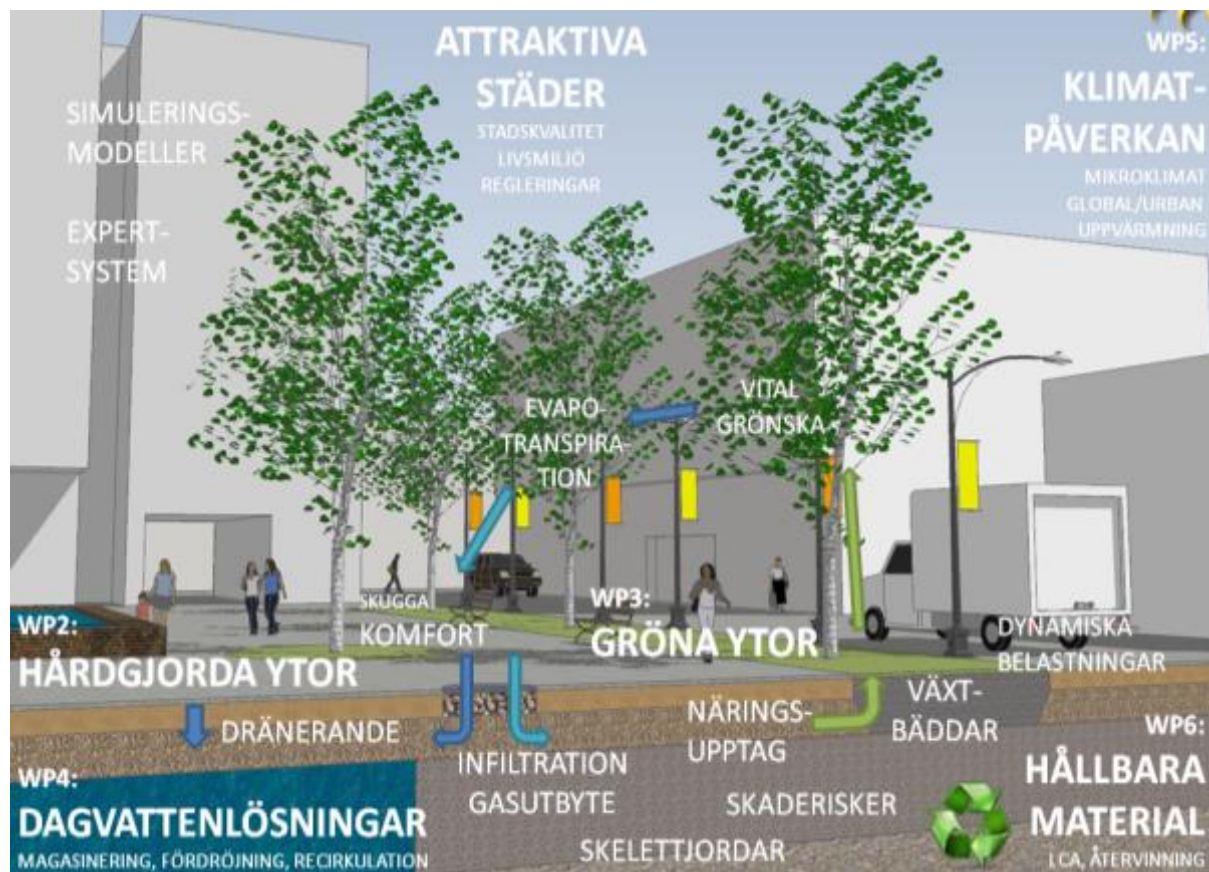


Grågröna systemlösningar för hållbara städer



Hållbara materialval – Livscykelanalys av markbeläggningar

Program: Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer

Diarienummer: 2012–01271

Datum: 2015-02-09

Rapportansvarig: Lisa Bolin, SP Sveriges tekniska forskningsinstitut

Förord

Föreliggande rapport är en del av projektet *Grågröna systemlösningar för hållbara städer*, ett tvärvetenskapligt samarbetsprojekt mellan; Betonginstitutet (CBI – *Projektkoordinator*), Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI), Statens Väg- och transportforskningsinstitut (VTI), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP), STEN – Sveriges Stenindustriförbund, MinBaS, Benders, CEMENTA, Hasselfors Garden, NCC, Pipelife, Starka, Malmö Stad, Stockholm Stad Trafikkontoret, Växjö Kommun, Movium (SLU), CEC Design, StormTac, Sweco, Thorbjörn Andersson – Landskapsarkitekt och VIÖS.

Projektet bedrivs inom ramen för Vinnovas program ”Gränsöverskridande samverkan och inriktningen Utmaningsdriven innovation” och delfinansieras av Vinnova.

Resultaten från projektet publiceras på projektets webbplats www.greenurbansystems.eu

Sammanfattning

I denna studie har ett antal alternativ för hårdgjorda ytor jämförts i en livscykelanalys med avseende på klimatpåverkan och primärenergianvändning. Vi har i studien jämfört 25 kvadratmeter torgyta inklusive 5 meter kantsten eller kantstöd, av trafikklass 2, som ligger under 30 år.

De system som har jämförts är:

- Dränerande system med betongplattor tillverkade i Sverige (Siena Eco)
- Dränerande system med betongplattor tillverkade i Sverige (Uni-Ecoloc)
- Traditionellt system med betongplattor tillverkade i Sverige (Uni-Coloc)
- Dränerande system med gatsten tillverkad i Sverige (Alla ytor klippta traditionell)
- Traditionellt system med gatsten tillverkad i Sverige (Sågad med flammad/ ovansida och klippta kantsidor)
- Traditionellt system med hållar tillverkade i Sverige (sågade med flammad ovansida).
- Dränerande system med gatsten tillverkad i Kina (Alla ytor klippta traditionell)
- Traditionellt system med gatsten tillverkad i Kina (Sågad med flammad/ ovansida och klippta kantsidor)
- Traditionellt system med hållar tillverkade i Kina (sågade med flammad ovansida)

Det tydligaste resultatet i den här studien är att stenen som är importerad från Kina orsakar både större klimatpåverkan och har större primärenergianvändning än stenen från det svenska brottet. Detta beror dels på den långa transporten och dels på att man i Kina har en annan elförsörjning som i mycket större utsträckning är baserad på fossila bränslen. Dessutom är vissa maskiner som till exempel sågar mindre effektiva än de som används i Sverige.

En annan slutsats är att om betongmarksten tillverkas med cement med låg klimatpåverkan och låg primärenergianvändning så har den lägre klimatpåverkan än kinesiska hållar och lägre primärenergianvändning än kinesiska hållar och sågad gatsten samt ungefär samma primärenergianvändning som svenska hållar. Viktigt är dock att komma ihåg att detta inte gäller om en cement med högre klimatpåverkan och primärenergianvändning används.

När det gäller kantsten så har svensk kantsten absolut minst klimatpåverkan och primärenergianvändning, medan betongkantstödet har högst. Detta beror främst på den höga återvinningsgraden av kantstenarna.

Summary

In this study a number of options for hard surfaces have been compared in a life cycle assessment, with respect to climate impact and primary energy use. We have compared 25 square meters of paved surface including 5 meters of curb, that reaches the Swedish criteria for dimensioning called "trafikklass 2". The surface lays under 30 years before being redone.

The systems compared are:

- Draining systems with concrete slabs manufactured in Sweden (Siena Eco)
- Draining systems with concrete slabs manufactured in Sweden (Uni- Ecoloc)
- Traditional system with concrete slabs manufactured in Sweden (Uni- Coloc)
- Draining systems with cobblestones made in Sweden (All surfaces trimmed traditionally)
- Traditional system with cobblestones made in Sweden (Sawn with flamed top and bottom)
- Traditional system with slabs manufactured in Sweden (sawn with flamed top)
- Draining systems with cobblestones made in China (All surfaces trimmed traditionally)
- Traditional system with cobblestones made in China (Sawn with flamed top and bottom)
- Traditional system with slabs manufactured in China (sawn with flamed top)

The most significant result of this study is that the stone imported from China causes both greater carbon footprint and uses more primary energy than the stone from the Swedish quarry. This is partly due to the long transport from China to Sweden and partly that China has a power supply that is much more based on fossil fuels than in Sweden. In addition, some equipment such as saws are less efficient than those used in Sweden.

Another conclusion is that if concrete slabs are manufactured with cement with a low carbon footprint and low primary energy use, it has less impact than Chinese stone slabs and lower primary energy use than Chinese stone slabs and sawn paving stone and about the same primary energy use as Swedish slabs. However, it is important to remember that this is not true if cement with higher carbon footprint and primary energy use is used.

When it comes to the curb, the Swedish stone curb has the absolute lowest carbon footprint and primary energy use, while the concrete curb has the highest. This is mainly due to the high rate of reuse of stone curb.

Innehållsförteckning

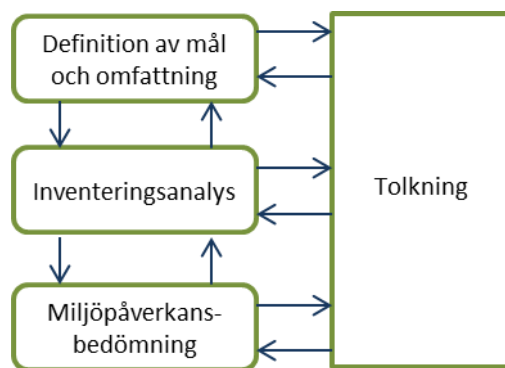
1	Metod	6
2	Mål och omfattning	7
2.1	Funktionell enhet	7
3	Inventering	8
3.1	Sten från Sverige	8
3.1.1	Stenbrottet i Sverige	8
3.1.2	Tillverkning av råkilad gatsten - Sverige	9
3.1.3	Tillverkning av kantsten - Sverige	10
3.1.4	Tillverkning av flammade hållar - Sverige	10
3.1.5	Tillverkning sågad och flammade gatsten - Sverige	11
3.2	Sten från Kina	12
3.2.1	Stenbrottet i Kina	13
3.2.2	Tillverkning av råkilad gatsten – Kina	14
3.2.3	Tillverkning av kantsten – Kina	14
3.2.4	Tillverkning av flammade hållar – Kina	15
3.2.5	Tillverkning sågad och flammade gatsten – Kina	17
3.2.6	Transport från Kina till Sverige	17
3.3	Betong	19
3.3.1	Siena Eco	19
3.3.2	Uni-coloc	20
3.3.3	Uni-ecoloc	20
3.3.4	Grävkantstöd i betong	21
4	Miljöpåverkansbedömning	22
4.1	Sten	22
4.1.1	Sverige	22
4.1.2	Kina	23
4.2	Betong	25
4.3	Jämförelse mellan sten och betong	26
4.3.1	Klimatpåverkan – Endast produktion utan hänsyn till återanvändning eller återvinning	26
4.3.2	Klimatpåverkan – Produktion med hänsyn till återanvändning och återvinning	27
4.3.3	Primärenergi - Endast produktion utan hänsyn till återanvändning eller återvinning	29
4.3.4	Primärenergi – Produktion med hänsyn till återanvändning och återvinning	30
5	Känslighetsanalys	33
5.1	Cement	33
5.2	Båttransport	35
6	Slutsats och diskussion	36
7	Referenser	38
Bilaga 1		38

1 Metod

Livscykelanalys (LCA) används för att kvantifiera miljöpåverkan från en produkt eller en tjänst. I en LCA beräknas de resurser som används under en produkts livscykel. Med resurser menas de råvaror och den energi som används under hela livscykeln. Dessutom beräknas alla utsläpp som orsakas under livscykeln. I en så kallad vaggan-till-graven LCA så ingår allt ifrån utvinning av råvaror och bränslen (vagga) till avfallshantering (grav).

I standarden ISO 14040: 2006 beskrivs principer och ramar för LCA. Denna standard har tillämpas i denna studie. Med undantaget att rapporten inte granskats av tredje part, vilket rekommenderas om man ska kommunicera resultat där man jämför konkurrerande produkter.

