient-models/>. (2013-05-20)

Bilaga 1 – Beräkning fallstudie av ett tegelhus

Uträkning av koldioxidutsläpp, energianvändning, kostnad och arbetstid för ett tegelhus som har 180m² tegelfasad som innehåller 0%, 5%, 7%, 10%, 15% och 20% återbrukade tegelstenar.

100% nyproducerat tegel från Holland

Miljö

Transport: $7.58 \cdot 180 = 1364$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂/m² tegelstenar * m² tegelvägg)

Energi: **900** MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $3.5 \cdot 9900 = 34650$ kr kostnad/ny sten (pris för en ny tegelsten * antal stenar)

Tid: $9900/700 = 14,14$ dagar (antal stenar/stenar som muras under en dag)

100% återbrukat tegel från Göteborg

Miljö

Transport: 0,205 kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för en sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 0 MJ (energiförbrukning för återbrukade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $5 \cdot 9900 = 49500$ kr (pris för en återbrukat tegelsten * antal tegelstenar i tegelvägg)

Tid: $9900/550 = 18$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag)

(Mörkblå stapel)

95% nyproducerat och 5% återbrukat

Miljö

Transport: $1295,8 + 0,01 = 1295,81$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för sträckan mellan Holland och Danmark och från Danmark till Göteborg + sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 855 MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $32917,5 + 2475 = 35392,5$ kr (pris för en ny tegelsten + pris för återbrukat tegelsten)

Tid: $13,433 + 0,9 = 14,333$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag, nyproducerade + återbrukade)

(Röd stapel)

93% nyproducerat och 7% återbrukat

Miljö

Transport: $1268,52+0,01435= 1\ 268,5$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för sträckan mellan Holland och Danmark och från Danmark till Göteborg + sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 837 MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Tid: $13,15+0,01435= 14,41$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag, nyproducerade + återbrukade)

Pris: $3465+32224,5= 35\ 689,5$ kr (pris för en ny tegelsten + pris för återbrukad tegelsten)
(Grön stapel)

90% nyproducerat 10% återbrukat

Miljö

Transport: $1227,6+0,0205= 1\ 227,6$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för sträckan mellan Holland och Danmark och från Danmark till Göteborg + sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 810 MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $31185+4950= 36135$ kr (pris för en ny tegelsten + pris för återbrukad tegelsten)

Tid: $12,73+1,8= 14,53$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag, nyproducerade + återbrukade)

(Lila stapel)

85% nyproducerat och 15% återbruk

Miljö

Transport: $1159,4+0,03075= 1\ 159,4$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för sträckan mellan Holland och Danmark och från Danmark till Göteborg + sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 765 MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $29452,5+7425= 36\ 877,5$ kr (pris för en ny tegelsten + pris för återbrukad tegelsten)

Tid: $12,019+2,7=14,719$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag, nyproducerade + återbrukade)

(Ljusblå stapel)

80% nyproducerat och 20% återbrukat

Miljö

Transport: $1091,2+0,041= 1\,091,2$ kgCO₂ (lastbilsutsläpp kgCO₂ för sträckan mellan Holland och Danmark och från Danmark till Göteborg + sträcka inom Göteborgsområdet)

Energi: 720 MJ (energi vid tillverkning av råvaruutvinning och förbränning av nyproducerade tegelstenar)

Ekonomi

Pris: $27720+9900= 37620$ kr (pris för en ny tegelsten + pris för återbrukat tegelsten)

Tid: $11,312+3,6= 14,912$ dagar (antal tegelstenar/stenar som muras under en dag, nyproducerade + återbrukade)

(Orange stapel)

Bilaga 2 – Intervjuer

Intervjuer som har genomförts inom området återbruk av tegelstenar sammanställs i denna bilaga, där de viktigaste resultaten redovisas.

