

Förstudie Delta

– Returtransport av komprimerat skogsbränsle från mellersta Norrland till Mälardalen

*Dan Glöde, Berndt Nordén, Paul Granlund,
Gert Andersson och Staffan Mattsson*

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Bakgrund	1
Hypotes	1
Syfte	1
Uppläggnig och aktiviteter	1
Genomförande	1
Resultat och diskussion	3
Returtransporter – tillgänglig kapacitet	3
GROT – tillgängliga volymer efter slutavverkning	3
Övriga sortiment – tillgängliga volymer	4
Bränsleanpassad avverkning – kostnadsöversikt	4
Kalkylkostnader för skotning och råvara i Delta-systemet	6
Balningssystemet – balens beskaffenhet och kostnader	7
Intransport och terminalhantering – leverantör	9
Kostnad för transport Delta – Brista	10
Terminalhantering, lagring och sönderdelning – Brista	10
Lageryta och lagrets utformning	10
Inkommande transportvolymer	12
Sönderdelning	12
Lageruppbyggnad och förbrukning	12
Kostnads kalkyl	14
Produktion, hantering och transport av balar – kostnadsanalys	14
Miljökonsekvenser vid lagring av balar	16
Kvalitetssäkring och ursprungsmärkning av balar	16
Slutsatser och sammanfattande diskussion	17
Referenser	19
Personliga meddelanden	19
Arbetsrapporter från SkogForsk fr.o.m. 1997	33

Bakgrund

Ett flertal skattningar visar att tillgångarna på skogsbränsle generellt sett är goda i Sverige (Mattsson, 1997). Regionalt kan dock bristsituationer tänkas uppstå. Detta gäller främst områden runt större städer i Mälardalen och södra Sverige. Samtidigt finns det gott om skogsbränsle i de norra delarna av landet. Dessa förhållanden gör det intressant att studera och utveckla system för långväga (>100 km) transporter av skogsbränsle. Tidigare studier av långväga transporter av flisat respektive ej flisat skogsbränsle har visat på dålig lönsamhet. Utvecklingen av en teknik för komprimering av trädrester i balar öppnar dock en möjlighet till billigare hantering och transport av skogsbränsle och till nya systemlösningar.

Hypotes

Genom balning kan returtransporter av skogsbränsle på lastbilar som kör styckegods bli ekonomiskt intressant för returerna från mellersta Norrland till bl.a. Mälardalen. Konceptet bygger dels på att mottagande kraftvärmeverk har gott om lagerutrymme, dels att de har en flihhugg eller ett krossverk som kan sönderdela hela balar. Detta medför sänkta sönderdelningskostnader samt goda möjligheter att kortsiktigt gasa och bromsa råvaruflödet till pannan.

Syfte

Syftet är att ta tillvara erfarenheter från tidigare studier samt genom nya kalkyler av strategiska delar i systemet pröva om långväga transporter av komprimerat skogsbränsle och sönderdelning vid förbrukare har ekonomisk bärkraft.

Uppläggning och aktiviteter

Förstudien genomfördes som en fallstudie i samarbete med Norrskog ek. för., Delta Terminal AB, Sundfrakt ek. för. och Brista Kraft AB samt SkogForsk. SkogForsk svarade för projektledning, bearbetning, analys samt dokumentation. Övriga medverkande bidrog med synpunkter, framtagande av faktauppgifter och förutsättningar för olika beräkningar m.m.

Genomförande

I kedjan från skog via terminal till kraftvärmeverk kan ett antal **avgränsade aktiviteter eller steg i systemet** identifieras och studeras eller utredas separat:

Framtagande av råvara behandlas avseende tillgängliga mängder och kostnader. Teoretiskt tillgängliga mängder råvara erhålls utifrån litteraturen och praktiskt tillgängliga mängder via telefonintervjuer med skogsföretag och skogsägareföreningar belägna längs E 4. Kostnader för framtagandet av

råvaran utreds med hjälp av två kalkyler (Thor & Nordén, 1997 samt Brunberg m.fl., 1997) där bränsleanpassad och konventionell slutavverkning jämförs.

