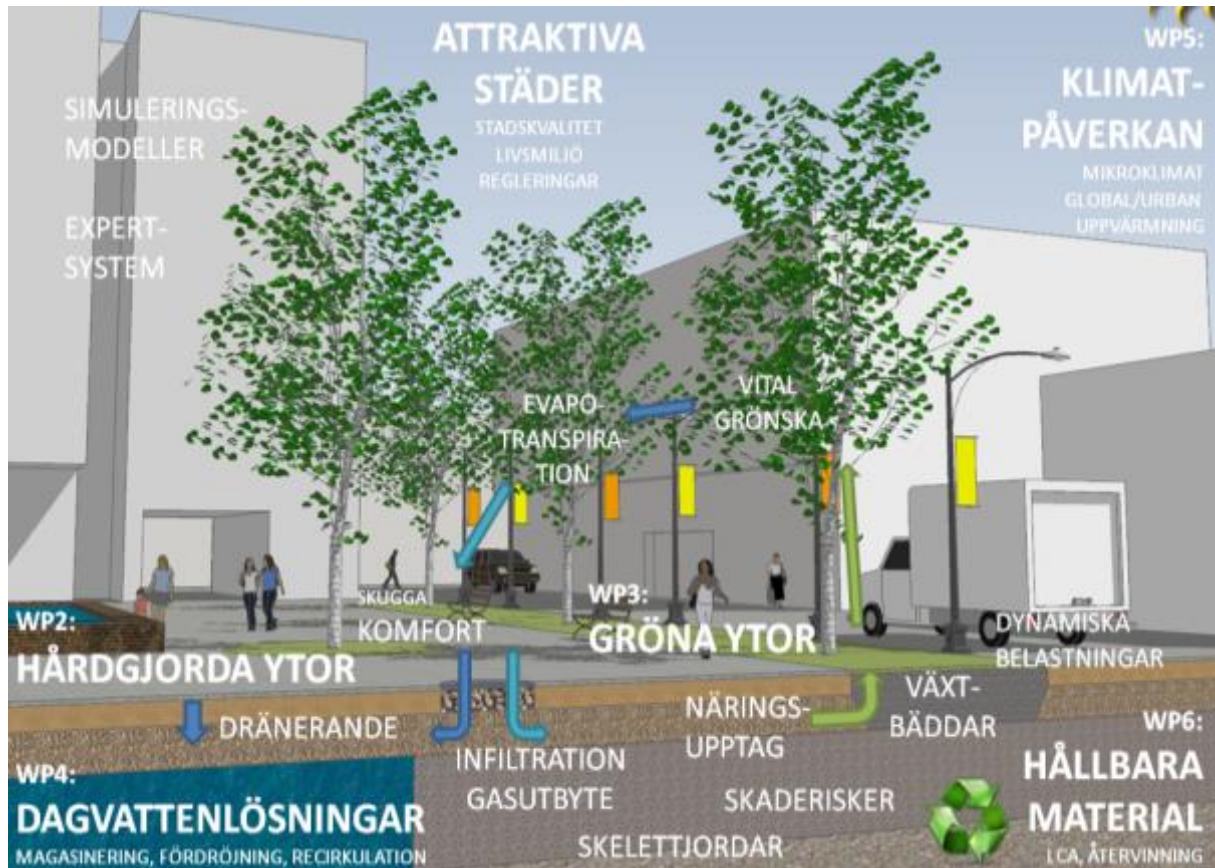


## Grågröna systemlösningar för hållbara städer



Hållbara materialval - Livscykelanalys av markbeläggning. **WP6x**  
 - Markbeläggning av natursten. Energiförbrukning och klimatpåverkande utsläpp för produkter tillverkade i Sverige och i Kina

**Program:** Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer  
**Diarienummer:** 2012–01271  
**Datum:** 2014-12-30  
**Rapportansvarig:** Kurt Johansson, Sveriges Stenindustriförbund/StenForsk

# 1 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](http://www.greenurbansystems.eu)

## 2 Sammanfattning

Detta är jämförande LCA studie av energiförbrukning och miljöpåverkande utsläpp för beläggning av natursten tillverkad i Sverige och Kina samt marksten och plattor av betong tillverkad i Sverige

Jämförelsen omfattar normal beläggning och dränerade system. Funktionell enhet är 25 m<sup>2</sup> markbeläggning av torgyta med 5 lpm kantsten/kantstöd. Denna rapport avser endast ”avläsning” av energiförbrukning och andra klimatpåverkande faktorer vid den förbrukande enheten i de olika enhetsoperationerna, t.ex. blocksågning. Dessa avlästa värden är grunden SP:s, Sveriges Tekniska Institutets omräkning till primärenergi och klimatpåverkan.

Eftersom överbyggnaden från bärlager och nedåt antas lika för de olika materialen jämförs endast beläggningsmaterialen.

Då det saknas detaljerad motsvarande studium av stenproduktion har denna studie av produktionen i Sverige gjorts mycket transparent och bygger på underlag med mycket noggrant framtagna data. Även beträffande produktion i Kina är rapporten transparent vad gäller produktionsprocessen, dock är värden för de olika enhetsoperationerna inte direkt avlästa, men med utifrån de uppgifter och erfarenheter vi har säger vara en mycket god uppskattning.

Underlaget har tagits fram av en stor grupp av personer med gedigen erfarenhet av det aktuella området. Det har dessutom granskats av experter inom stenbranschen. 12 personer har varit djupt engagerade.

Sammanfattande resultat visas i två bilagor. Bilaga A avseende Sverige och bilaga avseende Kina. Rapporten för övrigt anger hur dessa resultat räknas fram.

### 3 Innehållsförteckning

<b>Grågröna systemlösningar för hållbara städer .....</b>	<b>1</b>
<b>Hållbara materialval - Livscykelanalys av markbeläggning. WP6x</b>	
- Markbeläggning av natursten. Energiförbrukning och klimatpåverkande utsläpp vid brytning i Sverige och i Kina	
<b>1 Förord .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Innehållsförteckning .....</b>	<b>4</b>
<b>4 Bakgrund och förutsättningar.....</b>	<b>5</b>
5 Produktion i Sverige.....	6
5.1 Produkter. ....	6
5.2 Verksamheten i Bokalyckan, järlöv.....	7
5.3 Verksamheten i Högsma, Sibbhult.....	7
5.4 Faktaunderlag.....	8
5.5 Enhetsoperationer produktionsprocessen.....	9
5.6 Brytning av stenämnen i Bokalyckan, Bjärlöv .....	10
5.7..Renkilning.....	17
5.8..Råkilad gatsten "8/11" .....	19
5.9..Tillverkning av kantsten RV 2 .....	23
5.10 Flammade hällar tjocklek 80 mm.....	26
5.11 Sågad och flammad gatsten.....	30
5.12 Sammanställning av förbrukning. Ref till GrGr_LCAStenWPx_Bilaga A .....	33
<b>6 Produktion i Kina .....</b>	<b>34</b>
6.1 Produkter .....	34
6.2 Produktionensprocessen i Kina.....	35
6.3 Faktaunderlag .....	35
6.4 Enhetsoperationer i produktionsprocessen ... ..	36
6.5. Brytning av block. Stenbrottet.....	37
6.6 Tillverkning av råkilade gatstenar 8/11 (handhuggna, ej klippta) .....	41
6.7 Tillverkning av kantsten RV 2 .....	43
6.8 Flammade hällar tjocklek 80 mm .....	47
6.9 Sågad och flammad gatsten .....	50
6.10 Transporter Kina – kund i Sverige .....	52
6.11 Sammanställning av förbrukning. Ref till GrGr_LCAStenWPx_Bilaga B.....	53

Till denna rapport hör också bilagor: GrGr\_LCAStenWPx\_Bilaga A och bilaga B

## 4 Bakgrund och förutsättningar

Detta är jämförande LCA studie av energiförbrukning och miljöpåverkande utsläpp för  
beläggning av natursten tillverkad i Sverige  
beläggning av natursten tillverkad i Kina  
marksten och plattor av betong

Jämförelsen omfattar normal beläggning och dränerade system. Denna rapport avser endast ”avläsning” av energiförbrukning och andra klimatpåverkande faktorer vid den förbrukande enheten i de olika enhetsoperationerna, t.ex. blocksågning. Dessa avlästa värden är grunden SP:s, Sveriges Tekniska Instituts, omräkning till primärenergi och klimatpåverkan. Se LCA\_grågröna\_141209

Eftersom överbyggnaden från bärlager och nedåt antas lika för de olika materialen jämförs endast beläggningsmaterialen.

Kunden antas befinna sig i Malmö.

### = Engagerade partners i detta delprojekt

Sveriges Stenindustriförbund/Stenindustris Forskningsinstitut är partner i projektet och lämpligt och intresserat medlemsföretag visade sig vara **Naturstenkompaniet**. Där tillverkas de aktuella produkterna i Sverige av en och samma stensort, Bjärlov. Företaget importerar samma produkter från Kina och har mycket god insyn i och dokumentation av produktionsprocessen där.

Beträffande betongplattor och marksten befanns **Svensk Markbetong** representerat av **STARKA** vara den lämpligaste parten. De är partner i projektet Grå-gröna systemlösningar.

### = Funktionella enhet

**Dränerade system:** 25 m<sup>2</sup> stadsyta med trafikklass 2.

**Trafikyta:** 25 m<sup>2</sup> torgyta med trafikklass 2.

För att pränta in behovet av mothåll bör vi också ha med kantsten som mothåll.

På en yta 25 m<sup>2</sup> beläggning är 5 löpmetrar kantsten lämplig.

### Materialjämförelse

#### Dränerande system

= Betong: Marksten för dränerade system trafikklass 2: Uni-Ecoloc, Siena Eco

= Natursten: Gatsten traditionellt klippta (8/11).

#### Normalt system:

Betong: Marksten. betongplattor för beläggning trafikklass 2. Uni Coloc

Natursten: Gatsten sågad med flammad ovansida och klippta kantsidor (8/11).

Hällar, sågade med flammad ovansida, producerad i Sverige och Kina.

#### Kantsten/kantstöd

5 löpmetrar kantsten/kantstöd 300 x 120 mm.

Betong: rävkantstöd 120 x 300 mm

Natursten: RV2 120 x 300 mm tillverkad i Sverige och i Kina

Livslängden har beaktats på följande sätt:

Det har antagits att ytan som beläggs måste läggas om var 30e år. Vidare har antagits 6 omläggningar av ytan, dvs 180 år. Vid varje omläggning läggs **ny markbetongsten**, 50 % av betongen krossas och ersätter naturkross.

Naturstenarna kan återanvändas, men vid varje omläggning måste några stenar kasseras, har försvunnit i hanteringen och skadade delar huggits eller sågats bort. Vi har räknat enligt följande:

**Klippt gatsten:** återanvändningsgrad 98%. Efter 30 år måste 2 % av gatstenarna (mestadels på grund av svin) 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.

## 5 Produktion i Sverige

### 5.1 Produkter

De naturstenprodukter som tillverkas i Sverige har samma dimension som de från Kina

**Densitet:** 2640 kg/m<sup>3</sup>

#### Gatsten råkilad "8/11":

**Dimension:** alla sidor 95±15 mm dvs. i snitt 95 mm.

**Vikt per sten:** 2,263 kg

**Antal per monterad m<sup>2</sup>:** I praktiken 91 st. i snitt

**Antal per fe:** 2275 st.

**Vikt per fe:** 5,149 ton

#### Kantsten RV2

**Dimension:** 120x300 mm

**Vikt per lpm:** 0,120\*0,300\*2,64 = 0,095 ton = 0,475 ton/fe

**Vikt per fe:** 0,475 ton/fe

#### Hällar 80 mm tjock

**Dimension:** längden varierar mellan 0,45 och 0,70 m. Genomsnittslängd 0,575 m. Bredd 0,3 m- Genomsnittsarean 0,575\*0,70= 0,1725m<sup>2</sup>.