Presentation av intervjuperson och företag

Företag: Gamle mursten

Intervjuperson: Sille Marie, försäljningschef

Beskrivning av företag:

Företaget Gamle mursten är etablerat i Svendborg, Danmark, och säljer återbrukade tegelstenar till företag och privatpersoner. De är i stort sätt det enda företaget i Scandinavium som försörjer sig på återbruk av tegel. Grundaren till företaget och idén är Rudi Rusfors, som under många år arbetade fram reningsprocessen av tegelstenar med kalkbruk. Gamle mursten, tillsammans med två andra partners lanserade EU-projektet REBRICK. Projektet stöds av CIP Eco-innovation, som är en del av Europakommissionen, och syftar till att främjar innovativa lösningar med betydande miljöpåverkan.

Företag: Kretsloppsparken, Återbruket, Göteborgs Stad

Intervjuperson: Björn Aronsson, platschef

Beskrivning av företag:

Kretsloppsparken ligger i Alelyckan i Göteborg. I parken som är runt 1000 kvadratmeter finns återvinningscentral, sorteringsstation vid avlämning av produkter, återanvändningsstation med tillhörande butik för försäljning (Återbruket), samt Stadsmissionen. Här kan både privatpersoner och företag lämna och köpa allt från tyg till byggmaterial.

Företag: Brukspecialisten

Intervjuperson: Ljupce Mitrovski, säljare

Beskrivning av företag:

Brukspecialisten grundades år 1996 och är försäljare och rådgivare inom murning och putsning av byggnader. Företaget är återförsäljare av nyproducerade tegelstenar och återbrukade tegelstenar från Gamle mursten i Danmark.

Företag: Svanen

Intervjuperson: Christina Sundquist

Beskrivning av företag:

Svanen är Nordens officiella miljömärkning och det drivs på uppdrag av regeringen, utan vinstintresse. Svanen tillsammans med EU Ecolabel är de officiella miljömärkena i

Norden och Europa. Produkter som märks är allt från byggmaterial till hus. Företag så som Skanska nya hem AB, Veidekke och Familjebostäder i Göteborg AB är några exempel som producerat byggnader som miljömärkt av Svanen. För att tilldelas märkning av Svanen måste produkterna klara en rad hårda miljö-, hälso- och klimatkrav.

Gamle mursten

Sille Marie, försäljningschef, datum 25/3-13

Går det att återbruka alla slags tegelstenar med olika slags murbruk? Även tegelstenar med cement murbruk som är hårdare?

Alla typer av tegelstenar går att återbruka, men inte alla typer av murbruk. Det är murbruket som är det problematiska - det är bara kalkbruk som kan rensas bort genom att tvätta stenarna med vatten. Murbruk som innehåller cement, exempel Gullex-murbruk, är svårare att ta bort från tegelstenen, tegelstenen riskerar att gå i sönder.

Hur kvalitetssäkrar ni tegelstenarna innan de tas i bruk på nytt?

Varje tegelsten inspekteras visuellt när de rengörs, så om det finns sprickor, slag eller är sotiga (tegelstenar från skorstenar kan blir svarta av sot) rensas dessa bort. Rengöringsmaskinen rengör stenarna genom skakning och de stenar som skadas av skakningen sorteras ut och går till återvinning. Vid paketering av tegelstenarna görs en sista granskning och ser att stenarna fortfarande är hela, detta är en kvalitetsbedömning.

Får de återbrukade tegelstenarna någon miljöcertifiering, kvalitetsstämpel?

Just nu har Gamle mursten tegelstenar ingen miljöcertifiering, men vi arbetar på att hitta en relevant certifiering. Det har blivit beslutat i EU att CE-märkningen skall vara möjligt för återvunna produkter, så vi måste verkligen under det kommande året få igenom en CE-certifiering.

Går återbrukade tegelstenar att använda till bärande väggar?

Ja absolut. Återbrukade stenar är lämpliga för exakt samma funktion som deras tidigare användningsområden. Det är viktigt att man inte använder back-stenen som utvändigt vägg eftersom de inte alltid är frostsäkrade (tegelsten som ursprungligen har används i innervägg är inte alltid frostskyddad, och kan bli frostskadad om den hamnar i en yttervägg). Detta kontrolleras genom visuell inspektion under reningsprocessen.