Balning av avverkningsrester i vält vid väg förutsätts ske med en enhet bestående av två balningsaggregat monterade på en lastbil. Kostnader och prestationer för detta ekipage skattas utifrån tidigare erfarenheter av studier av balningsaggregat monterade på skotarchassi (Andersson & Nordén, 1998).

Intransport av balar till Delta Terminal beräknas av SkogForsk utifrån tidigare studier (Andersson & Nordén, 1996 och 1998).

Lagring och hantering vid Delta Terminal beräknas inte av SkogForsk utan förutsätts klaras inom den kostnad som uppges av Delta Terminal AB.

Frakt från Delta Terminal till Brista Kraft beräknas enligt den milkostnad som uppges av Sundfrakt. Lastens storlek bedöms av SkogForsk utifrån tidigare erfarenheter och studier (Andersson & Nordén, 1996 och 1998)

Lagring, hantering och flisning vid Brista Kraft beräknas av SkogForsk utifrån litteratur (Andersson & Nordén, 1996), tidigare studier (Andersson & Nordén, 1998), egna kalkyler (bilagorna 2, 4) och kontakter med tillverkare (bilaga 3).

Vid beräkningar och kalkyler har programmet SkogForsk Kalkyl använts. SkogForsk Kalkyl har också bidragit med följande underlag för sortomvandling:

Sort	Omvandlingstal								
Gagnvirkesandel, "m ³ fub/m ³ sk"	0,830								
Barkandel, "1 - m ³ fub/m ³ fpb"	0,120								
Biomassafaktor, "m ³ fbiom/m ³ fpb"	1,663								
Toppformtal, "m ³ fub/m ³ to"	1,295								
Fastmasseandel, "m ³ fbiom/m ³ s"	0,400								
Torr-rädensitet, "ton ts/m ³ fbiom"	0,450								
Fukthalt, "1 - ton ts/ton rå"	0,450								
Askhalt	0,015								

	m ³ sk	m ³ fpb	m ³ fub	m ³ fbiom	m ³ to	m ³ s	ton rå	ton ts	MWh
m ³ sk	1,000	0,943	0,830	1,569	0,641	3,921	1,283	0,706	3,317
m ³ fpb	1,060	1,000	0,880	1,663	0,680	4,157	1,361	0,748	3,516
m ³ fub	1,205	1,136	1,000	1,890	0,772	4,724	1,546	0,850	3,996
m ³ fbiom	0,638	0,601	0,529	1,000	0,409	2,500	0,818	0,450	2,114
m ³ to	1,560	1,472	1,295	2,447	1,000	6,118	2,002	1,101	5,175
m ³ s	0,255	0,241	0,212	0,400	0,163	1,000	0,327	0,180	0,846
ton rå	0,779	0,735	0,647	1,222	0,499	3,056	1,000	0,550	2,584
ton ts	1,417	1,336	1,176	2,222	0,908	5,556	1,818	1,000	4,699
MWh	0,302	0,284	0,250	0,473	0,193	1,182	0,387	0,213	1,000

Resultat och diskussion

Returtransporter – tillgänglig kapacitet

Den totalt tillgängliga mängden returtransporter varierar och är svår att uppskatta exakt. Enligt Ulf Berndt (pers. medd.) kan man dock räkna med att minst 10 styckegods fordon dagligen passerar Sundsvall tomma på väg i retur söderut. Bedömningen blir att antalet potentiellt tillgängliga returtransporter för närvarande är tillräckligt. Därmed kommer troligen andra faktorer som t.ex. terminaltider, ekonomisk ersättning m.m. att bli begränsande för tillgänglig volym returtransporter.

GROT – tillgängliga volymer efter slutavverkning

Ett antal undersökningar om tillgängliga volymer av biobränsle har gjorts. När det gäller bruttotillgångar från skog finns det teoretiskt ca 12 300 GWh tillgängligt, d.v.s. relativt stora tillgångar, i Västernorrland, Gävleborg och Uppsala län (tabell 1) .

Tabell 1.

Tillgängliga mängder GROT efter slutavverkning i länen längs E4 från Sundsvall till Uppsala enligt AVB 92 (Lundström m.fl.1993).