**Antalet plattor per fe:** 145 st. (Teoretiskt ska fogen räknas bort från fe. Fogen 6 mm. Fogens yta för 25 m<sup>2</sup> blir 0,006\*½\*1,75\*145=0,76 m<sup>2</sup> =3% av fe. Beräkningen har ej reducerats för fogen.

**Vikt per fe:** 0,08\*25\*2,64 =5,28 ton

Skulle fogen räknas bort från fe skulle vikten bli 5,12. ton

#### Sågad/flammad gatsten

**Dimension:** Tjocklek 80 mm, ytarea 90\*90 mm.

**Vikt per sten:** 0,08\*0,09\*0,09\*2,64 = 0,001711 ton

**Antal sten per fe:** 2500 st

**Vikt per fe:** 4,277 ton

## 5.2 Verksamheten i Bokalyckan, Bjärlöv

I stenbrottet Bokalyckan, som ägs av företaget Naturstenskompaniet Sverige AB, byts en granit som har handelsnamnet Bjärlövgranit. Denna granit utomordentligt goda klyvegenskaper. Detta utnyttjas bl.a. för tillverkning av gatsten och kantsten där metoden har anpassats optimalt till stenens klyvegenskaper: med endast korta kilhål kan man effektivt få fram råkilade produkter. Här produceras även andra produkter med råkilad yta såsom murar, pollare och liknade, som inte ingår i denna studie.

Vid stenbrottet och övriga verksamheten i Bokalyckan Bjärlöv bryts och produceras följande produkter:

- ”Handelsblock” som transporteras till bl.a. stenförädlingen i Högsma.
- Reststen som bl.a. krossas till makadam.
- Murämnar (blockstensmurar, kvadermur, rubbelmur osv)
- Gatsten
- Kantsten
- Pollare
- Blocksteg för terrängtrappor
- Beklädnadssten med råkoppsyta.

Denna studie begränsas till: **handelsblock** (för vidareförädling i Högsma till flammade hällar och sågad flammad gatsten) **råkilad gatsten (8/11)**, klippning **sågad flammad gatsten**. och **kantsten (RV2)**.

Avståndet från stenbrottet Bokalyckan till kund i Malmö är 120 km

## 5.3 Verksamheten i Högsma, Sibbhult

I stenförädlingsverksamheten i Högsma sågas handelsblocken upp i skivor som sedan ges olika ytbearbetningar och vidareförädlas till bl.a.:

- Markhällar.
- Trappsteg
- Blocksteg
- Fasadplattor
- Flammade och krysshamrade murar
- Gravstenar
- Konstverk
- Halvfabrikat för t.ex. flammad gatsten

Denna studie begränsas för Högsma del till **flammade hällar och sågade, flammad skivor** för gatstenstillverkning

Avståndet mellan brottet Bokalyckan och förädlingsverket Högsma är 20 km

Avståndet från förädlingsverket Högsma till kund i Malmö är 120 km

## 5.4 Faktaunderlag

De uppgifter, data och siffror om energirelaterad förbrukning som anges i denna rapport har lämnats av personer på olika befattningar inom företaget Naturstenskompaniet Sverige AB

Rolf Lundmark VD

Anders Karlsson, Produktionschef

Göran Falk, Marknad

Lars Jeppsson, Stenbrott och produktion Bokalyckan

Martin Persson, Stenbrott och produktion Bokalyckan

Morgan Thomsson, Produktion Högsma

Kjell Jönsson, Senior adviser

Mikael Sjöholm, Marknad (kinakännare)

Anders Winbo, Marknad (kinakännare)

För att kontrollera rimligheten i lämnade uppgifter har tekniska experter anlåtats.

För utrustningar med diamantverktyg:

Ulf Eriksson Tyrolit AB, med 32 års erfarenhet av diamantutrustning inom natursten

För borrarutrustningar:

Lars Persson Teknisk chef, Atlas Copco Rock Drills

Samtliga foton från den svenska verksamheten är tagna av Kurt Johansson

**OBS. I denna studie anges ”avlästa” förbrukningsdata, dvs den mätbara mängd som resp. utrustning/operation förbrukar. Dessa data läggs in i SP:s system för primärenergi och klimatpåverkan.**

Då det saknas detaljerad motsvarande studium av stenproduktion har denna studie av produktionen i Sverige gjorts mycket transparent och bygger på underlag med **mycket noggrant framtagna data**.

Vår uppläggning av studien har gått till så att vi först har gjort en första avläsning av förbrukning av aktuell energi eller andra miljöpåverkande ämnen. Resultatet av detta studerat och vi har en förnyad avläsning där vi lagt ner extra omsorg och noggrannhet på de mest påverknade parametrarna. Dessa visade sig vara diesel för lastning och transporter samt energi för block- och kantsågning. Vi har där lagt. Vi har därför specialstuderat dessa och vi har uppnått stor noggrannhet för förhållandet i just denna stenproduktion.

När värdena kördes genom SP:s beräkningssystem visade det sig dock att också flamningen hade höga påverkasverksvärden. Detta kom fram först i slutskedet varför förbrukningen av gasol för flamning inte har hunnits specialstuderats. Detta värde kan eventuellt behöva korrigeras.

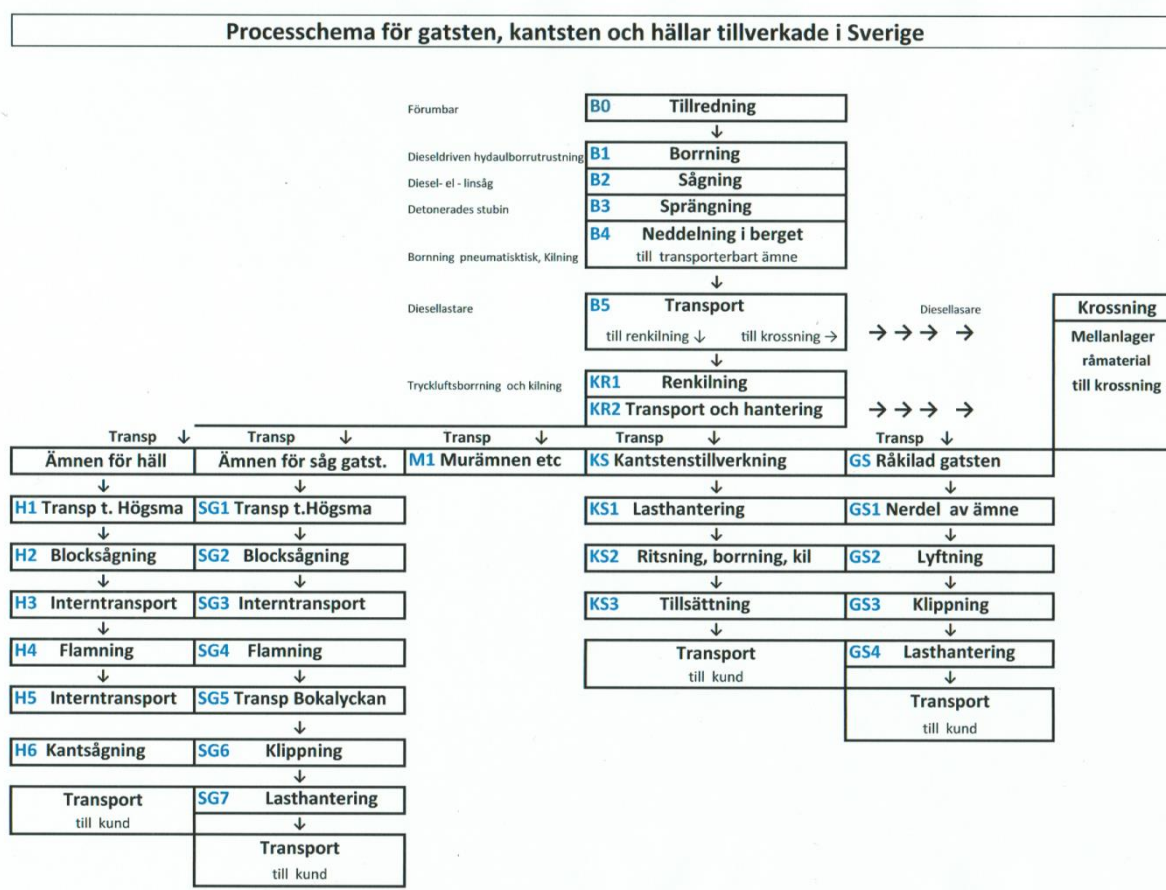
Detta påverkar dock inte resultatet i så stor omfattning.



## 5.5 Enhetsoperationer i produktionsprocessen

Beskrivningen av processen har delas upp i vissa enhetsoperationer från brytning till transport till kund och hantering av produkter efter användning.

De olika huvudstegen har getts bokstavs-beteckningar. Så t.ex. har ”brytning” betecknats med B och enhetsoperationen ”borrning av primärblock” betecknats B1, osv.



## 5.6 Brytning av stenämnen i Bokalyckan, Bjärlöv. (B)



*Brottet i Bokalyckan, Bjärlöv, 2014*

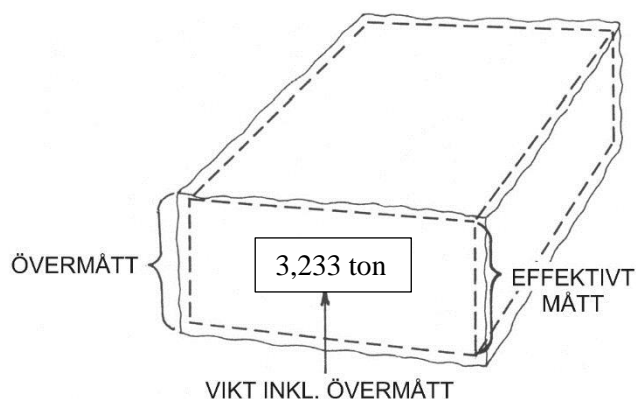
Brytningen går till övervägande delen till på följande sätt:

Först loss görs ett primärblock från det fasta berget genom diamantlinsågning (B2) av en (vertikal) sida och borrning (B1) och sprängning (B3) av svallen (liggarna) och den andra vertikala sidan.

Detta primärblock delas sedan upp genom borrning och kilning i transporterbara ämnen som körs med diesellastare (B4) upp till platsen för renkilning. Material som ej är användbart till block körs till ett upplag för senare krossning till makadam och liknade produkter.

Totalt loss hålls per år (2013) 28 200 ton per år. Av detta erhålls efter renkilning 10 700 ton block för fortsatt bearbetning till naturstensprodukter och 17 500 ton reststen till krossning till bl.a. makadam. Det är alltså 38% av energiåtgången vid själva brytningen som belastar naturstensprodukterna. Resten belastar reststenen.

De block som går till vidare bearbetning **mäts in** med övermått så att endast de användbara steninnehållet anges, dvs. inkl. spill. Angivet på det sätt blir inmätta kvantitet 3310 m<sup>3</sup>. En genomsnittligt **inmätt** (=användbar) m<sup>3</sup> väger 3,233 ton. Specifika vikten för stenen är 2,64 ton/m<sup>3</sup>.



### 5.6.1 Utrustningar

I brottet användes i princip fyra huvud utrustningar:

Dieseldriven borrhög med hydraulborrmaskin. Allt drivs av dieselmotorn; hydraulik för borrhög, matning och framdrift, dammavskiljare etc. Denna borrhög betjänar endast brottet.

Diamantlinsåg. Denna är eldriven och får sin el från ett dieselaggregat som endast betjänar sågen.

Hjullastare används för att hantera, lyfta och transportera block och reststen. Denna betjänar endast brottet.

För neddelning av primärblocket används tryckluftsdreven borrmaskin BBD 12 med dammavskiljare. Som får sin luft från en central eldriven kompressor.

Ingen uppvärmning av lokaler förekommer i själva stenbrottet.

### 5.6.2 Reststen för krossning

Företaget, Naturstenskompaniet, har i likhet med många andra blockstensföretag avtal med ett krossföretag som dels köper all den nyproducerade reststenen och vid behov även tar från äldre reststensupplag.