Hur kontrollerar ni fuktskador och mögelangrepp på tegelstenarna?

En okulär besiktning görs på alla tegelstenar. Stenar med mögel eller liknande rensas bort.

Hur många procent (%) går att återbruka från konventionell rivning respektive selektiv rivning?

Cirka 70% kan återbrukas genom selektiv rivning och ibland så låg som 10% vid konventionell rivning. Den låga procenten beror vanligtvis på grävmaskiner som kör sönder tegelstenarna.

Hur får ni tag på tegelstenarna, köper ni rivningsobjekt eller anlitas Ni av företag?

Vi samlar in tegelstenar på vissa återvinningscentraler i Danmark som vi samarbetar med. Beslutar byggaren för återbrukat tegel kan man påbörja selektiv rivning på vissa befintliga hus som ska rivras. Gamle mursten köper och selektivt river tegelstenar från rivningsobjekt, men köper aldrig hela byggnader.

Kretsloppsparken

Björn Aronsson, Platschef, datum 27/2-13

Vilka kunder kommer till Er, företag eller privatpersoner?

Till Kretsloppsparken kommer det till störst del privatpersoner och små företag. Stora byggföretag vill bygga med nyproducerat material. En rektor vill inte ha en gammal dörr i sin nybyggda skola.

Vad lämnas mest, vad köps mest?

Det som lämnas mest är tyger och det som köps mest är fönster och dörrar för privat bruk så som sommarstugor. Björn har varit i branschen i många år och vet vad som säljer på marknaden. Just nu säljs tegel dåligt, då inga bygger med det längre, tegel används mest till skorstenar.

Vad har ni för regler för det som lämnas här? Tackar ni *nej* till något?

Kretsloppsparken tar emot allt material som Björn anser går att sälja, bara det är helt och rent. Vid sorteringsstationen på området kontrolleras materialet noggrant.

Hur ser Kretsloppsparkens system ut?

För att öka materialflödet och insamlat material har de placerat ut containrar på alla återvinningsstationer i Göteborg så som Högsbo med mera. De som arbetar på återvinningsstationerna vet vad Björn vill ha och de fyller containrarna åt honom. Materialet köper Kretsloppsparken sedan av stationerna. Därefter säljs detta vidare på Kretsloppsparken.

Hur stor yta är Kretsloppsparken?

Placeringen för Kretsloppsparken är avgörande för företaget. Anläggningen bör vara minst 1000m², med lika stor utomhuskapacitet. Helst ska återbruksföretaget ligga i anslutning till en återvinningscentral och nära till ett naturligt flöde, så som ett köpcentrum eller dylikt.

Hur många besökare har ni?

Nästan alla som tar sig till Kretsloppsparken är där för att fynda eller lämna material. Ungefär 50 – 60 betalande kunder/dag.

Hur pris- värdesätter ni produkterna, till exempel tegel?

Björn prissätter en vara efter vad han själv är villig att betala för den. För en tegelsten tar Kretsloppsparken 4-6 kronor/sten.

Hur bedömer ni kvalitén på en tegelsten?

För att säkerställa begagnat tegel görs en okulär besiktning där man tittar efter fuktskador, främst på tegel som har suttit på utsatta ställen vid stuprör eller som har suttit nära marken.

Vilket ansvar har ni som säljare till kunden? Skriver man på någon ansvarshandling?

Det är säljarens ansvar att meddela köparen om brister i produkten. Lagning och granskning sker i Kretsloppsparken. Det som ej är brukligt åker till återvinningscentralen som ligger bredvid.

Brukspecialisten

Ljupce Mitrovski, säljare, datum 27/3-13

Vad finns det för olika murbruk?

Cementbruk så som Gullex är vanligt (90-95%). Hydrauliskt kalkbruk var vanligare förr (5%).

Hur stor miljöpåverkan har cementbruk?