Län	Tillgänglig mängd GROT, GWh
Y, Västernorrland	4 700
X, Gävleborg	6 100
C, Uppsala	1 500
Summa:	12 300

Teoretiska bruttotillgångar säger dock inget om vilken mängd biobränsle som är praktiskt och ekonomiskt tillgänglig. Ytstruktur, lutning och markens bärighet påverkar den praktiskt tillgängliga mängden och transportavståndet den ekonomiskt tillgängliga mängden. Till detta kommer miljö- och produktionsaspekter samt eventuell askåterföring som tillsammans påverkar viljan att leverera skogsbränsle. En bedömning gjord av större markägare eller dess representanter angående för leverans tillgänglig mängd biobränslen, utöver eventuella nuvarande leveranser, är därför värdefull. Av tabell 2 framgår att det finns stora mängder outnyttjat biobränsle som med relativt kort varsel kan bli tillgängligt för leverans i kustlänen från Sundsvall till Uppsala. Även om de tillgängliga mängderna endast utgör en tiondel av de teoretiska bruttomängderna i tabell 1, utgör de ca 10 gånger den årsmängd av ej sönderdelad GROT som Brista Kraft önskar köpa. Denna uppgår i ett inledande skede till ca 30 % av Brista Krafts totala årsbehov, men kan utökas till 100 % om balad GROT är det mest ekonomiska alternativet.

Tabell 2.

En uppskattning av mängden GROT som är tillgänglig för leverans i närheten av E4 från Sundsvall till Uppsala.

Län	Företag	Möjlig leverans av GROT 1 000 m ³ s/GWh	Ev. kommentarer
Y	Norrskog ¹	780/660	Inom 10 mil från Sundsvall, vid rimlig ersättning
Y	Norrbränslan, SCA ¹	550–680/465–575	Inom 10 mil från Sundsvall
X	MoDo, region Iggesund ¹ .	100–200/85–170	Baserat på avv. inom 5–7 mil från E4, leverans kan diskuteras
X	Stora Skog AB ¹	100/85	Maximal leverans baserat på avverkningar inom 5–7 mil från E4
X/C	Korsnäs ¹	–	Avvaktar med beslut om ev. lev. tills Skogsstyrelsen utarbetat nya råd och anvisningar för skogsbränsleuttag.
X/C	Mellanskog ¹	100 – 150/85 – 125	Fördelat på tre lika stora delar i Gästrikland, södra Hälsingland och norra Hälsingland
Summa		1 630 – 1 910 000 m³s 1 380 – 1 615 GWh	

¹ Personliga meddelanden, se Pers. medd. under Referenser.

Övriga sortiment – tillgängliga volymer

Förutom GROT efter slutavverkning kan man ta ut energi i form av hela träd efter gallring och röjning. Vad beträffar röjning är det främst eftersatt eller överhållen röjning, s.k. ”gallringsröjning”, som utföres. De uttag som sker i dag i gallring görs företrädesvis av SCA i Norrbotten där man har en kvistning- och barkningstrumma för massaved som är anpassad för att hantera okvistade träd. I röjning sker det inte speciellt stora uttag i dag i landet som helhet. Utvecklingen av flerträdshanterande fälldon för klen skog har dock ökat intresset för uttag av energisortiment även i röjningsbestånd. Bland de kontaktade företagen i tabell 2 var, förutom hos Mellanskog, intresset för uttag av andra energisortiment än GROT efter slutavverkning mycket litet eller inget alls. Ett återkommande argument var att det inte fanns någon kommersiell drivkraft för uttag i röjning med tanke på att uttaget av GROT efter slutavverkning har utnyttjats till fullo.