### 5.6.3 Avbaning (B0)

Brottet Bokalyckan startade för 90 år sedan. Avbaning och tillredning har skett succesivt under dessa 90 år. Därför är den del av energiförbrukningen i den ursprungliga avbaningen som skulle belasta dagens brytning försumbar. I dag är tillredningen en del av produktionen. De avbaningsinsatser som gjorts årligen under de senast åren ligger alltså med i energiförbrukningen för stenbrottsproduktionen, B1 – B6.



*Stenbyggare samlade vid kranen i Bokalyckan på 1920-talet. Sven Jobnsson står främst. Hans bror Gustav Jobnsson står längst till vänster.*

*Brottet Bokalyckan för ca 90 år sedan*

<b>B0.</b> Någon särskild energibelastning för avbaning tas inte upp i kalkylen.
--

## 5.6.4 Borrning av primärblock (B1)



*Borrning av liggare*

För borrning används en dieseldriven borrhög, Tamrock Dino 500 med hydraulbormaskin HL 510. Allt drivs av dieselmotorn; hydraulik för borrning, matning och framdrift, dammavskiljare etc. Denna borrhög betjänar endast brottet-

För borrningen används skarvborrhögstrusning med R32 stänger och 45mm skärkronor. All använd energi för denna borrning produceras av borrhögstrusningens dieselaggregat.

Totalt per år (2013) borras 23500 meter. Borrhögstrusningen förbrukar 0,65l diesel per bormeter.

Borrhögstrusningen förbrukar 15 275 liter diesel per år

Förbrukning för primärborrning per losstagnet berg:  $15275/28200 = 0,54$  liter diesel per ton.

**B1 Förbrukning för primärborrning 0,54 liter diesel per losshållet ton berg.**



*Borrhål för liggare.*

### 5.6.5 Sågning av primärblock (B2)

En sida på primärblocket sågas med diamantlinsåg fabrikat Pellegrino TDI 100. Denna såg användas endast för detta stenbrott. Den är eldriven och får sin el från ett dieselaggregat Atlas Copco QAS150., som endast betjänar sågen.

Elverket drar 9 liter diesel per timme. Sågkapacitet 8 m<sup>2</sup>/timma. Sågar 1000 m<sup>2</sup> per år. Sågningen förbrukar 1 125 liter per år. Detta ger  $1125/28200 = 0,040$  liter diesel/ton

**B2. Förbrukning för sågning: 0,04 literdiesel per ton losshållet berg.**



*Elverk och diamantlinsåg. (Sågen ej i arbete på bilden)*



*Primärblock med en sida sågad*

### 5.6.6 Sprängning av primärblock (B3)

För sprängning av primärblocket används detonerande stubin (20 g och 40 g krut per meter). Stubinen har en krutsträng i mitten som omges av plasthölje, polypropen.

Alla hål laddas fulla. Dessutom åtgår tändstubin 5 g krut per meter.

Åtgång per år av krutstubin (pentrit)

5 grams 400m

20 grams 13000m

40 grams 4000m

Plast - krut- balans							
Pentrit			Plasthölje				
g/m	M	kg	förp. m	tot gr/förp.	gr/m	plast/m	kg
0,005	400	2	1000	14,3	0,0143	0,0093	5,72
0,02	13000	260	500	17,1	0,0342	0,0142	444,6
0,04	4000	160	250	14,7	0,0588	0,0188	235,2
							<b>422</b>
							<b>686</b>

Totalt förbrukas alltså 422 kg pentrit per år och 686 kg plasthölje, polypropen, (runt krutsträngen). Pentrit har enl. en tillverkare energiinnehållet 6,4 MJ/kg = 1,78 kWh/kg

**B3. Det förbrukas 0,0150 kg krut och 0,0243 kg plasthölje per ton losshållet berg.**



*Laddning av primärblock*

Själva laddnings- och sprängningsarbetet gör för hand och kräver ingen energi.

### 5.6.7 Neddelning av primärblock med borrar och kilning. (B4)

Vid neddelningen borrar med handhållen BBD 12. Kilhålen borrar c:a 150 mm djupa och är 20 mm diameter. Borrmaskinen drivs med tryckluft.

För att producera 1 m<sup>3</sup> tryckluft vid 6 bar i en eldriven kompressor åtgår teoretiskt 0,1 kWh el. Men med läckage, strömningsförluster etc. är det rimligt att räkna med 0,15 kWh per m<sup>3</sup> luft vid förbrukningsstället. BBD 12 drar 1,3 m<sup>3</sup> luft per min = 78 m<sup>3</sup> luft per tim. Borrmaskinen används 300 tim. per år.

Dammavskiljaren som används så länge borrmaskinen är igång drar 1 m<sup>3</sup> luft per timme

Per år åtgår alltså ((78 + 1)\*300) = 23700 m<sup>3</sup> luft vilket motsvarar 3555 kWh el från kompressorn. Per losshållet ton motsvara detta 0,126 kWh

**B4. Energiåtgång vid borrar för kilning av primärblocket är 0,126 kWh el per ton losshållet berg.**



*Nedkilning av primärblock med borrar och kilning*

Själva kilningsarbetet görs för hand och kräver ingen energi.

### 5.6.8 Lastning och transport upp ur brottet. (B5)

I stenbrottet finns en lastare Volvo 330 som används för diverse upp gifter: tippning, vändning, lyftning och transport av block och reststen. Lastmaskin betjänar endast brottet och är den enda lastnings/transportutrustning som används i brottet. Motor 370 KW. Tipplast 31 ton, brytlast 450 Kn. Den drar olika mycket för de olika momenten. Vissa tider går den på tomgång. Timmätare som visar drivmedelsmedelförbrukning per timme, visar långtidsförbrukningen 22,6 liter diesel per timme. Lastaren används 7 timmar per arbetsdag medför 1540 timmar per år och förbrukningen 34800 liter per år. Per losstaget ton  $34800/28200 = 1,234$  liter diesel

**B5 Diesellastaren förbrukar 1,234 liter diesel per ton losshållet berg.**



*Lastare Volvo 330*

### 5.6.9 Övrig utrustning i brottet (B6)

I brottet finns också tre länsumpar. 2 tums 1,5kw, 3 tums 2,8kw, 4 tums 5,6kw. Summa: 9,9 kW Pumparna arbetar intermittent efter vattentillrinningen och stängs av automatiskt då de pumpat upp tillrunnet vatten. Antag de är aktiva 50% av tiden

Antal timmar per år:  $0,5 * 365 * 24 = 4380$  timmar, vilket ger  $4380 * 9,9 = 43362$  kWh per år



*Länsumpar*

Belysning som används vintertid på kväll och morgon uppskattas till 3000 kWh-

Övrig utrustning förbrukar  $(46362/28200) = 1,644$  kWh per ton losshållet berg.

**B6 Övrig utrustning i brottet förbrukar 1,64 kWh per losshållet berg.**



## 5.7 Renkilning

Från brottet körs blocken upp till renkliningsplatsen där de delas upp och formas till ämnen för fortsatt tillverkning.

För renkilningen används bormaskin BBD 12 + dammavskiljare, rundkilar och en lastmaskin Ljungby L25. Dessa utrusningar gör hela renkilningsarbetet och används bara för detta.

Vid renkilningen processas fram 3300 m<sup>3</sup> (10700 ton) ämnen och handelsblock. Dessa körs vidare till lagringsplats. Reststenen körs till upplag för krossning.

### 5.7.1 Borrning och kilning (KR1)

För borrning används en BBD 12, som är i drift 4 timmar per dag vilket ger 880 tim/år  
BBD 12 drar 1,3 m<sup>3</sup> luft per minut.

Dammavskiljaren som används så länge bormaskinen är igång drar 1 m<sup>3</sup> luft per timme  
Per år drar den alltså  $((60 \cdot 880 \cdot 1,3) + 880) = 69520 \text{ m}^3$  luft vilket motsvarar 10428 kWh el från kompressorn. Per ton  $10428/10700 = 0,9746 \text{ kWh}$ .



*Renkilning av block.*

**KR1. Borrningen förbrukar 0,9746 kWh el. Per ton renkilad sten.**

Kilningen sker för hand och kräver ingen energi.

### 5.7.7 Hantering av block, lastning och transport (KR2)

En lastmaskin Ljungby L25 är avdelad för att renkilningsprocessen. Den används för att lyfta fram block, vända block, transportera block till lagerplats, köra bort reststen etc.

Den används bara renkilning.

Denna lastmaskin tankas med 350 liter diesel i veckan vilket motsvarar 15400 liter per år. Per renkilat ton blir detta  $15400/10700 = 1,439$

**KR2 Lastaren förbrukar 1,439 liter diesel per ton renkilat block.**



*Hjullastare för lastning och hantering av*

## 5.8 Råkilad gatsten "8/11" av Bjärlövgranit (G)

**Dimension:** alla sidor 95±15 mm dvs. i snitt 95 mm.

**Vikt per sten:** 2,263 kg

**Antal per monterad m<sup>2</sup>:** I praktiken 91 st. i snitt

**Antal per fe:** 2275 st.

**Vikt per fe:** 5,148 ton

Råkilad gatsten tillverkas på följande sätt:

Ett ämne (med lämplig tjocklek) borras upp med en riggmonterad tryckluftsdreven borrarborrmaskin. Detta kilas sedan med rundkil upp i ämnen lagom stora för att kunna klippas i hydraulklippen. På arbetsplatsen finns tre hydraulklippar.

En lastmaskin Volvo L90C används för framdukning av ämnen och borttransport till lagerplats. Lastmaskinen betjänar endast gatstenprocessen.

För traditionell smågatsten, 8/11 eller 8/10 är kapaciteten 75 m<sup>2</sup> (= 6825 st. 8/11) per dag på tre hydrauliska klippar. Dvs. det produceras 3 fe (funktionella enheter) per dag.

För gatsten, där man tillgodogör sig spillet ganska bra, uppskattar man traditionellt spillet till 20% räknat på stenen från brottet., d.v.s. inkl. renkilning. D.v.s. dessa ämnen kommer direkt från brottet eller som reststen från renkilningen

Alltså för fe går det åt  $5,148 * 1,20 = 6,174$  ton ämnen från brottet

**Åtgång av stenämnen per fe: 6,174 ton.**

### 5.8.1 Neddelning av ämne genom borrarborring och kilning (GS1)

Borrmaskinen BBD 12 är riggmonterad på ett underrede Bobcat 322

Luftförbrukning för borrmaskin är 1,3 m<sup>3</sup> luft per minut. Den används 3 tim dag

Dammavskiljaren som används så länge borrmaskinen är igång drar 1 m<sup>3</sup> luft per timme

Per dag drar borrarborringen alltså  $((60 * 3 * 1,3) + 3) = 237 \text{ m}^3$  luft vilket motsvarar  $237 * 0,15 = 35,55$  kWh el från kompressorn.

Per dag produceras 3 fe. Energiåtgång per fe  $35,55 / 3 = 11,85$  kWh

**GS1. Borrarborringen förbrukar 11,85 kWh el per fe färdig sten.**



*Borrarborring av kilhål. BBD 12 monterad på Bobcat. Lastaren i bakgrunden*



Uppborrat ämne

Borriggen förbrukar 30 literdiesel per vecka, dvs. 6 liter dag

**GS1 Borriggen förbrukar 2 liter diesel per fe.**

Kilningen tar ingen energi



*Kilning av ämne*

### 5.8.2 Upplyftning av ämne (GS2)

Stenarna lyfts upp på rullbandet med en vinsch med försumbar energi



*Kilat ämne lyfts till klippens matarband*

### 5.8.3 Klippning (GS3)

Ämnena läggs på bandet och klipps i hydraulklipp. Matas för hand.

Varje klipp är på 7,5 kW och gemensam dammavskiljare 1,5 kW (=0,5 kW per klipp)

Klippen försätts vara igång 5 timmar med medeluttaget 1,5 kW

Total förbrukning  $(1,5 + 0,5) * 5 = 10$  kWh

**GS3. För klippning åtgår per fe 10 kWh elenergi.**



*Klippning av gatsten*

#### 5.8.4 Lastmaskinen (GS4)

Lastmaskin Volvo L90C används för framdukning av ämnen och borttransport till lagerplats.

Lastmaskinen betjänar endast gatstenprocessen.