Figur 1 visar de olika faserna i en LCA. Att definiera ett tydligt mål och omfattning är avgörande eftersom detta kan ha direkt effekt på slutresultatet. När mål och omfattning är definierat kan inventeringsanalysen börja. Det är där uppgifter om alla processer samlas in. Data från inventeringsanalysen bearbetas vidare i en miljöpåverkansbedömning, där data sorteras i olika kategorier beroende på vilken miljöpåverkan de har. Dessa kategorier kan vara exempelvis potentiell växthuseffekt, försurning, övergödning, etc. Genom miljöpåverkansbedömningen kan den totala miljöpåverkan av det studerade systemet tydligare utvärderas. LCA är en iterativ process, man kan alltid gå tillbaka till en tidigare fas, till exempel kan mål och omfattning behöva omdefinieras eller inventeringsdata kan behöva uppdateras.



Figur 1 De grundläggande stegen i LCA (ISO, 2006)

2 Mål och omfattning

Målet med denna studie är att skapa en uppfattning om primärenergianvändningen och klimatpåverkan från produktion och användning av olika typer av markbeläggningar. Primärenergi betyder att man räknar in all energi som gått åt för att utföra det arbete som är själva slutmålet, det vill säga man räknar till exempel in all energi som gått åt för att utvinna bränslen eller förluster i kraftverk. Klimatpåverkan beräknas genom att alla klimatgaser räknas samman till ett index med hjälp av olika karaktäriseringsfaktorer. De karaktäriseringsfaktorer som använts redovisas i Bilaga 1.

I studien så har ett antal olika system jämförts. De system som ingår i studien är:

- Dränerande system med betongplattor tillverkade i Sverige (Siena Eco)
- Dränerande system med betongplattor tillverkade i Sverige (Uni-Ecoloc)
- Traditionellt system med betongplattor tillverkade i Sverige (Uni-Coloc)
- Dränerande system med gatsten tillverkad i Sverige (Alla ytor klippta traditionell)
- Traditionellt system med gatsten tillverkad i Sverige (Sågad med flammad/ ovansida och klippta kantsidor)
- Traditionellt system med hällar tillverkade i Sverige (sågade med flammad ovansida).
- Dränerande system med gatsten tillverkad i Kina (Alla ytor klippta traditionell)
- Traditionellt system med gatsten tillverkad i Kina (Sågad med flammad/ ovansida och klippta kantsidor)
- Traditionellt system med hällar tillverkade i Kina (sågade med flammad ovansida)

Vi har också jämfört kantsten tillverkad i Sverige eller Kina, samt kantstöd av betong.

2.1 Funktionell enhet

Funktionell enhet är ett grundläggande begrepp i LCA. I den funktionella enheten definieras vad det är för funktion som produkten, tjänsten eller systemet uppfyller. I denna LCA är den funktionella enheten:

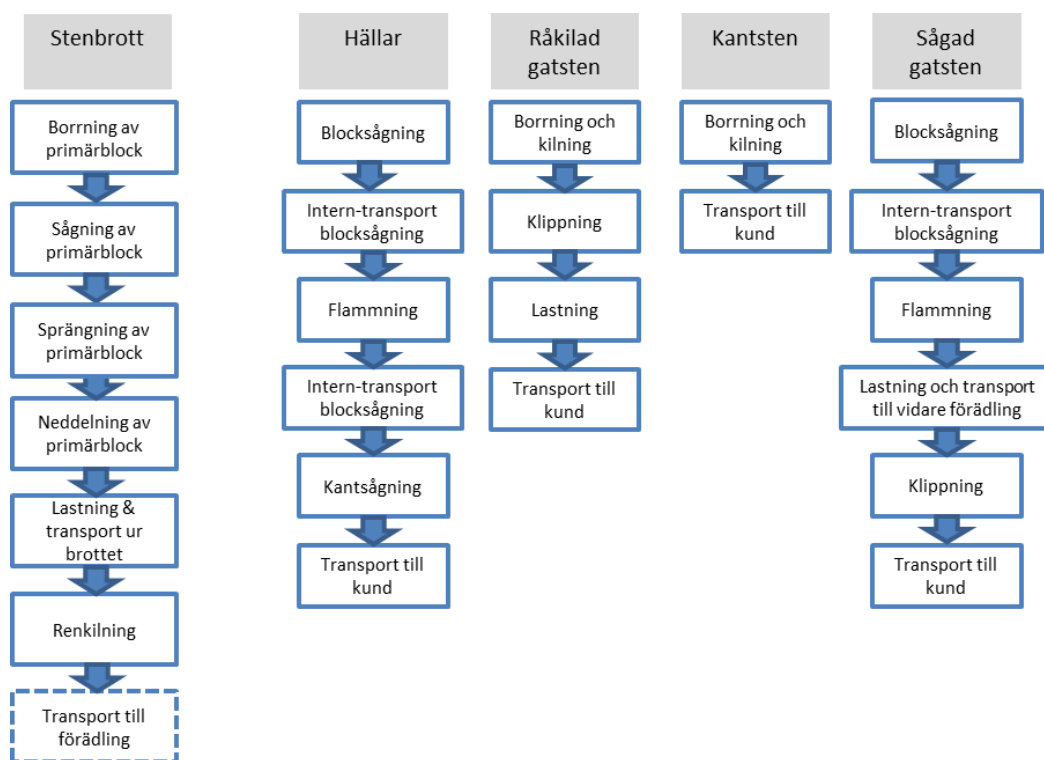
<i>25 m² torgyta med trafiklass 2 i 30 år. I detta ingår material i form av sten, plattor eller hällar men också 5 m kantsten eller kantstöd. Underarbetet i form av sättsand och krossmaterial ingår inte.</i>
--

I studien ingår alla processer från det att materialen utvinns ut jordskorpan tills det att den färdiga produkten kommer till kund. Laggning av produkterna och eventuellt underhåll under användarfasen är inte inräknat i LCA:n eftersom dessa antas vara lika för de olika systemen. Däremot är återanvändning, återvinning eller avfallshanteringa av produkterna inräknat.

3 Inventering

3.1 Sten från Sverige

Insamling av data från tillverkning och användning av stenprodukter har skett i nära samarbete med stenindustrin. En detaljerad beskrivning av brytningen i Naturstenskompaniets stenbrott i Bokalyckan, strax norr om Kristianstad, och tillverkning av alla de svenska produkterna finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”, nedan sammanfattas den insamlade rådatan för varje produkt. I Figur 2 sammanfattas de processer som är inkluderade i LCA:n. Vissa processer finns inte med i flödesschemat eftersom de inte använder någon energi utöver manuellt arbete. Brytnings- och tillverkningsmetoden går ut på att så långt det är möjligt utnyttja stenens goda klyvegenskaper genom att borra korta och kila, vilket är betydligt mindre energikrävande än till exempel sågning. All sten som inte används till stenprodukter går till krossning för olika krossprodukter.



Figur 2 Flödesschema över de olika svenska stenprodukterna

3.1.1 Stenbrottet i Sverige

All data kring brytning av sten i Sverige har fått från stenbrottet Bokalyckan i Bjärlöv. Det är viktigt att påpeka att all data därmed är specifik för just detta stenbrott och troligtvis inte är representativ för brytning av sten på andra platser. I Bokalyckan bryter man granit. I

Tabell **1** finns de processer som är inkluderade i stenbrottet.

Figur **3** visar en bild av stenbrottet Bokalyckan. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 1 Processer och dess energianvändning vid brytning av granit i bokalyckans stenbrott.

Process	Elanvändning [kWh/ton lossat berg]	Dieselanvändning [l/ ton lossat berg]	Kommentar
Avbaning			Inte inkluderad i studien
Borrning av primärblock		0,54	Dieseldriven borrhög med hydraul- borrmaskin
Sågning av primärblock		0,04	Dieseldriven diamantsåg
Sprängning av primärblock			15 g av sprängämnet pentrit samt 24 g plastförpackning.
Neddelning av primärblock	0,13		Tryckluftsdriven borrmaskin, elkompressor
Lastning o transport upp ur brottet		1,23	Dieseldriven lastmaskin
Länsumpar och belysning	1,64		Eldrivna pumpar och belysning
Borrning och Kilning	0,98		Tryckluftsdriven borrmaskin, kompressor
Lastning och transport, hantering av block		1,44	Dieseldriven lastmaskin
Totalt	2,75	3,25	



Figur 3 översiktsbild över stenbrottet bokalyckan.

3.1.2 Tillverkning av råkilad gatsten - Sverige

Ett ämne med lämplig tjocklek borras upp och kilas sedan med rundkil upp i ämnen lagom stora för att kunna klippas till gatsten. I

Tabell 2 framgår de processer som ingår i tillverkningen. **Figur 4** visar hur klippningen av stenen går till. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten "Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten".

Tabell 2 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av råkilad gatsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1,2 ton sten från brottet (ej renkilad)	2,13	2,17	
Neddelning av ämne genom borrning och kilning	2,3	0,39	Tryckluftsdriven borrmaskin, kompressor. Diesel till borrhög.
Klippning	1,94		Eldriven hydraulklipp.
Lastning		1,94	Dieseldriven lastmaskin.
Transport till kund		2,1	Dieseldriven lastbil
Total	6,37	6,60	



Figur 4 Klippning av gatsten i bokalyckans stenbrott.

3.1.3 Tillverkning av kantsten - Sverige

Som utgångsämne väljs ett ämne med dimensionen 1500 x 600 x 500 mm. Ur detta ämne kilar fram 8 kantstenar med sammanlagt längd 12 meter. För att dela upp ämnet ritsat man först ett spår för anvisning, därefter borras mycket korta hål för småkilar med vars hjälp man kilar upp ämnet i kantstenar. Efter kilning tillsätts kanterna.

Tabell 3 visar processer och energianvändning vid tillverkningen av kantstenen. I

Figur 5 visas hur kilningen av kantstensämnet som sker helt manuellt och inte kräver någon tillsatt energi. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 3 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av kantsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1,28 ton sten från brottet (renkilad)	3,50	4,15	
Lasthantering av ämnen och färdiga kantstenar		0,88	Dieseldriven lastmaskin.
Ritsning och borrar hål för kilning.	2,21		Tryckluftsdreven bormaskin, elkompressor.
Transport till kund		2,1	Dieseldriven lastbil
Total	5,71	7,13	

Figur 5 Kilning av kantstensämnet små kilar.

3.1.4 Tillverkning av flammade hällar - Sverige

Från blocklagret i stenbrottet Bokalyckan lastas lämpliga ämnen för uppsågning till hällar på lastbil och körs till Naturstenskompansiets stenförädlingsanläggning i Högsma, två mil norr om stenbrottet. Ur varje block erhålls 7 skivor. I Högsma är den första enhetsprocessen blocksågning. Denna kan ske antingen med linsågning eller diamantklingsågning. För sågning av hällar i Bjärlövgranit räknar vi med diamantklingsågning. Ut från sågen kommer då råskivor som går vidare till flamning. De flammade råskivorna går sedan till kantsågen där de formatsågas till de beställda formaten. Efter packning placeras de i leveranslagret, varifrån de går på bil till kund. I

Tabell 4 visas proceser och energianvändning för tillverkningen av hållar i Högsma. **Figur 6** visar hur granitblocken sågas med en diamantsåg till skivor. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 4 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av flammade hållar.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
Uppvärmning av lokaler	-	-	3,82 l gasol används för uppvärmning.
1,84 ton sten från brottet (renkilad)	5,05	5,97	
Lastning, transport till förädling		1,25	Diesel för laster och lastbil.
Blocksågning	195		El för såg och pumpning av spolvatten
Internrapport blocksågning		2,51	Diesel för lastare
Flamning	3,03		El för matning av ämnet, och spolning samt 18,9 liter gasol
Internrapport		0,57	Diesel för truck
Kantsågning	243		El för såg och pumpning av spolvatten samt ventilation.
Transport till kund (120 km)		2,5	Diesel för lastbil
Total	446	12,81	



Figur 6 Sågning av block till skivor som ämnen för hållar.

