



Institutionen för skogens produkter och marknader

Möjligheter att öka effektiviteten och det ekonomiska utfallet av barkhanteringen vid Seskarö sågverk

Possibilities to increase the efficiency and profitability regarding the bark handling at Seskarö sawmill

Per Carlsson



Institutionen för skogens produkter och marknader

Möjligheter att öka effektiviteten och det ekonomiska utfallet av barkhanteringen vid Seskarö sågverk

Possibilities to increase the efficiency and profitability regarding the bark handling at Seskarö sawmill

Per Carlsson

*Examensarbete 20 poäng, D-nivå i ämnet skogshushållning
Per Carlsson, skogsvetarprogrammet 00/04*

*Handledare SLU: Johan Vinterbäck
Handledare SETRA GROUP: Karl-Johan Taavo*

Förord

Detta examensarbete omfattar 20 poäng på D-nivå i ämnet Skogshushållning och är utfört på Skogsvetarprogrammet i Uppsala. Arbetet skrivs vid institutionen för skogens produkter och marknader, Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbetet är utfört på uppdrag av Sveaskog samt Seskarö sågverk. Arbetet genomfördes under våren 2004.

Jag vill tacka alla som hjälpt mig att skaffa information och fakta till mitt arbete. Framförallt vill jag tacka min handledare Johan Vinterbäck som alltid ställt upp när jag behövt hjälp och visat stort engagemang för mitt arbete. Jag vill också tacka Folke Bohlin som tog över som handledare då Johan slutade på SLU. Jag vill också tacka mina handledare på Sveaskog som gett mig uppgiften och hjälpt mig att genomföra arbetet. Dessa är framförallt:

Karl-Johan Taavo, sågverkschef på Seskarö sågverk.

Göran Sandahl, Sveaskog.

Erik Ling, Sveaskog.

Då Sveaskog önskar att vissa känsliga uppgifter och resultat från studien inte blir tillgängliga för allmänheten, trycks två versioner av rapporten. En komplett version för Sveaskogs bruk och en något reviderad version som offentlig.

Med hopp om intressant och trevlig läsning!

Uppsala, november 2004

Per Carlsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	1
----------------------	---

SUMMARY	5
---------	---

SAMMANFATTNING	7
----------------	---

1. INLEDNING	9
--------------	---

1.1 Bakgrund	9
1.2 Problemformulering	9
1.3 Syfte och målsättning	10
1.4 Avgränsningar	10
1.5 Styrmedel och lagar som styr mot minskad deponi	10
1.6 SETRA	11
1.7 Seakarö sågverk	11
1.8 Bark och städbarkshanteringen på sågverket	12
1.8.1 Källor för städbark	12
1.8.2 Lastmaskinsarbete på sågverket	13
1.8.3 Städbarkshantering under den snöfria perioden	14
1.8.4 Städbarkshantering under perioden då städbarken är snöblandad	14
1.8.5 Upparbetningen av städbark	14
1.8.6 Bark och städbarksanvändningen på sågverket	15
1.9 Tidigare åtgärder för att effektivisera bark- och städbarkshanteringen på Seskarö sågverk	16
1.10 Hur andra sågverk hanterar bark och städbark	16
1.11 Förbränning av bark och städbark på Seskarö sågverk	16
1.11.1 Pannan	16
1.11.2 Fukthaltens påverkan på förbränningen	20
1.11.3 Askinnehålls/föroreningsgradens påverkan på förbränningen	21

2. MATERIAL OCH METODER	22
-------------------------	----

2.1 Tillvägagångssätt	22
2.2 Begrepp, definitioner och formler	24
2.3 Tekniska data och egenskaper för stamved, bark och städbark av tall	25
2.3.1 Tekniska data för stamved, bark, städbark och torrflis av tall	25
2.3.2 Omvandlingstabell för torrflis och bark från barrträd	26
2.3.3 Fukthalten i städbarken på Seskarö sågverk	26

2.4 Lagring av bark och städbark	26
2.4.1 Parametrar relaterade till nedbrytningshastigheten i en stack	26
2.4.2 Parametrar relaterade till stackens utseende	27
2.4.3 Omgivningens påverkan	28
2.4.4 Materialegenskaper	28
2.4.5 Svampar	29
2.4.6 Övriga faktorer	29
2.4.7 Substansförluster	30
2.4.8 Värmeutveckling och bränder i trädbränslestackar	33
2.5 Upparbetning av städbark och bräckage med mobil anläggning	34
2.5.1 Dagens system	34
2.5.2 Doppstadt DZ 750 kombi	34
2.5.3 Doppstadt trumsikt	35
2.5.4 Willibald MZA 4600	36
2.6 Upparbetning av städbark och bräckage med stationär anläggning	36
2.6.1 Stationär vs mobil anläggning	36
2.6.2 Järnforssens skivsäll	36
2.6.3 ALLU siktskopa	38
2.6.4 Willibald sikt	40
2.6.5 Bruks vibrosäll	40
2.6.6 GEA spillvärmatork	41
2.7 Central spillbarksbearbetning likt SÅTAB	42
2.8 Andra användningsområden	43
2.8.1 Frost- respektive tjälskydd vid markarbete	43
2.8.2 Bark och städbark som jordförbättringsmedel	43
2.8.3 Bark som saneringsmedel	44
2.8.4 Sol- och vindtorkning av städbarken	44
2.9 Deponi	44
3. RESULTAT	45
<hr/>	
3.1 Fukthalten i städbarken på Seskarö sågverk	45
3.1.1 Bakgrund	45
3.1.2 Beräkningar	45
3.2 Resultat av litteraturstudien på bark och krossad GROT	45
3.3 Kalkyler för upparbetning av städbark och bräckage med mobil anläggning	46
3.3.1 Inledning	46
3.3.2 Dagens system: Doppstadt DZ 750 kombi och siktskopa	46
3.3.3 Doppstadt DZ 750 kombi utan siktskopa	47
3.3.4 Doppstadt trumsikt	47
3.3.5 Willibald MZA 4600	48
3.4 Kalkyler för upparbetning av städbark med stationär anläggning	48
3.4.1 Inledning	48
3.4.2 Järnforssens skivsäll	49

3.4.2 ALLU siktskopa	49
3.4.3 Willibald sikt	50
3.4.4 Bruks vibrosåll	50
3.4.5 GEA Spillvärmatork	51
3.5 Central städbarksbearbetning likt SÅTAB	52
3.6 Kalkyler för barkens alternativa användningsområden	53
3.6.1 Inledning	53
3.6.2 Frost- respektive tjälskydd vid markarbete	53
3.6.3 Bark och städbark som jordförbättringsmedel	53
3.6.4 Bark som saneringsmedel	54
3.6.5 Sol- och vind-torkning av städbarken	54
3.7 Kalkyl för deponi av barken och städbarken	55
3.8 Resultat av enkätundersökningen till sågverken	56
3.9 Jämförande analys av maskinalternativen 2.4.2-2.5.6	58
3.10 Jämförande analys av barkens alternativa användningsområden och förädlingsalternativ	59
4. DISKUSSION	60
<hr/>	
5. REKOMMENDATIONER	63
<hr/>	
5.1 Hanteringen av bark och städbark	63
5.2 Investeringsrekommendation	63
5.3 Råd om hantering av städbark samt bräckage om Seskarö sågverk väljer att investera i en ALLU siktskopa	64
5.4 Råd om hantering av bark och städbark om sågverket väljer att även i fortsättningen anlita entreprenör vid städbarksupparbetningen	64
5.5 Övriga rekommendationer	65
REFERENSER	66
<hr/>	
BILAGOR	69
<hr/>	
Bilaga 1. Frågeformulär till sågverken	
Bilaga 2. Planskiss över Seskarö sågverk	
Bilaga 3. Sammanställning av litteraturstudie kring substansförluster	
Bilaga 4. Tabellbilaga	

SUMMARY

The sludgebark and to a certain extent the bark were until a decade ago waste products without any economic value that were thrown away. A number of environmental laws and increasing energy prices have improved the prerequisites for increasing the use of these materials. At Seskarö sawmill they burn the sludgebark and a great deal of the bark in the sawmill furnace. The sludgebark has a number of disadvantages compared to bark during burning. The sludgebark is often wet which means the energy net from burning often gets low. The sludgebark is also often more or less contaminated with stones, sand, snow and other unwanted things.

The overall purpose with this work is to suggest actions to optimize the handling of bark and sludgebark so that the economic benefit for Seskarö sawmill will be maximized. There are a number of different alternatives for machines and actions that will be presented for optimizing the handling of bark and sludgebark. In the report there are also examples given on different refinement alternatives for how to increase the fuel quality of bark and sludgebark.

The work started with an investigation of how the bark was handled at the sawmill. To be able to understand how the bark is handled today, the chief and other relevant staff at the sawmill were interviewed.

A literature study was done to be able to make an estimation of the dry matter losses of the bark caused by storage. An interview/questionnaire investigation was carried out to about 60 different sawmills to get knowledge about the handling of the sludge bark. Internet was also used to get more information and suggestions of machine alternatives for handling of sludge bark. Calculations were made to make out the most profitable usage and handling methods.

It is common that bark is stored for a long period before combustion. This leads to dry matter losses in the material. There are many factors that make a difference for the storage result. Some of the most important factors are temperature, access to oxygen, nutrients and the moisture content of the bark. In average the dry matter loss is about 3.5 % per month over a six month period. The losses are significantly higher in the beginning of the storage period but later on merge out.

When the sludgebark is gathered at Seskarö sawmill it contains a great deal of twigs, wood pieces, stones and other contaminations. Before the material reaches the furnace the sludgebark must be worked through so it becomes more homogeneous and clean from big stones and metal pieces. Today the sawmill hires an entrepreneur with a Doppstadt DZ 750 kombi that twice a year comes to crush the bark and other wood pieces at the sawmill. Besides this they also rent a siftscoop that sorts the sludgebark. The yearly cost for reprocessing the sludgebark including the machine rental amounts to about 200 000 SEK.

The sludgebark is stored for about 3.5 months leading to significant dry matter losses. This cost due to dry matter losses amounts to about 42 000 SEK per year. One way to diminish the losses is to have a daily reprocessing of the sludgebark with a machine placed at the sawmill. With help from the formula for fixed annual installment the economic result for different machine investments has been calculated. The machine that got the best result was an ALLU SM 4-27. This is a siftscoop that sifts away the bigger stones and metal pieces. This siftscoop is placed on a wheel loader. The annual savings for investing in a ALLU SM 4-27 compared with today's system for reprocessing the sludgebark amounts to roughly 125 000 SEK.

This report also looks at other bark uses such as soil fertilizer or decontaminator of oil. These alternatives have also been assessed in an investment analysis. They were less profitable than using the bark for energy.

Summing up, the bark is a resource that ought to be better used at Seskarö sawmill. The bark is getting more and more valuable. There is money to be made at finding new markets and customers for the bark and sludgebark. It is the pure bark that is the most valuable and because of that the pure bark shall be sold first. If it is possible to improve the heating value of the sludgebark and therefore avoid to add valuable dry chips in the combustion there is money to be saved. Because the reprocessing of the bark costs a lot of money and the siftscoop according to my calculation is very profitable I recommend the sawmill to invest in an ALLU SM 4-27.

SAMMANFATTNING

Sågverkens städbark och i viss mån även ordinarie bark var till för bara något årtionde sedan en biprodukt utan ekonomiskt värde som lades på deponi. Miljölagstiftning och stigande energipriser har förbättrat förutsättningarna för en ökad användning av dessa material. På Seskarö sågverk eldar man städbarken samt en stor del av barken i den egna pannan. Städbarken har ett antal nackdelar vid förbränningen jämfört med barken. Städbarken är ofta blöt, vilket innebär att energinettot vid förbränning ofta blir lågt. Städbarken är också mer eller mindre förorenad med sten, sand, snö mm.

Det övergripande syftet med föreliggande arbete är att föreslå åtgärder för att optimera hanteringen av bark och städbark så att det ekonomiska utbytet maximeras för Seskarö sågverk. Vidare presenteras sju olika maskinalternativ för upparbetning av städbarken samt två torkningsalternativ för bark och städbark. I rapporten ges också förslag på olika förädlingsalternativ för att höja bränslekvaliteten hos bark och städbark.

Arbetet började med en undersökning av hur barkhanteringen gick till på sågverket. På plats intervjuades sågverkschefen samt annan för arbetet relevant personal för att förstå hur barken hanterades idag.

För att göra en uppskattning av de substansförluster som lagring av bark och hyggesrester kan ge upphov till gjordes en litteraturstudie på området. För att få reda på vad andra sågverk gjorde med sin städbark och för att få förslag och erfarenhet på maskinalternativ för upparbetningen av städbarken, genomfördes en intervju/ enkät -undersökning till ca 60 sågverk. Internet användes också för att få fler kontakter och uppslag på maskinalternativ för upparbetningen av städbarken. Sökningen omfattade även alternativa användningsområden för sågverkens restprodukter. Då svaren på intervju/ enkät – undersökningen kommit in besöktes några sågverk som hade intressanta lösningar på upparbetning av städbark. Följande steg blev att räkna på de sju olika upparbetningsalternativen, två torkningsalternativen och fem olika alternativa avsättnings/ användningsområden för olika biprodukter, för att hitta de alternativ som gav det mest lönsamma resultatet. Under arbetets gång besökte jag sågverket på Seskarö ytterligare en gång samt gjorde besök på andra sågverk som hade intressanta lösningar på städbarkshanteringen.

Det är vanligt att barken lagras längre perioder innan förbränning. Detta medför mer eller mindre stora substansförluster i materialet. Det finns många faktorer som spelar in för lagringsresultatet. Några av de viktigaste faktorerna är temperatur, tillgång på syre och näring samt fukthalten i materialet. I genomsnitt uppgår substansförlusterna till ca 3,5 % per månad över en 6 månaders period. Förlusterna är betydligt större i början av lagringen för att senare plana ut. Eftersom städbarken lagras i genomsnitt ca 3,5 månader på sågverket innan den upparbetas hinner en hel del av materialet försvinna genom substansförluster. Denna kostnad p.g.a. förluster uppgår på Seskarö till ca 42 000 kr per år.

Städbarken innehåller en hel del kvistar, träbitar, sten och andra föroreningar. Innan man kan köra materialet till pannan måste det bearbetas så att det blir mer homogent och

rensas från stor sten samt eventuellt metallskrot. Idag hyr sågverket in en entreprenör med en Doppstadt DZ 750 kombi som två gånger per år kommer för att krossa städbarken och det bräckage som faller ut på sågverket. Dessutom hyr man in en siktskopa vid behov för att rensa en viss del av materialet. Den årliga kostnaden för upparbetning av städbarken inklusive inhyrning av maskiner uppgår idag till ca 200 000 kr och ytterligare 82 000 kr om man även krossar bräckaget.

Ett sätt att minska substansförlusten och därtill minska kostnaden för upparbetning av städbarken är att dagligen upparbeta denna med en maskin stationerad på sågverket. Det finns ett antal olika maskinalternativ för upparbetning av städbarken. Med hjälp av annuitetsmetoden har det ekonomiska utfallet av en investering räknats fram. Den maskin som visade sig vara mest lönsam är en ALLU SM 4-27. Detta är en siktskopa som sorterar bort större sten och metallföremål från städbarken samt river sönder överstora bitar till en lagom fraktion. Denna monteras på en vanlig hjullastare. Den årliga besparingen vid investering i en ALLU SM 4-27 jämfört med dagens system för upparbetning av städbarken uppgår till ca 125 000 kr per år.

Det finns många andra användnings- och avsättningsområden för bark och städbark för sågverken än att elda upp den. I rapporten nämns ett antal sätt för hur man kan höja värdet på barken och städbarken samt det ekonomiska utfallet av dessa. Städbarken kan t.ex. användas som jordförbättringsmedel och den rena tallbarken som saneringsmedel vid oljeutsläpp.

Sammanfattningsvis är barken en resurs som borde kunna användas bättre på Seskarö sågverk. Barken är dessutom en resurs som blir allt värdefullare. Det finns pengar att tjäna på att hitta nya kunder och användningsområden för sin bark. Det är den rena barken som betingar högst värde varför man i första hand bör sälja denna. Kan man förbättra bränslevärdet på städbarken och slippa tillsätta värdefull torrflis vid förbränning finns det pengar att spara. Eftersom upparbetningen av städbarken kostar jämförelsevis stora pengar och siktskopan enligt kalkylerna är mycket lönsam, rekommenderas sågverket att investera i en ALLU SM 4-27.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Barken och framförallt städbarken har i alla tider inneburit problem för sågverken. Mycket av barken placerades fram till för bara något årtionde sedan på deponi vid sågverken. Stigande energipriser samt ny miljölagstiftning har under senare år tvingat fram en ökad användning av dessa material. Barken i sig är ett högvärdigt bränsle som idag oftast förbränns i sågverkens egna pannor, för uppvärmning av virkestorkarna eller säljs på avsalu till värmeverk eller annan energianvändning. Problemet ligger idag framförallt på användningen av städbark. Städbarken kan innehålla mycket sand, jord, sten, snö och andra föroreningar. Städbarken får därmed ofta en relativt barken högre askhalt och ett lägre bränslevärde vilket gör den mindre lämplig för att eldas.

Mineralföroreningar sliter hårt på barkrivare, krossar och andra maskiner som används för sönderdelning av städbarken. Askan kan också förorsaka betydande problem i pannan genom sintring. Förut lades det mesta av detta material på deponi men incitamentet för att ta till vara på även detta sortiment har ökat de senaste åren, bland annat genom införandet av en deponiskatt på 370 kr/ton (SFS 1999:673).

Det har genom tiderna funnits många mer eller mindre lyckade användningsområden för bark och städbark. Olika maskiner och maskinsystem för att upparbeta bark och städbark har kommit och gått. Jag ska försöka belysa de maskiner och system som skulle kunna fungera på Seskarö sågverk.

1.2 Problemformulering

Städbarken är idag ett problem för de flesta sågverken. Den innehåller mycket sten och grus och håller oftast en mycket hög fukthalt. För nordligt belägna sågverk utgör även snöinblandningen i städbarken ett problem vintertid. Dessa faktorer gör sammantaget att bränslevärdet/energiinnehållet i städbarken periodvis kan bli mycket lågt. På grund av det låga bränslevärdet är städbarken känslig för långa transportavstånd. Städbarken är på grund av sin höga askhalt, fukthalt och dåliga förbränningsegenskaper svår att sälja i oförädlad tillstånd och ibland sker ren destruktionseldning. Med destruktionseldning menas att det tillsätts stor andel torrflis eller annat material för att städbarken över huvud taget ska gå att bränna upp. Alternativet hade annars kanske varit deponi.

Fram till för bara något årtionde sedan lades den allra mesta städbarken men även den rena barken på sågverkens barktippar. Nästan alla sågverk har därför en gammal barktipp. Kostnaderna för att deponera biologiskt material är emellertid idag så höga att man försöker lägga så lite som möjligt på deponi. Från och med 2005 blir det dessutom förbjudet att deponera organiskt material. I takt med att prisbilden på bioenergi stiger så har betalningsförmågan för sågverkens biprodukter ökat kraftigt och man försöker därför från sågverkens sida effektivisera den egna användningen och hanteringen så att så

mycket som möjligt av de egna biprodukterna kan gå till extern försäljning efter det att de egna energibehoven är täckta.

1.3 Syfte och målsättning

Det övergripande syftet med föreliggande arbete är att föreslå åtgärder för att optimera hanteringen av bark och städbark så att det ekonomiska utbytet maximeras för sågverket. Syftet ger följande mål:

- Att presentera ett antal olika alternativ och åtgärdsförslag för hur man på ett så effektivt och ekonomiskt gynnsamt sätt som möjligt ska kunna ta till vara på barken samt städbarken.
- Föra fram olika förädlingsalternativ för att höja bränslekvaliteten hos framför allt städbarken. Går det att höja bränslevärdet på barken och städbarken till en rimlig kostnad så att sågverket t.ex. slipper tillsätta värdefull torrflis för förbränning så finns det troligtvis stora pengar att tjäna. Även hanteringen av städbark innebär kostsamma åtgärder som i största möjliga grad ska minskas.

1.4 Avgränsningar

Arbetet skall i första hand koncentreras på den interna hanteringen samt den ekonomiska optimeringen av biprodukter, då i första hand bark och städbark samt av egen användning respektive extern försäljning av sågens biproduktsproduktion.

1.5 Styrmedel och lagar som styr mot minskad deponi

Det blir allt vanligare med styrmedel och lagar för att få företag och privatpersoner att i så hög grad som möjligt återanvända eller på annat sätt förbruka sina restmaterial. De styrmedel som är viktigast för skogsbranschen och som styr mot minskad deponi är framförallt:

- Deponiskatt. Lag om skatt på avfall som infördes den 1/1-2000. Skatten är för närvarande 370 kr per ton avfall (SFS 1999:673).

- Förbud mot deponering av utsorterat brännbart avfall från och med år 2002 (SFS 2001:512).

- Förbud mot deponering av organiskt avfall från och med år 2005 (SFS 2001:1063).

1.6 SETRA

Seskarö sågverk ingår i SETRA koncernen (f.d. Royal Star). Koncernen omfattar sågverk, förädling, distribution och omsätter ca 5 miljarder kr. I koncernen ingår 13 sågverk som tillsammans producerar 2,3 miljoner m³sv färdig vara. Koncernen ägs till 50% av Sveaskog, 25% av LRF, 21% av Mellanskog och 4% av övriga ägare. Seskarö sågverk ingår som ett av tre sågverk i Nordfurugruppen.

1.7 Seskarö sågverk

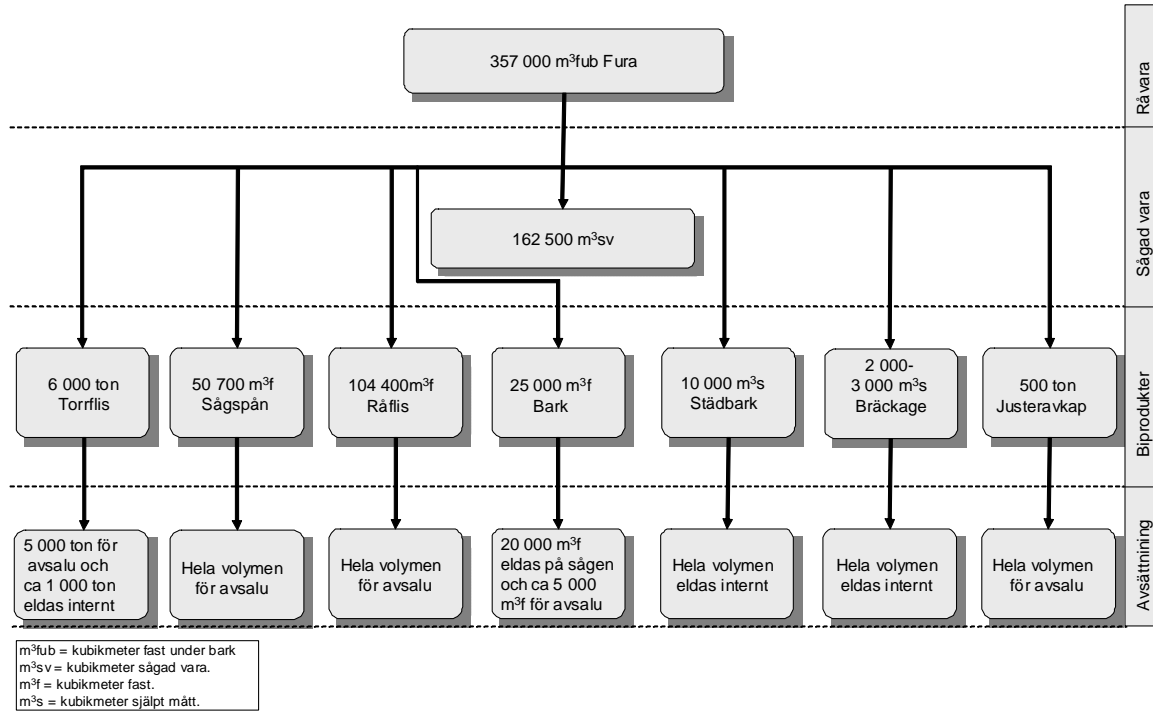
Sågverket har en modern reducerklinglinje. Pannan är en rosterpanna med en effekt av 9 MW. Sågverket är i drift ca 3 700 h per år. Sågverket är certifierat enligt ISO 9000 och ISO 14000. På Seskarösågen upparbetas årligen ca 357 000 m³fub fura. Av denna volym blir det ca 162 000 m³ färdig vara. Det faller också ett antal olika sortiment med biprodukter, se Tabell 1.1.