Dieselförbrukning 150 liter/vecka. Per vecka produceras 15 fe (funktionella enheter).

**GS4-Lastmaskinen förbrukar 10 l diesel per fe.**

#### 5.8.5 Transport till kund

Bokalyckan – Malmö 100 km

2,1 l diesel per ton, ger  $2,1 * 5,148 = 10,81$  liter diesel per fe

**GS5. Transport till kund förbrukar per fe 10,81 liter diesel.**

## 5.9 Tillverkning av kantsten RV 2 (KS)

**Dimension:** 120x300 mm

**Vikt per lpm:**  $0,120 \cdot 0,300 \cdot 2,64 = 0,095 \text{ ton} = 0,475 \text{ ton/fe}$

**Vikt per fe:** 0,475 ton/fe

Tillverkningen av råkilad kantsten RV2 går i princip till på följande sätt:

Som utgångsämne väljs ett ämne med dimensionen 1500 x 600 x 500 mm. Dessa ämnen inkluderar övermått för spill. Vikt inkl. övermått  $3,233 \text{ ton/m}^3$ . Vikt per ämne  $1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3,233 = 1,455 \text{ ton}$ .

Ur detta ämne kilas fram 8 kantstenar med sammanlagt längd 12 meter. D.v.s. 2,4 fe (funktionella enheter). Stenämnesvikt per fe blir då 0,606 ton.

**Åtgång stenämnen per fe 0,606 ton.**

För att dela upp ämnet ritsat man först ett spår för anvisning, därefter borras mycket korta hål för småkil med vars hjälp man kilar upp ämnet i kantstenar.

Efter kilning tillsätts kanterna.

### 5.9.1 Lasthantering av ämnen och färdiga kantstenar (KS1)

Lagringsplatsen för ämnet ligger 30 meter från arbetsplatsen, dit ämnet placerats av den lastmaskinen som energideklarerats i processen "renkilning".

Energiåtgång för lastmaskin: framtagning ämne och transport av färdig sten till lager:(avstånd 50 m)

Dieselförbrukning uppskattas till 1 liter per "omgång", vilket ger  $1/2,4 = 0,42 \text{ liter per fe}$

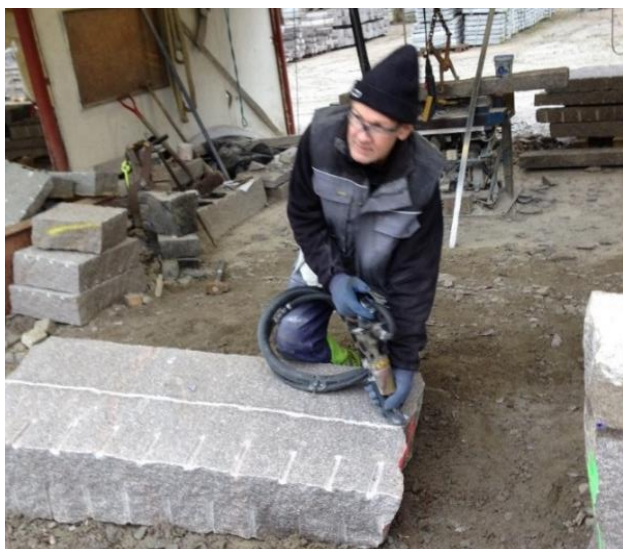
**KS1. Diesellåtgång per fe 0,42 liter.**

### 5.9.2 Ritsning och borring av hål för kilning.(KS2)

Ristning sker med RRD57 Atlas Copco.

Denna maskin drar  $0,37 \text{ m}^3$  luft per min. Det tar 1 min per (fläck) sten = 8 min för 12 meter kantsten.

Luftförbrukning  $2,96 \text{ m}^3$  per 12 meter kantsten



*Ristning av anvisning för delning*

Hål för småkil borras med R3DA. För att dela ned ämnet till 8 kantstenar behövs  $48 + 16$  hål. Varje hål tar  $\frac{1}{2}$  min. För hela ämnet blir borrtiden 32 min. Luftförbrukning  $0,4 \text{ m}^3$  per min =  $12,8 \text{ m}^3$  per 12 m kantsten.



*Borrning av kilhål*



*Kilning med småkil-*

Tillsammans förbrukar maskinerna 15,76 m<sup>3</sup> luft per 12 m kantsten.  
Dammavskiljare antas under borrhiden förbruka 1 m<sup>3</sup>. Totalt 16,76 m<sup>3</sup>  
Per fe motsvara detta 16,76/2,4 = Detta motsvara 6,98 m<sup>3</sup> luft per fe.  
Elförbrukningen för detta blir 6,98\*0,15= 1,047 kWh el per fe

**KS2För hål för kilning åtgår per fe 1,05 kWh.**

Kilning kräver ingen energi



### 5.9.3 Tillsättning (KS3)

Tillsättning kräver ingen energi.



*Tillsättning av kantsten*

För intern borttransport se Lastning

### 5.9.4 Transport till kund (KS4)

Bokalyckan – Malmö 100 km

2,1 l diesel per ton.  $2,1 * 0,475 = 1,00$  liter diesel per fe

**KSA Transport till kund förbrukar per fe 1,00 liter diesel.** -

## 5.10 Flammade hällar tjocklek 80 mm av Bjärlövgranit (H)

**Plattstorlek:** längden varierar mellan 0,45 och 0,70 m. Genomsnittslängd 0,575 m.  
**Bredd 0,3 m-** Genomsnittsarean  $0,575 \cdot 0,70 = 0,1725 \text{ m}^2$ . Antalet plattor per **fe** 145.  
(Teoretiskt ska fogen räknas bort från fe. Fogen 6 mm. Fogens yta för  $25 \text{ m}^2$  blir  $0,006 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,75 \cdot 145 = 0,76 \text{ m}^2 = 3\%$  av fe.  
Beräkningen har ej reducerats för denna övervikt)  
Plattans kantsida blir i genomsnitt 1,75 m ger en kantsidyta =  $0,08 \cdot 1,75 = 0,14 \text{ m}^2$  vilket motsvarar  $20,3 \text{ m}^2$  per fe.  
**Vikt per fe:**  $0,08 \cdot 25 \cdot 2,64 = 5,28$  ton. Skulle fogen räknas bort från fe skulle vikten bli 5,12. ton

### Bruttoåtgång sten

Vid inmätning av block för vidare bearbetning anges bara det som man netto får ut av blocket + viss marginal. Bruttovikten på ämnet beräknas då som  $3,233$  ton per  $\text{m}^3$ . Detta ger  $9,708$  ton per **fe**

### Tillverkning

Flammade, sågade hällar av Bjärlövgranit tillverkas på följande sätt.  
Från blocklagret i stenbrottet Bokalyckan lastas lämpliga ämnen för uppsågning till hällar på lastbil och körs till stenförädlingsanläggningen i Högsma.  
För material till **fe** väljer man ut 3 block  $2200 \times 700 \times 650$  mm. Per block är detta  $1,001 \text{ m}^3$ . Med de övermått som mäts in väger dessa block å  $3,233$  ton/ $\text{m}^3$ . Dvs per **fe**  $1,001 \cdot 3 \cdot 3,233 = 9,709$  ton ämne

**Åtgång av stenämnen för fe 9,709 ton.**

Ur varje block erhålls 7 skivor med bruttomått  $2,2 \times 0,65 = 10 \text{ m}^2$ . Från alla tre blocken erhålls  $30 \text{ m}^2$ .

I Högsma blir den första enhetsprocessen blocksågning. Denna kan ske antingen med linsågning eller diamantklingsågning. Dessa sågar står på samma plats (50 m från blocklager) och är i energihänseende likvärdiga. För sågning av hällar i Bjärlövgranit räknar vi diamantklingsågning med "nya" Spielvogel. Det är den som redovisas här.

Ut från sågen kommer råskivor som går vidare till flamning. Avstånd blocksåg och flamning är 50 m.

De flammade råskivorna går sedan (avstånd 25 m) till kantsågen där de formatsågas till de beställda formaten, i detta fall bredd 300 mm och längd 450 – 700 mm.

Efter packning placeras de i leveranslagret, varifrån de går på bil till kund.

### 5.10.1 Lastning och transport från brottet (H1)

Avståndet mellan Bokalyckan och Högsma är det 2 mil. Lastbilen lastar 37 ton.

#### Lastning på lastbil.

För att lasta 10 ton åtgår 0,15 l diesel vilket ger 0,146 liter per **fe**

#### Transport

Lastbilen drar 6 liter/mil. Bilen har normalt ingen returlast Transportavstånd 2 mil, enkel väg, medför förbrukningen  $2 \times 12$  liter per 37 ton ger 0,624 liter per ton eller 6,30 per **fe**.

#### Avlastning

Avlastning och placering i blocklagret antas motsvara pålastningen d.v.s. 0,146 liter per **fe**

**H1. Dieselförbrukning för pålastning, transport, och avlastning per fe är 6,62 liter diesel.**

## 5.10.2 Sågning av block. (H2)

Sågyta ovanyta 30 m<sup>2</sup> per fe.



*Sågning av block till skivor som ämnen för hällar och för sågad flammad gatsten.*

Blocket sågas upp i 80 mm skivor. Med en 2,7 m diamatsågklinga av märket Spielvogel. För att få fram 7 skivor måste sågas 8 sågsnitt. Varje sågsnitt 2,2 x 0,65. Total sågad yta för alla tre blocken  $2,2 * 0,65 * 24 = 34,32$  m<sup>2</sup>.

Sågen med 2,7 m klinga. Sågkapacitet, teoretiskt 2,22/m<sup>2</sup> praktisk 1,5 m<sup>2</sup>/timma.

Elförbrukningen för blocksågen är i snitt 34 kW + servicemotorn (frammatningen) 4 kW = 38 kW.

Till detta bör man räkna 30% tomgång (17+3 kW) som då motsvara 5,7KWh. Total sågningsenergi 43,7 kWh per 1,5 m<sup>2</sup> = 29,13 kWh/m<sup>2</sup>. Detta ger  $34,32 * 29,13 = 999,7$  kWh per fe.

Pumpning av spolvatten. 4 sågar 15 m<sup>3</sup> vatten per timma. 3,5 m<sup>3</sup> per såg. För denna pumpning krävs 1 kWh/tim = 30 kWh per fe.

**H2. Total sågningsenergi inkl. spolvatten per fe är 1030 kWh el.**

## 5.10.3 Internttransport (H3)

För att bänka på ämnen används en stor diesellastare. Det tar 1 timma att bänka på de tre ämnena.

Lastare som används drar normalt 12,5 liter diesel per timma, men i denna arbetssituation med mycket tomgångskörning beräknas den dra 8 liter i timman. Dvs. 8 liter diesel per fe.

Avbänkning och borttransport sker med mindre diesellastare. Denna drar 3,5 liter/tim. Avbänknings och transport tar 1,5 tim. Dieselåtgång 5,25 liter per fe

**H3. Dieselåtgång för internttransport per fe är 13,25 liter diesel.**

#### 5.10.4 Flamning (H4)



*Flamning av ämne för håll eller sågad flammad gatsten*

Flammad yta 30 m<sup>2</sup> per fe. Gas som används är gasol och syrgas

Flamningen sker i en flammansautomat. Skivorna matas fram under flamma. Kapacitet 6 m<sup>2</sup>/tim. För att flamma en fe åtgår 5 timmar

Förbrukning av gasol 20 liter tim. Syrgas 180? liter i timman.

**H4. Gasolförbrukning per fe är 100 liter gasol**

***Kommentar. Detta verkar mycket 3,3 lite per m<sup>2</sup> sten. Reservation Kollas.***

Vattenförbrukning för spolning: 2 m<sup>3</sup> tim ger 10 m<sup>3</sup> per fe motsvarar 6 kWh per fe

Frammatnitning motor 2 kW ger förbrukning 10 kWh per fe

**H4. Frammatning och spolning förbrukar per fe 16 kWh el.**

Ingen uppvärmning av lokalen sker.