3.1.5 Tillverkning sågad och flammade gatsten - Sverige

Från blocklagret i stenbrottet Bokalyckan lastas lämpliga ämnen för uppsågning till hållar på lastbil och körs till stenförädlingsanläggningen i Högsma. Dessa behandlas på samma sätt som ämnen för flammade hållar. Ur varje block erhålls 7 skivor. I Högsma är den första enhetsprocessen blocksågning. Vi räknar med att det är diamantklingsågning. Ut från sågen kommer då råskivor som går vidare till flamning. De flammade råskivorna körs sedan tillbaka till Bokalyckan för klippning. Efter packning placeras de i leveranslagret, varifrån de går på bil till kund. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

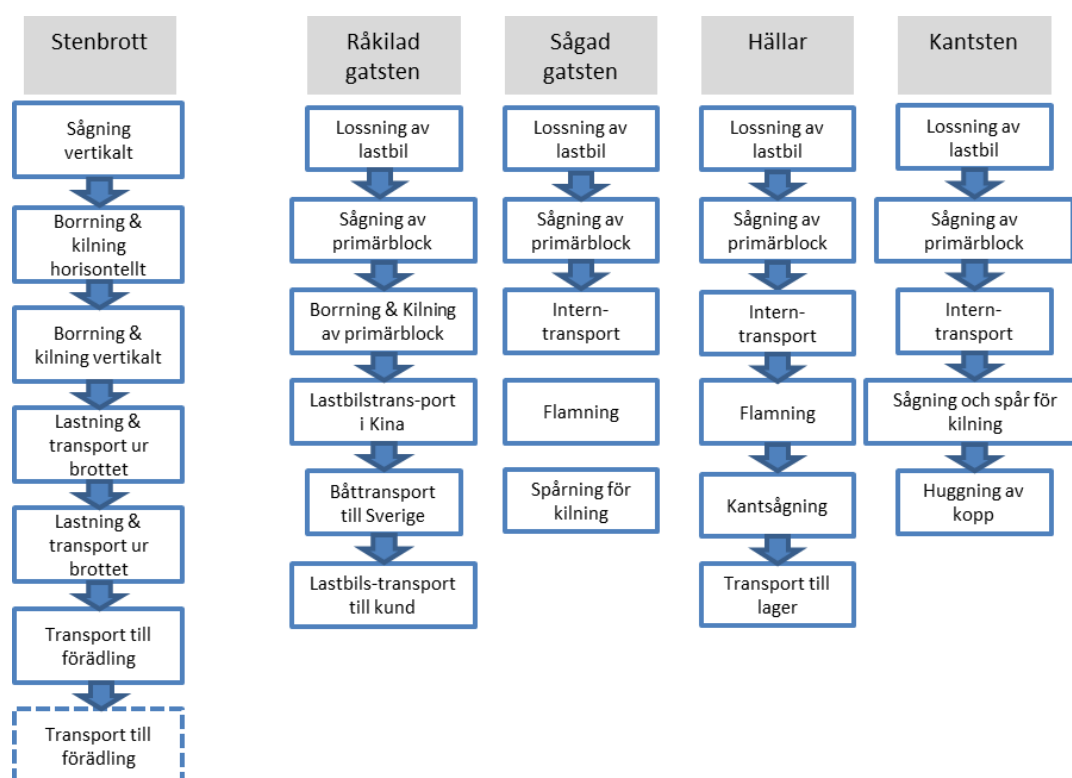
Tabell 5 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av sågad och flammad gatsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1,77 ton sten från brottet (renkilad)	3,54	4,19	
Lastning, transport till förädling		0,46	Diesel för lastare och lastbil.
Blocksågning	179		El för såg och pumpning av spolvatten
Intentransport blocksågning		0,96	Diesel för lastare
Flamning	1,57		El för matning av ämnet, och spolning samt 8,03 liter gasol
Lastning, transport till Bokalyckan (retur)		0,41	Diesel för lastbil
Klippning	2,34		Eldriven hydraulklipp.
Lastmaskin	0,42		Diesel för lastare
Transport till kund (120 km)		2,1	Diesel för lastbil
Total	183	3,93	

3.2 Sten från Kina

Data för tillverkningen av sten från Kina har tagits fram tillsammans med Naturstenskompaniet via deras underleverantörer i Kina. I

Figur 7 finns de processer som är inkluderade för tillverkningen av kinesisk sten. Vissa processer som inte kräver någon energi förutom manuellt arbete visas inte i flödesschemat. Detaljerad data och beskrivning av processer av brytning och förädling i Kina finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.



Figur 7 Flödesschema för sten tillverkad i Kina.

3.2.1 Stenbrottet i Kina

Data för brytning i Kina kommer från ett stenbrott i Shandong provinsen i Kina där man bryter granit. Data har fått via Naturstenskompagniet eftersom de importerar sten ifrån just detta brott. Det är återigen viktigt att komma ihåg att brytning i andra brott i Kina går till på andra sätt och därmed har en annan energianvändning. I

Tabell 6 finns de processer som är inkluderade i stenbrottet.

Figur 8 visar en bild av stenbrottet.

Tabell 6 Processer och dess energianvändning vid brytning av granit i stenbrottet i xxx.

Process	Elanvändning [kWh/ton lossat berg]	Dieselanvändning [l/ ton lossat berg]	Kommentar
Avbaning			Inte inkluderad i studien
Sågning av vertikala snitt per primärblock	8,3		Elektrisk såg, pumpning av vatten för spolning, diesellastare för lyft.
Borrning och kilning av svall	1,8		Elektricitet för tryckluft som används i borr.
Borrning och kilning vertikalt tvärs den sågade sömmen	0,33		Elektricitet för tryckluft som används i borr.
Lyftning av primärblock och transport till lagerplats		1,3	Diesel i diesellastare.
Total energiåtgång, exkl spill	10,4	1,3	
Total energiåtgång, 20% spill	13,0	1,63	
Lastning		0,013	Diesel i diesellastare
Transport till förädling		0,54	Diesel i lastbil
Totalt med 20% spill och transport	13,02	2,18	



Figur 8 Översiktsbild över stenbrottet i Shandong provinsen i Kina.

3.2.2 Tillverkning av råkilad gatsten – Kina

Gatstenarna huggs för hand efter det de kilats till huggbara ämnen. Uppdelningen sker på lite olika sätt beroende på utgångsmaterialet. Anvisningar sågas med vinkelslip och kilas med plattkils, dels med genomborrade bål med rundkil. I Tabell 7 framgår de processer som ingår i tillverkningen.

Figur 9 visar kilning av gatstensämnen. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 7 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av kinesisk Råkilad gatsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1, 25 ton sten från brottet	16,27	2,72	20 % spill i tillverkningen av gatsten
Avlastning av block		0,013	Diesel i lastare.
Anvisning för kilning	1,37		Elektricitet för handsåg.
Borrning och kilning av gatstensämnen	4,97		Elektricitet för tryckluft som används i borrar
Huggning av gatsten	-	-	Helt manuellt – försumbar energiåtgång
Lastning på bil		0,013	Diesel i lastare.
Total	22,6	2,75	



Figur 9 Kilning av gatstensämnen.

3.2.3 Tillverkning av kantsten – Kina

Vid tillverkning av den kinesiska kantstenen så sågas och kilas ett stenämne fram ur ett block från stenbrottet. Detta skiljer sig från den svenska tillverkningen där sågning inte används. De sågade ämnen klyvs sedan till kantsten, detta görs genom att först såga ett spår med vinkelslip där platta kilar sen kan slås i. I

Tabell **8** framgår de processer som ingår i tillverkningen.

Figur **10** visar sågning av spår för kilningen. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 8 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av kinesisk kantsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1, 11 ton sten från brottet	14,46	2,42	10 % spill i tillverkningen av kantsten
Avlastning av block vid fabrik	0,13		Elektricitet för avlastning.
Sågning av ämnen	50,93		Elektricitet för såg och pumpning av spolvatten
Lastning och transport till produktionsplats för råkantsten		0,088	Diesel för lastare och lastbil
Kilning av kantstensämnen	-	-	Manuellt arbete, ingen energianvändning.
Sågspår och kilning av kantstensämnen	1,37		Elektricitet till handsåg.
Huggning av kopp på ovansidan	1,37		Elektricitet för sågning av spår med handsåg.
Lastning på bil		0,012	
Total	68,25	2,52	



Figur 10 Sågning av spår för kilning.

3.2.4 Tillverkning av flammade hällar – Kina

Block från brottet sågas till skivor som sedan flammats. Flamningen sker manuellt till skillnad för de svenska hällarna. Efter flamingen kantsågas skivorna till färdiga hällar, framtagningen av hällen sker för hand. I

Tabell **9** framgår de processer som ingår i tillverkningen.

Figur **11** visar manuell flamning av hållarna. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 9 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av kinesiska flammade hållar.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1, 33 ton sten från brottet	17,35	2,90	25 % spill i tillverkningen av kantsten
Avlastning men el driven kran	0,173		
Blocksågning	340,9		
Internttransport		0,016	
Flamning			18,9 l flammingsgas
Kantsågning	214,20		
Internttransport bl.a. till lager		0,012	
Lastning på bil		0,012	
Total	572,6	2,94	



Figur 11 Manuell flamning av hållarna.

3.2.5 Tillverkning sågad och flammad gatsten – Kina

Block sågas upp 80 mm råskivor (på samma sätt som för hållar) som sedan flammats varefter de huggs till gatstenar. I Tabell 10 framgår de processer som ingår i tillverkningen.

Figur 12 visar sågning av spår för. All detaljerad bakgrundsdata om tillverkningen finns i underlagsrapporten ”Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten”.

Tabell 10 Processer och dess energianvändning vid tillverkning av kinesiska sågad och flammad gatsten.

Process	Elanvändning [kWh/ton slutprodukt]	Dieselanvändning [l/ ton slutprodukt]	Kommentar
1, 33 ton sten från brottet	15,31	2,56	25 % spill i tillverkningen av kantsten
Avlastning men el driven kran	0,19		
Blocksågning	320		
Internttransport		0,013	
Flamning			18,2 l flammingsgas
Spårning för kilning		1,46	
Lastning på bil		0,013	
Total	336	4,05	



Figur 12 Kilning av flammad skiva till gatsten.

3.2.6 Transport från Kina till Sverige

Det finns ett stort antal källor som skulle kunna användas för att fartygstransporten från Kina till Sverige. I Tabell 11 visas fyra olika källor som är vanligt förekommande.

Tabell 11 Fyra olika datakällor för fartygstransporter.

	GaBi professional database	Ecoinvent	NTM calc	NTM calc	Trafikverk etgröna korridorer
Storlek skepp	27500 DWT	Anges inte	27500 DWT	100 000 DWT*	7000 TEU
Bränsleförbrukning per tonkm	2,7 g	2,8 g	7,3 g	5,6 g	3,3 g

*Ett fartyg som kan lasta 8000-10 000 TEU har vanligtvis 95 000-120 000 DWT.

För att uppskatta hur mycket energi transportens använder har vi använt data från databasen GaBi professional, som i sin tur bygger på rapporten "Second IMO GHG Study 2009" utgiven av "International maritime organization". Bränsleförbrukningen för att transportera ett bränsle beräknas utifrån skeppets dödvikt (DWT), lastgraden och sträckan. Dödvikt är ett mått på ett fartygs maximala lastförmåga och är den totala vikten av last, bränsle, förråd, besättning och passagerare som ett fartyg förmår bära när det lastats ned till lägsta tillåtna fribord. I beräkningarna i denna LCA har ett containerfartyg med DWT 27500 använts. Lastgraden har antagits vara 70%.

Som framgår i Tabell 11 så skiljer sig data från de olika källorna åt och det är oklart varför det är på det sättet. Vi har dock använt en av de källor som ger minst bränsleförbrukning för fartygstransporten vilket innebär att om någon av de andra tre källorna skulle ha använts så skulle miljöpåverkan från transport av den kinesiska stenen bli större.