Tabell 1.1. *Biprodukter vid Seskarö sågverk*

Sortiment	Volym, ca:	Enhet
Råflis	104 000	m ³ f
Råspån	52 000	m ³ f
Torrflis	6 000	ton
Bark	25 000	m ³ f
Städbark	10 000	m ³ s
Bräckage	2 - 3 000	m ³ s
Längre justeravkap	500	ton

Biprodukterna går till olika användare (Figur 1.1). Råflisen går till Billeruds massafabrik i Karlsborg. Råspånet går till pelletverket i Luleå. Cirka 5 000 ton torrflis säljs och ca 1 000 ton eldas på sågverket. Av torrflisen som går på avsalu går ungefär hälften till lokala värmeverk och hälften till Pajala bioenergi som gör pellets av flisen. Sågverket eldar ca 20 000 m³f ren bark och den bark man inte eldar upp själv säljs i huvudsak till Norrbränsle. Norrbränsle säljer barken vidare till olika värmeverk. Städbarken och bräckaget eldas också upp på sågverket. Längre bitar som kapas av i justerverket säljs till en fingerskarvningsfabrik som årligen köper ca 500 ton avkap (Tabell 1.1)

Figur 1.1. Materialflödet på Seskarö sågverk 2003



1.8 Bark- och städbarkshanteringen på sågverket

1.8.1 Källor för städbark

På Seskarö sågverk faller det sammanlagt ut ca 10 000 m³s städbark och totalt faller det således ut ca 29 000 m³f bark. Detta innebär att knappt 14% av barken som kommer till sågen blir städbark. Det är svårt att uppskatta var och hur mycket som faller ut på olika stationer men jag har försökt att dela upp de olika flödena, se Figur 1.2 och Bilaga 2. Städbarksproduktionen vid sågen har i huvudsak tre olika källor. Den viktigaste är vid timmertransportören till timmerinmätningen samt vid timmersorteringen. Det faller också ut städbark vid timmerintaget till såghuset samt en del som skrapas ihop på timmerplan. Av de 10 000 m³s städbark som faller ut uppskattade en erfaren lastmaskinförare att ungefär 70% faller ut vid timmersortering, ca 20% faller ut under timmerintaget till såghuset och 10% på andra ytor. Under timmerbordet vid inmätningen går en skrapa som skrapar ihop städbarken i en hög som lätt tas omhand av lastmaskinen. Barkhalten i det material som samlas upp vid timmer- inmätningen, -sorteringen respektive timmerintaget under vinterhalvåret uppskattas i genomsnitt till ca 50% av volymen, resten är snö. Barkhalten i det material som samlas upp på timmerplanen under vinterhalvåret varierar däremot kraftigt men är i allmänhet låg.

Figur 1.2. Städbarksbalansen på Seskarö sågverk



Platstillgången på sågverket är begränsad och bark och städbark lagras ofta i stora stackar. Höjden på stackarna blir ca 5 m vilket är så högt som lastmaskinen når. Stackarna breder ut sig på många hundra m². Om det faller mycket snö kan det bli platsbrist och man kan då bli tvungen att köra upp på snö/städbarkshögen för att där lägga ytterligare material se Bilaga 2.

1.8.2 Lastmaskinsarbete på sågverket

Sågverket äger inga egna lastmaskiner utan hyr in denna tjänst från ett åkeri i trakten. Priset för tjänsten är fast per m³ sågad vara som produceras. På sågverket har åkeriet tre lastmaskiner stationerade men det är i huvudsak bara en som används. Denna lastmaskinen går i stort sett hela tiden och körs av den anställda entreprenören. Lastmaskinföraren är stationerad på sågverket. Maskinen går tvåskift på vintern och enkelskift på sommaren då vissa arbetsuppgifter försvinner. En annan maskin används för att lasta på råflis i lastbilarna. Denna maskin används inte så många timmar och lastbilschauffören lastar själv sitt fordon. Den tredje maskinen står endast som en reservmaskin ifall timmertrucken skulle gå sönder eller liknande. De två sistnämnda maskinerna är relativt gamla.

Lastmaskinföraren utför ett antal uppgifter på sågverket. Dessa är i huvudsak:

- Att köra bort städbarken som samlas vid timmersorteringen samt timmerintaget till sågen.
- Köra bort städbarken från timmerplanen under den snöfria perioden samt skotta snö under den period det snöar.
- Sopa sågverksplanen under den snöfria perioden.
- Tömma barkfacket på bark och stacka upp detta eller köra det direkt till pannan.
- Tömma torrflisfacket och stacka upp flisen. Ofta blandas en viss del av torrflisen upp med barken eller städbarken för att sänka fukthalten i bränslet till pannan.
- På våren när städbarkshögen börjar tina upp är det lastmaskinföraren som får börja bearbeta stacken.

1.8.3 Städbarkshantering under den snöfria perioden

Den snöfria perioden infaller normalt mellan slutet av april till mitten av november. Barken som samlas upp vid timmersorteringen kan innehålla relativt mycket sten och kvistar och är ganska heterogen. Denna fraktion samlas tillsammans med barkrester från timmerplanen ihop i en stack. Barkresterna som skrapas och sopas ihop på timmerplanen innehåller oftast en stor andel sand och andra föroreningar. Den bark som faller av under timmerintaget vid såghuset är renare och innehåller mindre sten och kvistar. Är det senare materialet homogent och av bra kvalitet körs detta därför ibland direkt till pannan under den snöfria perioden, se den streckade linjen i Figur 1.2.

1.8.4 Städbarkshantering under perioden då städbarken är snöblandad

Normalt sett är det snö på stockarna från mitten av november till mitten av april. Under denna period läggs all städbark i samma hög. Den bark som skrapas ihop på timmerplanen innehåller dock så mycket snö att den oftast läggs i en egen hög vid sidan av. Volymen städbark exklusive snö i dessa högar uppskattas till ca 3 000-4 000 m³s under perioden då barken är snöblandad.

På våren när städbarkshögen tinar upp börjar lastmaskinföraren bearbeta det snöblandade materialet. Bark är ett material med mycket bra isolerande egenskaper. För att den snöblandade stacken över huvud taget ska hinna tina under sommarsäsongen skrapas den bark som har tinat av stacken några gånger per dag. Upptiningen/avskrapningen börjar vanligtvis i början av maj och pågår ända till slutet av juli.

Den upptinade städbarksfraktionen läggs sedan i en hög för sig för att vid ett senare tillfälle upparbetas med en s.k. siktskopa (Figur 2.10) innan den går till pannan. Med siktskopian upparbetar man på detta vis årligen 3 000-3 500 m³s städbark. Anledningen till att siktskopian används för just denna städbarksfraktion är att det då går enkelt och snabbt att få bränsle till sågverket då det ofta råder viss brist på vanlig bark under denna period. Siktskopian hyrs i dagsläget in från "Burmans Lastmaskin". Siktskopian som tillhandahålls av entreprenören är emellertid inte specialanpassad för städbark.

Lastmaskinen och föraren som siktar materialet är samma som sköter det övriga arbetet på sågverket. Jobbet med siktskopian ingår dock inte i ordinarie arbetsuppgifter på sågverket och utgör därför en extra kostnad för sågverket. Hanteringen av den snöblandade städbarken med denna metod innebär ett stort arbete som tar mycket tid.

1.8.5 Upparbetningen av städbark

Städbarken måste krossas eller sorteras innan den kan eldas. Städbarken innehåller ofta sten, kvistar, avbrutna stockar och ibland järnskrot som inte kan föras in i pannan utan föregående sortering eller krossning. Två gånger per år, normalt i februari och oktober kommer en entreprenör till sågen för att krossa igenom städbarken samt bräckaget

(Figur 2.6). Efter det att materialet krossats försöker man att elda så mycket som möjligt med det krossade materialet för att få tillgång till mer plats samt försöka förhindra att värmevärdet i materialet sjunker för mycket genom substansförluster. Ett problem som har iakttagits med den krossade städbarken är att fraktionsstorleken blir för fin. Detta innebär att stacken med det krossade materialet blir mycket kompakt och snabbt blir mycket varm trots att stacken inte är mer än några meter hög och ca 4-5 meter bred. Substansförlusterna blir därmed troligen också påtagliga.

Om det råder brist på bränsle till pannan hyr man ibland in en siktskopa till lastmaskinen för att sönderdela städbarken. Skopan slår sönder kvistar och större barkbitar och det bearbetade materialet rinner ut i botten på skopan, se Figur 2.10. Skopan sorterar materialet hjälpligt men hela kvistar mm kan följa med igenom och skapa problem vid bränsleintaget till pannan, se kap 2.6.3.

1.8.6 Bark- och städbarksanvändningen på sågverket

Underlaget på sågverksplanen samt på de flesta andra ytor i anslutning till sågen är asfalt. Det material som sopas samt samlas upp på de ytor där det inte faller ut så mycket bark används som fyllnadsmaterial på olika ytor runt sågen. Det handlar dock om små volymer. Som det ser ut idag eldas all städbark i den egna pannan på sågen. Städbarken har periodvis så dåligt bränslevärde att man är tvungen att tillsätta torrflis eller bark för att materialet ska brinna tillfredställande. På många ställen i sågen faller det också ut ett sortiment kallat bräckage. Detta består av trasiga brädor, plankor, spetor, trasiga pallar, kasserade strön mm. Bräckaget har oftast låg fukthalt då det mest består av material som passerat torken. Föroreningshalten i detta material är därtill vanligtvis mycket låg, varför materialet är väl lämpat att sameldas med städbarken.

Tallbarken är ganska skör och barken som faller ut från barkmaskinen har en lagom stor fraktionsstorlek för pannan och behöver därför inte rivats ytterligare. Huvuddelen av fraktionen bör ligga mellan 10-50 mm (Muntlig kommunikation Gille, 2004). Tidigare fanns en rivare på sågen men den har sålts då det uppfattades som att den inte behövdes. Barken går sedan vidare med transportör till ett barklager bredvid pannan. Transportören går direkt till pannlagret men man har valt att släppa av barken lite tidigare så att det skall vara möjligt att styra bränsleblandningsprocessen bättre. Ilastning till pannlagret och bränsleblandning sker med lastmaskinen. Cirka 20 000 av de 25 000 m³f, bark som årligen faller ut på sågverket eldas upp internt (Figur 1.1).

En hel del av barken faller av i skogen, vid hantering och transporter till sågverket. I genomsnitt över året faller 29% av barken på stockarna av innan stocken kommer in i sågverket, se figur 1.5 (Muntlig kommunikation Björklund, 2004). På årsbasis uppstår det ändå på sågverket en viss överkapacitet på bark och man kan därför årligen sälja ca 5 000 m³f av denna, se Figur 1.1.

1.9 Tidigare åtgärder för att effektivisera bark- och städbarkshanteringen på Seskarö sågverk

Det har tidigare gjorts åtminstone ett försök att förenkla städbarkshanteringen på sågverket. 1989 byggdes en anläggning för omhändertagande av städbarken vid timmersorteringen. Meningen var att städbarken skulle portioneras ut på ett band som sedan tillsammans med barken skulle föras in i den rivare som då fanns installerad. Projektet misslyckades dock. Flera faktorer gjorde att processen inte fungerade. Dessa var bland annat: Grenar som fastnade i rivaren, sten som förstörde rivaren samt vintertid all snö som gick direkt till rivaren för att sedan blandas med barken och försämra värmevärdet. Stenen och kvistarna i städbarken bidrog till direkta driftsavbrott då sågverket fick stanna upp på grund av att barkrivaren inte fungerade. Anläggningen såldes 1993.

1.10 Hur andra sågverk hanterar bark och städbark

Städbarkshanteringen är ett problem för de allra flesta sågverken. En enkätundersökning genomfördes därför för att ta reda på hur köpsågverken i södra Sverige skötte sin hantering av städbarken samt om de hade någon bra lösning på hur städbarken kunde upparbetas kontinuerligt på sågverket (Bilaga 1). Min undersökning omfattade framför allt köpsågverk med en produktion från 30 000 m³sv per och uppåt. Telefonnummer och adresser till sågverken hämtades från Såg I Syds medlemsregister. Jag kontaktade även ett antal sågverk i Norra Sverige för att se om hanteringen av städbarken skedde annorlunda där. Resultatet från enkätundersökningen presenteras i kap 3.8.

1.11 Förbränning av bark och städbark på Seskarö sågverk

1.11.1 Pannan

Pannan på Seskarö sågverk är en trappstegsrost på nominellt 9 MW men som vid behov kan trimmas upp till 11 MW. Pannan kommer från KMV och installerades 1995. Pannan ägdes tidigare utav sågen men nu ägs den av Vattenfall. Personalen som jobbar vid pannan är dock fortfarande anställda av sågverket.

Tidigare år har det varit en hel del problem med sintring i pannan bland annat på grund av den relativt höga askhalten i städbarken kombinerat med den höga panntemperaturen. Temperaturen i pannan steg ibland uppåt 1 100°C. Detta medförde att sten och sand smälte och fastnade. För att minska problemet med sintring installerades 2002 ett rökgasåterföringssystem. Systemet innebär att en del av de utgående rökgaserna återförs till rostern för att kyla denna till ca 900°C för att förhindra sintring och eventuellt förbränna vissa partiklar som tidigare inte hann förbrännas innan stoftet lämnade pannan.

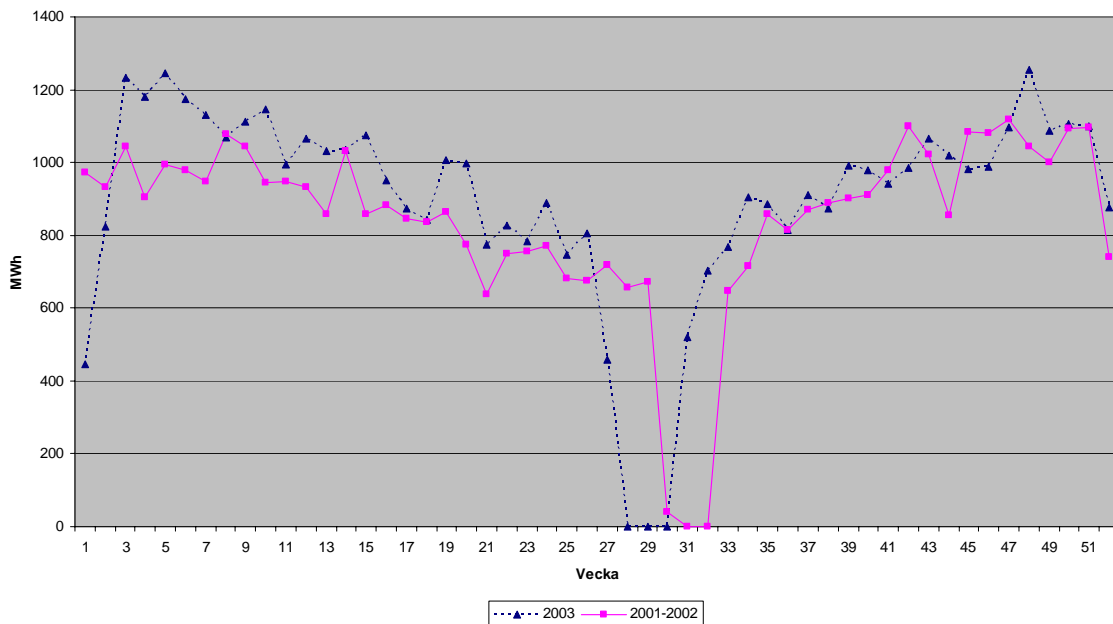
Pannan är ganska tålig och klarar av stenar mm. upp till ca 50 mm utan problem (Muntlig kommunikation Gille, 2004). Sten, sand och grus sliter dock på rostern och det är därför

en fördel om så lite sådant material som möjligt kommer med in i pannan. Dessa föroreningar bidrar inte heller till något energitillskott. När stenar och sand passerat ugnen hamnar de i ask-containern.

Som det är idag sotas pannan 3 gånger per år och efter det att rökgasåterföringen installerats går detta smidigt och mängden fastsintrat material har minskat betydligt. I samband med att pannan byggdes så installerades också en förvärmare av förbränningsluften. Anläggningen är dock sedan något år borttagen på grund av att den var utsliten. Rör och tuber rostade sönder. Rökgaserna är väldigt sura varför de går hårt åt material som inte är syrafast. Underhållsbehovet var också stort på luftförvärmaren då den lätt sotade igen. Man har därför inga planer på att investera i en ny anläggning. För att möta höjda miljökrav har pannan också utrustats med ett elfilter som tar bort de minsta partiklarna innan rökgaserna lämnar skorstenen.

Som det är idag har pannan en medelverkningsgrad på ca 85 % och medelpanneffekten är ca 5,2 MW. Energiförbrukningen år 2001 var 45,1 GWh, 2002 44,6 GWh och 2003 förbrukades 46,4 GWh (Muntlig kommunikation Taavo, 2004). Vid driftsstopp och underhåll av barkpannan har sågen också en oljeeldad panna som kan startas om det behövs.

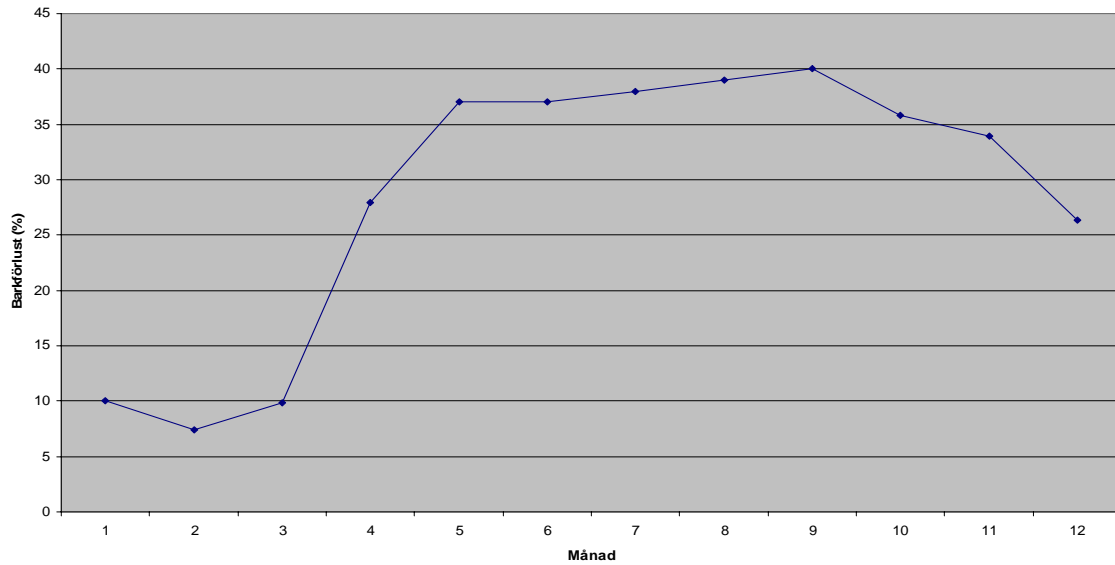
Figur 1.4. Pannans energiförbrukning per vecka



Anm: Det kraftiga fallet i energiförbrukning i mitten av diagrammet beror på semester. Den låga förbrukningen i början av 2003 beror på att vandringsstork nr 1 stod stilla 27/12 2002 - 7/1 2003 och vandringsstork nr 2 stod still 20/12 2002 - 13/1 2003.

Källa/Source: Sandström (2004).

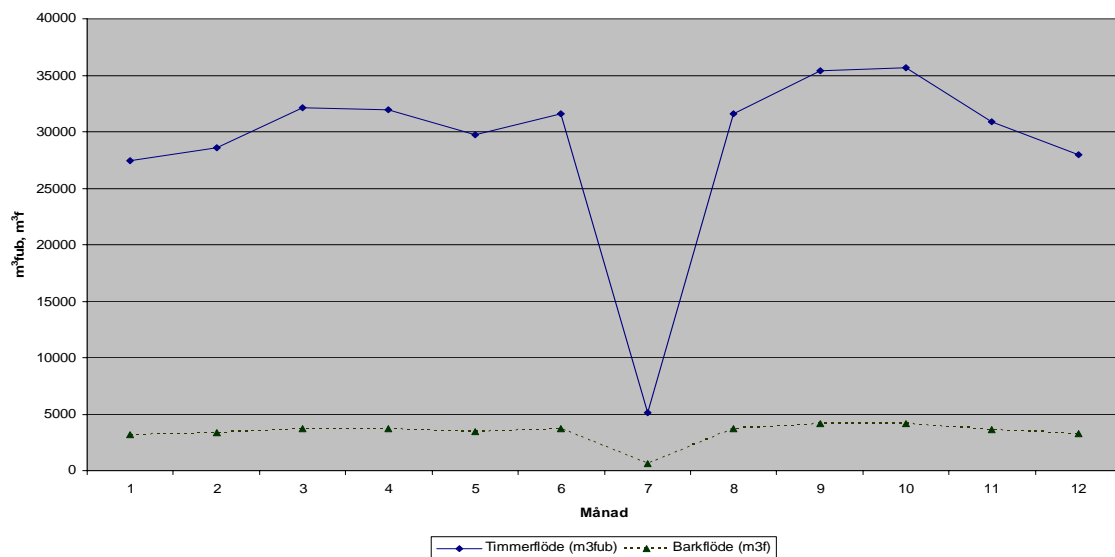
Figur 1.5. Barkskada på tallstockar



Källa/Source: Björklund, 2004.

Figur 1.5 visar barkskador på tallstockar enligt beräkningar utförda av VMF nord. Stockarna har slumpats ut vid ordinarie timmerinmätning. Mätningen av skadan gjordes 10 cm från stockens toppända. Någon registrering av eventuella barkavskav på resten av stocken gjordes ej. Eftersom mätningen gjordes nära stockänden kan det vara möjligt att resultatet är något för högt. Mätvärden för juni och juli saknades. Enligt Lars Björklund på SDC kunde ett medelvärde mellan maj och augusti vara rättvisande då barkskadorna enligt honom troligen inte skiljer sig nämnvärt åt under dessa månader (Muntlig kommunikation Björklund, 2004).