#### 5.10.5 Intertransport till kantsågning och till lager (H5)

Totalt avstånd 50m. Liten truck 3 liter per fe

**H5. Intertransport mellan kantsågning och lager förbrukar per fe 3 liter diesel.**

### 5.10.6 Kantsågning (H6)

Kantsågningsklinga 0,8 m diameter

Kantsågningen planeras och utförs så att vissa kantsågsömmar blir gemensamma. På detta sätt blir den genomsnittliga plattans kantsida 0,1008 m<sup>2</sup>. Med 145 st plattor blir totala kantsågningsytan 14,62 m<sup>2</sup> per fe.

Kantsågens totala medeleffekt är 20 kW. Kapacitet 0,5 m<sup>2</sup> kantlyta/tim. Sågtid per fe 29,24 tim. Detta ger en energiåtgång på  $20 \cdot 29,24 / 0,5 = 1170$  kWh per fe. Pumpning av spolvatten (15 liter/min per m klinga) 0,9 m<sup>3</sup> vatten per timma. För denna pumpning 2 kW = 58,5 kWh per fe

Sågning inkl. spolvatten 1228 kWh per fe

Ventilation, utsug 3214 kWh el per år = 1,89 kWh/tim. Motsvarar 55,26 kWh el per fe



*Kantsågning av hällar-*

**H6. Total elenergiförbrukning för kantsågning inklusive ventilation per fe är 1284 kWh el.**

Uppvärmning av lokal sker med gasol. Åtgång för kantsågningsområdet 0,69 liter gasol i tim.

### 5.10.7 Uppvärmning (H7)

Uppvärmning av lokalen sker med gasol-

**H7. För uppvärmning åtgår per fe 20,18 liter gasol**

### 5.10.7 Transport till kund (H8)

Högsma-Malmö 120 km.

Högsma – Malmö 2,5 liter diesel per ton.  $2,5 \cdot 5,28 = 13$  liter diesel per fe,

**H8. Transport till kund förbrukar per fe 13 liter diesel.**

### 5.11. Sågad och flammad gatsten av Bjärlövgranit (SG)

**Dimension:** Tjocklek 80 mm, ytarea 90\*90 mm.

**Vikt per sten:**  $0,08*0,09*0,09*2,64 = 0,001711$  ton

**Antal sten per fe:** 2500 st

**Vikt per fe:** 4,277 ton

#### **Bruttoåtgång sten och tillverkning**

Vid inmätning av block för vidare bearbetning anges bara det som man netto får ut av blocket + viss marginal. Bruttovikten på ämnet beräknas då som 3,233 ton per m<sup>3</sup>.

Tillägg på utnyttjad sten då 5% fås ”gratis” från spill från hålltillverkningen gör att ingående råstenåtgång blir mindre. D.v.s. reduceras med 5%

Sågad, flammad gatsten av Bjärlövgranit tillverkas på följande sätt.

Från blocklagret i stenbrottet Bokalyckan lastas lämpliga ämnen för uppsågning till hällar på lastbil och körs till stenförädlingsanläggningen i Högsma. Dessa behandlas på samma sätt som ämnen för flammade hällar.

För att få material till **fe** väljer man ut 3 block 2200 x 700 x 650 mm. Med de övermått som mäts in väger dessa block alltså  $2,2*0,7*0,65*3*3,233 = 9,709$  ton ämne

Ur varje block erhålls 7 skivor med bruttomått  $2,2 \times 0,65 = 10$  m<sup>2</sup>. Från alla tre blocken erhålls 30 m<sup>2</sup>. Dessa skivor räcker till 3200 gatstenar. Med tillägget av ”gratismaterial” från hålltillverkning erhålls 3360 stenar dvs. 1,49 **fe**.

Åtgången av stenämnen per **fe** blir alltså  $9,709/1,49 =$

**Åtgång av stenämnen för fe är 5,516 ton.**

I Högsma blir den första enhetsprocessen blocksågning. Denna kan ske antingen med linsågning eller diamantklingsågning. Dessa sågar står på samma plats (50 m från blocklager) och är i energihänseende likvärdiga. För sågning av hällar i Bjärlövgranit räknar vi diamantklingsågning med ”nya” Spielvogel. Det är den som redovisas här.

Ut från sågen kommer då råskivor som går vidare till flammning. Avstånd mellan blocksåg och flammingsutrustning är 50 m.

De flammade råskivorna körs sedan tillbaka till Bokalyckan för klippning.

Efter packning placeras de i leveranslagret, varifrån de går på bil till kund.

#### 5.11.1 Lastning och transport från brottet (SG1)

Avståndet mellan Bokalyckan och Högsma är det 2 mil. Lastbilen lastar 37 ton

Lastning på lastbil. Lastbilen.

För att lasta 10 ton åtgår 0,15 l diesel vilket ger 0,082 liter per **fe**

Transport

Lastbilen drar 6 liter/mil. Transportavstånd 2 mil medför förbrukningen 12 liter per 37 ton ger 0,324 liter per ton eller 1,79 liter per **fe**.

Kan sedan ta flammade skivor som returlast till Bokalyckan

Avlastning

Avlastning och placering i blocklagret antas dra lika mycket som pålastningen d.v.s. 0,082 liter per **fe**

**Total dieselförbrukning för pålastning, transport, och avlastning per fe 1,95.**

### 5.11.2 Sågning av block.(SG2)

Sågyta ovanyta 30 m<sup>2</sup> per fe.

Sågning av block till skivor som ämnen för sågad gatsten går till på samma sätt som för hällar. Se avsnitt 5.10.2

Blocket sågas upp i 80 mm skivor. Sågutrustning av märket Spielvogel med en 2,7 m diamatsågklinga. För att få fram 7 skivor måste sågas 8 sågsnitt. Varje sågsnitt 2,2 x 0,65. Total sågad yta för alla tre blocken  $2,2 * 0,65 * 24 = 34,32 \text{ m}^2$ .

Sågen med 2,7 m klinga. Sågkapacitet, teoretiskt 2,22 m<sup>2</sup> praktisk 1,5 m<sup>2</sup>/timma.

Elförbrukningen för blocksågen är i snitt 34 kW + servicemotorn (frammatningen) 4 kW = 38 kW.

Till detta bör man räkna 30% tomgång (17+3 kW) som då motsvara 5,7KWh. Total sågningsenergi 43,7 kWh per 1,5 m<sup>2</sup> = 29,13 kWh/m<sup>2</sup>. Detta ger  $34,32 * 29,13 / 1,28 = 781 \text{ kWh per fe}$ .

Pumpning av spolvatten. 4 sågar 15 m<sup>3</sup> vatten per timma. 3,5 m<sup>3</sup> per såg. För denna pumpning krävs 1 kWh/tim = 23,4 kWh per fe.

Total sågningsenergi inkl. spolvatten **804 kWh per fe**

Eftersom man får 5% ”gratis” ämnen från hålltillverkningen reduceras med 5% varvid energiåtgången från blocksågningen blir 764 kWh per fe.

**För blocksågning åtgår per fe 764 kWh.**

### 5.11.3 Internttransport (SG3)

För att bänka på ämnen används en stor diesellastare. Det tar 1 timma att bänka på de tre ämnena. Lastare som används drar 12,5 liter diesel per timma. D.v.s. 9,77 liter diesel per fe.

Avbänkning och borttransport sker med mindre diesellastare. Denna drar 3,5 liter/tim. Avbänknings och transport tar 1,5 tim. Dieselåtgång 4,10 liter per fe

**Dieselåtgång för internttransport 4,10 liter per fe.**

### 5.11.4 Flamning (SG4)

Flammad yta 30 m<sup>2</sup> per fe. Gas som används är gasol och syrgas. Flamningen går till på samma sätt som för hällar. Se avsnitt 5.10.4

Flamningen sker i en flamnings automat. Skivorna matas fram under flamma. Kapacitet 6 m<sup>2</sup>/tim. För att flamma en fe åtgår 3,90 timmar

Förbrukning av gasol 20 liter tim. Syrgas 180 liter i timman.

Gasolförbrukning 78 liter per fe. Reducering med 5% ger 74 liter

**Gasolförbrukning per fe 74 liter gasol**

Vattenförbrukning: 2 m<sup>3</sup> tim ger 7,8 m<sup>3</sup> per fe motsvarar 4,69 kWh per fe  
Frammatning av skivor 2kW. Per fe 7,81kWh

Summa energiförbrukning för vatten och frammatning 12,5 kWh per fe

Reduktion p.g.a. 5% ”gratismaterial” ger 11,88 kWh

**För frammatning och spolvatten åtgår per fe 11,88 kWh**

Ingen uppvärmning av lokalen sker.

### 5.11.5 Transport till Bokalyckan (SG5)

Antag vikten nu har sjunkit till 5 ton per fe

Lastning på lastbil. Lastbilen.

För att lasta 10 ton åtgår 0,15 l diesel vilket ger 0,075 liter per fe

Transport

Lastbilen drar 6 liter/mil. Transportavstånd 2 mil medför förbrukningen 12 liter per 37 ton ger 0,324 liter per ton eller 1,62 per fe.

Dessa flammade skivor som returlast till Bokalyckan.

Avlastning

Avlastning och placering i skivlagret antas dra lika mycket som pålastningen d.v.s. 0.075 liter per fe.

Transport + på och avlastning till Bokalyckan 1,77 liter diesel per fe

**Total dieselförbrukning för pålastning, transport, och avlastning per fe 1,77 liter diesel.**

### 5.11.6 Klippning till gatsten (SG6)



*Flammat ämne klipps till gatsten*

Skivorna klipps i en hydraulklipp.

Klippningsenergin bedöms vara samma som för råkilad kantsten. Se ovan 10 kWh för en 25 m<sup>2</sup> stenyta.

**Klippningsenergi per fe 10 kWh.**

### 5.11.7 Lastmaskin (SG7)

För denna typ av klippning användes lastmaskinen endast i begränsad utsträckning. 20 % av råkilad gatsten

1,8 liter per fe

**Energiåtgång för lastmaskin 1,8 liter per fe.**

### 5.11.7 Transport till kund (SG8)

Bokalyckan – Malmö 100 km

2,1 l diesel per ton, ger  $2,1 * 4,277 = 8,98$  liter diesel per fe

**Transport till kund förbrukar per fe 8,98 liter diesel per fe**



10.12 Sammanställning av förbrukning av energi och klimatpåverkande utsläpp.

**Sammanställningen finns i bilagan i GrGr\_LCAStenWPx\_Bilaga A**

## 6 Stenbrytning och tillverkning i Kina

### 6.1 Produkter

De naturstenprodukter som tillverkas i Kina som vi studerar i denna rapport har samma dimension som de från Sverige

**Densitet:** Är ej helt känd men antas vara  $2640 \text{ kg/m}^3$ .

#### Gatsten råkilad "8/11":

**Dimension:** alla sidor  $95 \pm 15 \text{ mm}$  dvs. i snitt  $95 \text{ mm}$ .

**Vikt per sten:**  $2,263 \text{ kg}$

**Antal per monterad  $\text{m}^2$ :** I praktiken  $91 \text{ st}$  i snitt

**Antal per fe:**  $2275 \text{ st}$ .

**Vikt per fe:**  $5,149 \text{ ton}$

#### Kantsten RV2

**Dimension:**  $120 \times 300 \text{ mm}$

**Vikt per lpm:**  $0,120 * 0,300 * 2,64 = 0,095 \text{ ton} = 0,475 \text{ ton/fe}$

**Vikt per fe:**  $0,475 \text{ ton/fe}$

#### Hällar 80 mm tjock

**Dimension:** längden varierar mellan  $0,45$  och  $0,70 \text{ m}$ . Genomsnittslängd  $0,575 \text{ m}$ . Bredd  $0,3 \text{ m}$ - Genomsnittsarean  $0,575 * 0,70 = 0,1725 \text{ m}^2$ .

**Antalet plattor per fe:**  $145 \text{ st}$ . (Teoretiskt ska fogen räknas bort från fe. Fogen  $6 \text{ mm}$ . Fogens yta för  $25 \text{ m}^2$  blir  $0,006 * \frac{1}{2} * 1,75 * 145 = 0,76 \text{ m}^2 = 3\%$  av fe. Beräkningen har ej reducerats för fogen.