3.3 Betong

Betongprodukterna som använts i denna studie är tre olika markplattor från Starka betong:

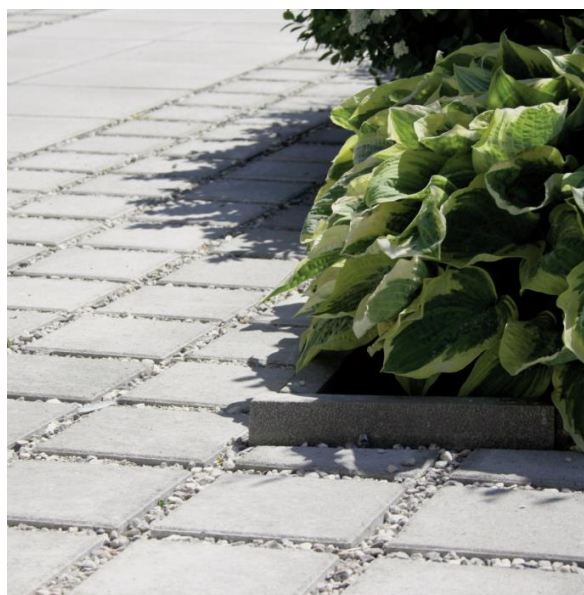
- Siena Eco – En dränerande marketen för infiltrering av dagvatten som rinner genom beläggningen och leds ut till omgivande mark.
- Uni-coloc – Marksten utvecklad för att tåla stora belastningar med hög frekvens av accelerations- och vridkrafter.
- Uni-Ecoloc - dränerade betongsten med en fogöppning på cirka 10% som hjälper till att dränera ner ytvatten till överbyggnaden.

3.3.1 Siena Eco

För Siena Eco har Starka betong lämnat ett recept på den betong som ingår i produkten. Denna data finns i Tabell 12. Starka har också lämnat data om transportavstånd av ingredienserna och energianvändning i sin egen produktion. Energianvändning i Starkas produktion återfinns i

Tabell 13.

Cement köps från Cemex i Tyskland och transporteras med järnväg Rudersdorf till Rostock där cementen lastas på båt för vidare transport till Starkas terminal i Landskrona. Slutligen körs cementen på lastbil från Landskrona till Södra Sandby. Ballast köps från Finnja i Hässleholm och transporteras till Södra Sandby med lastbil. Transporten av cement till ett ton betong används 3,05 kWh primärenergi och för transporten av ballast används 10,7 kWh primärenergi. När det gäller uppströms processer som tillverkning av cement och ballast så har data från LCA-databaser eller andra källor använts, dessa data är alltså inte specifika för just Starkas produkter. I Figur 13 visar hur det kan se ut när man lägger produkten.



Figur 13 Exempel på användning av siena eco.

Tabell 12 Ingredienser i betong i Siena Eco.

Ingredienser 1 ton betong	Massa [kg]	Primärenergi [kWh]	Referens
Cement	144,28	89	Cementa
Naturballast	312,88	5,0	Generell data från GaBi professional database
Krossballast	489,37	19	Generell data från GaBi professional database
Vatten	53,04	0,010	Generell data från GaBi professional database

Cemaktiv	0,43	n.a.
Total	1000	110

Tabell 13 Energianvändning i starkas produktion av betong.

Energianvändning produktion 1 ton betong	Data från starka Per ton betong	Primärenergi [kWh]
Elektricitet	11,3 kWh	26
Diesel	0,3 liter	3,8
Eldningsolja	1,09 kg	0,072

En transport på 120 km har lagts in som standardtransport till slutkunden. Denna transport använder 23,8 kWh primärenergi per ton betong som fraktas.

3.3.2 Uni-coloc

Uni-coloc är en betongmarksten som inte ger en dränerande yta. Stenen tillverkas av en något annorlunda betong än Siena Eco. Ingredienserna i betongen redovisas i

Tabell 14. Cement och ballast köps från samma leverantörer som för Siena Eco. Transportenergin skiljer sig något mellan Siena Eco och Uni-coloc eftersom det är lite olika proportion mellan ingredienserna. Transporten av cement används 3,21 kWh primärenergi och för transporten av ballast används 10,5 kWh primärenergi. En transport på 120 km har lagts in som standardtransport till slutkunden. Denna transport använder 23,8 kWh primärenergi per ton betong som fraktas. Vid produktionen av betongen används samma mängd energi för alla tre betongprodukterna, se

Tabell 13.



Figur 14 Uni-coloc betonmarksten

Tabell 14 Ingredienser i betong i Uni-coloc.

Ingredienser	Massa [kg]	Primärenergi [kWh]	Referens
Cement	151,86	90	Cementa
Naturballast	308	5,0	Generell data från GaBi professional database
Krossballast	481,41	18	Generell data från GaBi professional database
Vatten	58,29	0,012	Generell data från GaBi professional database
Cemaktiv	0,46	n.a.	
Total	1000	114	

3.3.3 Uni-ecoloc

Uni-ecoloc är en betongmarksten som ger en dränerande yta. Stenen tillverkas av samma betong som Uni-Coloc. Ingredienserna i betongen redovisas i

Tabell 14. Cement och ballast köps från samma leverantörer som för Siena Eco och Uni-coloc. Transportenergin blir alltså den samma som för Uni-Coloc och transporten av cement används 3,21 kWh primärenergi och för transporten av ballast används 10,5 kWh primärenergi. En transport på 120

km har lagts in som standardtransport till slutkunden. Denna transport använder 23,8 kWh primärenergi per ton betong som fraktas. Vid produktionen av betongen används samma mängd energi för alla tre betongprodukterna, se

Tabell 13.



Figur 15 Exempel på användning av Uni-ecoloc.

3.3.4 Grävkantstöd i betong

Grävkantstödet från Starka är tillverkat av samma betong som Uni-coloc och Uni-ecoloc. Detta betyder att ingredienserna och primärenergien för att ta fram dessa är den samma per ton slutprodukt som i

Tabell 14. Transporter för ingredienserna och transport till kund är också den samma som för Uni-coloc och Uni-ecoloc, per ton slutprodukt.

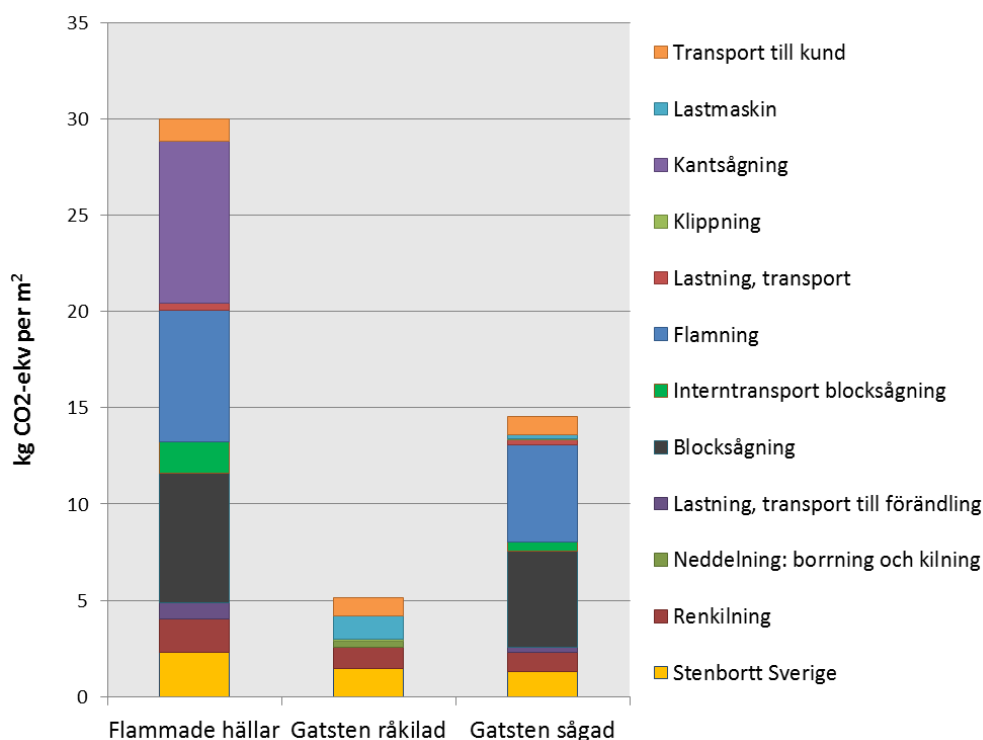
4 Miljöpåverkansbedömning

I miljöpåverkansbedömningen redovisas klimatpåverkan (GWP) och primärenergianvändning för de olika produkterna. För Sten, hällar och marksten redovisas alla resultat per kvadratmeter belagd yta. För kantsten och kantstöd redovisas alla resultat per meter. Det är viktigt att hålla i minnet att anläggning och underhåll inte är undersökt i studien eftersom den har antagits vara lika för de olika systemen.

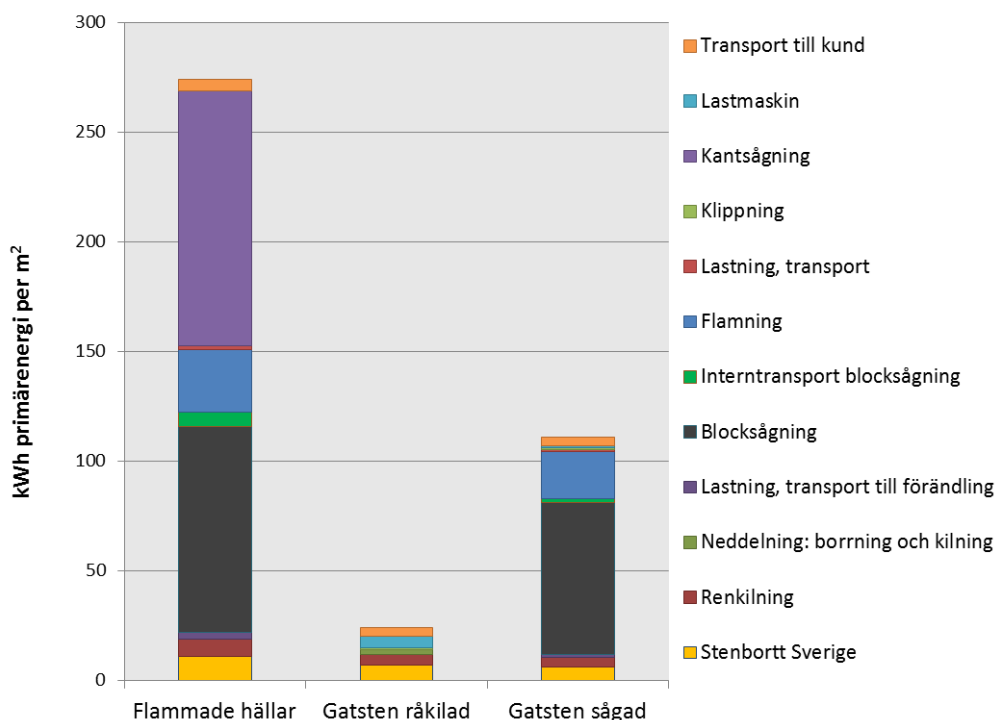
4.1 Sten

4.1.1 Sverige

När det gäller stentillverkningen i Sverige så är de energiintensiva processerna också de som orsakar mycket utsläpp av växthusgaser. På grund av detta så har den råkilade gatstenen mycket lägre klimatpåverkan och primärenergianvändning än de två andra produkterna. Detta eftersom så stor andel av processerna bygger på manuellt arbete och utnyttjande av bergets egenskaper, tex vid klippning och klyvning. Eftersom både hällarna och den sågade gatstenen sågas och flammas så ökar energianvändningen och även klimatpåverkan från dessa produkter. För dessa två produkter utgör sågning och flamning den absolut största energianvändningen och klimatpåverkan, se Figur 16 och Figur 17.



Figur 16 Klimatpåverkan från de olika svenska stenarna per kvadratmeter.