Figur 1.6. Sågkurva samt teoretisk barkvolym för Seskarö sågverk 2003

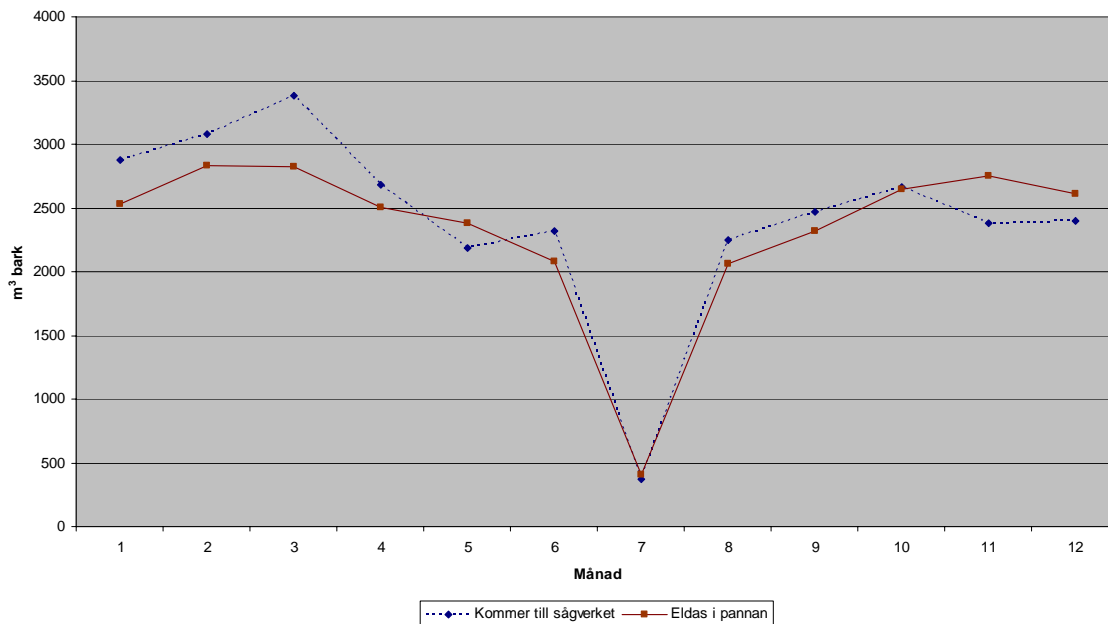


Källa/Source: Muntlig kommunikation Taavo, 2004.

Anm: fig 1.6. Den kraftiga nergången under juli beror på semester.

Den övre kurvan i figur 1.6 visar den volym talltimmer Seskarö sågverk sågade per månad år 2003 (m^3 fub). Den undre kurvan visar volymen bark som dessa stockar innehåller (m^3 f).

Figur 1.7. Barktillförsel samt barkåtgång på Seskarö sågverk



Källa/Source: Sandström, 2004 samt egna beräkningar.

Anm: I diagrammet är inte städbark, bräckage eller torrflis medräknat.

Figur 1.7 visar den barkvolym som kom in till Seskarö sågverk varje månad år 2003 samt den energimängd pannan konsumerade omräknat till m^3 f bark. Enligt denna redovisning kom det år 2003 in ca 29 000 m^3 f bark till sågverket inklusive städbarken. Pannans förbrukning år 2003 blir enligt kalkylen som redovisas i Tabell 1.2 nästan 28 000 m^3 f bark. I verkligheten eldades det inte fullt så mycket bark. Detta beror på att det också eldades ca 3 000 m^3 s bräckage samt ca 10 000 m^3 s städbark. Om sågverket endast eldade bark skulle det inte gå att sälja mer än ca 1 000 m^3 f bark per år jämfört med dagens faktiska försäljning på ca 5 000 m^3 f.

Tabell 1.2. Överskott/ underskott av bark per månad

Månad	Tillgång m ³ f	åtgång m ³ f	Överskott/ Underskott, m ³ f
1	2877	2529	348
2	3080	2832	248
3	3379	2827	552
4	2685	2505	181
5	2183	2384	-201
6	2318	2077	241
7	369	409	-40
8	2247	2059	188
9	2473	2315	158
10	2667	2649	17
11	2380	2748	-368
12	2403	2610	-208
Summa	29062	27945	1117

Källa/Source: Muntlig kommunikation Taavo, 2004 samt egna beräkningar.

1.11.2 Fukthaltens påverkan på förbränningen

Med torrare bränsle ökar generellt pannans kapacitet betydligt (Tabell 1.3). Det är dock inte så enkelt att det går att elda allt torrare material och på så sätt öka pannans kapacitet. Pannan är inställd och byggd för att användas vid en viss fukthalt och därför kan man bli tvungen att bygga om eller ställa om pannan om ett torrare bränsle skall eldas. Siffrorna i tabell 1.3 stämmer bra mot de kapacitetsskillnader beroende på olika fukthalter som kan förväntas i pannan på Seskarö. Sista raden i tabellen kan dock vara något missvisande vad gäller kapacitetsökningen (Gille, 2004).

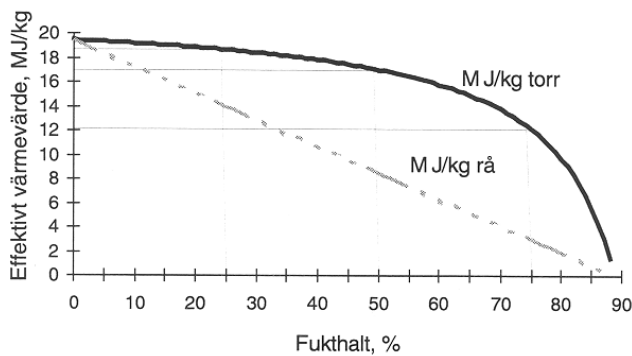
Tabell 1.3. Förbränningskapacitetens beroende av bränslets fukthalt i en snedrostpanna

Bränslefukthalt, %	Kapacitet, %
65	75
60	100
55	120
50	135

Källa/Source: Johansson, 2001

Med stigande fukthalt minskar vedens effektiva bränslevärde allt snabbare. Om bränslet får torka från 35% till 20% fukthalt ökar det effektiva värmevärdet med ca 5%. Om fukthalten i bränslet däremot är 65% och sänks till 50% ökar det effektiva värmevärdet därför med ca 15%. I bränslevärde tjänar man därför mycket på att låta mycket fuktiga bränslen torka till 40-50% fukthalt men sällan att torka dem mycket lägre (Lehtikangas, 1999), se Figur 1.8.

Figur 1.8. Effektivt värmevärde för fuktigt material



Anm: Det kalorimetriska värmevärdet har antagits vara 20,8 MJ/kg TS och vätehalten 6%.

Källa/Source: Lehtikangas, 1999

1.11.3 Askinnehållets/föroreningsgradens påverkan på förbränningen

Askinnehållet har betydelse för materialets energiinnehåll. Tallbark har en naturlig askhalt på ca 2,6%. Städbarken kan dock ha betydligt högre askhalter. Enligt Muntlig kommunikation med Eriksson, A-S (2004) är medelvärdet på städbarkens askhalt sett över ett år ca 6,2 %. Askan deltar inte i förbränningen och har flera negativa egenskaper. Dessa är bland annat:

- Minskar barkens energiinnehåll (per viktenhet).
- Kan medföra slaggproblem i pannans ugn.
- Sand och andra föroreningar sliter på transportanordningar, roster mm.
- Eftersom askan inte innehåller någon energi innebär en hög askhalt vid transport att man transporterar massa som inte bidrar med energi vid förbränningen.
- Askan är belagd med deponiavgift på 370 kr/ton.

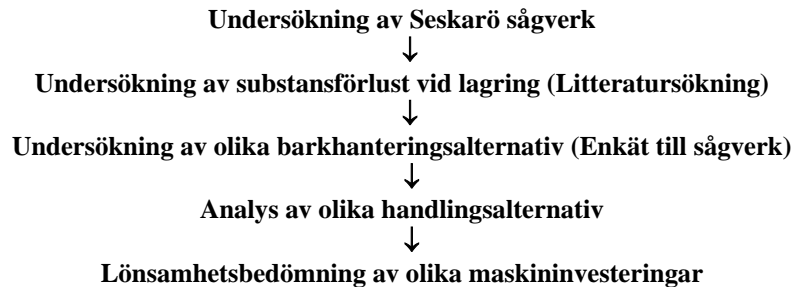
(Lehtikangas, 1999).

2. METOD OCH MATERIAL

2.1 Tillvägagångssätt

Tillvägagångssättet i arbetet beskrivs i flödesschemat nedan översiktligt för att i texten under schemat beskrivas nogare.

Flödesschema över större delar i arbetet



För att få en grundläggande uppfattning om situationen och problemställningen blev nästa steg ett besök på Seskarö sågverk. På sågverket intervjuades den personal som kunde tänkas ha med arbetet att göra om frågeställningar runt bark och städbark samt hantering av denna.

För att utforska vad man förlorar med dålig logistik och lagring blev nästa steg en omfattande litteraturstudie av det material som fanns på substansförluster på bark. Då studier gjorda på bark var få innefattades också studier gjorda på krossad GROT. De flesta rapporterna togs från SLU:s eget bibliotek men en hel del togs också från internet samt andra bibliotek (bilaga 3).

Då denna sammanställning var klar tog jag upp spåret med hur man skulle ta till vara på städbarken på ett så ekonomiskt sätt som möjligt. En kombinerad intervju/enkätundersökning genomfördes för att ta reda på hur köpsågverken i södra Sverige använder eller avsätter sin städbark samt vilka maskiner de använder vid en eventuell upparbetning (Bilaga 1). Undersökningen omfattade framför allt köpsågverk med en produktion från 30 000 m³sv per och uppåt. Telefonnummer och adresser till sågverken hämtades från Såg I Syds medlemsregister. Kontakt togs även med ett antal sågverk i Norra Sverige för att se om hanteringen av städbarken skedde annorlunda där. Totalt kontaktades 62 sågverk. De flesta sågverk som kontaktades kunde svara på frågorna direkt telefon. Till de som inte hade tid för tillfället skickades en enkät via e-post.

Resultatet från enkätundersökningen presenteras i kap 3.8.

Under tiden svar inväntades från sågverken genomfördes en sökning på internet samt en litteraturstudie efter maskiner och maskinlösningar som kunde tänkas höja värdet och användningen för städbark och andra restprodukter från sågverken. Sökningen här omfattade även alternativa användningsområden för sågverkets restprodukter. Sökningen på alternativa användningsområden för restprodukterna gjordes för att få nya idéer och förhoppningsvis en högre avkastning på dessa produkter.

För att se den maskin som upparbetade städbarken på Seskarö besöktes sågverket ytterligare en gång då maskinen upparbetade sågverkets städbark och bräckage. Då sågverkschefen var intresserad av att veta fukthalten i den krossade städbarken, genomfördes under detta besök ett försök där fukthalten undersöktes. Utgångsmaterialet var städbark som samlats ihop i en stor stack från mitten av september till mitten av december 2003. Barken upparbetades med en DZ 750 hammarkvarn i början av mars 2004 och lades upp i stackar. Proverna togs ca 30 cm in i de ett dygn gamla stackarna. I vardera stacken togs 6 prover fördelade över olika delar av stacken. Vikten av varje enskilt prov var ca 200 gram. Materialet i de båda plastpåsarna blandades sedan om genom skakning samt omrörning. Ur varje omblandad påse togs därefter ett prov. Proven vägdes och fördes sedan in i en ugn som höll temperaturen 105°C. Efter ca 20 timmar togs proven ut och vägdes på nytt. Resultatet av undersökningen presenteras i kap. 3.1. Efter besöket på Seskarö sågverk slutfördes sökningen efter alternativa användningsområden för sågverkens restprodukter samt maskinalternativ för upparbetning av dessa.

Då detta slutförts började bearbetningen av de svar som kommit in från intervju/ enkät - undersökningen. Ur undersökningen kom ett antal intressanta maskinlösningar för upparbetning av städbark. Jag besökte två sågverk samt ringde och intervjuade några andra sågverk ytterligare angående hur deras maskiner fungerade.

Det slutgiltiga arbetet bestod av att sätta samman litteraturstudien, intervju/ enkät - undersökningen samt utföra beräkningar runt på vilket maskinalternativ som är mest lönsamt att använda sig av vid upparbetningen av städbark. Beräkningar utfördes även för alternativa användningsområden för sågverkets restprodukter.

För att se om olika investeringar är lönsamma eller ej finns ett antal olika metoder att räkna med. Karl-Johan Taavo föreslog att jag skulle använda mig av Annuitetsmetoden vid beräkningarna för att få reda på om investeringen är lönsam och i så fall vilken investering som är mest lönsam.

Annuitetsmetoden omfördelar alla inbetalningar så att de blir lika stora varje år över investeringens längd, gör det samma med alla utbetalningar, och därefter utvärderar investeringen genom att jämföra in- och utbetalningar under ett år. Hurvida en investering är lönsam eller inte bestäms av om differensen mellan de löpande inbetalningsöverskotten och de ränteomräknade betalningarna för investeringen är positiv, dvs. om annuiteten är större än noll (Olsson, 1998).

(1) Annuitetsformel

Årligt Inbetalningsöverskott = A. Med detta menas det överskott man räknar med att få om man väljer att genomföra investeringen jämfört med dagsläget. (Kostnad för dagens system jämfört med beräknad kostnad med nytt system)

Grundinvestering = G

Annuitetsfaktor = annfakt

Annuitet = A – G * annfakt

2.2 Begrepp, definitioner och formler

Värmevärde: Den värmemängd som utvecklas vid förbränning (oxidation) av ett ämne. Enhet: MJ/kg eller MJ/m³ (Nilsson m.fl., 1999).

Kalorimetriskt värmevärde: Den energi som utvecklas vid fullständig förbränning vid konstant volym, när allt vatten i bränslet och det vatten som finns i förbränningsprodukterna kondenserats till flytande form vid en temperatur av 25°C. Enhet: MJ/kg (Nilsson m.fl, 1999).

Effektivt värmevärde för torrt material (W_a):

Kalorimetriska värmevärdet med avdrag för ångbildningsvärmerna vid 20°C för allt vatten i bränslet och det vatten som finns kvar i förbränningsprodukterna.

$$(2) \quad W_a = W_{\text{kal}} - (2,45 \cdot 9 \cdot (H_2/100))$$

Där W_a = Effektivt värmevärde för torrt material (MJ/kg TS)

W_{kal} = Kalorimetriska värmevärdet (MJ/kg TS)

2,45 = Vattnets ångbildningsvärme vid 20°C (MJ/kg)

9 motsvarar antalet delar vatten bildade av en del väte (9,0074)

H_2 = vätehalt (Har antagits vara 6,0%)

(Thörnqvist, 1984)

Effektivt värmevärde för fuktigt material (W_{eff}):

Man kan sammanfatta det effektiva värmevärdet för fuktigt material som den energimängd som teoretiskt kan uttas ur ett bränsle. Enhet: MJ/kg torrsubstans.

$$(3) \quad W_{\text{eff}} = W_{\text{kal}} - (2,45 \cdot 9 \cdot (H_2/100)) - (2,45 \cdot \text{fukthalt}/(100 - \text{fukthalt})) \quad \text{MJ/kg TS.}$$

Där W_{eff} = effektivt värmevärde för fuktigt material (MJ/kg TS)

W_{kal} = Kalorimetriska värmevärdet (MJ/kg TS)

2,45 är Vattnets ångbildningsvärme vid 20°C (MJ/kg)

H_2 = vätehalt (Har antagits vara 6,0%)

Bränslets fukthalt (%)

(Thörnqvist, 1984)

Askhalt: Kvot av den oorganiska delen av askans massa och torrsubstansens massa före förbränning. Enhet: vikts-%.

(Thörnqvist, 1984)

Fukthalt: Kvot av vattnets massa i fuktigt material och materialets totala massa i fuktigt tillstånd (Lehtikangas & Jirjis, 1998):

$$(5) \quad \text{Fukthalt}(\%) = 100 - \frac{\text{torrvikt}}{\text{rå vikt}} \cdot 100$$

Torr-rådensitet: Kvot av torr massa och rå volym. (Lehtikangas & Jirjis, 1998).
Enhet: kg TS/m³f

Substansförlust: Substansförlusterna definieras som ändring i materialets torrsvikt och beräknas enligt följande: (Lehtikangas & Jirjis, 1998).

$$\text{Substansförlust(\%)} = 100 - \frac{\text{torrsvikt efter}}{\text{torrsvikt före}} * 100$$

Eftersom askhalten sänker värmevärdet måste det kalorimetriska värmevärdet korreleras om askhalten är över det normala. Detta görs genom att dra av den normala askhalten från den verkliga och sedan multiplicera denna med det kalorimetriska värmevärdet för det oförorenade materialet.

Kalorimetiskt värmevärde för städ bark, 6,2 % askhalt och 2,6 % normal askhalt = $\frac{((100 - (6,2 - 2,6))}{100} * 20,8 = 20,05$ MJ/kg TS (Lehtikangas & Jirjis, 1998).

2.3 Tekniska data samt omräkningstabell för stamved, bark, städ bark och torrflis av tall

2.3.1 Tekniska data för stamved, bark, städ bark och torrflis av tall

För att genomföra mina beräkningar sammanställdes data från ett antal källor. Tabell 2.1 vilken visar olika tekniska data för bark, städ bark, stamved och torrflis av tall.

Tabell 2.1 *Tekniska data för bark, städ bark, stamved och torrflis av tall*

	Enhet	Bark	Städ bark	Stamved	Torrflis
Kalorimetriskt värmevärde:	MJ/kg TS	20,8 ^a	19,9 ^f	20,2 ^b	
Effektivt värmevärde:	MJ/kg med Fukthalt				
	0%	19,8 ^b		19,3 ^b	
	20%			15,0 ^b	
	40%	18,2 ^b		10,6 ^b	
	60%	16,1 ^a		6,2 ^b	
Värmevärde:	MWh/m ³ s	0,5 ^c	0,4 ^c		0,86 ^c
Torr-rå densitet:	kg TS/m ³ f	375 ^e		420 ^d	
Rå densitet	kg/m ³ s	330 ^d	380 ^d		
Askhalt:	%	2,6 ^b	6,2 ^f	0,4 ^b	
Fukthalt:	%	35-65 ^b	35-70 ^b	35-60 ^b	

Källor/Sources:

^a Fryk, 1984. ^b Lehtikangas, 1999. ^c Lundberg, 1988. ^d Kassberg, 1994. ^e Edlund, 2004. ^f Eriksson, M, 2004.

2.3.2. Omvandlingstabell för torrflis och bark från barrträd

För att praktiskt kunna genomföra beräkningarna behövdes också en omvandlingstabell.

Tabell 2.2 *Omräkningstal för torrflis och bark från barrträd*

	ton	MWh	m ³ f	m ³ s	FH (%)	Torrådensitet (kg TS/m ³ f)
Torrflis	1,00	4,40	2,08	5,79	15%	405
	0,23	1,00	0,47	1,32	15%	405
	0,48	2,11	1,00	2,78	15%	405
	0,17	0,76	0,36	1,00	15%	405
Bark	1,00	2,10	1,25	3,13	57%	0,345
	0,48	1,00	0,60	1,49	57%	0,345
	0,80	1,68	1,00	2,50	57%	0,345
	0,32	0,67	0,40	1,00	57%	0,345

Källa/Source: Eklund, 2004.

2.3.3. Fukthalten i städbarken på Seskarö sågverk

Fukthalten i städbarken kan variera väldigt mycket. På Seskarö sågverk bevattnas inte timret sommartid på grund av risk för kvalitetsnedsättningar. På sommaren kan barken därför bli väldigt torr. Eftersom pannan är optimerad för fuktigt bränsle händer det att man blir tvungen att bevattna barken innan förbränning för att inte panntemperaturen ska bli för hög. När det faller mycket nederbörd, framförallt på hösten och vintern blir fukthalten ofta mycket hög.

2.4 Lagring av bark och städbark

2.4.1 Parametrar relaterade till nedbrytningshastigheten i en stack

Barken men framförallt städbarken kan bli liggande långa perioder och som det är idag upparbetas bara städbarken på Seskarö sågverk två-tre gånger per år, vilket också verkar vara ett ganska vanligt intervall på de sågverk där entreprenörer kommer för att upparbeta städbarken (From, 2004). Städbarken är ofta ett material med hög fukt-och föroreningshalt. Detta material tappar fort bränslevärdet.

Olika fraktioner av träbränsle bryts ner olika fort. Den fraktion som bryts ned fortast är barren, därefter kommer barken och sist veden (Ernstson & Rasmusson, 1988). Det finns flera studier gjorda kring lagring av fuktig bark i vältor och städbarken kan i lagringssammanhang ungefär liknas vid vanlig bark. Det kan dock vara svårt att med ett bra resultat jämföra olika studier. Det beror på att de påverkande parametrarna för en barklagringsstudie är så många och fallen blir därför ofta mer eller mindre unika (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004).

Nedbrytningsgraden för material där miljö- och materialbetingelserna är givna är en funktion av koncentrationen mikroorganismer. Koncentrationen av mikroorganismer är i sin tur en funktion av tillgången på näring och omvärldsfaktorerna. De viktigaste omvärldsfaktorerna är troligen temperatur, tillgången av syre samt fukthalt (Ernstson & Rasmusson, 1988).

Det finns många andra parametrar som har betydelse för lagringsresultatet genom att de inverkar på omvärldsfaktorerna.

Några av parametrarna är (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004):

- Stackens höjd
- Stackens bredd
- Stackens form
- Klimat/geografiskt läge
- Barkens fraktionsstorlek
- Barkens storleksfördelning
- Barkens näringsinnehåll
- Barkens kompakteringsgrad
- Barkens snöinblandning
- Blandningen av olika fraktioner i stacken

2.4.2 Parametrar relaterade till stackens utseende

Vid de flesta sågverk och massabruk idag råder det mer eller mindre platsbrist. Att bygga ut timmerplan och asfaltera denna innebär stora investeringar. Högarna med bark och städbark får här ofta formen av jättestackar med en plan topp utan tak eller skydd. Detta har en negativ effekt genom att nederbörden som landar på materialet inte kan rinna undan utan tränger in i stacken och höjer fukthalten (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004).

- Höjd. Ju högre stacken är desto mindre blir den yta som exponeras i relation till den totala massan stacken innehåller. Detta gör att en hög stack påverkas mindre av väderförhållandena än en lägre stack. Stackar högre än 6 meter påverkas i mycket liten grad av det yttre klimatet. Det blir oftast mycket varmt i stora stackar och för att minimera risken för självantändning bör inte stackarna komprimeras. De okompakterade stackarna bör heller inte överstiga 7 meters höjd (Lehtikangas, 1999).
- Bredd/form. Om stacken är relativt stor är den lämpligaste utformningen hos stacken limpformad. Detta innebär att stacken i genomskärning är triangelformad. Värmen som bildas i stackarna flyttar vatten från stackens centrum mot ytan. Samtidigt faller nederbörd som gör ytan mycket fuktig. När det blir kallt ute fryser materialet i ytan och det frysta lagret fungerar som ett tak. Taket skyddar från ytterligare uppfuktning av materialet men hindrar i viss mån också fuktig luft från att lämna stacken. När nederbörden träffar dessa lutande ytor följer den kanten ner och tränger inte in i stacken. (Lehtikangas, 1999)

2.4.3 Omgivningens påverkan

Omgivningen skapar förutsättningar för olika kemiska och fysikaliska processer genom ett antal parametrar:

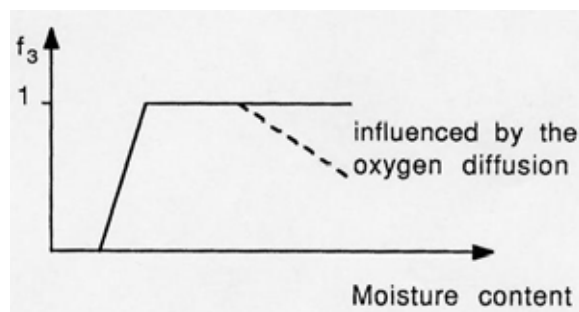
- Temperatur. Om omgivningens temperatur är låg och stackarna inte är allt för stora påverkas även värmeutvecklingen inuti stacken och nedbrytningshastigheten i stacken minskar något, se Figur 2.2.
- Vinden påverkar materialet. Om de exponerade ytorna är stora och luftcirkulationen är stor torkar materialet lättare.
- Nederbörden som hamnar på stackarna påverkar fukthalten i stackarna men som det nämnts ovan har stackens utseende här en betydande roll för hur pass stor påverkan nederbörden får.
- Ljuset kan också ha en viss inverkan på oxidationsprocesser och enzymatiska processer men denna är i vårt fall nästan försumbar (Lehtikangas, 1999).