**Vikt per fe:**  $0,08 * 25 * 2,64 = 5,28 \text{ ton}$

Skulle fogen räknas bort från fe skulle vikten bli  $5,12 \text{ ton}$ .

#### Sågad/flammad gatsten

**Dimension:** Tjocklek  $80 \text{ mm}$ , ytarea  $90 * 90 \text{ mm}$ .

**Vikt per sten:**  $0,08 * 0,09 * 0,09 * 2,64 = 0,001711 \text{ ton}$

**Antal sten per fe:**  $2500 \text{ st}$

**Vikt per fe:**  $4,277 \text{ ton}$

## 6.2 Produktionsprocessen i Kina

Stenbrottet och produktionen som studerats i Kina är från Naturstenskompaniets leverantör och ligger i Shandong provinsen 25 mil från hamnstaden Qingdao.

Verksamheten och processen i Kina har noga studerats på plats och dokumenterats med foton av representanter från Naturstenskompaniet. Exakta avläsningar har dock inte gjorts på samma sätt i Sverige, men energiförbrukning etc. kan med god precision värderas utifrån den erfarenhet vi gemensamt har från motsvarande utrustningar och processer Sverige. Naturstenskompaniets representanter har lång erfarenhet av liknande verksamhet i Sverige och Portugal. I det fall någon tveksamhet förelagat har vi valt det för kinesiska mest positiva värdet.

Framtagningsprocessen i Kina avviker från den svenska, bl.a. används sågning i större omfattning.

## 6.3 Faktaunderlag

De uppgifter, data och siffror om energirelaterad förbrukning som anges i denna rapport har lämnats av personer på olika befattningar inom företaget Naturstenskompaniet Sverige AB

Rolf Lundmark VD

Kjell Jönsson, Senior advisor

Mikael Sjöholm, Marknad (kinakännare)

Anders Winbo, Marknad (kinakännare)

Göran Falk, lång LCA-erfarenhet

För att kontrollera rimligheten i lämnade uppgifter har tekniska experter anlåtats.

För utrustningar med diamantverktyg:

Ulf Eriksson Tyrolit AB, med 32 års erfarenhet av diamantutrustning inom natursten

För borrarutrustningar:

Lars Persson Teknisk chef, Atlas Copco Rock Drills

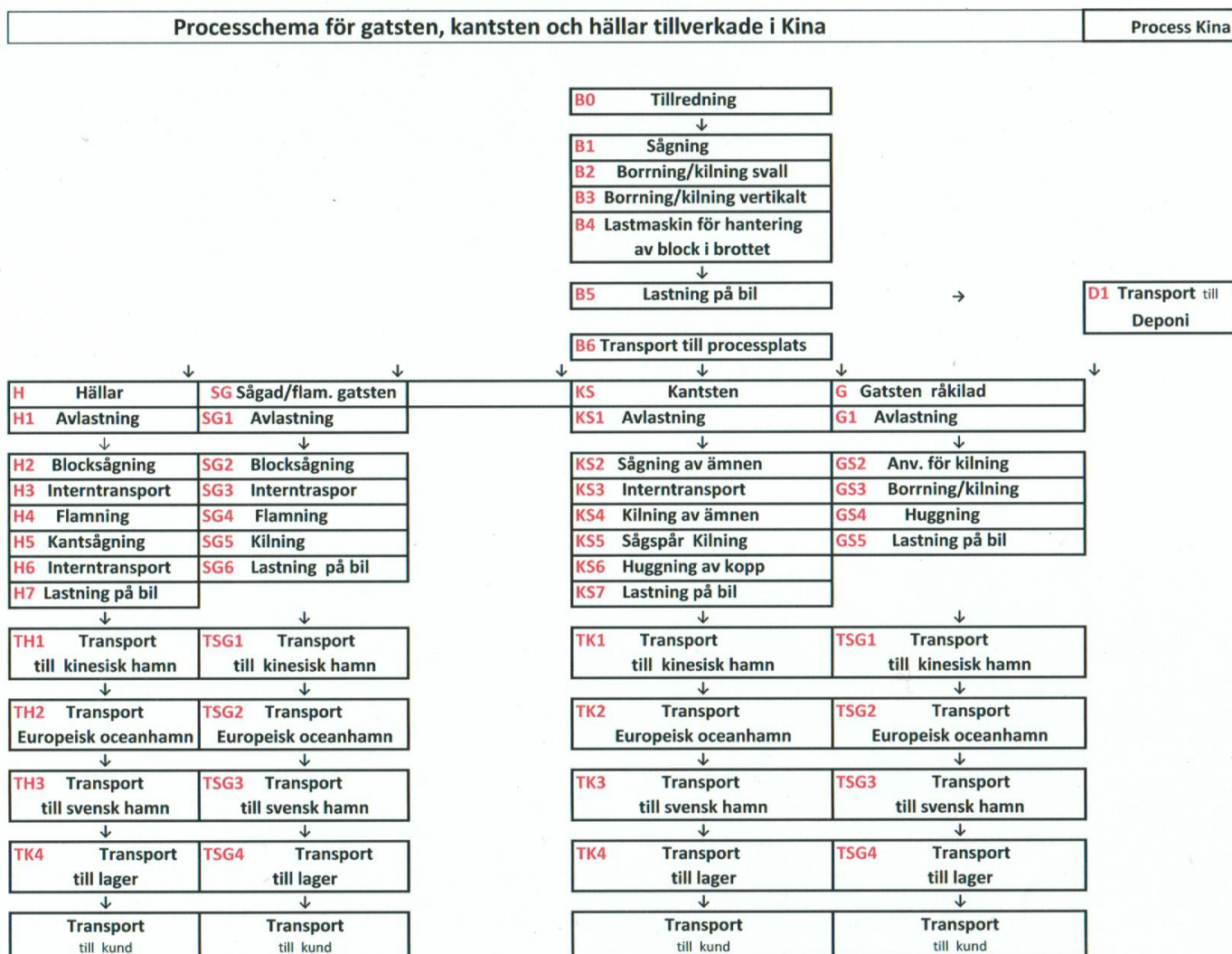
Samtliga foton är tagna Naturstenskompaniet

Båttransporten Kina – Sverige är tung miljöpåverkande varför denna har utretts speciellt hos SP. Se rapport LCA\_Grågröna\_141209

## 6.4 Enhetsoperationer i tillverkningsprocessen

Beskrivningen av processen har delas upp i vissa enhetsoperationer från brytning till transport till kund och hantering av produkter efter användning.

De olika huvudstegen har getts bokstavsbe-teckningar. Så t.ex. har ”brytning” betecknats med B och enhetsoperationen ”borrning av primärblock” betecknats B1, osv.

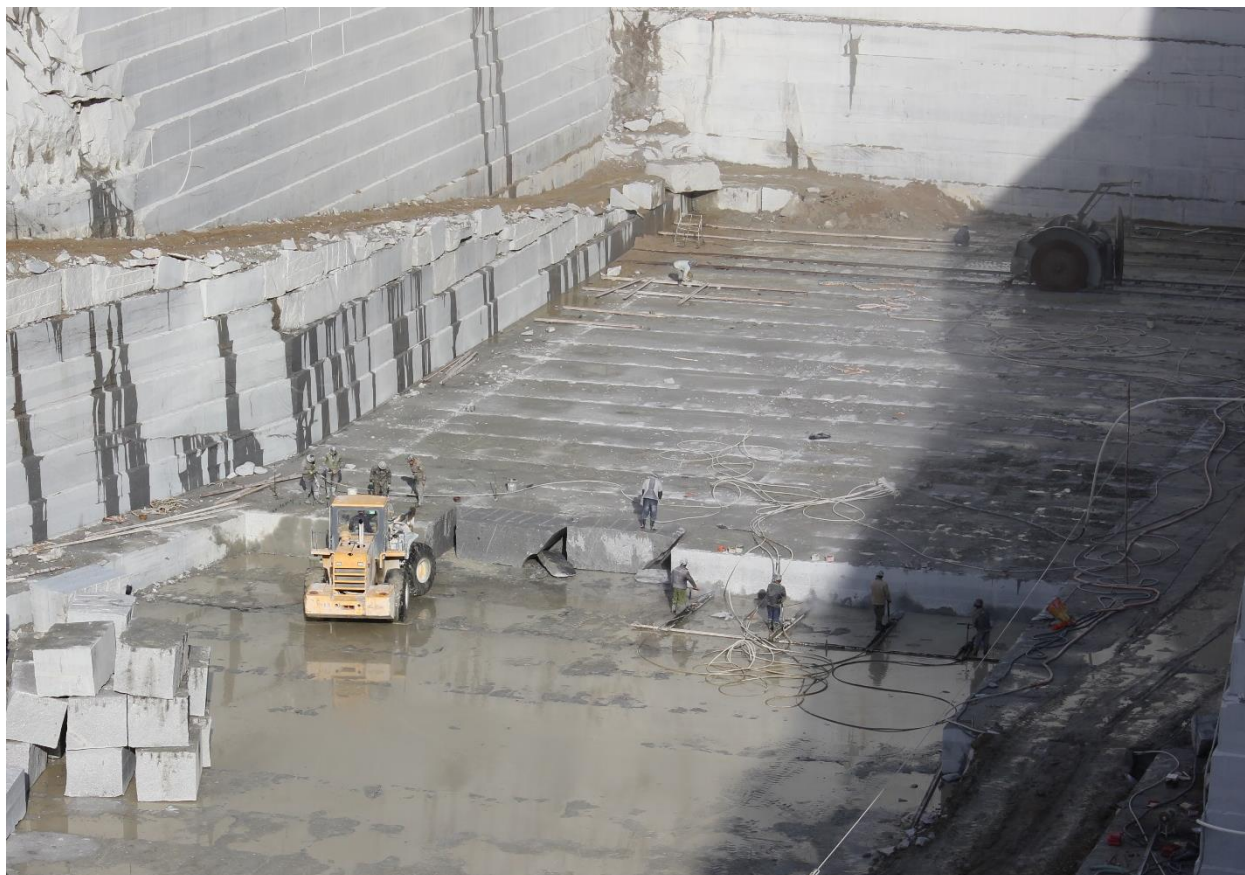


## 6.5 Brytning av block. Stenbrottet (B)

Primärblocket loss hålls på följande sätt:

Sågningen med diamantklingsåg som dras fram på räls. Sågsnittet är 1000 mm djupa och bredden mellan dem 2 000 mm. Sågsnittens längd L1 är 40 m. Svallen (den horisontella klyvriktningen) har goda klyvegenskaper och det verkar som man med relativt glesa kilhåll, kan kila loss primärblocket från svallen.

Den vertikala delningen vinkelrätt mot den slitsen, mot det fasta berget sker med borrning och kilning. På detta sätt har ett "handelsblock" på 2x1x1,5 m erhålls. Vikten på detta block 7,92.



*Bild 6016. Översikt över brottet*

Som temporär fe (funktionell enhet) användes här ton, eftersom det är måttet på den produkt som lämnar stenbrottet.

### 6.5.1 Sågning av vertikala snitt per primärblock (B.I)



*Sågning av vertikala snitt.*

Handelsblocket: (längd 2m, höjd 1 m, bredd 1,5m =  $3 \text{ m}^3 = 7,95 \text{ ton netto}$ ).

Sågad yta: =  $1 \times 1,5 = 1,5 \text{ m}^2$

Sågad yta per ton block:  $0,0,189 \text{ m}^2/\text{ton}$

B.1.1. Motorn är elektrisk.

B.1.2. Diamantklingan 2,5 diameter

B.1.3. Spolning med vatten.

B.1.4. Framdrift med elmotor,

B.1.5. Sidoförflyttning till nytt spårupplägg sker med dieseltruck.

Rälsen monteras förhand, vilket torde förbruka marginell energi.