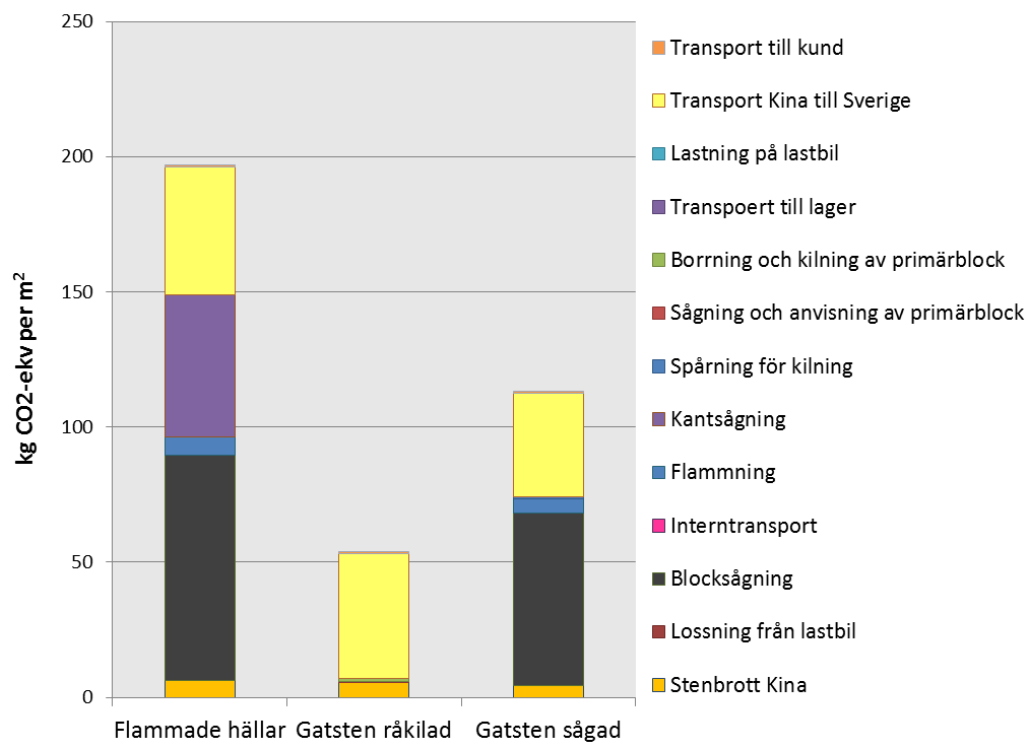


Figur 17 Primärenergianvändning för de olika svenska stenarna per kvadratmeter.

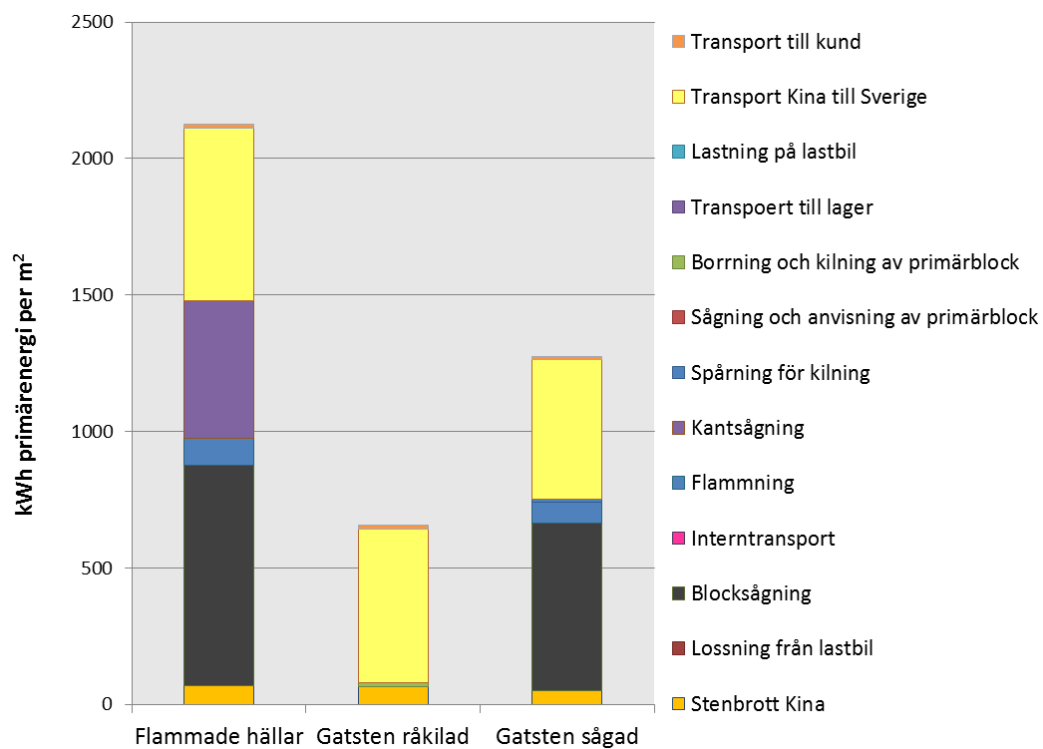
4.1.2 Kina

För den kinesiska stenen gäller i grunden samma sak som för den svenska. Processer med hög energianvändning utgör en stor del av klimatpåverkan. Sågning i Kina genererar mer utsläpp än i Sverige på grund av en högre andel fossil energi i energisystemet. Dessutom är maskinerna något mer ineffektiva vilket orsakar en högre energianvändning.

En stor skillnad mellan den Svenska stenen och den Kinesiska är också transportenergin som krävs för att transportera stenen till Sverige. I Figur 18 och Figur 19 framgår att transportenergin för transporten till Sverige orsakar en stor del av utsläppen och primärenergianvändningen för alla de kinesiska produkterna. För den råkilade gatstenen som i övrigt har otroligt små utsläpp och energianvändning, till följd av en hög andel manuellt arbete, står transporten till Sverige för mer än 80 % av både klimatpåverkan och primärenergianvändning.



Figur 18 Klimatpåverkan från de olika kinesiska stenarna per kvadratmeter.

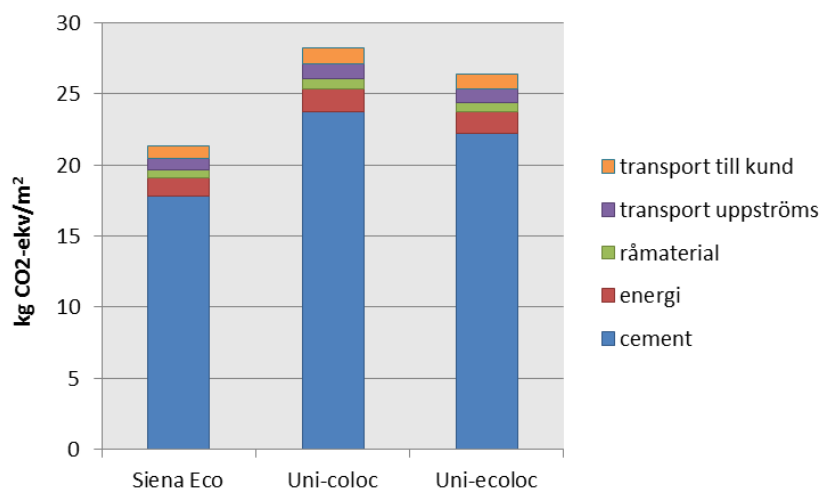


Figur 19 Primärenergianvändning för de olika svenska stenarna per kvadratmeter.

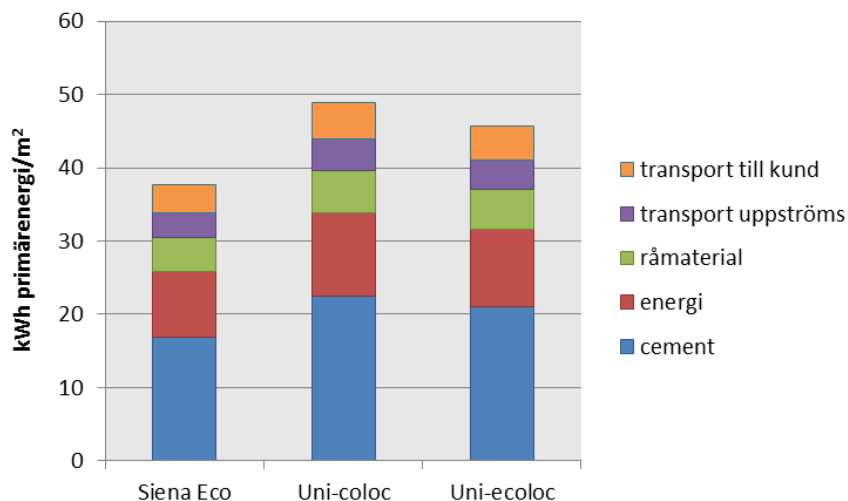
4.2 Betong

För betongprodukterna är det produktionen av cement som står för den allra största klimatpåvekan. Cementproduktionen står för mer än 80 % av klimatpåverkan för alla betongprodukterna, se Figur 20.

När det gäller primärenergianvändning så är cement inte en lika stor andel av totala primärenergianvändningen, se Figur 21. Detta beror till viss del på att koldioxid inte bara frigörs via energianvändning och förbränning utan också direkt när kalciumkarbonat värms upp och bildar kalk och koldioxid. Cement producerad på olika platser har olika klimatpåverkan, i denna studie har data från Cementa använts, vilket kan vara missvisande eftersom cementen i dessa produkter produceras i Tyskland. En känslighetsanalys har utförts för att se vilken påverkan en förändring av utsläppen och primärenergi från cement påverkar studiens resultat, denna återfinns på under rubrik 5.1.



Figur 20 Klimatpåverkan från de tre olika betongprodukterna per kvadratmeter.



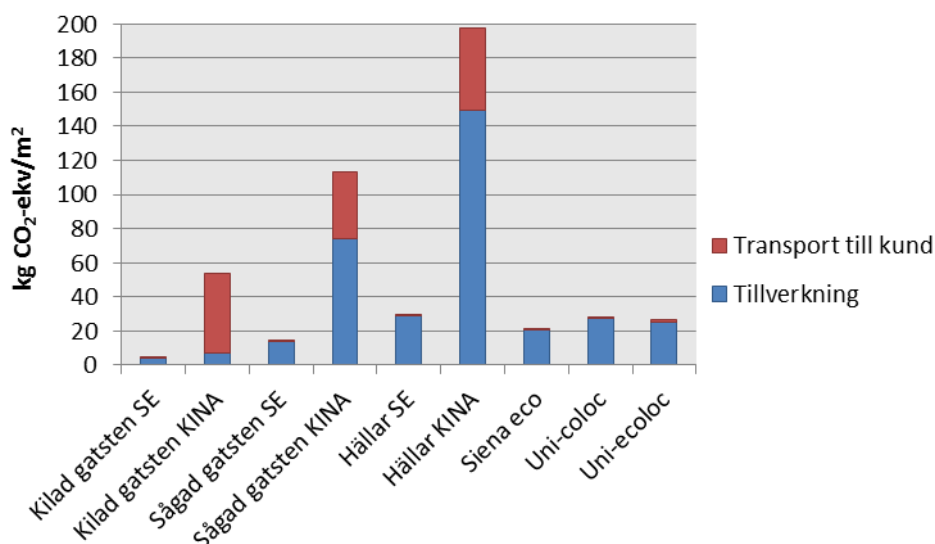
Figur 21 primärenergianvändning för de tre olika betongprodukterna per kvadratmeter.

4.3 Jämförelse mellan sten och betong

En viktig parameter för miljöpåverkan är hur länge man använder produkten. Detta skiljer sig avsevärt mellan sten och betong. Markplattor av betong återanvänds i princip aldrig, däremot händer det att betongen krossas och återanvänds. När det gäller natursten så är återanvändning praxis, speciellt när det gäller kantsten och gatsten. För att förtydliga hur livslängden av produkterna påverkar resultaten av LCA:n så redovisas först resultaten per kvadratmeter utan att återanvändning eller återvinning har tagits i beaktning. Sedan redovisas resultaten med återanvändning och återvinning inräknat.

4.3.1 Klimatpåverkan – Endast produktion utan hänsyn till återanvändning eller återvinning

När det gäller klimatpåverkan är den kinesiska stenen så är den mycket högre än för både svensk sten och betong, se Figur 22. Anledningarna till detta är flera. Den mest uppenbara är transporten från Kina till Sverige som orsakar en stor energianvändning och klimatpåverkan. Men en lika stor anledning är att elen i Kina orsakar mycket högre utsläpp än den nordiska elen. Dessutom är energianvändningen något högre för den kinesiska sågningen eftersom maskinerna är något ineffektivare. Underlagsdata för Figur 22 finns i Figur 18. Kilad gatsten från Sverige har den absolut lägsta klimatpåverkan eftersom den i så stor utsträckning tillverkas med manuellt arbete och inte använder sig av sågning eller flamning.