Cementbruk innehåller krom som är allergiframkallande, men finns i cementbruk idag som är kromreducerat.

Varför används cementbruk framför kalkbruk?

Cementbruket härdar snabbare än kalkbruk och har bättre vidhäftningsförmåga samt är starkare.

Går det att återbruka tegelstenar med cementmurbruk?

Det går att återbruka tegelstenar med cementbruk men då krävs det skrapning av tegelstenen, vilket kan vara problematiskt då skrapningen öppnar porer i stenen. Skrapning är kostsamt, tar tid och är svårt.

Hur kvalitetssäkrar ni tegelstenarna innan de tas i bruk?

Okulärt.

Går återbrukade tegelstenar att använda i bärande väggar?

Ja.

Hur kan tegelstenar och murbruk skadas?

Murbruket kan missfärgas och bli mörkt och det är oftast söderläge med mycket sol och västerläge med salta vindar som skadar. Då kan en omfogning vara aktuellt och detta görs ungefär var 35-40år. Tegelstenar kan angripas av gröna alger, men detta kan tvättas bort. Även vit svamp kan angripa tegelstenar men även detta kan tvättas bort.

Rivs många tegelbyggnader i Göteborgsområdet?

På 1950 - 1960 talet revs mycket byggnader med tegel men idag rivs inte lika många tegelbyggnader. I Göteborgsområdet K-märks gamla tegelbyggnader.

Hur får Brukspecialisten tag på återbrukade tegelstenar?

Får återbrukade tegelstenar från Danska Gamle mursten. Det är gult tegel från Danmark, som inte har samma tegelstorlek som svenska tegelstenar.

Hur många procent återbrukade tegelstenar är rimligt att ha i en nyproducerad byggnad?

Få procent, då det är svårt att hitta stora mängder liknande tegelstenar så att det blir estetiskt tilltalande och enhetligt.

Hur många återbrukade tegelstenar säljs/år?

2-3% återbrukade tegelstenar omsätter Brukspecialisten per år. Det finns ett stort sug efter gamla stenar för dess patina och historia.

Vad är priset för en återbrukad tegelsten?

7-8 kr/sten. Lika mycket som en nyproducerad tegelsten kostar, fast man kan köpa stora mängder nyproducerade tegelstenar vilket ger mängdrabatt.

Svanen

Christina Sundquist, Svanen, datum 12/3-13

Hur går en Svanenmärkning till för en produkt?

En utredning av den aktuella produkten måste genomföras innan Svanenmärkning, och denna utredning tar minst två år. Produkten ska prövas och utredningen berör materialets miljöpåverkan, riskanalys, marknadens efterfrågan och resursbehov bearbetas.

Vilka svårigheter finns med den nya konceptuella modellen angående Svanenmärkning?

Svårigheter med den nya konceptuella modellen är murbruket och dess miljöpåverkan. Måste undersöka hur till exempel cementmurbruk påverkar miljön och dess tillsatser, innan återbruk av tegelstenar kan bli Svanenmärkt. Svanenmärkta tegelstenar skulle kunna ingå i Svanenmärkta hus där alla byggnadens material är Svanenmärkta.

Bilaga 3 – Beräkningar av energianvändning och koldioxidutsläpp

Nedan presenteras uträkningar på energianvändning vid råvaruutvinning och förbränning, samt koldioxidutsläpp vid transport av nyproducerade tegelstenar.

Koldioxidutsläpp och energianvändning vid råvaruutvinning av tegel genom lergrävning med hjulgrävmaskin

1 liter diesel = 38,7 MJ (<http://www.kajul.org/EnergyBlogEN.php?Art=5>)

Bortgrävning: 1,7 MJ/ton (<http://ns.swedgeo.se/sd/pdf/SD-R11.pdf>)

$(1,7 \text{ MJ/ton})/1000 = 0,0017 \text{ MJ/Kg}$, $0,0017/38,7 = 4,39 \cdot 10^{-5} \text{ l diesel/kg lera}$