2.4.4 Materialegenskaper

Materialets egenskaper har också betydelse för lagringsprocessernas hastighet.

- Fraktionsstorleksfördelning. Hur finfördelad barken är spelar stor roll. Finare material har en större yta exponerad än grövre material. Eftersom de flesta av reaktionerna sker på materialets yta går reaktionen snabbare om materialet är finfördelat. Är fraktionen fin blir materialet oftast mer kompakt vilket också påverkar lagringsbarheten (se kap. 2.4.6).
- Homogenitet. Skiljer det mycket vad det gäller fukthalt i olika delar av stacken kan zoner med stor skillnad i fukthalt bli reaktionsytor. Det är ofta här det uppstår bränder i stackarna (Lehtikangas, 1999).
- Vid uppläggning av trädbränslelager har fukthalten en avgörande betydelse för temperaturutvecklingen i stacken, se Figur 2.1. Temperaturen påverkar i sin tur direkt den mikrobiella men även den kemiska aktiviteten i stacken, varför både substansförlust och mängden mikrosvampar är direkt beroende av skogsbränslets fukthalt vid uppläggningsstillfället (Thörnqvist & Jirjis, 1990). För att mikrobiologisk nedbrytning ska vara möjlig måste fukthalten ligga över fibermättnadspunkten d.v.s. ca 30% fuktkvot eller 23% fukthalt (Ernstson & Rasmuson, 1988).

Figur 2.1. Hypotetiskt samband för nedbrytningshastigheten (f_3) som funktion av fukthalten



Källa/Source: Ernstson, & Rasmuson, 1988

- Barkens näringsinnehåll har betydelse då mer näring ger svampar och mikroorganismer mer att bryta ner. Bark innehåller relativt mycket näring varför nedbrytningsstakten är relativt hög. Nyligen avbarkat material är rikt på vattenlösligt socker som lätt kan konsumeras av svampar. Nedbrytningshastigheten avtar snabbt när den lösliga näringen är slut (Lehtikangas, 1999).
- En avgörande faktor för substansförlusten är tillgången på kväve i materialet (Lehtikangas, 1999).

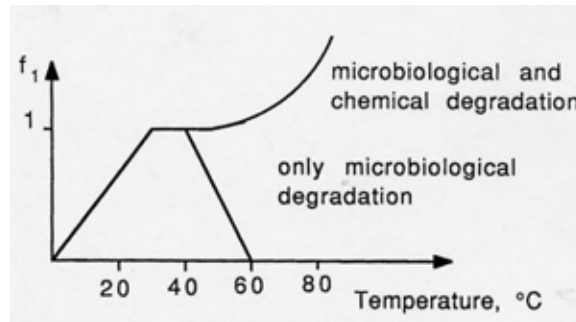
2.4.5 Svampar

Svampar kan effektivt bryta ned barken men har dock vissa miljökrav. Mögelsvampar kan klara sig med mycket låg fukthalt medan rötsvampar kräver fukthalter över fibermättnadspunkten för tillväxt. Blir fukthalten för hög uppstår ofta syrebrist vilket hindrar svampens tillväxt. Om fukthalten stiger över 55% är nedbrytningen på grund av svampar mycket liten. Svamparna är också känsliga för temperaturen i sin omgivning se kap. 2.4.8.

2.4.6 Övriga faktorer

- Materialets kompakteringsgrad har också betydelse för nedbrytningen i stackarna och hör i viss mån ihop med fraktionsstorleken. Om materialet kompakteras har värmen svårare att tränga ut och risken för värmeutveckling och självantändning ökar. Finfördelat material kompakteras lättare och värmeutvecklingen och risken för självantändning ökar. Dock minskar syretillgången i detta material.
- Temperaturen inne i materialet är en avgörande faktor (Figur 2.2) se även kap 2.4.4 under punkten med fukthalt.

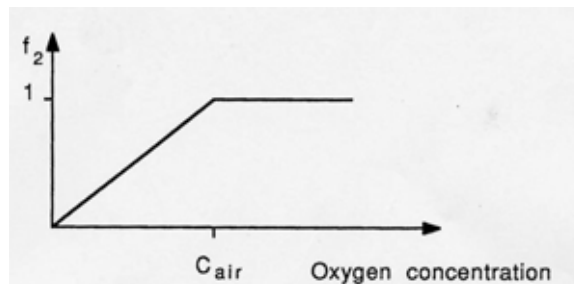
Figur 2.2. Hypotetiskt samband för nedbrytningshastigheten (f_1) som funktion av temperaturen i stacken



Källa/Source: Ernstson, 1988

- Både den mikrobiella och den kemiska aktiviteten är beroende av syre för att fortgå se Figur 2.3. När syret är slut tar de anaeroba organismerna över (Ernstson & Rasmuson, 1988).

Figur 2.3. Hypotetiskt samband för nedbrytningshastigheten (f_2) som funktion av syreinnehållet



Källa/Source: Ernstson & Rasmuson, 1988

Anm: C_{air} motsvarar luftens syrekoncentration.

- Snöinblandning. Eftersom bark är ett material som isolerar väldigt bra är det av stor betydelse om materialet innehåller mycket snö. Om stacken är relativt stor och barken innehåller mycket snö så är risken stor att barken över huvud taget inte tinar upp under sommaren utan att det bildas permanent frost (Lehtikangas, 1999).

2.4.7 Substansförluster

För att få reda på hur stora substansförlusterna i bark är genomfördes en omfattande litteraturstudie om substansförluster på bark vilka är sammanfattade i bilaga 3. Det visade sig dock att bark och speciellt tallbark inte i så stor omfattning hade undersökts vad gäller substansförluster. Litteraturstudien breddades därför till att även omfatta sönderdelad GROT. GROT har enligt muntlig kommunikation med Jirjis (2004) liknande egenskaper som bark vad gäller lagring och substansförluster. Jag fann 14 olika studier som inkluderade substansförluster på bark eller krossad GROT. Crona 1988, Engberg, 2001,

Fredriksson & Jirjis, 1988. Jirjis, 1994. Lövgren, 1987. Nykvist, 1969. Lehtikangas & Jirjis, 1998. Thörnqvist, 1980a. Thörnqvist, 1980 b. Thörnqvist, 1982. Thörnqvist, 1983 a. Thörnqvist, 1983 b. Thörnqvist 1983 c. Thörnqvist & Jirjis, 1990.

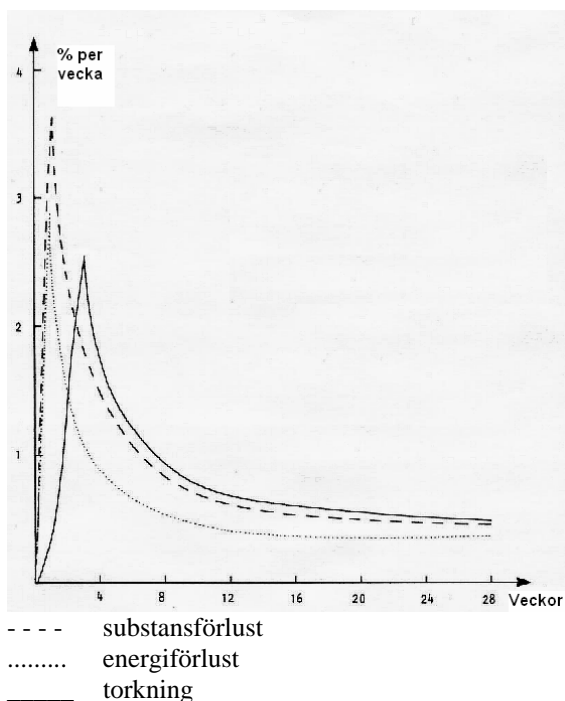
Substansförlusten är ett mått på den mängd torrsbstans som bryts ned under lagringsperioden, se kap. 2.1. Som nämns i kap. 2.4.1 förorsakas nedbrytningen av mikroorganismer samt genom kemiska oxidationsprocesser. Vid processen/ nedbrytningen avges värme samtidigt som förlust av massa sker (Figur 2.4). De mikrobiella angriparna utgörs av bakterier och svampar. Dessa är mest aktiva i början av lagringen innan temperaturen i stacken blivit för hög, se kap. 2.4.6. Substansförlusten är betydligt större i början av lagringstiden än under lagringens senare skede. Detta beror på att det då finns mycket lättillgänglig näring i materialet i form av socker, kväve mm. De lättillgängliga ämnena konsumeras fort av de mikrobiella angriparna i stacken, därefter de mer svårtillgängliga (Thörnqvist, 1983).

Fukthaltsförändringarna i barken efter barkningen är främst beroende av nederbörd, temperatur, materialets sönderdelningsgrad och lagringssätt. Med hänsyn till lagringsresultatet är det fördelaktigt att skapa en så låg fukthalt som möjligt före sönderdelning för att på detta sätt bromsa den biologiska aktiviteten med tillhörande substansförluster (Lehtikangas, 1999) se Figur 2.1.

Barken har en genomsnittlig fukthalt på 55 % över året. När förutsättningarna är dåliga kan fukthalten på barken och städbarken stiga till över 70 %. Ju högre fukthalt barken har desto större blir substansförlusterna och när fukthalten når så högt som 70 % blir substansförlusterna mycket höga (Lehtikangas, 1999).

Vid de lagringsförsök som beskrivs i litteraturen (Bilaga 3) uppstod det ganska stora skillnader i substansförluster. Försökens resultat pekar ibland åt olika håll. En faktor som man kan ha i åtanke när resultaten skiljer sig mot teorin kan vara effekten av stackens storlek. Orsaken till den relativt större substansförlusten i de mindre stackarna än i de större kan vara den högre temperatur som rådde i de stora stackarna då temperaturen i de mindre kan vara mera lämpad för rötsvamparna. Innehåller barken i försöken dessutom mycket bast blir substansförlusterna troligen större då denna innehåller mycket näring (Fredholm & Jirjis, 1988).

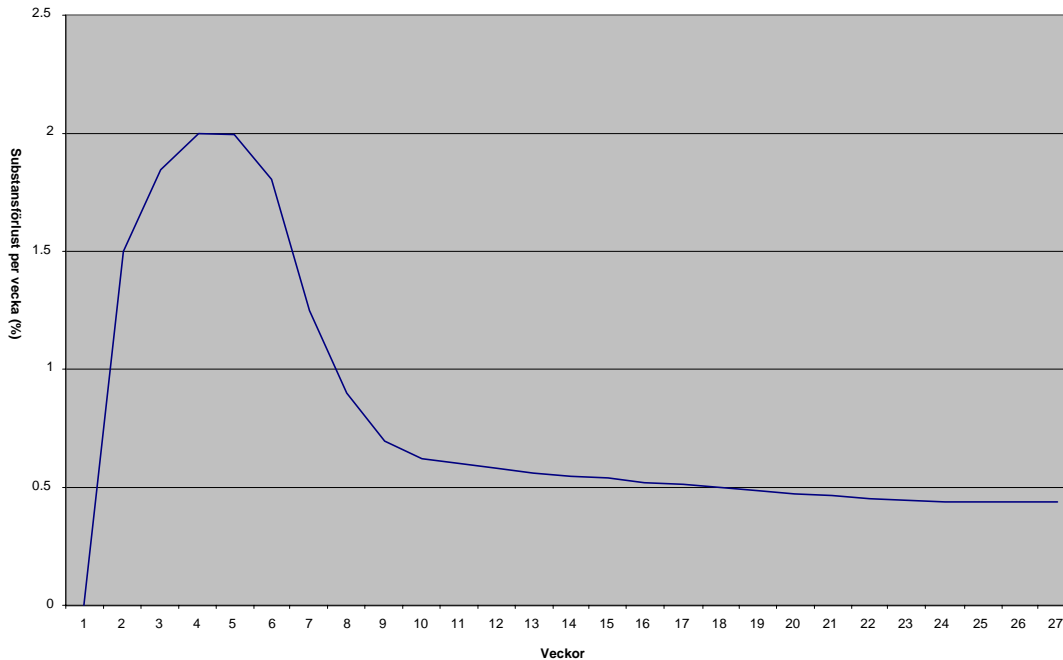
Figur 2.4. Utjämnade värden för energiförlust, substansförlust och torkning i stack med flisade hyggesrester



Källa/Source: Thörnqvist & Jirjis, 1990.

Kurvorna i Figur 2.4 är gjorda för flisade hyggesrester (GROT). Om det varit bark som undersökts skulle kurvorna sannolikt heller inte fått ett så brant förlopp (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004). Förlusterna hade troligtvis inte stigit lika högt utan hade stannat vid 2-2,5 % per vecka (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004), se Figur 2.5. Nedgången hade inte skett lika fort som i figuren. I Figur 2.5 återges det troliga förloppet för substansförlusten i en barkstack vid 6 månaders lagring. Efter ca ett halvår har substansförlusten sjunkit ner till 1,5-2 % per månad (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004). Dessa siffror beror som nämnts av många olika parametrar. Huvuddelen av substansförlusten i en stack som skall lagras 6 månader sker således redan de första 4-6 veckorna (Muntlig kommunikation Jirjis, 2004). Faktaunderlaget är bristfälligt för hur kurvan ska se ut. Det finns endast ett fåtal gjorda studier som visar substansförlusterna över tiden.

Figur 2.5. Ungefärligt utseende på kurva över substansförlust i en barkstack



Den ackumulerade substansförlusten efter 6 månader är ca 3,5%.

2.4.8 Värmeutveckling och bränder i trädbränslestackar

Om materialet är färskt kan den första värmeökningen ske på grund av respiration i de levande cellerna, dock högst till ca 40°C och inte under 0°C. Mellan 5°C och 60°C har mikroorganismerna en stor betydelse för temperaturökningen och ett optimum för nedbrytning vid ca 40°C. Redan vid 40°C börjar de direkta oxidationsprocesserna att ha en viss betydelse och vid temperaturer över 50°C är de den huvudsakliga anledningen för temperaturstegringen (Lehtikangas, 1999), se Figur 2.2.

Har stackens material en ojämn sammansättning vad gäller fukthalt med partier med fuktigare material bredvid torrare strävar materialen att nå en jämn fukthalt. Fuktvandringen är en molekylrörelse som skapar kondensationsvärme. Fraktionsstorleken har också betydelse då finare fraktioner har en större exponerad yta och då sker reaktionerna snabbare och kraftigare. Stackens storlek och kompakteringsgrad har också betydelse då större genomluftning medför lägre temperaturer (Lehtikangas, 1999). Är förhållandena gynnsamma för värmeutveckling kan det uppstå bränder i stackarna. Mellan 1986 och 1987 rapporterades det t.ex. in bränder i 15 stackar av olika typer av trädbränslen (Thörnqvist, 1988).

När det gjordes närmare undersökning av dessa visade det sig att i 13 av fallen hade materialet kompakterats med en hjullastare och det var i gränsen mellan det kompakterade och det okompakterade materialet branden uppstått. I 5 stackar hade

branden börjat i gränsen mellan ett torrare och ett fuktigare material. två bränder uppstod också nära metallföremål. Andra studier tyder på att bränder har uppstått i ytor mellan massaflis och sågspån eller i stackar där sågspån, bark eller, restprodukter från sågverk lagts i lager på eller bredvid varandra. Slutsatsen av detta är alltså en rekommendation att inte kompaktera stackar och undvika att blanda material med olika fukthalter, fraktionsstorlek mm (Thörnqvist, 1988).

På Seskarö sågverk blandades den krossade städbarken med krossat bräckage. Trots den stora fukthaltsskillnaden mellan städbarken och bräckaget började det inte att brinna. Några av anledningarna till detta kan tänkas vara att materialet eldades upp inom en kort period efter krossningen, att materialet inte kompakterades och att stackarna var relativt små.

2.5 Upparbetning av städbark och bräckage med mobil anläggning

2.5.1 Dagens system

Idag sker upparbetningen av städbark och bräckage ofta med en mobil anläggning. Sågverket samlar ihop sina restprodukter i stora stackar. Enligt entreprenören (Muntlig kommunikation Pohjanen, 2004) är det vanligt att man kommer ut till sågverken ca två gånger per år för att upparbeta restprodukterna. Det finns idag flera olika modeller av maskiner för ändamålet. Några exempel är: Doppstadt DZ 750¹, Doppstadt trumsikt, Willibald MZA 4600² mm. De flesta dras av en lastbil men har en egen motor som drivkälla.

Jag har valt att titta närmast på de maskiner som entreprenörer i översta Norrland använder. Det finns en hel del specialmaskiner som bara finns i ett exemplar men som inte är intressanta då avståndet till Seskarö är för långt. Gemensamma nackdelar som de flesta mobila anläggningar har är den relativt stora uppställningskostnaden och den dåliga tillgängligheten. Oftast behövs det också hyras in en lastmaskin då det inte finns ledig kapacitet för detta på sågverket.

2.5.2 Doppstadt DZ 750 kombi

På Seskarö sågverk har man anlitat en finsk entreprenör med en hammarkvarn³. Maskinen är en Doppstadt DZ 750 kombi se Figur 2.6. Maskinen kan bearbeta och sönderdela t.ex. rivningsvirke, GROT, bark, stora stockar mm. med hjälp av en långsamtroterande rivare och en hammarkvarn. Maskinen skiljer också bort järnskrot på två ställen. Första magneten tar större lösa järnbitar så att de inte ska följa med in i hammarkvarnen. Om det följer med större järnbitar in i kvarnen är risken för att slagorna går sönder stor. Stålbånd, spik samt mindre järnskrot följer ofta med igenom kvarnen och

¹ OP Maskiner AB, Box 75, 26021 Billberga.

² VB Maskiner AB, 90347 UMEÅ.

³ Pohjaset Komanditbolaget Nord. Tel 0035-8164588000

skiljs av med hjälp av ytterligare en magnet på det sista transportbandet. Maskinen är också ganska känslig för stenar. Det finns sållstorlekar mellan 80-200 mm att välja mellan. Trots att 200 mm sållet användes vid besöket på Seskarö i mars 2004 tenderade materialet att bli för fint. Maskinen har en kapacitet på mellan 50 och 100 m³/h och ännu mer om materialet är homogent och inte innehåller för mycket bräckage.

Figur 2.6. *Doppstadt DZ 750 Kombi.*



2.5.3 Doppstadt trumsikt

Norrlands jord och miljö i Luleå har en Doppstadt trumsikt som kan rensa städbarken¹. Denna maskin sorterar ut finfraktion, huvudfraktion samt överstort material. Maskinen har också en stenfälla. Finfraktionen innehåller mycket sand och fuktigt material. Huvudfraktionen kan köras till pannan eller säljas. Maskinen har ingen inbyggd kross varför det överstora materialet måste läggas på hög för att sönderdelas vid ett senare tillfälle.

Figur 2.7. *Doppstadt trumsikt*



Foto: Per Carlsson

¹ Norrlands Jord och Miljö AB, Makadamv. 17, 97345 Luleå.

2.5.4 Willibald MZA 4600

Norrmiljö i Lycksele har tidigare upparbetat barken på Seskarö sågverk¹. Den maskin de idag använder för att upparbeta städbark är en Willibald MZA 4600. Maskinen har stor kapacitet och krossar även grovt bräckage. Maskinen består av en kraftig hammarkvarn. Hammarkvarnen slår materialet genom en ”kam”. Kammen är utformad så att den inte slår sönder materialet till för små bitar. Efter kvarnen sitter en magnetavskiljare som plockar bort metallskrot. Stenen krossas dock och följer med i stacken. Det finns även möjlighet att efter krossen placera en stenfälla samt en trumsikt som tar bort sand och småfraktionen. Barken som bearbetats av denna maskin kan jämföras med materialet som bearbetats av Doppstadt DZ 750 kombi.

2.6 Upparbetning av städbark och bräckage med stationär anläggning

2.6.1 Stationär vs mobil anläggning

Många av de fabriker som tillverkar mobil utrustning för upparbetning av bark och städbark tillverkar också stationär utrustning t.ex. GVC, Willibald, Doppstadt mm. Det finns några klara fördelar med att ha en stationär anläggning på sågverket för upparbetningen av städbark. En stor fördel är att materialet kan upparbetas omgående och därför inte behöva lagras. Om städbarken upparbetas och förbränns kort efter omhändertagandet förhindras också dyrbara substansförluster. En annan klar fördel är att det blir ett jämnare flöde av bränsle och sågverket kan på så vis lättare planera sin bränslehusållning.

Det finns idag på marknaden flera olika maskiner för att sälla och sönderdela barkfraktioner stationärt på sågverket, t.ex. siktskopor, vibro- och skiv-såll. Jag har tänkt undersöka hur effektiva dessa är och om det kan bli intressant att investera i en sådan anläggning.

2.6.2 Järnforsens skivsåll

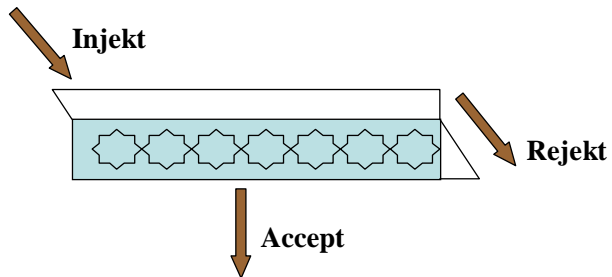
Järnforsen Energisystem bygger pannor och utrustningar kring dessa². De tillverkar även ett skivsåll för sortering av bark. (Figur 2.8 - 2.9). Sållet består av ett antal axlar med påmonterade stjärnformade skivor. Barken släpps ner på sållet från en transportör. Materialet vandrar över sållet och de bitar som inte är för stora åker igenom. De bitar som är för stora vandrar vidare och läggs på en hög för senare krossning eller krossas direkt med en mindre hammarkvarn. Enligt muntlig kommunikation med Fyhr, (2004) är dock mängden rejekt som inte passerar sållet vid körning av endast tall en försvinnande liten andel. Sållet på Bodafors trä sorterar ca 50 m³/h men kapaciteten beror helt på antalet axlar. Skivsållet är självrensande och risken för att stenar sätter sig i sållet är inte så stor. För att sorteringen ska bli tillfredställande krävs att materialet kommer i ett tunt och jämnt flöde. Om det kommer klumpvis åker hela barkklumpen över sållet utan att gå

¹ Norrmiljö i Lycksele AB, Hedlundav. 11, 92137 Lycksele.