Energiförbrukning:

Antag: Såg med 2,5 klinga förbrukar lika mycket energi som i Sverige. Samma värde som för normal blocksågning, då det är samma sågarbete som måste utföras. Sågkapacitet  $1 \text{ m}^2/\text{timma}$

För ett block på 7,92 ton måste sågas  $1,5 \text{ m}^2$

Elförbrukningen för blocksågen är i genomsnitt  $34 \text{ kW} + \text{servicemotorn (frammatningen)} 4 \text{ kW} = 38 \text{ kW}$ . Sågeffekten (sågarbete)  $1 \text{ m}^2/\text{tim}$ . Teoretisk sågenergi blir då  $38 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . Till detta bör man räkna 20% tomgång ( $17+3 \text{ kW}$ ) som då motsvara  $4 \text{ kWh}$ . Total sågningsenergi  $42 \text{ kWh}/\text{m}^2 = 63 \text{ kWh}/\text{block} = 7,95 \text{ kWh per ton losshållet berg}$ .

Antag: Pumpning av spolvatten kräver lika mycket energi som vid svenska förhållanden. (35 liter/min per m klinga)  $5 \text{ m}^3$  vatten per timma. För denna pumpning krävs  $1 \text{ kWh}/\text{tim} = 3 \text{ kWh}/\text{block} = 0,379 \text{ kWh}/\text{ton losshållet berg}$

Antag: flyttning av sågutrustning till nästa spår kräver ett lyft på 20 ton av en diesellastare:  $1 \text{ kWh}$ , Ska fördelas på  $2 \times 40 \times 1 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ kWh}$  dvs. försumbart. Diesellastare med tipplast 16 ton och motoreffekt  $250 \text{ kW}$

**B1. Total sågningsenergi inkl. spolning 8,329 kWh el per ton losshållet berg.**

### 6.5.2 Borrning och kilning av svall. (B.2) Tryckluftsborrning. Elkompressor



*Bild 0340 Borring och kilning av svall*

### **Borring**

Teoretiskt åtgår 0,1kWh per m<sup>3</sup>/luft. Med läckage är det rimligt att räkna med 0,15 kWh el per m<sup>3</sup>/luft.

Hålavstånd: 250 mm =5 hål per 1,5 m pallbredd, hålens längd 2 m Håldimension 32 mm.

(Borrmaskin motsvarande BBC 24D)

Det blivande handelsblocket är 1,5 m brett

Totalt antal bormeter per handelsblock: 10 lpm. Tyckluftsåtgång: 4,8 m<sup>3</sup>/min + förluster vid tomgångskörning = 5,8 m<sup>3</sup>/min. Borrsjunkning 625 mm/min. 16 min. per block. Totalt tyckluftbehov 92,8 m<sup>3</sup> motsvarar 13,92 kWh per block = 1,75 kWh per ton.

Kilningen utförs med plattkil, helt för hand och kräver ingen energi-

**B2. För borring åtgår 1,758 kWh el per ton losshållet berg.**

### 6.5.3 Borring och kilning vertikalt tvärs den sågade sömmen (B.3). Tryckluftsborring. Elkompressor



*Bild 5998 Delning med borring och kilning vertikal delning.*

Antag 7 bars tryck, energibehov 0,15 kWh el/m<sup>3</sup>luft.

Hålavstånd: 250 mm =7 hål per 2 m pallbredd, hålens längd 200 mm Håldimension 20 mm.

(Borrmaskin motsvarande BBD 12 förbrukar 1,3 m<sup>3</sup> per minut)

Totalt antal bormeter per block: 1,4 lpm. Tyckluftsåtgång: 1,3 m<sup>3</sup>/min + förluster vid tomgång = 1,5 m<sup>3</sup>/min. Borrsjunkning 220 mm/min. Netto borrhittid 4,5 min. Varje påhugg tar 1 min. Ger total maskintid 11,5 min per block. Totalt tyckluftbehov 17,25 m<sup>3</sup> motsvarar 2,59 kWh per block = 0,325 kWh per ton.

Kilningen utförs rundkil helt för hand och kräver ingen energi.-

**B3. Energiåtgång för borring 0,325 kWh el per losshållet ton.**

#### 6.5.4. Lastmaskinen för hantering och transport av block (B.4).

Diesellastare (en eller flera) med tipplast 16 ton och motoreffekt 250 kW. Denna typ av utrustning är mycket utnyttjad och utför ett antal arbetsuppgifter i brottet. Den hanterar block (vrider, vänder, välter), lyfter och transporterar ett block (med steninnehåll netto 7,95 t) till lagerplats, 200 m bort. Stigning 40 m. Diesel Mk3.

Det är svårt att ange hur många timmar denna är igång och hur mycket diesel den förbrukar, men man kan dra några jämförelser från svenska förhållanden. För att ta fram ett ton färdigt ämne, motsvarade detta åtgår 3,886 liter per ton. Om vi ska räkna mycket försiktigt här antar vi en 1/3 av den svenska förbrukningen, skulle detta motsvara 1,30 liter diesel per ton.



*Diesellastare bl.a. för hantering av block*

#### **B4. Energiåtgång för lastare: 1,30 l diesel losshållet ton.**

I stenbrytningen har den temporära funktionella enheten varit ton,

Det material som inte går åt till "handelsblock" används till andra produkter som vår bära sin egen miljöbelastning.

Men trots allt blir det en del överskott material, t.ex. sågslam, borkax och småbitar som inget går att använda. Detta ej användbara material beräknas till 20%, varför det till den framräknade miljöbelastningen per ton ska divideras med 0,8.



## 6.6 Tillverkning av råkilade gatstenar 8/11 (handhuggna, ej klippta (GS))

**Dimension:** alla sidor  $95 \pm 15$  mm dvs. i snitt 95 mm.

**Vikt per sten:** 2,263 kg

**Antal per monterad m<sup>2</sup>:** I praktiken 91 st i snitt

**Antal per fe:** 2275 st

**Vikt per fe:** 5,149 ton

Den råkilade gatstenen tillverkas av mindre stenblock som är överskott från övrig produktion. Spillprocenten antas av denna anledning så hög som 20%. Brutto stenåtgång blir därför  $5,149/0,8 = 6,43$  ton per fe

**Åtgång av stenämnen per fe: 6,436 ton.**

Gatstenarna huggs för hand efter det de kilats till huggbara ämnen. Uppdelningen sker på lite olika sätt beroende på utgångsämnet. Anvisningar sågas med vinkelslip och kilas med plattkils, dels med genom borrarade bål med rundkil.

### 6.6.1 Avlastning av block (GS1).

**GS.1. För avlastning per fe antas åtgå 0,084 liter diesel.**

### 6.6.2 Anvisning för kilning (S2)

Anvisning görs med elektrisk handsåg (vinkelslip) på 2,5 kW före kilning

Antag det går åt 3 min att såga anvisningar för ett ämne från vilket det kan göras 40 gatstenar.

Energiåtgång 0,125 kWh. Detta motsvarar  $0,125 * 2250/40 = 7,03$  kWh per fe-

**GS2. Energiåtgång för anvisning för kilning per fe: 7,03 kWh el.**

### 6.6.3 Borring och kilning av gatstensämnen (GS3)



*Kilning av gatstensämnen. Bild 3189*

### Borring

Borrmaskin antas motsvarande BBD 12

Antag: per kilhåll erhålls ämnen till 10 gatstenar.

Borrsjunkning 220 mm/min. Total borrningstid för per hål 0,5 min. Tyckluftsåtgång:  $1,3 \text{ m}^3/\text{min} +$  förluster vid distributionen och tomgång =  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Tryckluft per gatsten  $1,5 * 0,5 \text{ m}^3/10 = 0,075 \text{ m}^3$ . Energiåtgång  $0,15 \text{ kWh el}/\text{m}^3\text{luft}$  ger  $0,01125 \text{ kWh}$  per gatsten. Vilket motsvarar  $0,01125 * 2275 = 25,59 \text{ kWh}$  per fe??

**GS3. För borrning åtgår per fe: 25,59 kWh el.**

Kilningen sker för hand med försumbar energi.



*Kinesisk kort bredkil bild 5946*

### 6.6.4 Huggning av gatsten (GS4)

Huggning sker för hand, försumbar energiåtgång.



*Bild0078 Producerad gatsten*

### 6.6.5 Lastning på bil (GS5)

För lastning åtgår  $0,013$  liter diesel per ton. Per fe åtgår  $5,15 * 0,013 = 0,065$

**GS5. För lastning på bil åtgår per fe: 0,067 liter diesel.**

## 6.7 Tillverkning av kantstenar RV2 (KS)

**Dimension:** 120x300 mm

**Vikt per lpm:**  $0,120 \cdot 0,300 \cdot 2,64 = 0,095 \text{ ton} = 0,475 \text{ ton/fe}$

**Vikt per fe:** 0,475 ton/fe

Här görs 10% spilltillägg vid själva kantstenstillverkningen, förutom spillet i brottet

Åtgång av stenämne:  $0,475/0,9 = 0,528$ .

### 6.7.1 Avlastning av block vid fabrik (KS 1)

Avlastning av block sker med elektrisk kran



Stenen lastas av med eldriven kran. Bild 267.

Ett block på 8,1 ton att lasta av och placera på plats antas kräva 1kWh el. Detta ge  $(1/8,1) \cdot 0,528 = 0,065 \text{ kWh}$  per fe

**KS1 För avlastning krävs per fe 0,065 kWh el.**

### 6.7.2 Sågning av ämnen. (KS2)

För varje kantsten sågas 70% av ytan (ena sidan) som är 120 mm, resten kilas. Det betyder att på 5 lpm kantsten  $0,12 \times 0,7 \times 5 \text{ m}^2 = 0,42 \text{ m}^2$  sågat.

(Övriga sågade ytor på kantstenen har sågats i brottet och räknats in där)

För att såga den typ av snitt som förekommer används 2 m klinga. Den antas förbruka 22 kW + servicemotorn (frammatningen) 3 kW = 25 KW. Sågeffekten (sågarbete)  $0,5 \text{ m}^2/\text{tim}$ . Då blir den teoretiska sågenegrin  $50 \text{ kWh/m}^2$ . Till detta bör man räkna 25% tomgång som då drar  $(22 + 4 \text{ KW}) = 6,6 \text{ kWh}$ . Total sågningsenergi **56,6 kWh/m<sup>2</sup>**.

Antag: Pumpning av spolvatten kräver lika mycket energi som vid svenska förhållanden. (35 liter/min per m klinga)  $4 \text{ m}^3$  vatten per timma. För denna pumpning krävs  $0,8 \text{ kWh/tim}$ , alltså  $1,6 \text{ kWh/m}^2$ .



*Sågning av kantstensämnen i blocksåg*

Total sågenergi inkl. spolvattning:  $57,6 \text{ kWh/m}^2$ . Per fe blir detta:  $57,6 * 0,42 = 24,19 \text{ kWh}$

**KS2.** För sågning av ämnen åtgår per fe 24,19 kWh.

6.7.3 Lastning och transport till produktionsplats för råkantsten, (KS3) 20 km.

#### **Lastning på bil**

Lasten storlek: 16 ton: 0,2 l diesel = 0,013 liter diesel/ton). Per fe:  $0,013 * 0,528 = 0,0069$  liter diesel.

#### **Transport**

0,053 liter diesel per ton =  $0,053 * 0,528 = 0,028$  liter diesel per fe.

#### **Avlastning**

Antag samma som lastning = 0,0069 liter per fe.

**KS3.** För intertransport åtgår per fe 0,042 liter diesel.

6.7.4 Kilning av kantstensämnen (KS4)



*Sågade ämnen*



*Blocken delas upp genom sågning och borring kilning*

Den delen som inte sågas kilas med ”kinesisk plattkil”

De sågade spåren används, ingen borring. Kilningen sker för hand. Ingen energi åtgår.

### 6.7.5 Sågspår och kilning av kanstensämnen (KS5)



*Bild 3092. Sågning av spår för klyvning.*

Spår sågas i ämnena för som sedan klyvs med kil till halva tjockleken.

Sågning av spår med eldriven handsåg (vinkelslip) 2,5 kW. Det tar max 3 min att ritsa 1 m. Elenergi = 0,13 kWh/m = **0,65 kWh per fe**

Kilningen tar ingen energi.