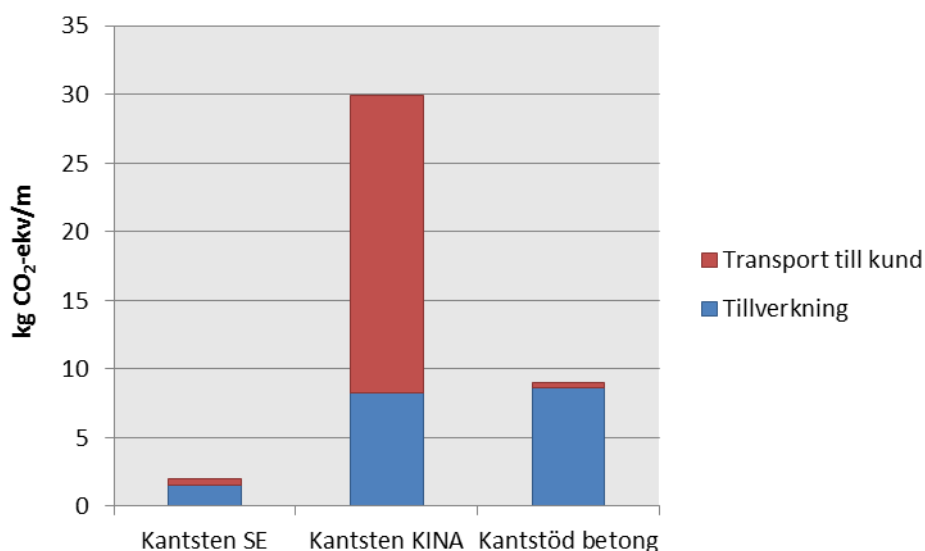
Figur 22 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per kvadratmeter. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

Tabell 15 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per kvadratmeter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m². Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

	Kilad gatsten SE	Kilad gatsten KINA	Sågad gatsten SE	Sågad gatsten KINA	Hällar SE	Hällar KINA	Siena eco	Uni-coloc	Uni-ecoloc
Tillverkning	4,2	7,1	14	74	29	149	20	27	25
Transport till kund	0,95	47	0,95	39	1,2	48	0,91	1,1	1,1
Totalt	5,1	54	15	113	30	197	21	28	26

För kantsten liknar resultaten de för råkilad gatsten av anledningen att kantstenen också bygger på mycket manuellt arbete. Den svenska kantstenen varken sågas eller flammats, medan den kinesiska sågas. Den kinesiska kantstenen orsakar mest klimatpåverkan på grund av den långa transporten till Sverige, se

Figur 23. I Tabell 16 visas underlaget till Figur 23.



Figur 23 Klimatpåverkan från produktion av de olika kantstöden per meter. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

Tabell 16 Klimatpåverkan från produktion av de olika kantstöden per meter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

	Kantsten SE	Kantsten KINA	Kantstöd betong
Tillverkning	1,6	8,3	8,6
Transport till kund	0,44	22	0,37
Totalt	2,0	30	9,0

4.3.2 Klimatpåverkan – Produktion med hänsyn till återanvändning och återvinning.

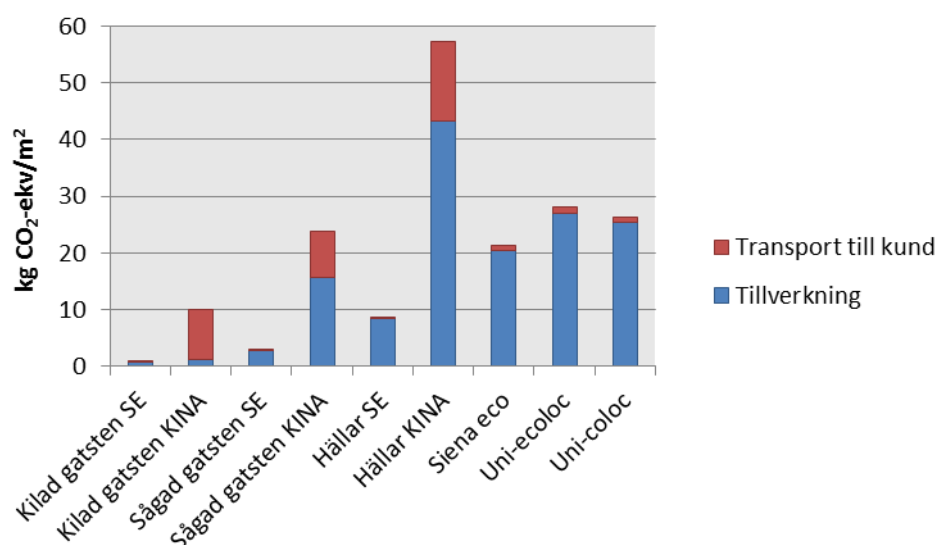
För att kompensera för att sten återanvänds i stor utsträckning så har beräkningar gjorts där detta tas in i beräkningarna. Det har antagits att ytan som beläggs måste läggas om var trettionde år. Vi har här räknat med 6 omläggningar av ytan, det vill säga en period på 180 år. Vid varje omläggning läggs ny betongmarksten, 50 % av betongen krossas och ersätter naturkross. I diagrammen visas resultaten dock för en 30-årsperiod för att vara jämförbara med tidigare figurer. Detta är alltså ett genomsnitt som förutsätter att stenen återanvänds enligt punkterna nedan, under en period av 180 år.

Stenarna kan alltså återanvändas, men vid varje omläggning måste några stenar kasseras. Vi har räknat enligt följande:

- **Klippt gatsten:** återanvändningsgrad 98%. Efter 30 år måste 2 % av gatstenarna (mestadels på grund av svinn) ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,98^6)=0,114 \Rightarrow 11,4$ % ersättas.
- **Sågad gatsten:** återanvändningsgrad 95%. Efter 30 år måste 5 % av gatstenarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,95^6)=0,265 \Rightarrow 26,5$ % ersättas med ny produkt.

- **Kantsten:** återanvändningsgrad 90%. Efter 30 år måste 10 % av kantstenarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,9^6)=0,469 \Rightarrow 46,9\%$ ersättas med ny produkt.
- **Hällar:** återanvändningsgrad 80%. Efter 30 år måste 20 % av hällarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,8^6)=0,738 \Rightarrow 73,8\%$ ersättas med ny produkt.

I Figur 24 visas klimatpåverkan av de olika produkterna när återanvändning och återvinning är inräknad. Under dessa förutsättningar så blir klimatpåverkan från betong betydligt högre i jämförelse med stenprodukterna. Det är dock fortfarande uppenbart att den kinesiska stenen som sågas och flammats har en stor klimatpåverkan som ligger på samma nivå eller högre än betongmarkstenen. I Tabell 17 finns underlaget till Figur 24.

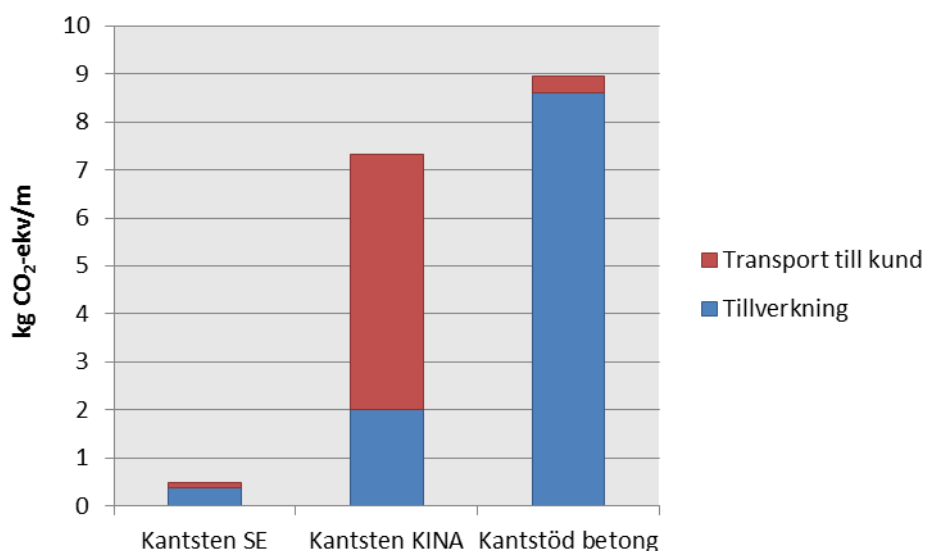


Figur 24 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per kvadratmeter.

Tabell 17 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per kvadratmeter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m².

	Kilad gatsten SE	Kilad gatsten KINA	Sågad gatsten SE	Sågad gatsten KINA	Hällar SE	Hällar KINA	Siena eco	Uni-ecoloc	Uni-coloc
Tillverkning	0,77	1,3	2,9	16	8,3	43	20	27	25
Transport till kund	0,18	8,7	0,20	8,2	0,34	14	0,91	1,1	1,1
Totalt	0,95	10	3,1	24	8,7	57	21	28	26

För kantsten och kantstöd så är mönstret det samma, kantsten från Kina kommer ut mycket bättre jämfört med betong, eftersom den kan återanvändas i så stor utsträckning, se Figur 25. Tabell 18 visar underlaget till Figur 25.



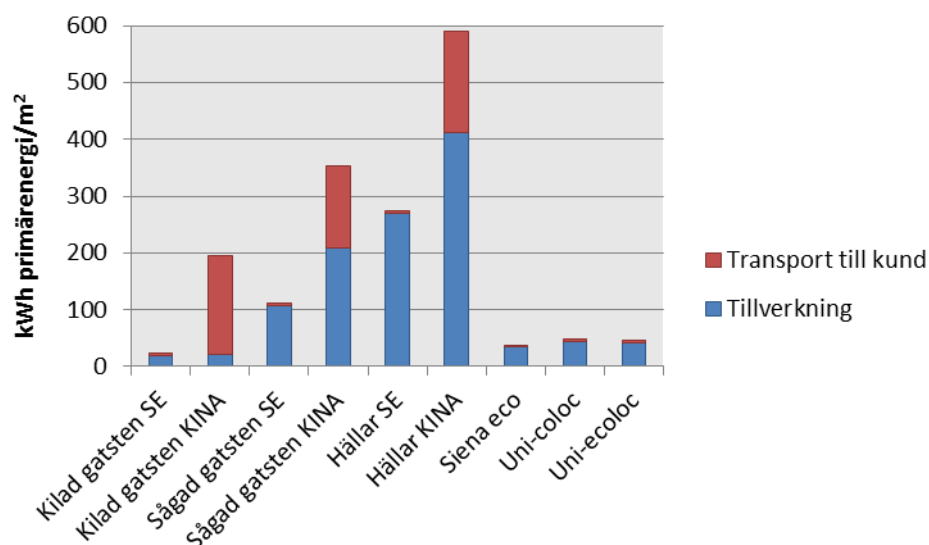
Figur 25 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per meter.

Tabell 18 Klimatpåverkan från produktion av de olika kantstöden per meter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m

	Kantsten SE	Kantsten KINA	Kantstöd betong
Tillverkning	0,38	2,0	8,6
Transport till kund	0,11	5,3	0,37
Totalt	0,49	7,3	9,0

4.3.3 Primärenergi - Endast produktion utan hänsyn till återanvändning eller återvinning

En jämförelse av primärenergianvändningen för de olika produkterna finns i Figur 26. All stentillverkning som innebär sågning använder mycket primärenergi i form av el. I Tabell 19 finns underlaget till Figur 26.