² Järnforsen Energisystem AB, Stenvinkelsg. 2 C, 30236 Halmstad.

igenom. Det krävs därför ett skakbord eller annan anordning som i ett jämnt flöde portionerar ut barken på transportören. Sållet drivs av en liten elmotor.

Figur 2.8. *Principskiss skivsåll*



Figur 2.9. *Järnforssen skivsåll*



Foto: Per Carlsson

2.6.3 ALLU Siktskopa

Figur 2.10 a-b. ALLU Siktskopa



Foto: Per Carlsson



Foto: Per Carlsson

ALLU tillverkar siktskopor för siktning och sortering av olika material¹. Skopan finns med olika spaltbredder, olika bits (rivstål) se Figur 2.11 samt en rad olika utrustningsalternativ beroende på vilket material man har tänkt sig att bearbeta. Skopan monteras på en vanlig lastmaskin. Lastmaskinen lastar skopan full för att sedan lyfta lastaren och köra igång de roterande axlarna. På axlarna sitter det bits som slår materialet mellan axlarna se Figur 2.11. Den siktade barken faller ut på baksidan av skopan. Den skopa som verkar passa bäst för upparbetning av städbark har 50 mm spaltbredd samt är utrustad med barkbits. Sågverket hyr ibland in en siktskopa från en entreprenör. Denna skopa är dock inte utrustad för att köra städbark utan för att köra ren bark, kompost mm. Resultatet med en rätt utrustad skopa torde därför bli bättre.

¹ AMAS Svenska AB, Kvartsg. 1 C, 74540 Enköping.

Figur 2.11. Sikt/riv-valsar på ALLU 4-27

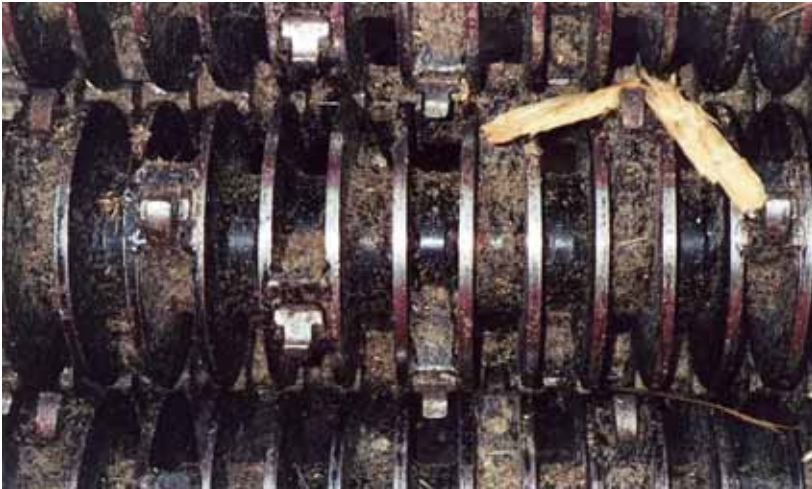


Foto: Per Carlsson

Eftersom siktskopan verkade vara ett intressant alternativ tog jag kontakt med ett sågverk som upparbetar sin städbark med en ALLU SM 4-27. Sågverket var Nydala Trävaru AB som ligger i Småland. På sågverket används skopan för att upparbeta städbarken samt det mesta bräckaget från justerverket. Lastmaskinföraren uppger att det inte blir något rejekt kvar förutom de stenar som inte passerar spalten. Skopan fungerar mycket bra för deras ändamål (Muntlig kommunikation Svensson, 2004). Det som trots allt kan vara en viss skillnad mellan Seskarö sågverk och Nydala sågverk är bränslematningen till pannan. På Nydalasågen är pannan tryckmatad via en hydraulisk kolv som trycker in bränslet i pannan och detta system är inte så känsligt, se fig 2.12. På Seskarö sågverk kan den bearbetade städbarken medföra ett antal problem. Problem kan uppstå då kvistar som inte krossats lägger sig på en säkerhetslina vid bränsletransportören till pannan. Om detta sker stannar bränslematningen till pannan. Det kan också uppstå problem vid den sista inmatningsskruven till pannan då längre kvistar kan lägga sig framför en sensor. Systemet reagerar då som om det finns tillräckligt med bränsle tillgängligt och släpper därför inte fram något nytt. Det matas då inte in något nytt bränsle till pannan och ett larm till pannpersonalen kommer först då temperaturen i pannan börjar sjunka. Längre kvistar mm. kan också viras runt bränsleinmatningsskruven och fastna.

Figur 2.12. Bränsleinmatningen på Nydala sågverk



Foto: Per Carlsson

2.6.4 Willibald sikt

Willibald har precis kommit ut med en maskin som ska skilja bort sten, grus och metaller från städbarken¹. Maskinen är byggd för att enkelt startas och dagligen sortera städbarken på sågverket. Maskinen delar upp materialet i 3 fraktioner. Den första fraktionen är sten och metaller. Den andra är valfri med hjälp av ett siktgaller men lämpligtvis sorteras finfraktionen bort. Den sista fraktionen är huvudfraktionen. Vill man ha ett komplett sorteringsverk som inte lämnar kvar någon fraktion går det att montera på en mindre hammarkvarn som krossar den överstora fraktionen samt bräckage. Maskinen är helt ny och finns ännu inte på marknaden. Maskinen ska enligt tillverkaren också ta bort huvuddelen av snön.

2.6.5 Bruks Vibrosåll

Bruks tillverkar vibrosåll, skivsåll mm för sållning av olika material². Vibrosålllet fungerar så att städbarken vibrerar över ett fingersåll där huvudfraktionen trillar igenom men de överstora bitarna passerar sållet. Storleken på materialet som faller igenom är kundanpassat genom avståndet mellan fingrarna. Sållet skiljer inte på olika material utan endast genom storlek vilket kan medföra att sten och järnbitar kan följa med genom sållet.

¹ VB Maskiner AB, Umestan, 90347 Umeå.

² Bruks Klöckner AB, Västerg. Box 46, 82010 Arbrå.

2.6.6 GEA Spillvärmestork¹

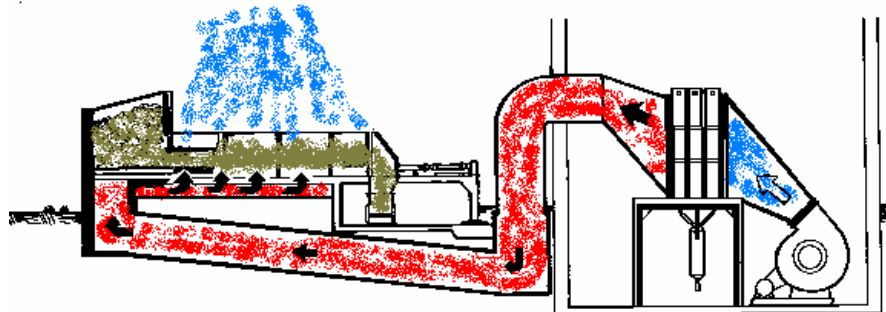
Pannan på Seskarö sågverk producerar mycket värme som skickas ut till torkarna. Det finns på sågen 19 kammartorkar där den fuktiga varmluften efter att den passerar torken släpps rakt ut i luften utan att återanvändas. Ett sätt att höja bränslevärdet i barken och städbarken hade varit att använda spillvärme från torkarna eller från pannans utgående rökgaser för att torka barken/städbarken och på så sätt höja bränslevärdet. Städbarken på Seskarö-sågen är ibland så blöt/dålig att man upplever att den eldas bara för att minska deponivolymen och får därför tillsätta stora mängder torrflis vid förbränningen. Kunde man då sänka fukthalten minskar behovet av att tillsätta torrflis och möjligheterna öppnas för att sälja mer torrflis och bark.

Att torka biobränslen såsom bark anses ofta för dyrt och energikrävande, istället adderas stödbränsle för att få bättre förbränning. Samtidigt finns på de flesta industrier lågvärdig spillvärme som inte utnyttjas. Spillvärmestorken använder lågvärdig värme för att torka fasta bränslen, och därmed ökar värmevärdet på bränslet. Stödbränsle är inte längre nödvändigt. Om syftet med torkningen endast är att höja värmevärdet på bränslet är spillvärmestorken en möjlig lösning.

Spillvärmestorken består av:

- en värmeväxlare som värmer luft med lågtrycksånga eller varmvatten
- en fläkt som blåser luften genom torkbädden
- en torkbädd vilken består av en perforerad platta med Stoker-skrapor som flyttar bädden långsamt framåt

Figur 2.13. Torkprocess i GEA Bäddtork



Källa/Source: www.gea-evaporation.se

Det fasta bränslet matas antingen fram med en transportör till torken, alternativt dumpas i en lastficka med en frontlastare. Bäddhöjden är 0,5-1 meter beroende på torrhalt och bränsletyp. Erhållen/utgående torrhalt ligger i storleksordningen 40-80%. Syftet med spillvärmestorken är inte att uppnå en exakt och hög torrhalt, utan endast att avvattna

¹ GEA Exergy AB, Drakeg. 6, 41250 Göteborg.

biobränslen så mycket som möjligt till så liten kostnad som möjligt. Resultatet skall bli en bättre förbränning.

Frosterud (2004), på GEA Exergy föreslog en kontakt på torkanläggningen på Rockhammars bruk, som varit i drift i mer än 20 år. På bruket har man sedan början av 80-talet använt sig av en bäddtork för att öka bränslevärdet i barken och sågspånet som faller ut från massabruket och sågverket. Torken sitter monterad så att allt bränsle passerar den innan det förbränns i pannan. Torken fungerar bra och är mycket driftsäker. Underhållet är mycket litet och torken bara ”går och går” (Muntlig kommunikation Jenssen, 2004). Ångan som används vid torkningen är sekundärånga som efter att ha torkat pappersmassa växlas om i en värmeväxlare för att sedan passera torken. Ångan har en temperatur av ca 90°C innan den passerar barken. På vintern torkas barken ner till ca 55-60% fukthalt då det innehåller en hel del snö. Under den snöfria perioden ligger fukthalten på ca 40-55%. Barken torkas i allmänhet ner ca 10-15% (Muntlig kommunikation Jenssen, 2004).

Dagligen torkas ca 100 m³ bark från massabruket och den närliggande sågen. Bruket går 350 dygn per år och totalt torkas varje år ca 35 000 m³ bark (Muntlig kommunikation Jenssen, 2004). Torkansvarig på Rockhammars bruk tror att en tork skulle fungera med de förutsättningar som finns på Seskarö och att även städbarken kan torkas. Problemet med den snöblandade städbarken skulle troligtvis gå att lösa då det är möjligt att smälta snön i torken. För att all snö skall smälta bort och ett visst torkresultat uppnås krävs dock troligen att materialet passerar torken flera gånger. Underhållet per år för torken uppskattas till knappt 100 000 kr (Muntlig kommunikation Jenssen, 2004).

2.7 Central spillbarksbearbetning likt SÅTAB

På SÅTAB i Östersund sammanför man bland annat städbarken från ett flertal olika sågverk för att på en gemensam plats sålla och upparbeta denna. Barken säljs sedan vidare i olika fraktioner. Huvuddelen av barken blir bränsle till värmeverken. Den sämre fraktionen blir bland annat jordförbättringsmedel. En idé för Sveaskog kan vara att undersöka om det finns förutsättningar för en liknande anläggning längre uppåt landet. Ett problem i sammanhanget är att städbarken inte tål några längre transportsträckor på grund av det relativt låga energiinnehållet.

2.8 Andra användningsområden

Bark har generellt många användningsområden. Några exempel på användningsområden där bark kan komma ifråga följer här.

2.8.1 Frost- resp. tjälskydd vid markarbete

Bark har mycket bra isoleringsegenskaper och kan därför användas som frostskydd. Den kan till exempel användas som isolering vid markarbeten under vintern. Barken läggs ut på hösten eller förvintern på ytor som man planerar att bearbeta senare på vintern och förhindrar effektivt tjälen från att tränga ner i marken. Jag kontaktade några olika bygg- och anläggningsföretag i Norrland och det visade sig att vissa av dem använde sig av städbark. Peab i Skellefteå gör t.ex. av med ca 4 000 m³s städbark årligen som frostskydd vid anläggningsarbeten. Peab fick städbarken gratis mot hämtnings- och transportkostnader. Städbarken innehöll en hel del kvistar, stockbitar och sten. Peab hade dock inga krav på kvaliteten för detta ändamål (Muntlig kommunikation Gustavsson, 2004). Luleå kommun använder sig också av en hel del bark för samma ändamål (Muntlig kommunikation Johansson, 2004).

Ett åtgärdsförslag kan vara att skänka bort städbark med hög föroreningshalt till t.ex. anläggningsfirmor eller andra som är intresserade. Detta ger förvisso ingen inkomst men en eventuell bearbetning av materialet hade kostat pengar och på så sätt gör man vissa besparingar. Exempel på material som är lämpligt att ge bort kan t.ex. vara städbarken som ansamlats i utkanten av lagringsplanen för städbark och som inte upparbetas på grund av stort innehåll av sten och andra föroreningar. Karl-Johan Taavo, sågverkschef på Seskarö sågverk uppskattar att det årligen faller ut 300-500 m³s städbark som är så dålig att man hellre skänker bort eller lägger materialet på deponi än att upparbeta och förbränna det på sågverket.

2.8.2 Bark och städbark som jordförbättringsmedel

Bark används ofta som täckmaterial i rabatter och liknande. Städbarken kan med fördel användas som jordförbättringsmedel. Hasselfors Bruk (garden) som tillverkar jordförbättringsmedel gör årligen av med ca 15 000 m³ bark och städbark. De köper helst in färdigsorterade fraktioner. De tre aktuella fraktionerna är: 0-10, 10-30 och 10-40 mm. För att det ska vara ekonomiskt lönsamt kör man helst inte över 10-15 mil för att anskaffa materialet. För städbark betalar Hasselfors 60-80 kr m³ fritt sågverk (Muntlig kommunikation Stralhed, 2004).

Norrlands jord och miljö i Luleå köper också upp städbark för produktion av jordförbättringsmedel. På grund av avståndet mellan Seskarö och Luleå kunde de dock inte betala något för städbarken, men eventuellt ta hand om den gratis (Muntlig kommunikation Johansson, 2004).

2.8.3 Bark som saneringsmedel

Tallbarkmjöl har förmågan att suga upp olja utan att suga upp vatten. Denna förmåga har företaget ZUGOL Oil Sorbent i Falun tagit vara på. Barken mals ner till ett fint pulver och torkas ned till låg fukthalt. Kraven på barken är att det skall vara tallbark med hög skorpbarksandel. Helst ska barken vara riven. Det finns några liknande producenter i landet. ZUGOL gör av med ca 4 200m³s tallbark per år. Vid utsläpp sprids barkpulvret ut på den förorenade ytan, t.ex. vattenytan. Efter några minuter har oljan sugits upp och bildat ett geléaktigt material. Tester som gjorts visar att det i barkpulvret efter användning sker en bakteriell nedbrytning av olja och bark till mull. Materialet kan efter användning också eldas upp. ZUGOL tillverkar också barkmull för mulltoaletter. Städbarken är inte lämpad för dessa produkter men den vanliga tallbarken kan mycket väl vara det (Muntlig kommunikation Wikman, 2004).

2.8.4 Sol- och vindtorkning av städbarken

En annan idé för att torka städbarken kan vara att sprida ut den på en asfalterad, eller någon annan hårdgjord yta och låta den torka med hjälp av sol och vind. Förutsättningen för denna sortens torkning är att det finns disponibel asfaltyta eller liknande. Det måste också finnas disponibel personal och maskinutrustning för att omhänderta barken. Det är framförallt torkning av barken som faller ut under vintern som kan komma att bli aktuell på grund av den mycket höga fukthalt och därav den mycket låga energiinnehåll som denna städbark har. På våren när barken tinat upp sprider man ut den i ett ca 50 cm tjockt lager. Då sker en direkt soltorkning under sommaren. Barken kan antingen krossas i samband med att den läggs ut eller i samband med att den samlas ihop.

2.9 Deponi

Idag läggs bara askan från pannan på deponi. Den årliga mängden aska som faller ut från pannan är 800-1 000 ton. En hel del av askan är troligen inte fullständigt förbränd då små partiklar yr med rökgaserna och avskiljs i multicyklonen och elfiltret. Sågen betalar deponiskatten på 370 kr/ton men slipper stå för de övriga hanteringskostnaderna då Vattenfall äger pannan och står för denna hantering. Att deponera all städbark är bl.a. på grund av deponiskatten inte ett ekonomiskt godtagbart alternativ men vissa delar av städbarken med mycket dålig kvalitet kanske skulle kunna bli ekonomiskt fördelaktiga att deponera, se kap. 3.7.

3. RESULTAT

3.1 Fukthalten i städbarken på Seskarö sågverk

3.1.1 Bakgrund

Fukthalten är en viktig parameter dels för lagringsbarheten och dels för värmevärdet varför det är intressant att få reda på denna. För att få en överblick över fukthalten i städbarken på Seskarö över en hel årscykel krävs många olika provtagningstillfällen vilket inte var möjligt inom ramen för detta projekt. På sågverket ville man ändå ta prov på den krossade städbarken för att se vad fraktionen hade för fukthalt. Därför gjordes i början av mars 2004 en provtagning i de nyligen upparbetade städbarkshögarna. Personalen som sköter pannan tar kontinuerligt prover på fukthalten i bränslet som går in till pannan men då är städbarken redan blandad med bark och eventuellt torrflis eller bräckage.

3.1.2 Beräkningar

Fukthalt = (Vattnets vikt i barken i gram / barkens fuktiga vikt i gram) * 100

Fukthalt prov nr 1: $(48/80,3)*100 = 59,8\%$

Fukthalt prov nr 2: $(213,3/352,3)*100 = 60,5\%$

Medelvärde av prov nr 1 och 2 = $(59,8+60,5)/2 = 60,2\%$

En indikation på den upparbetade städbarkens medelfukthalt i mars 2004 var således 60%.

3.2 Resultat av litteraturstudien på bark och krossad GROT

På de 14 studier som omfattade bark och krossad GROT (se Bilaga 3) var medeltalet för substansförlusterna 3,4 % per månad. På de 7 studier som omfattade bark var medeltalet för substansförlusten 3,4 % per månad. För studien på tallbark var genomsnittet på substansförlusterna 3,5 % per månad (Nykvist, 1969).

Vid beräkningarna av de stationära maskinerna, se kap 3.4, är en post i kalkylen de pengar som sparas i energi om materialet upparbetas kontinuerligt så att inte substansförluster uppstår. Eftersom medelvärdet för substansförlusten från de olika undersökningarna är ganska lika har jag valt att ta det medelvärde som kommer från lagringsstudien av tallbark vid beräkningar av den ekonomiska förlusten som lagring av städbarken medför d.v.s 3,5 %.

I beräkningarna antar jag att det värde som går förlorat är samma som om man sålt vanlig bark det vill säga att värdet för sågverket är ca 90 kr per ton. Denna låga intäkt beror på att det endast är spottvolym av överskottsbark som säljs utan leveransavtal (Muntlig kommunikation Taavo, 2004). Detta är kanske inte helt korrekt då städbarken har en högre askhalt samt lägre energiinnehåll (W_k tallbark = 20,8. W_k städbark 20,1 se tabell 3.10.) men det är den siffra jag har valt att jämföra med. I beräkningarna antar jag att materialet i snitt får ligga 3,5 månader innan det förbränns och att substansförlusten för städbarken är 3,5 % per månad.

Resultatet blir en ackumulerad förlust på ca 12 % varpå den totala förlusten blir ca 42 000 kr.

Tabell 3.1. *Ekonomisk förlust vid lagring på grund av substansförlust*

Lagringstid	Substansförlust/månad	Ackumulerad förlust	Intäkt per ton	förlust/ton	Massa	Total förlust
Månader	%	%	kr	kr	Ton	kr
3.5	3.5	12.25	90	11.025	3 800	42 000

3.3 Kalkyler för uppabetning av städbark och bräckage med mobil anläggning

3.3.1 Inledning

I kapitel 3.3 visas kostnadskalkyler på fyra olika mobila maskinsystem för uppabetning av städbarken. Då Sveaskog vill att vissa siffror inte visas finns det på några ställen i kalkylerna **xx** markerat. Detta innebär att siffrorna bakom inte får visas.

Förutsättningarna i alla kalkyler är att det finns 10 000 m³s städbark och 3 000 m³s bräckage att krossa. Om maskinen inte klarar av att uppabeta bräckaget räknar jag med att sågverket hyr in den entreprenör de anlitat tidigare med en Doppstadt DZ 750 kombi för detta ändamål och då tillkommer en kostnad på 87 000 kr. Detta förutsätter att entreprenören kommer en gång per år och krossar 3 000 m³s bräckage, se tabell 3.2. Detta är dock enligt Karl-Johan Taavo inte önskvärt bland annat på grund av att det råder en viss brandrisk med så mycket torkat bräckage.

3.3.2 Dagens system: Doppstadt DZ 750 kombi och siktskopa

Uppskattningen är att ca 10 000 m³ städbark faller ut årligen. Dagens system fungerar så att en finsk entreprenör kommer och krossar totalt ca 7 000 m³s städbark vid två tillfällen årligen och en siktskopa hyrs in och siktar ca 3 000 m³s städbark på sommaren. Entreprenören har en minsta accepterad volym på 1 500 m³s och kommer inte för att uppabeta mindre volymer.

Om det uppstår brist på bränsle hyr man in en siktskopa (Figur 2.10). Årligen upparbetas ca 3 000- 3 500 m³s städbark med denna skopa. Barken krossas emellertid inte lika väl och en hel del kvistar och annat följer med igenom. Kostnaden består i hyra av skopan på 15 000 kr samt kostnad för lastmaskin och förare som också ligger på ca 15 000 kr. Kostnaden för detta delsystem uppgår därför sammanlagt till ca 30 000 kr/år. För hela det system som idag används blir den årliga kostnaden således ca 282 000 kr med bräckage inräknat och ca 200 000 kr utan bräckaget. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.2.

3.3.3 Doppstadt DZ 750 kombi utan siktskopa

I denna kalkyl används en Doppstadt DZ 750 kombi för upparbetningen av all städbark och bräckage. Kostnaderna per m³ samt uppställningskostnaderna är de samma som i kap 3.3.2. Totalkostnaden för att upparbeta städbarken blir 238 000 kr. Krossar man samtidigt bräckaget blir kostnaden 321 000 kr. I jämförelse med dagens maskinsystem innebär denna upparbetning en merkostnad på ca 40 000 kr. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.3.

Fördelar:

- Avskiljer metallföremål samt en del sten
- Krossar också bräckage
- Den krossade städbarken går bra att elda i pannan
- Inget rejekt utan allt material som passerar maskinen kan föras till pannan

Nackdelar:

- Hög uppställningskostnad
- Låg tillgänglighet
- Hög kostnad/m³
- Skiljer inte bort huvuddelen av stenfraktionen

3.3.4 Doppstadt trumsikt

Norrlands Jord och Miljö i Luleå har en Doppstadt trumsikt som kan rensa städbarken. De bitar som är för stora och inte passerar sållet får läggas på hög och krossas senare. Enligt Kurt Johansson, ägare av Norrlands jord och miljö är erfarenheten att det procentuella utfallet är: ca 35 % finfraktion (0-20 mm), ca 45% huvudfraktion (20-60 mm), ca 20% överstor fraktion (>60 mm). Finfraktionen måste avyttras på något sätt. Den kan dock troligen utan kostnad tas omhand av Norrlands Jord och Miljö (Muntlig kommunikation Johansson, 2004). Den övergrova fraktionen måste också tas omhand. Förutsatt att sågverket hyr in en Doppstadt DZ 750 kombi som kommer och krossar bräckaget så kan man samtidigt krossa den överstora fraktionen. 20% övergrov fraktion innebär ytterligare 2 000 m³s som ska krossas. Upparbetningen av städbarken med trumsikten blir ca 410 000 kr. Med bräckaget inräknat blir kostnaden 495 000 kr. I jämförelse med dagens maskinsystem innebär denna upparbetning en merkostnad på ca 213 000 kr. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.4.