**KS5. Spårsågning förbrukar per fe 0,65 kWh el.** -

### 6.7.6 Huggning av kopp på ovansidan. (KS6)

Spår sågas för huggning av kopp. Koppen skapas genom tillsättning

Ingen energi för själva tillsättningen,

**KS6. Sågning för huggning av kopp förbrukar per fe 0,65 kWh el.**



*Huggning av kopp. Bild 3096*

#### 6.7.6 Lastning på bil (KS7)

Transport sker direkt från produktionsstället till hamn utan mellanupplag.

Lastning på bil förbrukar 0,013 liter per ton eller 0,0065 liter per fe

**KS7. Lastning på bil förbrukar per fe 0,0065 liter diesel.**



*Bil lastad med kantstenar på våg till hamn.*

## 6.8 Tillverkning av 80 mm tjocka hållar. (H)

**Dimension:** längden varierar mellan 0,45 och 0,70 m. Genomsnittslängd 0,575 m. Bredd 0,3 m- Genomsnittsarean  $0,575 \cdot 0,70 = 0,1725 \text{ m}^2$ .

**Antalet plattor per fe:** 145 st. (Teoretiskt ska fogen räknas bort från fe. Fogen 6 mm. Fogens yta för 25 m<sup>2</sup> blir  $0,006 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,75 \cdot 145 = 0,76 \text{ m}^2 = 3\%$  av fe. Beräkningen har ej reducerats för fogen.

**Vikt per fe:**  $0,08 \cdot 25 \cdot 2,64 = 5,28 \text{ ton}$

Skulle fogen räknas bort från fe skulle vikten bli 5,12. ton

**Plattstorlek:** längden på hållarna varierar mellan 0,45 och 0,70 m. Genomsnittslängd 0,575 m. Bredd 0,3 m- Genomsnittsarean  $0,575 \cdot 0,70 = 0,1725 \text{ m}^2$ . Antalet plattor per 145. Total vikt för fe = 5,28 ton (Teoretiskt ska fogen räknas bort från fe. Fogen 6 mm. Fogens yta för 25 m<sup>2</sup> blir  $0,006 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,75 \cdot 145 = 0,76 \text{ m}^2 = 3\%$  av fe. Beräkningen har ej reducerats för denna övervikt)

Plattans kantsida blir i genomsnitt 1,75 m vilket motsvara en kantsidyta =  $0,08 \cdot 1,75 = 0,14 \text{ m}^2$  vilket motsvarar 20,3 m<sup>2</sup> per fe.

**Spill.** På grund av spill i form av sågslam och småbitar som ej går att använda, ökas ingående stenmängd med 25% och sågtytor med 20%

Efter denna ökning används nedanstående ingångsvärde:

Bruttovikt sten (ämnen) 7,04 ton per fe

Sågyta ovanyta  $25/0,80 = 31,25 \text{ m}^2$  per fe. Lika för flamning

Sågyta kantsågning:  $20,3/0,8 = 25,38 \text{ m}^2$  per fe.

**Åtgång av stenämnena per fe 7,04 ton.**

### 6.8.1 Avlastning men el driven kran (H1)

Avlastning 0,13 kWh/ton motsvarar  $0,13 \cdot 7,04 = 0,915 \text{ kWh}$  per fe.

**H1. För avlastning åtgår per fe 0,915 kWh.**

### 6.8.2 Blocksågning. (H2)



*Blocksågning till ämnesskivor 80 mm, bild 0210*

Sågning av blocken till 80 mm skivor sker med 2 m klinga. Den antas förbruka 22 kW + servicemotorn (frammatningen) 3 kW = 25 KW. Sågeffekten (sågarbete) 05 m<sup>2</sup>/tim. Då blir den

teoretiska sågenegrin 50 kWh/m<sup>2</sup>. Till detta bör man räkna 25% tomgång som då drar (22+ 4 KW) = 6,6 kWh. Total sågningsenergi **56,6 kWh/m<sup>2</sup>**.

Antag: Pumpning av spolvatten kräver lika mycket energi som vid svenska förhållanden. (35 liter/min per m klinga) 4 m<sup>3</sup> vatten per timma. För denna pumpning krävs 0,8 kWh/tim, alltså 0,8 kWh/m<sup>2</sup>.

Total sågenergi inkl. spolvattning: **57,6 kWh/m<sup>2</sup>**

Per fe: 31,25\*57,6 = 1800 kWh

**H2. För blocksågning åtgår per fe åtgår 1800 kWh el...**

### 6.8.3 Interntransport (H3)

Antag: 0,0125 liter diesel per ton ger 0,086 liter diesel per fe

**H3. För intertransport åtgår per fe 0,086 liter diesel.**

### 6.8.4 Flamning (H4)

För flamning antas samma gasåtgång, gasol och syrgas, som i Sverige. Dvs 100 l gasol per fe  
Flamningen utförs manuellt.



*Flamningen utförs manuellt.*

**H4. För flamning åtgår per fe åtgår 100 liter gasol**

**Här samma reservation som för svenaka flamningen, eftersom de antagits vara lika.**

### 6.8.5 Kantsågning (H5)

Kantsågens totala medeleffekt är 20 kW. Kapacitet 0,5 m<sup>2</sup> kanyta/tim. Sågtid per fe 25,38/0,5= 50,76 tim. Detta ger en energiåtgång på 20\*50,76 =1015 kWh per fe. Tillägg för tomgångskörning 10% ger 1118kWh

Pumpning av spolvatten (15 liter/min per m klinga) 0,9 m<sup>3</sup> vatten per timma. För denna pumpning 0,25 kW= 12,7 kWh per fe



**H5. För kantsågning inkl. spolvatten åtgår per fe 1131 kWh el**



*Kantsågning, matning sker manuellt. Bild 114*

### 6.8.5 Interntransport bl.a. till lager

Antag: 0,0125 liter diesel per ton ger 0,065 per fe för intern transport efter sågning.

**H6. För intertransport efter sågning åtgår per fe 0,065 liter diesel.**

### 6.8.7 Lastning på bil (H7)

Antag: 0,0125 liter diesel per ton ger 0,065 kWh per fe

**H7. För lastning på bil åtgår per fe 0,065 liter diesel.**

## 6.9 Tillverkning av sågad och flammad gatsten. (SG)

**Dimension:** Tjocklek 80 mm, ytarea 90\*90 mm.

**Vikt per sten:**  $0,08 * 0,09 * 0,09 * 2,64 = 0,001711$  ton

**Antal sten per fe:** 2500 st

**Vikt per fe:** 4,277 ton

Tillverkningen sker på följande sätt:

Block sågas upp 80 mm råskivor (på samma sätt som för hållar) som sedan flammats varefter de huggs till gatstenar

**Spill.** På grund av spill i form av flisor och småbitar som ej går att använda, ökas ingående stenmängd med 15 %. Även sågytor med 15%

Efter denna ökning används nedanstående ingångsvärde:

Sågyta ovanyta  $0,0081 * 2500 / 0,85 = 23,32$  m<sup>2</sup>. Lika för flammning

Åtgång av stenämnen för fe:  $23,32 * 0,08 * 2,64 = 4,925$  ton.

**Per fe åtgår 4,925 ton stenämnen.**

### 6.9.1 Avlastning med eldriven kran (SG1)

Avlastning 0,13 kWh/ton motsvarar 0,81 kWh per fe

**SG1. För avlastning åtgår per fe 0,81 kWh el.**

### 6.9.2 Blocksågning (SG2)

Blocksåningen av ämnena sker på samma sätt som för hållarna.

Blocken sågas till 80 mm skivor sker med 2 m klinga. Den antas förbruka 22 kW + servicemotorn (frammatningen) 3 kW = 25 kW. Sågeffekten (sågarbete) 05 m<sup>2</sup>/tim. Då blir den teoretiska sågenegrin 50 kWh/m<sup>2</sup>. Till detta bör man räkna 25% tomgång som då drar (22+ 4 kW) = 6,6 kWh. Total sågningsenergi **56,6 kWh/m<sup>2</sup>**.

Antag: Pumpning av spolvatten kräver lika mycket energi som vid svenska förhållanden. (35 liter/min per m klinga) 4 m<sup>3</sup> vatten per timma. För denna pumpning krävs 0,8 kWh/tim, alltså 1,6 kWh/m<sup>2</sup>.

Total sågenergi inkl. spolvattning: **58,2 kWh/m<sup>2</sup>**. Per fe:  $23,32 * 58,2$  kWh = 1386 kWh

**För blocksågning åtgår per fe 1372 kWh el...**

### 6.9.3 Interntransport (SG3)

Antag 0,012 liter diesel/ton

**SG3. Interntransport åtgår per fe 0,064 liter diesel.**

### 6.9.4 Flamning (SG4)

Flamning sker manuellt, på samma sätt som för hållar. Gasolåtgång per m<sup>2</sup> samma som i Sverige, gasol och syrgas, som i Sverige. Dvs. 100 liter per 30 m<sup>2</sup>. Per fe ger detta  $23,32 * 100 / 30 = 78$  liter

**SG4. För flamning användes per fe 78 liter gasol.**

### 6.9.5 Spårning och kilning till gatsten. (SG5)

Spår för kilning sågas med eldriven handsåg, 2,5 kWh.

Antag det tar 6 min för att spårsåga för 1 m<sup>2</sup> gatsten = 0,25 kWh per m<sup>2</sup>, motsvarar **6,25 m<sup>2</sup> per fe**

Kilning till gatsten sker helt manuellt med försumbar energiåtgång.



*Kilning av flammad skivat till gatsten Bild 3003*

**SG5. För spårning åtgår per fe 6,25 kWh el**

### 6.9.6 Lastning på bil (SG6)

Antag: 0,0125 liter diesel per ton ger 0,053 kWh per fe

**H7. För lastning på bil åtgår per fe 0,053 liter diesel.**

## 6.10 Transport från stenbrottet till kund i Sverige

Samtliga produkter samlas. Av denna anledning är det mest logiskt att vid beräkning över gå till ton, och sedan återgå till fe.

Eftersom det är en mycket tung post då det gäller miljöbelastning har den studerat speciellt av SP. Några värden på själva båttransporten anges därför inte här

Produktionen sker i Shandong provinsen 25 mil från hamnstaden Qingdao.

**Transport till kinesisk hamn, Qingdao, 250 km från produktionsstället.**

**T1** Lastning av 20 ton

**T2** Lastning på bil 20 ton antagen dieselförbrukning 4,3 l per mil. (Mk3).

För att transportera 20 ton till hamn åtgår  $(4,3 \cdot 25) / 20 = 5,37$  liter diesel per ton

**T3** Lossning av bil i hamn

**Transport Kina – Europa (Antwerpen)**

**T4** Lastning av sten i container Lastar 28 ton. Container väger 2,5 ton?

**T5** Lastning av container på fartyg bruttovikt 30,5 ton Dvs. fe-vikten ökas med 10% för container och packning.

**T6** Transport Qingdao – Antwerpen Fartyg som tar 8000 containrar Siffror tas fram av SP

**T7** Lossning container Antwerpen

**Transport Antwerpen – Åhus**

**T8** Lastning container i Antwerpen

**T9** Transport Antwerpen – Århus på fartyg som tar 500 containrar

**T10** Lossning container från båt

**Lastbil Åhus - Bjärlöv**

**T11** Lastning på bil

**T12** Lastbil Åhus- Bjärlöv 28?? ton 4,3 l/mil diesel Mk1. För att transportera 28 ton från Åhus till Bjärlöv åtgår  $4,3 \cdot 3 = 12,9$  liter diesel Mk1 vilket motsvarar 0,46 liter per ton

**T13** Lossning till mellanlager antag 0,0125 liter per ton

**T15 Transport till kund i Malmö. 10 mil**

20 tons last, 10 mil. Förbrukning 4 l/3 mil. 1 l diesel motsvarar 9,8 kWh. Beräkning:  $10 \cdot 4,3 / 20 = 2,15$  liter /ton

## 6.11 Sammanställning av förbrukning av energi och klimatpåverkande utsläpp

**Sammanställningen finns i bilagan i GrGr\_LCAStenWPx\_Bilaga B**