Densitet lera = 2500 kg/m^3

Densitet tegel = 1584 kg/m^3

Andel lera i tegel = 63 %

Vikt per m^2 tegel = 64 kg 40,32 kg lera/ m^2 tegel 0,00177 l diesel/ m^2 tegel 0,00449

kgCO₂/m² tegel

Koldioxidutsläpp och energianvändning vid förbränningsprocessen

För hela förbränningsprocessen går det åt cirka 375 kilo kalorier/kg tegel (Baban & Dang, 2012)

1 kalori = 4,19 joule -> 1,57 M joule

1 kWh = 3,6*10⁶ joule -> 1,57 M joule = 0,4365 kWh = 0,0004365 MWh -> 203,5*0,0004365 = 0,089 kg CO₂ / kg tegel = **5,68 kg CO₂/ m² tegel**

Från tegelbruk i Danmark (Hurup) till hamnen med tung lastbil (Baban & Dang, 2012)

Drivmedel: Diesel och med bränsleförbrukning cirka 4,5l/mil

Total förbrukad dieselvolym för 18 mil = $4,5 \cdot 18 = 81 \text{ l diesel}$

Total lastkapacitet för en tunglastbil är cirka 30 ton (30 000 kg)

$81/30\ 000 = 0,0027 \text{ l diesel/kg tegel}$

= 0,0068 kg CO₂/kg tegel -> 32 tegelstenar/m²=64 kg -> **0,44 *4 (fyra lastbilar)=**

1,76kg CO₂/m² tegel

Från hamnen i Danmark till grossist i Sverige (Göteborg) med fartyg (Baban & Dang, 2012)

Avstånd: cirka 90 km

Transportsätt: Medelstort fartyg

Drivmedel: Tjockolja med bränsleförbrukning cirka 15 000 l/24h

Hastighet: Cirka 15 knop, d.v.s. 30 km/h

Tid att transportera: $(90\text{km})/(30 \text{ km/h}) = \text{cirka } 3 \text{ h}$

Total tjockolja förbrukning: $15\ 000 \text{ l}/24 = 625 \text{ l/h}$, $625\text{l/h} \cdot 3 = 1875 \text{ l tjockolja}$

Antag att man lastar 122 ton tegel, $1875/122 \cdot 1000 = 0,015 \text{ liter tjockolja/kg tegel}$

= 0,039kg CO₂/kg tegel -> 32 tegelstenar/m² = 64 kg -> **2,5 kg CO₂/m² tegel**

Från tegelbruk i Holland (Amsterdam) till Danmark (hurup) med tung lastbil
(Baban & Dang, 2012)

Drivmedel: Diesel och med bränsleförbrukning cirka 4,5l/mil
Total förbrukad diesolvolymer för 86 mil = $4,5 \cdot 86 = 387$ l diesel
Total lastkapacitet för en tunglastbil är cirka 30 ton (30 000 kg)
 $387 / 30\ 000 = 0,0129$ l diesel/kg tegel
= $0,0129$ kg CO₂/kg tegel -> 32 tegelstenar/m² = 64 kg -> **0,83 * 4 (fyra lastbilar) = 3,32 kg CO₂/m² tegel**

Från Holland till Göteborg med tung lastbil
= $3,32 + 2,5 + 1,76 = 7,58$ CO₂/m²

Från grossist i Göteborg till bygget i Göteborg (Baban & Dang, 2012)

Transportsätt: Tung lastbil
Drivmedel: Diesel och med bränsleförbrukning cirka 4,5l/mil
Total förbrukad diesolvolymer inom 2 mils radie = $4,5 \cdot 2 = 9$ l diesel
Total lastkapacitet för en tunglastbil är cirka 30 ton (30 000 kg)
 $9 / 30\ 000 = 0,0003$ l diesel/kg tegel
= $0,0003$ kg CO₂/kg tegel -> 32 tegelstenar/m² = 64 kg -> **0,0512 * 4 (fyra lastbilar) = 0,205 kg CO₂/m² tegel**