Fördelar:

- Sällar bort det mesta sten, sand, grus och metallbitar

Nackdelar:

- Hög uppställningskostnad
- Hög kostnad/m³
- Lämnar kvar ett rejekt som måste deponeras eller krossas
- Låg tillgänglighet
- Upparbetar inte bräckaget

3.3.5 Willibald MZA 4600

Norrmiljö i Lycksele har flera maskiner för att upparbeta städbark men den som fungerar bäst är deras Willibald MZA 4600. Denna maskin upparbetar även bräckaget. Maskinen och den bearbetade städbarksfraktionen är lik DZ 750 kombin i föregående exempel. Upparbetningen av städbarken med Willibald MZA 4600 blir ca 255 000 kr. Med bräckaget inräknat blir kostnaden 330 000 kr. I jämförelse med dagens maskinsystem innebär denna upparbetning en merkostnad på ca 56 000 kr. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.5.

Fördelar:

- Avskiljer metallföremål
- Krossar också bräckage
- I stort sett inget rejekt utan allt material som passerar maskinen kan föras till pannen

Nackdelar:

- Hög uppställningskostnad
- Låg tillgänglighet
- Hög kostnad/m³
- Skiljer inte bort stenfraktionen

3.4 Kalkyler för upparbetning av städbark med stationär anläggning

3.4.1 Inledning

I kapitel 4.4 visas kalkyler för fyra stationära anläggningar för upparbetning av städbarken samt en anläggning för torkning av bark och städbark.

I kalkylerna i kapitel 3.4-3.6 har jag använt mig av tabell 2.2 vid omräkningar mellan olika enheter. I vissa fall har även tabell 2.1 använts. Vid beräkningarna har jag använt två olika ekonomiska livslängder för maskinerna. De fasta maskinerna har jag gett 7 års ekonomisk livslängd och ALLU siktskoporna har fått en ekonomisk livslängd på 10 år. Orsaken till att ALLU siktskoporna har några år längre ekonomisk livslängd är den mycket

enkla och slitstarka konstruktionen. Livslängden på de olika maskinerna är uppskattningar och kan skilja sig från min uppskattning.

Städbarken förflyttas och körs runt mycket på sågverket. Om all städbark kontinuerligt skulle kunna köras till en maskin för upparbetning och sedan förbränning skulle detta bespara mycket lastmaskinarbete då städbarken ofta medför mycket transporter på sågverket. Denna hantering uppskattar Taavo, (2004) till ca 160 000 kr. Denna besparing är inte medräknad i kalkylerna men den bör hållas i åtanke vid beslut om investering.

3.4.2 Järnforssens skivsåll

Järnforssens skivsåll består av roterande axlar med stjärnformade skivor på som städbarken får vandra över, se kap 2.6.2. Grundinvesteringen i ett Järnforssen skivsåll är ca 940 000 kr. Vid givna förutsättningar ger en investering i maskinen en årlig besparing på ca 12 000 kr jämfört med dagens system. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.6.

Rejektet som inte trillar igenom sållet uppskattas till 1 000 m³s. Denna kvantitet krossas då entreprenören kommer för att krossa bräckaget. I kalkylen antas att det inte uppstår några substansförluster i detta material då det troligtvis är mycket luftigt.

Fördelar:

- Litet underhåll
- Driftssäker
- Självremsande

Nackdelar:

- Relativt stor investeringskostnad
- Lämnar kvar ett rejekt som måste tas omhand på något sätt
- Rensar inte bort sten och metallföremål

3.4.3 ALLU siktskopa

ALLU siktskopa SM 4-23 har en kapacitet på ca 80 m³s per timme. Att upparbeta 10 000 m³s städbark skulle ta 10 000/80= 125 h effektiv maskintid.

ALLU siktskopa SM 4-27 har en kapacitet på ca 100 m³s per timme. Att upparbeta 10 000 m³s städbark skulle ta 10 000/100= 100 h effektiv maskintid.

Grundinvesteringen i en ALLU SM 4 - 23 är ca 340 000 kr. Vid givna förutsättningar ger en investering i maskinen en årlig besparing på ca 119 000 kr jämfört med dagens system. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.7.

Grundinvesteringen i en ALLU SM 4 - 27 är ca 370 000 kr. Vid givna förutsättningar ger en investering i maskinen en årlig besparing på ca 125 000 kr jämfört med dagens system. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.8.

Fördelar:

- Låg investeringskostnad
- Låg underhållskostnad
- Basmaskinen finns redan på sågverket
- Låg siktkostnad/m³
- Kan eventuellt hyras ut
- Kan även upparbeta klenare bräckage
- Lätt att avyttra med ett bra andrahandsvärde om den ej skulle passa eller bättre investeringsalternativ skulle komma på tal

Nackdelar:

- Kvistbitar kan ibland följa med igenom utan att rivas sönder fullständigt
- Är dålig på att riva sönder grovt bräckage i form av stockbitar mm
- Blir eventuellt kvar ett rejekt i form av stockbitar samt sten
- Skiljer inte bort mindre sten och metallbitar

3.4.4 Willibald sikt

Kostar ca 500 000 kr utan kross och ca 800 000 kr med hammarkvarn. Eftersom maskinen är helt ny och ännu inte finns på den Svenska marknaden har jag inte kunnat genomföra en kostnads eller effektivitetsundersökning på denna maskin. Maskinen verkar intressant och närmare studier vore intressant då den kommer till Sverige. Det som gör den extra intressant är att den enligt tillverkaren skulle ta bort det mesta av snön. Fördelarna är tagna från importören.

Fördelar:

- Låg siktkostnad/m³
- Litet underhåll
- Tar bort metallföremål samt sten och sand
- Tar bort huvuddelen av snön i snöblandad bark

Nackdelar:

- Lämnar kvar ett rejekt som måste krossas senare om det inte monteras en hammarkvarn efter sikten.
- Upparbetar inte bräckaget om det inte monteras på en hammarkvarn
- Ny och oprövad konstruktion som ej finns tillgänglig på marknaden

3.4.5 Bruks vibrosåll

Vibrosållet fungerar så att städbarken vibrerar över ett fingersåll där huvudfraktionen trillar igenom men de överstora bitarna passerar sållet se kap 2.6.5. Grundinvesteringen i Bruks vibrosåll är ca 1 200 000 kr. Vid givna förutsättningar ger en investering i

maskinen en ökad kostnad på ca 43 000 kr jämfört med dagens system. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.9.

Fördelar:

- Enkel
- Låga underhållskostnader
- Tar bort järn och stålskrot i metalldetektorn

Nackdelar:

- Tar inte bort sten som är under sållstorleken
- Lämnar kvar ett rejekt som måste krossas senare
- Relativt stor investeringskostnad

Rejektet som inte trillar igenom sållet uppskattas till 1 000 m³s. Denna mängd krossas då entreprenören kommer för att krossa bräckaget. Jag antar samma substansförluster i detta material som i den osorterade städbarken.

3.4.6. GEA Spillvärmatork

Vid en snabb titt på förutsättningarna av Daniel Frosterud, försäljare av bränsletorkar på GEA Exergy, drogs slutsatsen att anläggningen troligen skulle gå att applicera på Seskarö sågverk. Tyvärr hade dock inte GEA Exergy möjlighet att sätta av tid för att räkna på detta alternativ. Daniel Frosterud sade att en investering i en sådan tork skulle kosta ca 2 miljoner kr. Med de förutsättningar som gäller i fallet skulle torkresultatet bli ca 15-20% för sågspån och 10-15% för bark och städbark om den ingående fukthalten var 50-60%. Den snöblandade städbarken skulle troligen smälta men någon större nedtorkning skulle troligtvis inte hinnas med vid första torktillfället. Möjlighet finns dock att köra materialet flera gånger och på så sätt sänka barkens och städbarkens fukthalt ytterligare.

En investering i bränsletork kommer att ge en minskad bränsleåtgång vid samma energibehov. Pannans verkningsgrad varierar också efter fukthalter. Pannan på Seskarö sågverk är byggd för en hög fukthalt och det är därför inte troligt att räkna med någon större ökning i panneffekt på grund av den lägre fukthalten. Vid beräkningarna antas att det går att elda bark med 40 % fukthalt i pannan utan att pannan behöver ställas om. Det är möjligt att förändringar i pannan måste göras i samband med att ett torrare bränsle ska eldas men detta behandlas inte i detta arbete.

Förutsättningarna för kalkylerna är följande:

- 25 000 m³ bark torkas från 55% fukthalt till 40% fukthalt.
- 4 000 m³ städbark torkas från 60% fukthalt till 45% fukthalt.

I kalkylen tar jag också med den minskade kostnaden för hanteringen av 3 000 m³s snöblandad städbark som faller ut under vintern. Om torken lyckas smälta snön försvinner arbetsmomentet med att tina upp den frusna städbarkshögen på sommaren, se kap 1.5.4. Denna kostnad uppskattar Taavo, (2004) till cirka 40 000 kr.

Städbarken har ett lägre bränslevärde eftersom föroreningarna oftast inte tillför någon energi. Det kalorimertiska värmevärdet för städbark är 20,1 MJ/kg TS. Det effektiva värmevärdet för städbark är 18,8 MJ/kg TS. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.10. Om torken sänker fukthalten på 25 000 m³f bark från 55 % till 40 % så ökar värmevärdet ca 3500 MWh. Om 4 000 m³f städbark torkas från 60 % till 45 % fukthalt ökar värmevärdet med ca 700 MWh. Den totala värmevärdeökningen på ca 4 200 MWh skulle bidra med en intäkt på ca 297 000 kr då man istället skulle kunna sälja denna mängd energi som överskott på torrflis. Kalkyler för dessa beräkningar visas i Bilaga 4, Tabell 3.11-3.13.

Grundinvesteringen i en GEA spillvärmestork är ca 2 000 000 kr. Vid givna förutsättningar ger investering i torken en ökad kostnad på ca 188 000 kr jämfört med dagens system. Kalkylen visas i Bilaga 4, Tabell 3.14.

Fördelar:

- Besparingar i stödbränsle med högre värmevärde
- Ökad pannkapacitet
- Högre temperatur i pannan, lättare att kontrollera förbränningsparametrar
- Mer bränsle för avsalu

Nackdelar:

- Stor investeringskostnad
- Viss osäkerhet i kalkylen då grunddata ej var komplett

3.5 Central spillbarksbearbetning likt SÅTAB

Inga beräkningar har gjorts på detta förslag. På SÅTAB i Östersund betalar man inte någonting för städbarken men hämtar den utan kostnad inom ca 10 mils radie från anläggningen.

Fördelar:

- En central som upparbetar stora volymer bark och städbark kan skaffa mer effektiv utrustning för att sönderdela och rensa barken och städbarken.

Nackdelar:

- För att få betalt för städbarken krävs det att transportavstånden till centralen inte är för långa.
- Sågverken går miste om bränsle som kan komma att behövas under perioder då det inte finns så mycket bark att tillgå.
- En stor anläggning är förknippad med höga drifts- och investeringskostnader.

3.6 Kalkyler för barkens alternativa användningsområden och förädlingsalternativ

3.6.1 Inledning

Barken har många alternativa användningsområden. Jag har valt att visa några exempel. Alla områden inbringar inte någon intäkt, dock kan de komma att innebära en besparing då städbarken annars inneburit en eventuell kostnad.

3.6.2 Frost resp. tjälskydd vid markarbete

Peab och andra byggföretag använder sig ibland av städbark vid markarbete under vintern för att förhindra tjäle. De betalar i allmänhet inte för materialet varför denna städbark inte inbringar några intäkter. Sågverket var villigt, att ge bort 300-500 m³s städbark per år, av dålig kvalitet. Alternativet för denna volym hade annars troligen varit deponi med en skatt på 370 kr/ton se kap 1.5. Förutsatt att sågverket skulle deponera 500 m³s städbark per år kan man därför resonera att sågverket sparar ca 65 000 kr/år (Bilaga 4, Tabell 3.15) genom att ge bort den dåliga städbarken.

Fördelar:

- Besparar sågverket deponikostnaden på minst 370 kr/ton för den sämsta städbarken

Nackdelar:

- Inbringar eventuellt inga intäkter

3.6.3 Bark och städbark som jordförbättringsmedel

Om städbarken skulle avyttras till Norrlands Jord och Miljö i Luleå skulle den inte inbringa någon intäkt. Inte heller SÅTAB i östersund betalar något för städbarken. Jag räknar dock på ett hypotetiskt alternativ där mellan 1 000- 5 000 m³s av städbarken säljs till Hasselfors Garden eller liknande. Den extra intäkt detta medför skall vägas mot vad barken varit värd om man eldat den själv på sågen. För att få fram detta antas att sågverket i stället blir tvunget att elda vanlig bark som i annat fall kunnat säljas för avsalu.

Sågverket får 90 kr/ton eller 42,8 kr/MWh för spottvolymen utan leveransavtal för barken vid försäljning till värmeverk. Städbarken innehåller 0,4 MWh/m³s, se tabell 2.1. Hasselfors betalar 60-70 kr/m³s vid deras industri. I exemplet räknar jag med att transportsträckan för städbarken är 10 mil. Försäljning av 1 000 m³s bark skulle ge en extraintäkt på ca 25 000. Om man skulle lyckas sälja hela 5 000 m³s som jordförbättringsmedel skulle detta ge en extraintäkt på ca 124 000 kr. Kalkylen för bilagan visas i Bilaga 4, Tabell 3.16.

3.6.4 Bark som saneringsmedel

ZUGOL i Falun betalar ca 57 kr/m³s och värmeverket betalar ca 29 kr/m³s för barken på sågverket för spottvolymen utan leveransavtal. Jag antar i exemplet att avståndet till användaren är 10 mil. Jag har i beräkningarna räknat med att det kostar 57 kr/ton för denna sträcka (Muntlig kommunikation Edlund, 2004). Detta medför en transportkostnad för barken på 18,2 kr/m³s. ZUGOL vill ha så stor andel skorpbark som möjligt i sin bark och det är endast ren furubark som godkänns. I Bilaga 4, Tabell 3.17 följer 6 olika alternativ och ekonomiskt utfall av försäljning till ZUGOL. Som exempel kan nämnas att om 1 000 m³ bark skulle säljas till ZUGOL skulle detta ge en merintäkt på ca 70 000 kr och om hela 5 000 m³ bark skulle säljas skulle detta ge en merintäkt på ca 350 000 kr (Bilaga 4, Tabell 3.17).

Det kan vara svårt att få ut stora mervärden för barken om man handlar med större volymer då barken har ett ”marknadpris” som inte skiljer sig så mycket åt (Edlund, 2004). Kalkylen visar ändå att det går att få ut mervärden för barken om man finner de rätta kanalerna och de rätta köparna.

3.6.5 Sol och vind torkning av städbarken

Torkning av städbark med ca 70 % fukthalt till ca 55 % fukthalt. Liknande försök har genomförts av Hermansson och Rutegård (1984).

I exemplet antas att det finns ledig yta för att torka barken på. För ca 3 000 m³s städbark krävs det en plan på ca 80*80 m om höjden på städbarkslagret är ca 0,5 m. Om skopan rymmer 6 m³s skulle de behövas 500 rundor för att sprida ut barken och lika många för att hämta in den. Jag antar att arbetet med att breda ut en skopa städbark skulle ta ca 3 minuter för varje skopa. För att få fullgott resultat räknar jag också med att vända materialet en gång under lagringstiden och att vändningen av materialet tar ca 1 minut per skopa. Formlerna för att få ut m³f/ton, fukthalt, kg/m³s och vissa erfarenhetsvärden är hämtade från muntlig kommunikation med Gustav Edlund,(2004).

Kostnaderna för utläggning och vändning av materialet uppgår till ca 15 000 kr se Bilaga 4, Tabell 3.18. När fukthalten i 3 000 m³s städbark sjunker från 70% fukthalt till 55% fukthalt ökar energiinnehållet med 340 MWh se Bilaga 4, Tabell 3.19. Räknar man om dessa MWh till torrflis och sedan säljer denna skulle detta inbringa en intäkt på ca 24 000 kr. Torkningen ger alltså ett netto på ca 9 000 kr, se Bilaga 4, Tabell 3.20.

Fördelar:

- Använder sig av befintlig personal och maskiner
- Det behövs inga nya investeringar
- Höjer bränslevärdet i material som annars varit mycket svårt att elda

Nackdelar:

- Kräver stora lediga ytor
- Varierande torkresultat
- Om det kommer mycket nederbörd kan torkresultatet bli mycket dåligt

3.7 Kalkyl för deponi av barken och städbarken

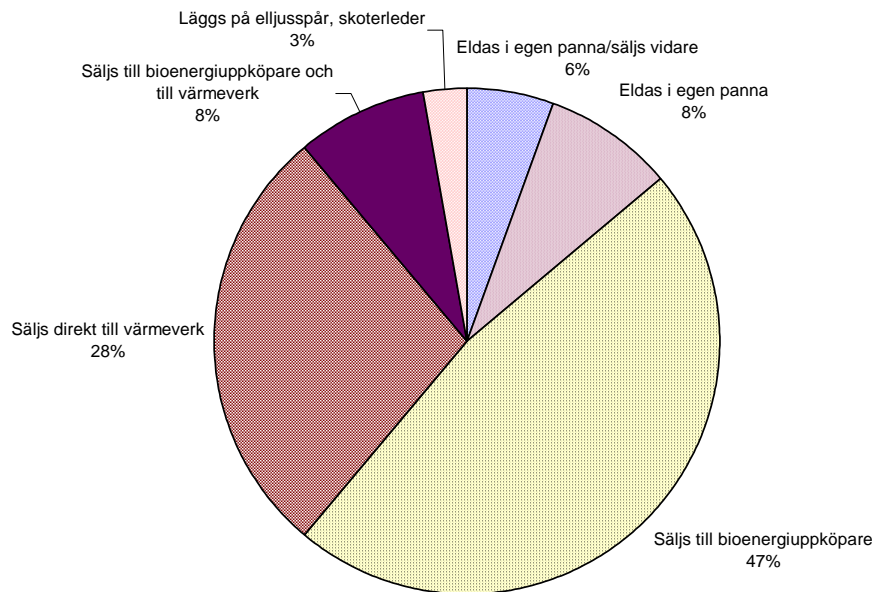
Som det är idag faller det årligen ut ca 1 000 ton aska. Den årliga kostnaden för deponi av aska med dagens system är 370 000 kr (Muntlig kommunikation Taavo 2004). Denna kostnad skulle troligen minska om den ingående städbarken varit torrare eftersom en mer fullständig förbränning då troligen hade skett. Att städbarken efter krossning storleksmässigt blir så fin har troligen också en negativ påverkan då fint material lätt yr med förbränningsluften utan att hinna bli fullständigt förbränt (Muntlig kommunikation Gille, 2004). Det material som inte hinner förbrännas men som ändå följer med förbränningsluften hamnar via rökgasfiltret i askcontainern. En del av detta material hade annars tillfört mera värme och kostat mindre i deponiavgift.

Fram till för bara något årtionde sedan lades all städbark men även mycket av barken på sågverkens barktippar. I dag är detta på grund av avfallsskatten samt de ökade biobränslepriserna inte ett alternativ men för att belysa dessa kostnader har jag gjort en kalkyl som precenteras i Bilaga 4, Tabell 3.21. Barken skulle kosta ca 7,1 miljoner kronor att lägga på deponi. Städbarken enbart skulle kosta ca 1,3 miljoner kronor att lägga på deponi. Bark och städbark skulle tillsammans kosta ca 8,4 miljoner kronor att lägga på deponi. Kalkylen för bilagan visas i Bilaga 4, Tabell 3.21.

3.8 Resultat av enkät och intervjuer till sågverken

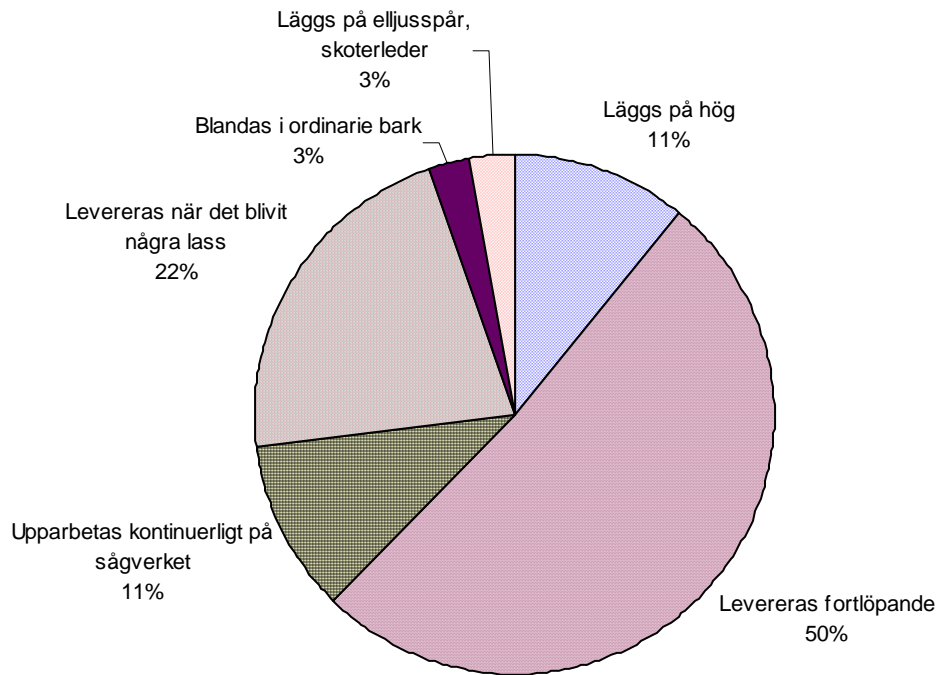
Av de 62 tillfrågade sågverken svarade 37 st på frågorna vilket motsvarar en svarsfrekvens på 60%. Av dessa svarade i sin tur 31 sågverk på frågorna direkt på telefonen medan övriga bad att få frågorna skickade via e-post. Svarsfrekvensen bland de som fick frågorna skickade till sig via e-post var låg (endast 3 svar) varför en påminnelse skickades ut. Svarsfrekvensen på denna var också låg då endast ytterligare 3 svar kom in. På frågan hur sågverket använde eller avsatte sin städ bark svarade 36 av 37 tillfrågade på frågan hur städ barkshanteringen skedde under den snöfria perioden svarade samtliga (Figur 3.1)

Figur 3.1. Sågverkens användning/avsättning för städ barken



De flesta sågverken i södra Sverige hade inte några problem att bli av med sin städ bark. Några svarade även på vad de fick betalt för städ barken och detta varierade mellan 10-40 kr/m³s vid sågverket. Av de 8 sågverk i norra Sverige som intervjuades var det inga som eldade städ barken själva. 5 av dessa fick betalt för städ barken då den såldes till SÅTAB, värmeverk eller liknande. 3 sågverk fick inte betalt för sin städ bark men behövde heller inte betala för att bli av med den.