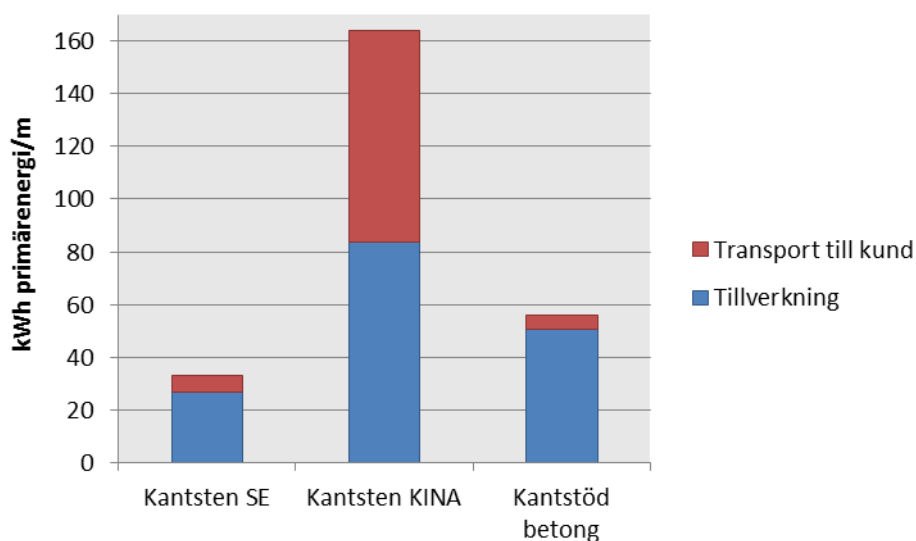


Figur 26 Primärenergianvändning för produktion av de olika produkterna, per kvadratmeter. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

Tabell 19 Primärenergianvändning för produktion av de olika produkterna per kvadratmeter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m². Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

	Kilad gatsten SE	Kilad gatsten KINA	Sågad gatsten SE	Sågad gatsten KINA	Hällar SE	Hällar KINA	Siena eco	Uni-coloc	Uni-ecoloc
Tillverkning	20	22	107	209	269	411	34	44	41
Transport till kund	4,1	175	4,1	145	5,0	179	3,9	4,9	4,6
Totalt	24	196	111	354	274	590	38	49	46

För kantsten och kantstöd har svensk kantsten absolut lägst primärenergianvändning, medan betongkantstöd har något högre och den kinesiska kantstenen har överlägset högst primärenergianvändning, se Figur 27 och Tabell 20.



Figur 27 Primärenergianvändning för produktion av de olika kantstöden per meter. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

Tabell 20 Primärenergianvändning för produktion av de olika kantstöden per meter, alla siffror i kg CO₂-ekv./m. Observera att ingen hänsyn har tagits till återanvändning eller återvinning.

	Kantsten SE	Kantsten KINA	Kantstöd betong
Tillverkning	26	83	50
Transport till kund	6,8	80	5,6
Totalt	33	164	56

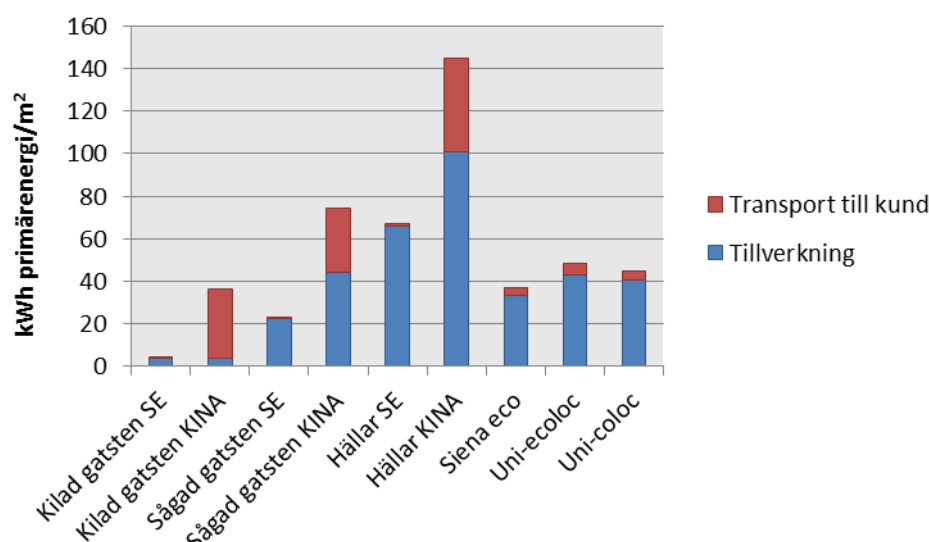
4.3.4 Primärenergi – Produktion med hänsyn till återanvändning och återvinning

För att kompensera för att sten återanvänds i stor utsträckning så har beräkningar gjorts där detta tas in i beräkningarna. Det har antagits att ytan som beläggs måste läggas om var trettonde år. Vi har här räknat med sex omläggningar av ytan, det vill säga en period av 180 år. Vid varje omläggning läggs ny betongmarksten, 50 % av betongen krossas och ersätter naturkross. I diagramen visas resultaten dock för en 30-årsperiod för att vara jämförbara med tidigare figurer. Detta är alltså ett genomsnitt som förutsätter att stenen återanvänds enligt punkterna nedan, under en period av 180 år.

Stenarna kan alltså återanvändas, men vid varje omläggning måste några stenar kasseras. Vi har räknat enligt följande:

- **Klippt gatsten:** återanvändningsgrad 98%. Efter 30 år måste 2 % av gatstenarna (mestadels på grund av svinn) ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,98^6)=0,114 \Rightarrow 11,4$ % ersättas.
- **Sågad gatsten:** återanvändningsgrad 95%. Efter 30 år måste 5 % av gatstenarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,95^6)=0,265 \Rightarrow 26,5$ % ersättas med ny produkt.
- **Kantsten:** återanvändningsgrad 90%. Efter 30 år måste 10 % av kantstenarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,9^6)=0,469 \Rightarrow 46,9$ % ersättas med ny produkt.
- **Hällar:** återanvändningsgrad 80%. Efter 30 år måste 20 % av hållarna ersättas med ny produkt. Efter 180 år måste $(1-0,8^6)=0,738 \Rightarrow 73,8$ % ersättas med ny produkt.

När man beräknar primärenergianvändningen enligt ovanstående så får svensk gatsten, både råkilad och sågad, mindre utsläpp än betongprodukterna, se Figur 28. Hällar använder mycket el för sågning och har dessutom en lägre återanvändningsgrad än gatsten, vilket är anledningen till att de får en så pass mycket högre primärenergianvändning. I Tabell 21 finns underlagsdata för Figur 28.

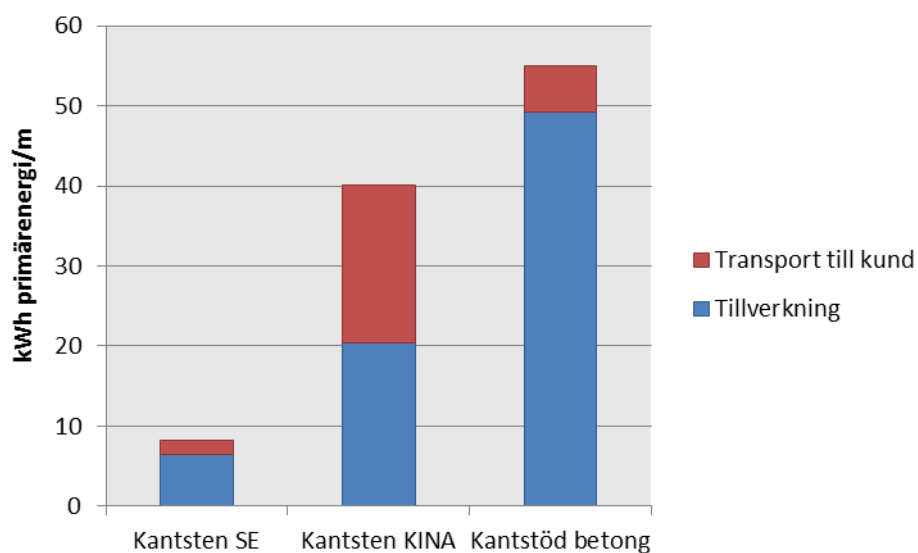


Figur 28 Primärenergianvändning för produktion av de olika produkterna, per kvadratmeter.

Tabell 21 Primärenergianvändning för produktion av de olika produkterna per kvadratmeter, alla siffror i kWh/m²

	Kilad gatsten SE	Kilad gatsten KINA	Sågad gatsten SE	Sågad gatsten KINA	Hällar SE	Hällar KINA	Siena eco	Uni-ecoloc	Uni-coloc
Tillverkning	3,7	4,0	23	44	66	101	33	43	40
Transport till kund	0,76	32	0,86	31	1,2	44	3,9	4,9	4,6
Totalt	4,5	36	23	75	67	144	37	48	45

För kantsten och kantstöd får betongkantstödet störst primärenergianvändning på grund av den höga återvinningsgraden för kantstenen, se Figur 29. Den svenska kantstenen använder dessutom väldigt lite energi i produktionsfasen eftersom den inte sågas eller flammas, utan bygger mycket på manuellt arbete. I Tabell 22 återfinns underlagsdata för Figur 29.



Figur 29 Primärenergianvändning för produktion av de olika kantstöden per meter.

Tabell 22 Primärenergianvändning för produktion av de olika kantstöden per meter, alla siffror i kWh./m.

	Kantsten SE	Kantsten KINA	Kantstöd betong
Tillverkning	6,5	20	49
Transport till kund	1,7	20	5,6
Totalt	8,1	40	55

5 Känslighetsanalys

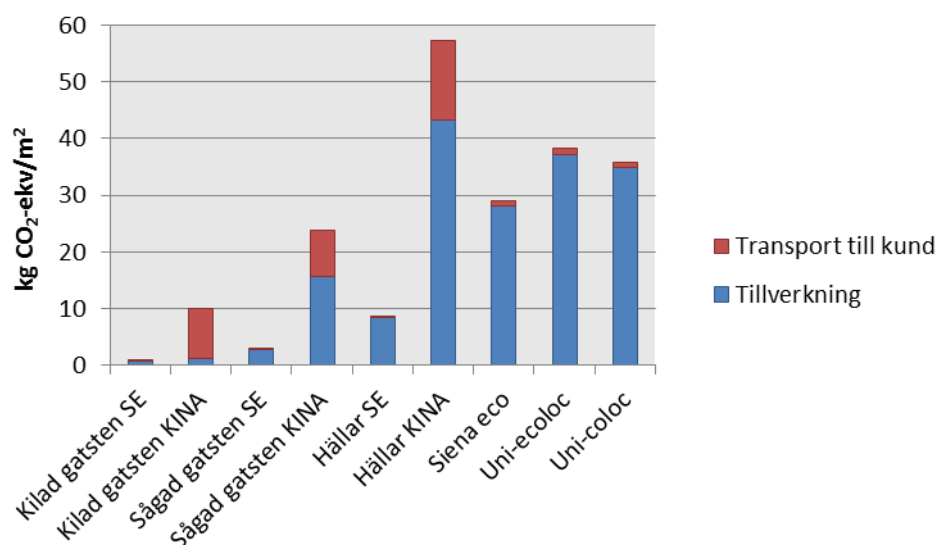
I denna studie har rad antaganden gjorts, vissa av dessa misstänks ha större betydelse på slutresultatet än andra. Nedan redovisas några alternativa antaganden för att visa hur resultatet varierar när en parameter förändras.