Figur 3.2 *Hantering av städbarken under den snöfria perioden*



På frågan hur städbarken togs omhand när den var snöblandad svarade samtliga 37 att den lades på hög för att senare tinas upp. Det framkom alltså tyvärr ingen bra idé på hur man kan lösa problemet med snön i städbarken.

Förhoppningen var att något sågverk skulle ha ett bra förslag på hur städbarken enkelt och billigt kontinuerligt kunde upparbetas på sågverket. Av 37 sågverk var det 4 som hade egna maskiner för en kontinuerlig upparbetning av städbarken.

Dessa 4 maskinalternativ var:

- En hammarkvarn införskaffad från ett massabruk. Av intervjun framkom att underhållskostnaden för den gamla hammarkvarnen var stor och att systemet inte fungerade så bra.
- Städbarken gick tillsammans med den vanliga barken genom barkrivaren för att där blandas.
- Siktas i en ALLU siktskopa. Jag besökte senare detta sågverk, se kap 2.6.3.
- Siktas i ett BRUKS vibro sälltransportör, se kap 2.6.5.

Av dessa fyra eldade tre städbarken i den egna pannan efter bearbetning. Den fjärde och sista sålde städbarken efter sällning till ett värmeverk. Denna anläggning är helt ny och driftserfarenheterna var därför inte så stora.

3.9 Jämförande analys av de olika maskinalternativen 2.5.2-2.6.6

För att tydligare åskådliggöra kostnaderna för de olika alternativen med uppbyggnad av städbarken samt bräckaget med en mobil eller stationär anläggning visas nedan en jämförelse mellan alternativen 2.5.2-2.6.6 (se Tabell 3.22 och 3.23).

Tabell 3.22 Jämförelse av de mobila anläggningarna

	Doppstadt+ Siktskopa	Doppstadt DZ 750 kombi	Doppstadt Trummsikt	Willibald MZA 4600
	(kr)	(kr)	(kr)	(kr)
Summa bräckage	82 500	82 500	87 080 ^a	75 000
Summa utan bräckage	200 000	238 160	362 000+45 800 ^a	255 000
Summa med bräckage	282 500	321 000	495 000	330 000
Gämfört med dagens system				
Utan bräckage		-38 660	-208 300	-55 500
Med bräckage		-39 000	-213 000	-48 000

Anm: ^a Eftersom maskinen varken krossar bräckaget eller överstort material har detta gjorts med en Doppstadt DZ 750 kombi varav den förhöjda kostnaden.

^b Se kap 3.3.2.

Vid en jämförelse av de entreprenörer och mobila maskinsystem som kan komma i fråga på Seskarö sågverk är den finska entreprenören med en Doppstadt DZ 750 kombi den som har billigast totalkostnad för uppbyggnad av städbark och bräckage. Vad gällde bräckaget så var Normmiljö billigare. Skillnaden för uppbyggnad av städbark och bräckage mellan dessa 2 olika maskinsystemen och entreprenörer är inte stor. Det skiljer endast ca 9 000 kr till fördel för Doppstadt DZ 750 kombi i uppbyggnadskostnad mot Willibald MZA 4600. Att uppbyggnad städbarken med en trummsikt blir dyrare. Det är ca 160 000 kr dyrare att uppbyggnad städbarken med denna trummsikt. Materialet man får ut är troligen av bättre kvalitet men det uppväger sannolikt inte den betydligt större kostnaden.

Tabell 3.23 Jämförelse av de stationära anläggningarna

	Järnforsens skivsåll	ALLU SM 4-23	ALLU SM 4-27	Willibald sikt	Bruks vibrosåll	GEA Spillvärmatork
Grundinvestering (kr)	940 000	340 000	370 000	?	1 200 000	2 000 000
Kalkylränta (%)	11	11	11	11	11	11
Ekonomisk livslängd (år)	7	10	10	7	7	7
Årlig besparing vid investering (kr) ca:	12 000	119 000	125 000	?	-43 000	-188 000

Anm: All bark behandlas i de olika alternativen ovan.

Kalkylen visar att Järnforsens skivsåll samt de båda siktskoporna är investeringar som uppfyller kravet på minst 11 % avkastning. Den metod som ger allra högst annuitet och därmed högst avkastning är ALLU siktskoporna och då framför allt den större modellen

4-27. Bruks vibrosåll når inte riktigt kravet på 11 % kalkylränta med en ekonomisk livslängd på 7 år.

3.10 Jämförande analys av barkens alternativa användningsområden och förädlingsalternativ

De olika alternativen berör olika områden och det är därför svårt att göra en rättvis jämförelse. Det som dock går att konstatera är att det kan finnas pengar att tjäna om man hittar mer specialiserade användningsområden och användare för barken och städbarken.

Tjälskydd eller liknande i stället för deponi

Om Seskarö sågverk hittar en användare av de ca 500 m³s städbark som är av så dålig kvalitet att man helst ger bort den skulle detta spara ca 65 000 kr (Bilaga 4, Tabell 3.15). Denna besparing förutsätter att alternativet annars varit att lägga denna volym städbark på deponi. Exempel på avsättning för den sämsta kvaliteten är att ge bort materialet som underlag för vandrings och skoterleder eller som tjälskydd vid markarbete under vintern (se kap 3.6.2).

Saneringsmedel

I exemplet med ZUGOL som tillverkar oljesaneringsmedel har Seskarö sågverk en viss fördel då de endast har ren furubark, vilket är den enda kvalité som ZUGOL köper in. Eftersom ZUGOL ligger i Falun är det p.g.a. transportavståndet inte ett kommersiellt alternativ men visar på att det går att hitta alternativa avsättningar för barken som kan ge ett högre netto. ZUGOL betalar ca 57 kr/m³s medan värmeverket endast betalar ca 29 kr/m³s. Om sågverket lyckas sälja 1 000 m³ bark till ZUGOL eller liknande skulle detta innebära en extraintäkt på ca 70 000 kr. Om sågverket skulle lyckas sälja hela sitt överskott till ZUGOL eller liknande skulle detta innebära en extraintäkt på ca 350 000 kr, se Bilaga 4, Tabell 3.17.

Sol- och vindtorkning

Sol- och vindtorkning av städbarken som faller ut under vintern från en fukthalt på 70 % till 55 % skulle öka värmevärdet hos 3 000 m³s städbark med ca 765 MWh. Detta motsvarar ca 153 ton torrflis. Sålts till värmeverk skulle detta inbringa ca 24 000 kr. Den totala kostnaden för torkning skulle bli ca 15 000 kr. Detta innebär ett överskott på knappt 9 000 kr (Bilaga 4, Tabell 3.18-3.20). Beräkningarna visar att det lönar sig att torka den mycket fuktiga barken som fallit under vintern innan den ska eldas (se kap 2.8.4).

Deponi

Deponi av all städbark är inte längre ett ekonomiskt godtagbart alternativ för Seskarö sågverk. Städbarken bidrar idag med viktig energi till pannan. Skulle de 10 000 m³s städbark som årligen faller ut på sågverket deponeras skulle detta innebära en kostnad på ca 1,3 miljoner kr, se tabell 3.21.

4. DISKUSSION

Sågverkens restprodukter har med tiden fått ett allt högre värde. Framförallt har avsättningen och värdet för bark ökat. Det är idag ytterst små volymer ren bark som läggs på deponi. Ett sortiment som dock fortfarande ofta ställer till problem och ibland är svårt att hitta avsättning för är städbarken. På grund av sin stora föroreningshalt, heterogenitet samt ofta låga bränslevärde är städbarken en produkt som kan vara svår att hitta en lönsam avsättning för. Detta verkar framförallt vara ett problem för sågverken i norra Sverige. Tillgången på bränslen för värmeverken i norra Sverige är oftast så pass god att de inte gärna köper in städbark att elda med då det finns bättre trädbränslen.

På grund av de höga substansförlusterna i början av lagringstiden (Figur 2.5) för bark är det viktigt att om möjligt förbränna städbarken och barken så fort som möjligt eller få ned fukthalten i materialet så att förlusten inte blir så kraftig. Enligt muntlig kommunikation med Jirjis (2004) underskattas ofta substansförlusterna vid terminaler mm. Uppfattningen många sågverk, terminaler mm. har är att materialet bör ligga några månader. Detta torde vara felaktigt då den största substansförlusten vid lagring av trädbränslen har skett redan efter 4-6 veckor. Även om materialet torkar då stacken blir varm är det mycket sällan energinettot blir positivt av lagring. Jag fann 7 studier gjorda på energinettot vid lagring och i endast ett prov av de 24 som undersöktes blev energinettot positivt efter lagring, i de övriga var det negativt. Genomsnittet på dessa 24 studier var en nettoenergiförlust på 1,9 % per månad. Det ekonomiska nettot av lagringen kan trots energiförlusten ha ökat sitt värde på grund av att materialet torkat och på så sätt fått ett högre värde vid försäljning till kund.

På grund av den ojämna tillgången på bark över året finns det ett behov av att lagra en viss volym bark. Med hjälp av bland annat Figur 1.7 som visar pannans barkbehov över året samt sågverkets barktillförsel kan man förhoppningsvis på ett bättre sätt förutspå barkåtgången på sågverket. Om man vet vilka volymer som förväntas komma in kan man planera lagren av bark och städbark så att lagren och därmed substansförlusterna blir så små som möjligt. Enligt Figur 1.7 är det största överskottet på bark mellan januari till april. Under denna tid brukar det normalt inte vara några problem att sälja barken. Under september och oktober finns det ett visst överskott som om möjligt bör läggas på lager då det i november och december råder en viss brist på bark. Det vore lämpligt att krossa bräckaget på hösten innan snön kommer för att få ett så torrt och bra material som möjligt. Det verkar onödigt att vänta med att krossa detta högvärdiga bränsle till vintern som skedde 2004 och på så sätt minska dess bränslevärde via en viss inblandning av snö. Det krossade bräckaget kan också användas för att hjälpa upp underskottet av bark på hösten.

På grund av de höga deponiskatterna samt de stigande energipriserna är det troligt att även städbarken blir en restprodukt av värde. När jag kontaktat tillverkare av maskiner i branschen för avfall och restprodukter från sågverk är de alla medvetna om behovet av ett enkelt sätt att rensa städbarken från dess föroreningar samt krossa den till en lämplig fraktion. Flera av dessa säger också att maskiner är på väg men att de tar tid att utveckla.

Troligen kommer det därför inom de närmaste åren komma ut ännu fler maskiner för upparbetning och sortering av restprodukter som städbark.

Som framkommit i min enkät och intervjuundersökning till sågverken är det få sågverk som själva eldar sin städbark på grund av de problem som denna medför. På Seskarö sågverk har man en förbränningsanläggning som tål att elda städbark i då deras panna tål höga fukthalter och inte är så känslig för mineralföroreningar som annars ofta medför sintringsproblem i pannan. Med detta utgångsläge lämpar sig anläggningen väl för att ta hand om städbarken som eget bränsle.

Frågan är då vilket system som är att föredra för upparbetningen av städbarken. Antingen kan man fortsätta att hyra in entreprenörer för detta eller så finns möjligheten att köpa in en anläggning för att själva upparbeta sin städbark. Det finns för- och nackdelar med båda systemen som jag vill belysa nedan.

Dagens system med en entreprenör som kommer 2 gånger per år för att upparbeta städbark och bräckage har både för- och nackdelar jämfört med en stationär maskin.

Fördelar:

- Slipper investera i dyra maskiner för upparbetning av städbarken
- Maskinen som upparbetar materialet idag tar bort metallföremål samt en del sten
- Anstränger inte verksamheten i övrigt då inga egna maskiner eller personal behöver hjälpa till

Nackdelar:

- Städbarken och bräckaget blir endast tillgängligt några få gånger per år och man kan därför inte styra tillgången av städbarken som bränsle hur man vill (låg tillgänglighet)
- Upparbetningskostnaden per m³ blir hög
- Städbarken blir ofta liggande under långa perioder och tappar då energiinnehåll på grund av bl.a. substansförluster.

Om sågverket skulle välja att investera i en egen anläggning skulle detta system också ha för- och nackdelar. Dessa är bland annat:

Fördelar:

- Den största fördelen är att städbarken blir tillgänglig när som helst. På detta sätt får sågverket det lättare att planera tillgången på bränsle till pannan
- Minskade substansförluster genom att städbarken kan upparbetas och förbrännas kontinuerligt och troligen kan en större volym av torrflis och bark säljas för avsalu
- Oftast lägre upparbetningskostnad per m³ än mobila anläggningar

Nackdelar:

- Om det är ont om personal anstränger städbarsupparbetningen verksamheten ytterligare då egna maskiner eller personal behövs
- En anläggning för upparbetning av städ bark kan komma att kräva en ganska stor investering
- De maskiner och maskinsystem som finns tillgängliga för sågverken är oftast enklare än de mobila maskiner entreprenörerna använder sig av. Städbarken som lämnar de mobila maskinerna är därför ofta av något bättre kvalitet och betingar därför ett högre värde än städbarken som passerat de stationära maskinerna.

Willibald sikten skulle mycket väl kunna vara en bra investering men då det inte finns några tillförlitliga driftserfarenheter på denna nya maskin kan jag varken avråda från eller rekommendera denna investering.

En investering i en eventuell tork skulle ge en stor årlig förlust varför man i fallet på Seskarö inte bör investera i en sådan. Om ett sågverk däremot skall byta panna kan det ekonomiska utfallet bli ett helt annat. På grund av det högre bränslevärdet och att pannan kan anpassas efter torken kan resultatet bli positivt.

Det vore intressant att titta på om det skulle löna sig att förädla mer av barken och städbarken i en anläggning likt SÅTAB även längst upp i Norrland. Kanske är detta ett uppslag för ett nytt examensarbete.

Att sälja barken som saneringsmedel är kanske inte något troligt alternativ på grund av det stora avståndet till Falun men exemplet visar att man kan få ut ett extra värde om barken kan avsättas till speciella ändamål.

Jag tycker syftet med detta arbetet är väl uppnått. I arbetet har jag föreslagit ett antal åtgärder för att optimera hanteringen av bark och städ bark på Seskarö sågverk. I arbetet anges också ett antal åtgärdsförslag för hur man kan avyttra och behandla barken och städbarken för att få en högre avkastning.

Det var få av de rapporter som studerades som innehöll exakta data på substansförlusten varje enskild månad. I de flesta fall var det bara ett genomsnitt på substansförlusten över studiens längd. Det var inte någon rapport som specifikt månadsvis behandlade tallbark. Eftersom det finns ett intresse för substansförlusternas storlek och det råder delade uppfattningar på detta område mellan forskare och industrin föreslår jag ett nytt projekt som gör närmare studier på detta. Dessa studier skulle mäta substansförlusterna och energinetto med täta mellanrum i stora stackar för att få en kurva på lagringsekonomin och vilka förluster som är att vänta vid lagring av bark.

5. REKOMMENDATIONER

5.1 Hanteringen av bark och städbark

Det finns några rekommendationer att ge vad gäller hanteringen av barken och städbarken på Seskarö sågverk.

- Det vore lämpligt med en dialog med timmerbilschaufförerna och skotarförarna om hur man kan minska mängden sten och skräp som kommer in till sågen. Mycket av den större stenen följer med från timmervältan i skogen.
- Sågen bör om möjligt försöka hindra att bark och städbark blir liggande i stora stackar allt för länge då man ganska snabbt får märkbara substansförluster. Om kvalitén på städbarken tillåter bör städbarken köras direkt till pannan. Vinsten om man lyckas förhindra lagring så att substansförluster ej uppkommer är ca 42 000 kr per år.

5.2 Investeringsrekommendation

Enligt mina beräkningar är det alternativ som ger störst avkastning en investering i en ALLU SM 4-27. Jag har därtill vid flera tillfällen besökt ett annat sågverk som använder sig av denna skopa för att upparbeta städbarken och huvuddelen av bräckaget och är mycket nöjda med denna (Muntlig kommunikation Svensson, 2004).

Problemet med materialet som passerar skopan är att kvistbitar kan följa med igenom och skapa problem vid bränsleintaget till pannan. Hur stora dessa problem kan bli är svårt att förutse. Eftersom man tidigare lånat en liknande skopa som inte varit anpassad för städbark är det troligt att problemen kommer att minska, se kap 1.5.6. Min uppfattning är att man sparar så mycket pengar med denna investering att det är värt vissa ändringar i rutiner samt eventuellt viss ombyggnad av bränsleintaget till pannan. Enligt mina beräkningar skulle sågverket tjäna 125 000 kr varje år på att investera i en ALLU SM 4 – 27. Till detta kommer troligen en besparing i minskad kostnad för lastmaskinen. Denna har Taavo (2004) uppskattat till ca 160 000 kr om man slipper transportera runt all städbark flera gånger utan istället kunde köra den till en upparbetningsmaskin på en gång. Denna besparing är dock ganska osäker.

Det kommer troligen att komma ut maskiner som är bättre lämpade för att hantera städbarken inom några år. Om man investerar i en fast anläggning blir denna svår att avyttra när nya effektivare maskiner kommer ut på marknaden. ALLU -skopans användningsbredd gör den dock mycket eftertraktad på begagnatmarknaden. Om skopan trots allt inte skulle passa på Seskarö sågverk borde den därför vara lätt att avyttra utan några stora förluster.

5.3 Råd om hantering av städbark samt bräckage om Seskarö sågverk väljer att investera i en ALLU siktskopa

- Upparbeta städbarken ofta. Minst en gång per vecka för att minimera substansförluster och få ett jämt flöde av tillgänglig städbark till pannan.
- Dela upp städbarken i minst två sortiment. Det bättre sortimentet innehåller inte mycket kvist och föroreningar. Detta sämre tas lämpligen under timmerintaget till sågen. Det andra innehåller mycket kvist och föroreningar och tas till största delen från timmersorteringen. Denna uppdelning är lämplig då den renare städbarken går att köra till pannan efter första sållningen. Städbarken med mycket kvist kan om det behövs sållas ytterligare en gång för att krossa materialet ytterligare.
- Dela upp det bräckage som faller ut i två olika sortiment. Det första sortimentet består av kortare bräckage och spetor. Detta material kan köras igenom av ALLU siktskopian. Det grövre bräckaget får samlas upp för att krossas av entreprenör eller föras till den egna flistuggen som hugger denna till torrflis. Den entreprenör som i första hand skall kontaktas är Norrmiljö med sin Willibald MZA 4600. De hade en något lägre kostnad för upparbetning av bräckaget än den finska entreprenören med Doppstadt DZ 750 kombi.

5.4 Råd om hantering av bark och städbark om sågverket väljer att även i fortsättningen anlita entreprenör vid städbarksupparbetningen

- Anlita den finska entreprenören med Doppstadt 750 kombi! Prova också att anlita Norrmiljö med sin Willibald MZA 4600. Maskinerna är av liknande typ varför resultatet förväntas bli ungefär detsamma. Totalkostnaden för upparbetning av materialet skiljer sig endast med ca 9 000 kr, se tabell 3.23.
- Försök om möjligt att upparbeta städbarken fler än 2 ggr per år då den förväntade kostnaden för substansförlusten är betydligt större än uppställningskostnaden för en mobil anläggning.
- Planera i god tid när ni vill att entreprenören skall komma. Detta underlättar planeringen av tillgången på bränsle bättre.
- Lagg den upparbetade städbarken i limpor och inte högre än vad lastmaskinen når (ca 4-5 meter)! Detta p.g.a. den ökade risken för självantändning.
- Packa inte högarna då detta ökar risken för självantändning.
- Blanda inte krossat bräckage tillsammans med den krossade städbarken då detta också medför en ökad risk för självantändning.
- Den upparbetade städbarken bör förbrännas så fort som möjligt för att minimera risken för ökade substansförluster samt självantändning.

5.5 Övriga rekommendationer

Eftersom kalkylerna visar på att det finns pengar att tjäna på att hitta andra avsättningskanaler, framförallt för barken anser jag att det är lönsamt att lägga ner viss tid på att hitta nya kunder och försäljningskanaler för detta sortiment (se kap 3.6.2-3.6.5)

Eftersom Seskarö sågverk inte ligger så strategiskt placerat vad gäller närhet till konsumenter av sågverkets restprodukter skulle jag vilja föreslå ett större samarbete med t.ex. Seskarö Framtids företagsby. Sågen skulle t.ex. kunna leverera sågspån eller torrflis till pelletsanläggningen. En annan ide skulle kunna vara en anläggning likt ZUGOL där tallbarken från sågen tas omhand på ön för att vidareförädlas i företagsbyn. Försök driva på utveckling runt olika vidareförädlingsalternativ som gör att den geografiska placeringen blir till en fördel.

REFERENSER

- Eklund**, 2004. Omräkningstal för torrflis och bark från barrträd. Assidomän Nord Trä AB. Mimeo.
- Engberg**, J. 2001. Omhändertagande av skogsindustriella restprodukter. Examensarbete nr 25 2001. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogshushållning. Uppsala.
- Ernstson**, M-L & Rasmuson, A. 1988. Mathematical modelling of transport processes and degradation reactions in piles of forest fuel material. Uppsatser och resultat nr 134. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Uppsala.
- Fredholm**, R. Jirjis, R. 1988. Säsongslagring av bark från våtlagrade stockar. Rapport nr 200. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Fryk**, H. 1984. Fuktighet och bränslevärde hos bark, sågspån och kutterspån. Uppsats nr 141. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära. Uppsala
- Hermansson**, A. Rutegård, G. 1984. Barkhantering. Examens och seminariearbeten nr 6 1984. Sveriges lantbruksuniversitet, skoglig marknadsinriktning, Uppsala.
- Jirjis**, R. 1994. Lagring av torkad bark i ventilerad stack. Rapport nr 243. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala
- Johansson**, B. 2001. Ved, flis och bark. Skogsindustrins utbildning i Markaryd AB.
- Kassberg**, M. 1994. Ved, flis och bark. Yrkesbok Y-201. Skogsindustrins utbildning i Markaryd AB.
- Lehtikangas**, P. 1999. Lagringshandbok för trädbränslen. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala
- Lehtikangas**, P. Jirjis, R. 1998. Lagring av torrflis och bark i norra Sverige. Rapport nr 254. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala.
- Lundberg**, Y. Hagelin, Å. Malmberg, M. Eriksson, A. Holmgren, L. Persson, M. 1998. Förädling av sågverkens restprodukter. Träteck, Rapport P 9804020
- Löwgren**, G. 1987. Lagring av flisade hyggesrester och flisad ekstamved i stora stackar. Rapport nr 191. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för virkeslära, Uppsala.
- Nilsson**, P-O. Lönner G. 1999. Energi från skogen. SLU Kontakt 9. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Nykvist, N.** 1969. Nedbrytningsförsök med bark av tall och gran. Specialrapport 75. Statens väginstitut.
- Olsson, U.** 1998. Kalkylering för produkter och investeringar, Lund.
- SFS 1999:673.** Lag om skatt på avfall.
- SFS 2001:512.** Förbud mot deponering av utsorterat brännbart avfall.
- SFS 2001:1063.** Förbud mot deponering av organiskt avfall.
- Thomsson, O.** 1988. Pulp and Paper Journal nr 9.
- Thörnqvist, T.** 1980 a. Lagring av bränsleflis i perforerade plastsäckar. Rapport nr 115. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T.** 1980 b. Lagring av grenar och toppar i olika fraktioner. Rapport nr 113. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T.** 1982. Betydelsen av tak och luftigt underlag vid lagring av bränsleflis. Rapport nr 127. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T.** 1983 a. Lagring av hyggesrester sönderdelade i olika fraktioner. Rapport nr 146. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T.** 1983 b. Kallluftstorkningens betydelse för bränsleflisens lagringsbarhet. Rapport nr 142. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T.** 1983 c. Lagring av sönderdelade hyggesrester. Rapport nr 137. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära.
- Thörnqvist, T. Jirjis, R.** 1990. Bränsleflisens förändring över tiden vid lagring i stora stackar. Rapport nr 219. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens produkter.
- Thörnqvist, T.** 1988. Wood fuel storage in large piles. Uppsatser och resultat nr 134. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Uppsala.

Muntlig kommunikation

- Björklund, Lars.** SDC. 040420.
- Edlund, Gustaf.** Svea skog. 040427.
- Eriksson, Ann-Sofie.** Econova. 040212.

Eriksson, Magnus. ALLU. 040514.
From, Dennis. Norrmiljö i Lycksele. 040217.
Frosterud, Daniel. GEA Exergy AB. 040324.
Fyhr, Kjell. Bodafors Trä AB. 040212.
Gille, Pontus. KMW Energi AB. 040217.
Gustavsson, Patrik. PEAB. 040212.
Jenssen, Robert. Rockhammars Bruk AB. 040520.
Johansson, Kurt. Norrlands Jord och Miljö AB. 040214.
Jirjis, Raida. SLU/Bioenergi. 040220.
Pohjanen, Raimo. Pohjaset KY. 040115.
Sandström, Ingmar. Seskarö sågverk. 040309.
Stralhed, Lars. Hasselfors Garden AB. 040222.
Svensson, Egon. Nydala trävaru AB. 040413.
Taavo, Karl-Johan. SETRA Group. 040215.
Wikman, Karina. ZUGOL AB Svensk barkindustri. 040331.

Internet-referenser

www.allu.net	-0403
www.bruks.com	-0403
www.doppstadtus.com	-0404
www.gea-evaporation.se	-0404
www.notisium.se	-0403

BILAGOR

Bilaga 1. Frågeformulär till sågverken

Bilaga 2. Planskiss över Seskarö sågverk

Bilaga 3. Sammanställning av litteraturstudie kring substansförluster

Bilaga 4. Tabellbilaga

Bilaga 1. Frågor till sågverken

Frågor till sågverk angående deras städbarkshantering

Vilken trädslagsfördelning sågar ni?

Hur mycket sågar ni? (kubikmeter sågad vara/m³sv¹)

Hur mycket städbark uppskattar ni att det faller ut? (m³ stälpt/m³s²)

Hur använder/avsätter ni städbarken?

Hur hanteras städbarken under den snöfria perioden?

Hur hanteras städbarken under tiden då barken är snöblandad?

Om städbarken upparbetas på sågverket, sker detta med en stationär maskin eller hyrs en maskin in för upparbetningen?

Vilken maskin, maskintyp? (Såll, hammarkvarn eller något annat)

Om maskinen hyrs in, hur ofta upparbetas städbarken och när?

Är ni nöjda med resultatet?

Har ni tidigare gjort några försök med att förenkla städbarkshanteringen eller på något sätt öka dess kvalitet?

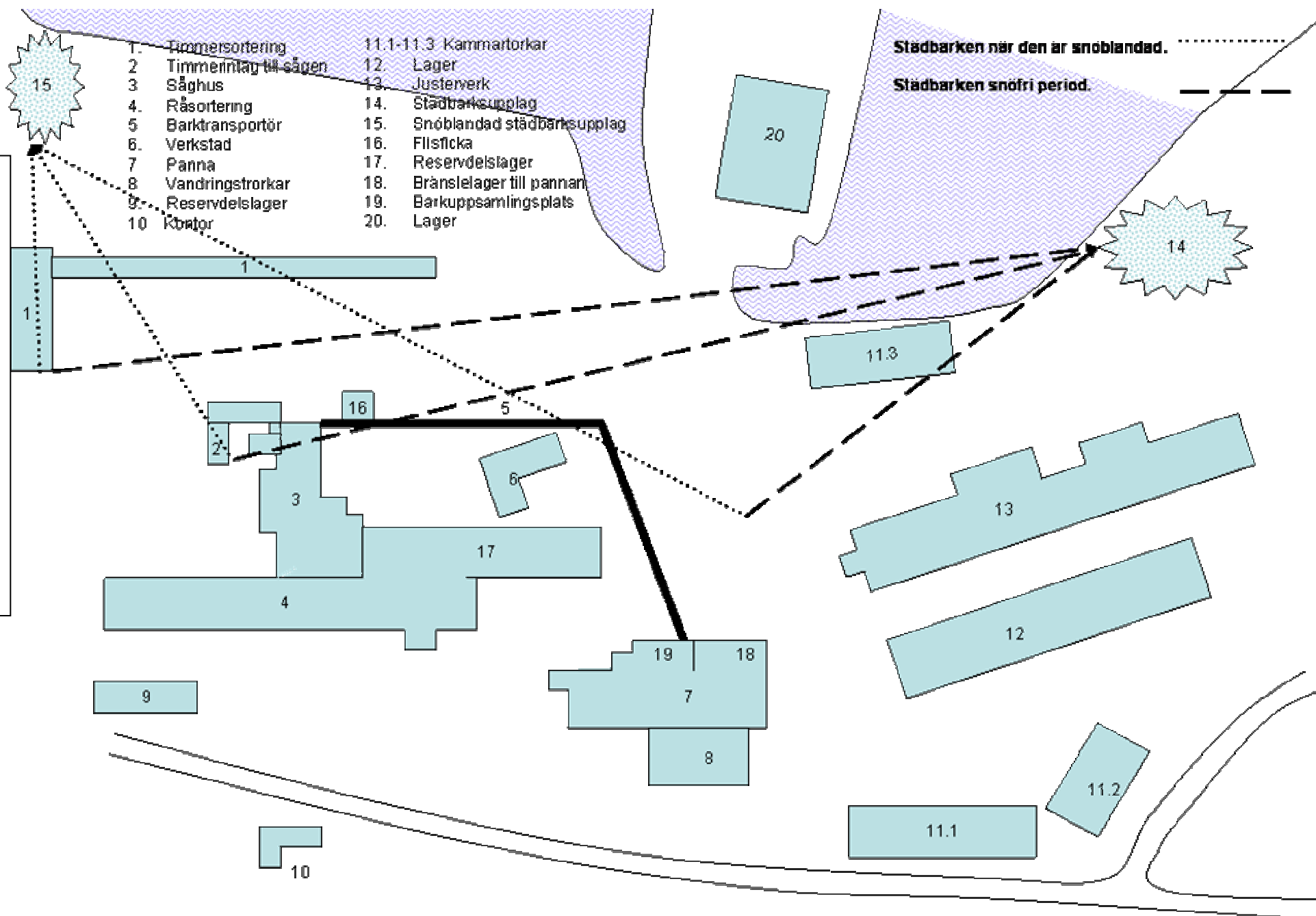
Vilken ungefärlig bränslemix har ni i sågverkspannan?

¹ m³sv=kubikmeter sågad vara

² m³s= kubikmeter stälpt mått

Bilaga 2. Planskiss över seskarö sågverk

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Timmersortering | 11.1-11.3 Kammarstorkar |
| 2. Timmerinlag till sågen | 12. Lager |
| 3. Såghus | 13. Justerwerk |
| 4. Råsörtering | 14. Stådbarksupplag |
| 5. Barktransportör | 15. Snöblandad stådbarksupplag |
| 6. Verkstad | 16. Flisficka |
| 7. Panna | 17. Reservdelslager |
| 8. Vandringstrorakar | 18. Bränslelager till pannan |
| 9. Reservdelslager | 19. Barkuppsamlingsplats |
| 10. Kbrator | 20. Lager |



Stådbarken när den är snöblandad.
Stådbarken snöfri period.

Ca 100 meter

Bilaga 3. Sammanställning av litteraturstudie kring substansförluster.

Alla Rapporter finns inte representerade i bilagan på grund av platsbrist, därför fattas vissa nummer. Jag valde bort de som innehöll minst information.

Rapporternas nr i Bilagan

1. Lehtikangas & Jirjis, 1998.
2. Fredholm & jirjis, 1988.
3. Thörnqvist ,1983 c.
4. Lövgren, 1987.
5. Thörnqvist, T. 1980 a.
6. Thörnqvist & Jirjis, 1990.
7. Jirjis, 1994.
8. Engberg, 2001.
9. Crona ,1988.
10. Thörnqvist, T. 1983 a.
11. Nykvist, 1969.
12. Thörnqvist, T. 1980 b.
13. Thörnqvist, T. 1983 b.
14. Thörnqvist, T. 1982.

Bilaga 3.

Studie nr:	Träslag	Substansförlust per månad %	Substansförlust totalt %	Studiens längd i månader ca:	Ingående fukthalt %	Utgående fukthalt %	Stackvolym m ³ s ca:	Energiförändring per månad %
1a	Barrträdsbark	5	10	2.5	47	38		
1b	Barrträdsbark	5	10	2.5	49	43		
2a	Granbark	3.6	14.3	4	66.9	67.5		-4.2
2b	Granbark	4.6	18.4	4	67.6	69		-3.6
2c	Granbark	4.12	16.5	4	64.9	65.3		-7.5
2d	Granbark	6.4	25.8	4	68	71.2		-4.9
3a	Sönderdelade hyggesrester	2.6	14.4	5.5	57.5	50.3	420	-2.1
3b	Sönderdelade hyggesrester	3.3	18.4	5.5	54.5	55.9	420	-3.9
4a	Sönderdelade hyggesrester	1.6	9.8	6	46.6	38.5	3000	-0.8
4b	Sönderdelade hyggesrester	1.1	6.8	6	42.2	23.3	3000	-0.2
4c	Sönderdelade hyggesrester	1.35	8.1	6	40.5	27.5	3000	-0.7
4d	Sönderdelade hyggesrester	2	12	6	44.1	46.9	3000	-2
5a	Sönderdelade hyggesrester	2.5	17.7	7	54.8	18	55	
5b	Sönderdelade hyggesrester	2.9	20	7	54.8	50	55	
6	Sönderdelade hyggesrester	1.7	11.3	6.5	41.9*	34.6*	5300	-1.2
8a	Städbark	2	6	3	65.5*	64.9	600	
8b	Städbark	1.4	5.5	4	65.5*	69.3	600	
8c	Städbark	2	6	3	65.5*	63.7	600	
8d	Städbark	1.7	6.7	4	65.5*	70.4	600	
8e	Städbark	1	4	4	29.7	27.4	600	
8f	Städbark	1.2	4.8	4	32.3	28	600	
10a	Sönderdelade hyggesrester	2.7	18.8	8	54.8	17.6	55	-0.9
10b	Sönderdelade hyggesrester	2.6	18	8	54.8	43.8	55	-1.6
10c	Sönderdelade hyggesrester	2.5	17.7	8	54.8	18	55	-0.7
10d	Sönderdelade hyggesrester	2.9	20	8	54.8	50	55	-2.2
14a	Sönderdelade hyggesrester	2.7	18.8	7	54.8	17.6	55	-1
14b	Sönderdelade hyggesrester	2.6	18	7	54.8	43.8	55	-1.8
14c	Sönderdelade hyggesrester	2.5	17.7	7	54.8	18	55	-0.8
14d	Sönderdelade hyggesrester	2.9	20	7	54.8	50	55	-2.5

Bilaga 4. Tabellbilaga

Tabell 3.2 *Systemkostnad/uppberetningskostnad med Doppstadt DZ 750 kombi och siktskopa*

	Summa kr
Uppställningskostnad	2*4 580=9 160
Uppberetning städbark	
Med DZ 750 kombi	160 300
Uppberetning städbark	
Med ALLU siktskopa	30 000
Uppberetning bräckage	
Med DZ 750 kombi	82 500
Summa utan bräckage	199 500
Summa med bräckage	282 000

Tabell 3.3 *Uppberetningskostnad med Doppstadt DZ 750 kombi*

	Summa kr
Uppställningskostnad	2*4580= 9160
Uppberetning städbark	
Med DZ 750 kombi	229 000
Uppberetning bräckage	
Med DZ 750 kombi	82 500
Summa utan bräckage	238 160
Summa med bräckage	321 000

Tabell 3.4 *Systemkostnad/uppberetningskostnad med Doppstadt trumsikt*

	m ³ s	kr/m ³ s	Summa kr
Uppställningskostnad			6 000*2= 12 000
Uppberetning städbark med DZ trumsikt	10 000	35	350 000
Uppberetning bräckage med DZ 750 kombi	3 000	xx ^a	xx ^a
Uppberetning överstor Städbark	2 000	xx ^a	xx ^a
Summa utan bräckage			408 000
Summa med bräckage			495 000

Anm: ^a Kostnader som ej får visas

Tabell 3.5 Systemkostnad/uppberetningskostnad med Willibald MZA 4600

	m ³ s	kr/m ³ s	Summa kr
Uppställningskostnad			2 500*2 ^a = 5 000
Uppberetning städbark			
Med MZA 4600	10 000	25	250 000
Uppberetning bräckage			
Med MZA 4600	3 000	25	75 000
Summa utan bräckage			255 000
Summa med bräckage			330 000

Anm: ^a Uppställningskostnad då uppberetningen sker på ordinarie rutt. Om sågverket vill att de ska komma utanför på annan tid än denna och detta innebär stor omväg får sågverket stå för transportkostnaden.

Tabell 3.6 Kalkyl för investering i Järnforsens skivsäll

		Enhet
Dagens system för uppberetning av städbark per år	199 460	kr
Järnforsen skivsäll		
Grundinvestering ^a	940 000	kr
Ekonomisk livslängd	7	år
Ränta	11	%
Annuitetsfaktor	0.212	
Kostnad för avskrivning + ränta	199 482	kr
Kostnad för uppberetning av rejekt ^b	22 900	kr
Kostnad för underhåll ^c	7 000	kr
Total årskostnad för Järnforsen skivsäll	229 382	kr
Intäkt för minskade substansförluster	41 895	kr
Årlig besparing vid investering i järnforsen skivsäll gämfört med dagens system	12 000	kr

Anm: ^a Investeringen består av: 3 st hydrauliska stångmatare (250 000 kr), en rivarvals (40 000 kr), transportörer (300 000kr) skivsäll (200 000 kr), montage mm (150 000 kr).

^b 1000 m³s som uppberetas med DZ 750 kombi för 22,9 kr/m³s.

^c kostnad för el och underhåll (Muntlig kommunikation Fyhr, 2004).

Tabell 3.7 Kalkyl för investering i ALLU SM 4 – 23

		Enhet
Dagens system för upparbetning av städbark per år	199 460	kr
ALLU SM 4-23		
Grundinvestering	340 000	kr
Ekonomisk livslängd	10	år
Ränta	11	%
Annuitetsfaktor	0.170	
Kostnad för avskrivning + ränta	57 732	kr
Kostnad för upparbetning av 10 000 m ³ s städbark	55 125	kr
Kostnad för underhåll ^a	9 000	kr
Total årskostnad för ALLU SM 4 – 23	121 857	kr
Intäkt för minskade substansförluster	41 895	kr
Årlig besparing vid investering i en ALLU SM 4 - 23 jämfört med dagens system	119 000	kr

Anm: ^a Slitdelar och övrig service.

Tabell 3.8 Kalkyl för investering i ALLU SM 4 – 27

		Enhet
Dagens system för upparbetning av städbark per år	199 460	kr
ALLU SM 4-27		
Grundinvestering	370 000	kr
Ekonomisk livslängd	10	år
Ränta	11	%
Annuitetsfaktor	0.170	
Kostnad för avskrivning + ränta	62 827	kr
Kostnad för upparbetning av 10 000 m ³ s städbark	44 100	kr
Kostnad för underhåll ^a	9 000	kr
Total årskostnad för ALLU SM 4-27	115 927	kr
Intäkt för minskade substansförluster	41 895	kr
Årlig besparing vid investering i ALLU SM 4-27 jämfört med dagens system	125 000	kr

Anm: ^a Slitdelar och övrig service.

Med upparbetningskostnad menas i detta fallet timkostnad för lastmaskin och förare. Denna timkostnad gäller för sågverket då de utnyttjar lastmaskin och förare utöver de ordinarie arbetsuppgifterna. Som det är idag ingår inte städbarksupparbetningen i denna.

Om sågverket investerar i en skopa är det dock rimligt att denna arbetsuppgift tillförs de ordinarie och att timkostnaden då sjunker ytterligare.

Tabell 3.9 *Kalkyl för investering i Bruks vibrosåll*

		Enhet
Dagens system för upparbetning av städbark per år	199 460	kr
Bruks vibrosåll		
Grundinvestering	1 200 000	kr
Ekonomisk livslängd	7	år
Ränta	11	%
Annuitetsfaktor	0.21222	
Kostnad för avskrivning + ränta	254 658	kr
Kostnad för upparbetning av rejekt	22 900	kr
Kostnad för underhåll	7 000	kr
Total årskostnad för Bruk vibrosåll	284 558	kr
Intäkt för minskade substansförluster	41 895	kr
Årlig besparing vid investering i Bruks vibrosåll gämfört med dagens system	-43 000	kr

Tabell 3.10 *Effektivt värmevärde för torrt material*

torr	Enhet	
Wk tallbark	20,8 MJ/kg TS	Askhalt städbark = 6.2%
Wa Tallbark	19,48 MJ/kg TS	Askhalt naturligt = 2.6%
Wa med korrelation för ökad askhalt	18,78 MJ/kg TS	
Wk Städbark	20,1 MJ/kg TS	

Anm: Askhalt städbark = 6.2%
Askhalt naturligt = 2.6%

För uträkningar har formeln för effektivt värmevärde för torrt material, se kap 2.1.

Tabell 3.11 *Värmevärde i tallbark med 55% samt 40% fukthalt*

Tallbark 55% fukthalt	Enhet:	Städbark med 40% fukthalt	Enhet:
Torr-rådensitet	375 kg/m ^{3f}	375 kg/m ^{3f}	
Fukthalt	55 %	40 %	
Kalorimetriskt värmevärde	20,8 MJ/kg	20,8 MJ/kg	
Rådensitet	833 kg/m ^{3f}	625 kg/m ^{3f}	
Värmevärde	1,72 MWh/m ^{3f}	1,86 MWh/m ^{3f}	
25 000 m ^{3f} bark med 55 % fukthalt innehåller:	42 905 MWh	46 450 MWh	
Ökat värmevärde:	<u>3 545 MWh</u>		

Tabell 3.12 *Värmevärde i städbark med 60 % samt 45 % fukthalt*

Städbark med 60% fukthalt	Enhet	Städbark med 45% fukthalt	Enhet
Torr-rådensitet	375 kg/m ^{3f}	375 kg/m ^{3f}	
Fukthalt	60 %	45 %	
Kalorimetriskt värmevärde	20,1 MJ/kg	20,1 MJ/kg	
Rådensitet	938 kg/m ^{3f}	682 kg/m ^{3f}	
Värmevärde	1,57 MWh/m ^{3f}	1,75 MWh/m ^{3f}	
4 000 m ^{3f} bark med 55 % fukthalt innehåller:	6 290 MWh	6 986 MWh	
Ökat värmevärde:	<u>696 MWh</u>		

Tabell 3.13 *Ökad intäkt av torkning förutsatt försäljning av motsvarande mängd torrflis*

	Enhet
Ökat värmevärde	4 241 MWh
Energiinnehåll torrflis	0.860 MWh/m ^{3s}
Omräknat till m ^{3s} torrflis	4 931 m ^{3s}
Omräknat till ton torrflis	838 ton
Intäkt per ton torrflis	350 kr/ton
Ton omräknat till m ^{3s} torrflis	848 ton
Intäkt försäljning av torrflis =	297 000 kr

Tabell 3.14 *Kalkyl för investering i GEA spillvärmeterok*

		Enhet
Grundinvestering	2 000 000	kr
Ekonomisk livslängd	7	år
Ränta	11	%
Annuitetsfaktor	0.212	
Kostnad för avskrivning + ränta	424 431	kr
Kostnad för underhåll	100 000	kr
Total årskostnad för GEA spillvärmeterok	524 431	kr
Ökade intäkter	296 843	kr
Minskade kostnader vid Hantering av snöblandad städbark	40 000	kr
Årlig besparing vid investering i GEA spillvärmeterok	-190 000	kr

Tabell 3.15 *Besparing vid avyttring av dålig städbark till Peab eller liknande*

Volym (m ³ s)	Vikt (ton/m ³ s)	Intäkt (kr/m ³ s)	Deponiskatt (kr/ton)	Summa (kr)
500	0.35	0	370	64 800

Tabell 3.16 *Intäkt vid försäljning av olika andelar av städbarken till Hasselfors garden eller liknande*

Fel! Ogiltig länk.

Tabell 3.17 *Ekonomiskt utfall vid försäljning av olika andelar av barköverskottet till ZUGOL*

	Säljs till värmeverk	Säljs till ZUGOL	Enhet	Intäkt	Skillnad mot nr 1	Enhet
Nr 1	5 000		0 m ³	35 9425		0 kr
Nr 2	4 000	1 000	m ³	42 9513	70 088	kr
Nr 3	3 000	2 000	m ³	49 9601	140 176	kr
Nr 4	2 000	3 000	m ³	56 9688	210 264	kr
Nr 5	1 000	4 000	m ³	63 9776	280 351	kr

Nr 6 0 5 000 m³ 70 9864 350 439 kr

Tabell 3.18 *Kostnader i samband med soltorkning av städbarken*

Kostnader	Enhet
Volym som skall torkas	3 000 m ³ s
Skopvolym	6 m ³ s
Antal rundor	500 st
Extra tidsåtgång/runda	3 min
Vändning av materialet	1 min
Kostnad/h	441 kr
Total tidsåtgång	33,3 h
Kostnad extra arbete	<u>14 700 kr</u>

Anm ^aBaserad på egna undersökningar och intervjuer
^bTaavo 2004

Tabell 3.19 *Effektivt värmevärde för fuktigt material*

Tallbark 70% fukthalt	Enhet:	Tallbark 55% fukthalt	Enhet:
Torr-rådensitet	375 kg/m ³ f	375 kg/m ³ f	
Fukthalt	70 %	55 %	
Kalorimetriskt värmevärde	20,1 MJ/kg	20,1 MJ/kg	
Rådensitet	1250 kg/m ³ f	833 kg/m ³ f	
Värmevärde	1,36 MWh/m ³ f	1,64 MWh/m ³ f	
25 000 m ³ f bark med			
55 % fukthalt innehåller:	1 632 MWh	1 972 MWh	
Ökat värmevärde:	<u>340 MWh</u>		

Tabell 3.20 *Ökad intäkt i samband med soltorkning av städbarken*

Ökat värmevärde	340 MWh
Energiinnehåll torrflis	0,860 Mwh/m ³ s
Ökat värmevärde omräknat till m ³ s	395 m ³ s
torrflis	
Intäkt per ton torrflis	350 kr/ton
Ton omräknat till m ³ s torrflis	0,17 ton/m ³ s
Intäkt försäljning av torrflis =	23 800 kr

Kostnad torkning =	14 700 kr
Ökad intäkt =	<u>9 100 kr</u>

Tabell 3.21 *Deponi av den bark och städbark som faller ut på Seskarö Sågverk*

	m ³ f	m ³ s	ton	Summa kr
Bark	25 000	62 500	19 125	7 180 000
Städbark		10 000	3 500	1 300 000
Summa		72 500	22 625	8 370 000