5.1 Cement

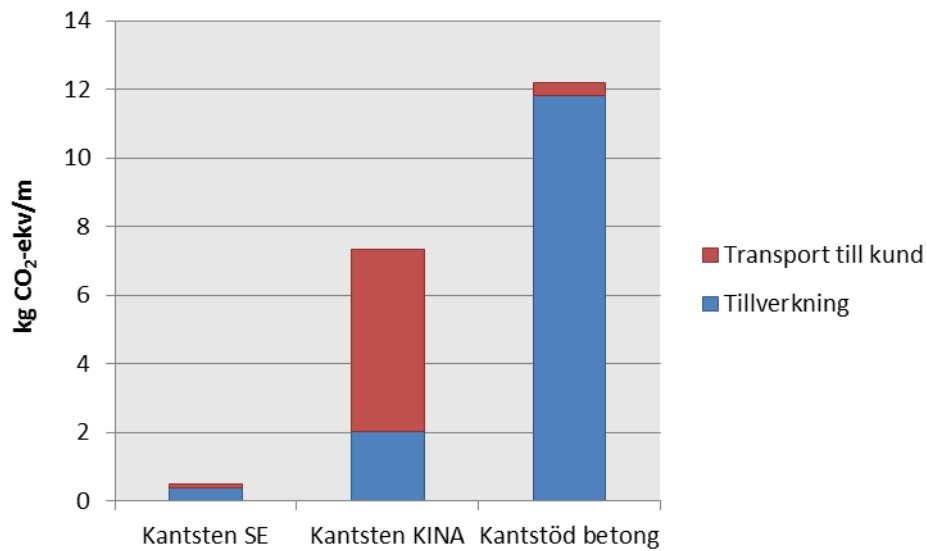
Den data som använts för klimatpåverkan och primärenergianvändning för cement i denna studie kommer från en EPD framtagen av Cementa. Denna EPD baseras på produktionen i Slite, cement till starkas marksten köps dock inte från denna fabrik, data för just den fabrik som starka köper cement från finns inte tillgänglig. Utsläpp och energianvändning för cementtillverkning kan variera mycket från anläggning till anläggning. Den data vi använder anger att 1 ton cement orsakar 630,2 kg CO₂ och använder 214 kWh primärenergi. I de databaser som SP har tillgång till så finns siffror mellan 445 kg CO₂ per ton cement till 900 kg CO₂ per ton cement respektive 285 kWh primärenergi och 427 kWh primärenergi.

Nedan redovisas resultaten för de olika produkterna, med återanvändning och återvinning inräknad, när den cement som har högs primärenergianvändning och klimatpåverkan används (900 kg CO₂-ekv/ton cement och 427 kWh primärenergi/ton cement).

Som framgår i Figur 30 så blir klimatpåverkan från betongmarkstenen betydligt högre när denna cement används, detta innebär att det endast är de kinesiska hållarna som har en högre klimatpåverkan. Kantstödet av betong får betydligt högre klimatpåverkan än både den svenska och den kinesiska kantstenen, se Figur 31.

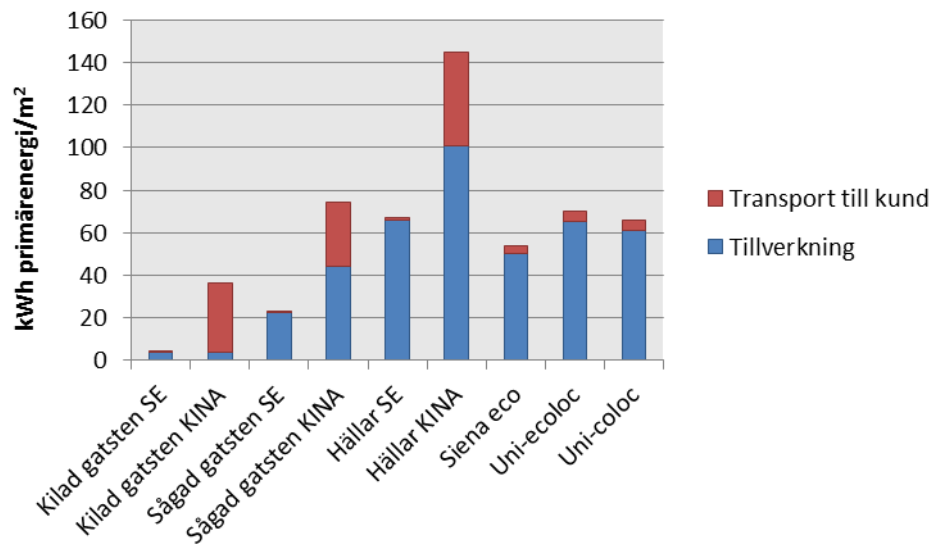


Figur 30 Klimatpåverkan från produktion av de olika produkterna per kvadratmeter.

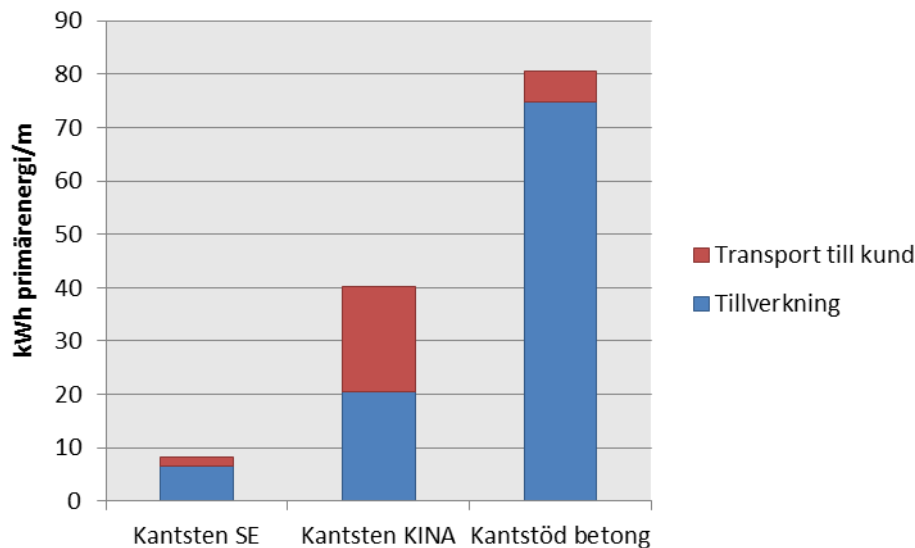


Figur 31 Klimatpåverkan från produktion av de olika kantstöden per meter.

För primärenergi blir skillnaden inte fullt så stor som kan ses i **Figur 32**.



Figur 32 Primärenergianvändning för produktion av de olika produkterna, per kvadratmeter.



Figur 33 Primärenergianvändning för produktion av de olika kantstöden, per meter.

5.2 Båttransport

Som kan ses i

Tabell 11 så skiljer sig data för båttransporten kraftigt mellan olika källor. Eftersom den data som använts i studien är den som har lägst bränsleförbrukning så skulle användning av annan data innebära att den kinesiska stenen fick ännu högre klimatpåverkan och primärenergianvändning orsakad av båttransporten. I jämförelsen med svensk och kinesisk sten skulle detta endast innebära att skillnaden växer och att den kinesiska stenen framstår som ett ännu sämre alternativ. I jämförelsen med betong skulle detta dock kunna få viss inverkan när det gäller kantsten och kantstöd. I övrigt innebär det även här att kinesisk sten framstår som ett sämre alternativ än betong. Viktigt är dock att komma ihåg att om en cement används som har hög klimatpåverkan så kan läget bli annorlunda. Om man ser på Figur 30 där cement med en hög klimatpåverkan används så skulle förändrad bränsleförbrukning för båttransporten kunna innebära bära att sågad gatsten från Kina kommer upp i högre klimatpåverkan än betongprodukterna.

6 Slutsats och diskussion

I alla jämförelser mellan produkterna utgår vi ifrån resultaten där återanvändning och återvinning har räknats in, detta eftersom jämförelsen annars blir helt missvisande.

Det tydligaste resultatet i den här studien är att stenen som är importerad från Kina orsakar både större klimatpåverkan och har större primärenergianvändning än stenen från det svenska brottet. Detta beror dels på den långa transporten och dels på att man i Kina har en annan elförsörjning som i mycket större utsträckning är baserad på fossila bränslen. Dessutom är vissa maskiner som t.ex. sågar mindre effektiva än de som används i Sverige.

En annan slutsats är att om betongmarksten tillverkas med cement med låg klimatpåverkan och låg primärenergianvändning så har den lägre klimatpåverkan än kinesiska hällar och lägre primärenergianvändning än kinesiska hällar och sågad gatsten samt ungefär samma primärenergianvändning som svenska hällar. Viktigt är dock att komma ihåg att detta inte gäller om en cement med högre klimatpåverkan och primärenergianvändning används.

När det gäller kantsten så har svensk kantsten absolut minst klimatpåverkan och primärenergianvändning, medan betongkantstödet har högst. Detta beror främst på den höga återvinningsgraden av kantstenarna.

Om man tittar på produktionen av svensk sten, så är det sågning och flamning som står för den största klimatpåverkan och primärenergianvändningen. För de svenska hällarna står sågning för drygt 40 % av klimatpåverkan och flamningen för drygt 30 %. När det gäller primärenergianvändning för de svenska hällarna så står sågning för närmare 70 % och flamning för drygt 15 %. För svensk sågad gatsten står sågning för drygt 25 % av klimatpåverkan och flamningen för drygt 35 %. När det gäller primärenergianvändning för svensk sågad gatsten så står sågning för närmare 55 % och flamning för drygt 20 %. Eftersom den råkilade gatstenen utnyttjar bergets klyvegenskaper och använder manuellt arbete så blir klimatpåverkan och primärenergi från denna produkt mycket låg jämfört med de sågade och flammade produkterna.

För den kinesiska stenen står transporten från Kina till Sverige för en stor del av klimatpåverkan och primärenergianvändning. För den råkilade gatstenen från Kina så står transporten från Kina för närmare 80 % av både klimatpåverkan och primärenergianvändning, eftersom tillverkningen i övrigt kräver så lite energi. För sågad gatsten från Kina står båttransporten för runt 30 % av klimatpåverkan och primärenergianvändning. För kinesiska hällar står båttransporten för runt 25 % av klimatpåverkan och primärenergianvändning. För kinesiska hällar står dock sågning för den absolut största klimatpåverkan och primärenergianvändningen, knappt 70 % respektive drygt 60 %. För sågad gatsten från Kina så står sågning för runt 55 % av klimatpåverkan och nästan 50 % av primärenergianvändningen.

För betongprodukterna står cement för den absolut största klimatpåverkan, över 80 % för alla produkterna. Cement står också för den största primärenergianvändningen, ungefär 45 % för alla tre produkterna, men även energianvändningen vid själva produktionen av betongprodukterna står för en hel del primärenergianvändning. Energianvändningen hos Starka står för drygt 20 % av primärenergianvändningen för hos de tre betongprodukterna.

Slutsatserna från denna studie bygger på specifik data från vissa stenbrott och vissa betongprodukter, det är alltså inte säkert att resultaten är representativa för sten från andra brott. Men en generell slutsats som kan vara viktiga att ta med sig är att livslängden på produkten måste ingå som en del i en miljöbedömning. När det gäller sten återanvänds den redan i otroligt hög grad. När det gäller betong är detta dock mycket ovanligt, en betong produkt som går att återanvända eller återtillverka (återanvända efter mindre upprustning) skulle kunna förändra resultatet för betongprodukterna drastiskt.

I studien tas endast hänsyn till energianvändning och växthusgaser. Det finns många andra miljöeffekter kopplade till brytning av sten, brytning av sand till cement med mera, som inte ingår här. Detta kan till exempel handla om biologisk mångfald eller förändring av landskapet. Generellt är det viktigt att kalla detta för LCA med avseende på energi och klimatpåverkan. Det finns en oändlig mängd miljöeffekter och klimatet är bara en av dessa. Arbetsmiljö är inte heller studerat här, även om svenska importörer av sten generellt sett ställer höga krav jämfört med de inhemska köparna i exempelvis Kina.

7 Referenser

Ecoinvent, 2012. Ecoinvent database v 2.2, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

GaBi, 2006. PE International.

ISO, International Standards Office, 2006. ISO 14040 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Bryssel: ISO.

Johansson, K., 2015. Energianvändning vid tillverkning av markbeläggning av natursten.

NTM Calc, <http://www.transportmeasures.org/sv/>.

Second IMO GHG Study 2009, http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=27795

Trafikverket Gröna korridorer, 2013. http://www.trafikverket.se/grona_korridorer/

Bilaga 1

CML2001 - Apr. 2013, Global Warming Potential (GWP 100 years), excl biogenic carbon	kg CO2-ekvivalenter/kg utsläpp

Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	1
Methane [Organic emissions to air (group VOC)]	25
Nitrous oxide (laughing gas) [Inorganic emissions to air]	298