Bränsleanpassad avverkning – kostnadsöversikt

I samarbete med SCA Skog AB genomförde SkogForsk en studie av bränsleanpassad slutavverkning (Thor & Nordén, 1997). Studien var uppbyggd som en jämförelse mellan konventionell och bränsleanpassad slutavverkning med engreppsskördare. Studerade maskiner var en Timberjack 1270B/762 skördare samt en Timberjack 1840 skotare. Skotaren genomförde både rundvirkes- och risskotning. Vid risskotningen förlängdes skotarens lastutrymme med långa stockar och kranen försågs med risgrip. Vid den konventionella avverkningen arbetade föraren dubbelsidigt och lade riset i

körstråket. (Regelmässigt bränsleuttag efter konventionell avverkning, där riset körs över i stickvägen, är inte aktuellt på grund av att föroreningsgraden blir alltför hög i bränslet.) Vid den bränsleanpassade avverkningen upparbetades träden parallellt med körstråken och riset hamnade i högar bredvid körstråken. Vid båda avverkningsmetoderna skotades trädresterna ut. Utifrån studierna beräknades ett kostnadsexempel, förutsättningarna visas i tabell 3 och resultatet i tabell 4.

Tabell 3.
Data för typbestånd och maskinkostnader.

Stamantal/ha	1 559
Volym, m ³ sk/ha	488
Volym, m ³ fub/ha	412
Medelstamvolym, m ³ fub	0,264
T.G.L., %	09-88-03
Kostnad skördare kr/G15-h	730
Kostnad skotare, kr/G15-h	460

Tabell 4.
Drivningskostnader enligt Thor & Nordén, 1997 (den fördyrade drivningen räknas om till kr/m³fbio och belastar kostnaden för uttag av trädrester).

Kostnadspost	Konv.	Anpassad	Differens, %
Kostnad, kr/m ³ fub			
– avverkning	26,9	29,0	7,8
– skotning rundvirke	20,7	20,2	-2,4
– skotning trädrester (kr/m ³ fbio)	51,1	38,7	24,3
Fördyrad drivning till följd av anpassning			
– kr/m ³ fub	–	1,6	–
– omräknat till kr/m ³ fbio	–	4,8	–
Summa kostnader uttag av trädrester, kr/m ³ fbio	51,1	43,5	-14,8
Drivningskostnad, kr/ha i typbeståndet			
– rundvirke	19 135	19 778	3,4
– trädrester	6 694	5 031	-24,8
– totalt	25 829	24 809	-3,9

I en annan rapport redovisar Brunberg m.fl. (1997) ett exempel på en kalkyl på skogsbränsleuttag efter en engreppsskördare i ett grovt och ett klint bestånd i jämförelse med konventionell avverkning där inget uttag av trädrester görs. Förutsättningar visas i tabell 5a och kalkylen i tabell 5b.

Tabell 5a.
Kalkylförutsättningar för jämförelsen i tabell 5 b (Brunberg m.fl., 1994).

	Klint bestånd	Grovt bestånd
Medelstam, m ³ fpb,	0,20	0,50
Virkesförråd, m ³ fpb/ha	250	350
Bränsleuttag, m ³ s/ha	185	260
Kostnad skördare, kr/G15-h	671	726
Kostnad skotare, kr/G15-h	420	420
Intäkter rundvirke, kr/ m ³ fpb	235	250
Intäkter trädrester, kr/ m ³ s	94–98	94–98
Prest. minskn. .p.g.a. bränsleanpass,		

Tabell 5b.
Exempel på kalkyl för bränsleleverantör, avverkningsorganisation och markägares drivningsnetto. Konventionell avverkning utan bränsleuttag kontra avverkning enligt bränslemetod samt uttag av trädbränsle (Brunberg m.fl., 1994).

	Klent bestånd		Grovt bestånd	
	Konv. avv.	Bränsleavv.	Konv. avv.	Bränsleavv.
Kostn. för trädrestuttag, kr/m ³ s		5		3
– fördyrad avverkn./adm.		21		20
– risskotning		3		3
– täckning av välta		33		33
– flisning		4–8		7–11
– ers. till markäg./avv.org.		66–70		66–70
Summa kostnad = pris avlägg		740 – 1 480		1 820 – 2 860
Resultat markäg./avv.org. kr/ha		740 – 1 480		1 820 – 2 860
Kostnader avlägg–förbr. kr/m ³ s				
–administration		5		5
–transport 80 km		18		18
–lager		3		3
–vinst och risk		2		2
Summa kostnad=pris förbr. kr/m ³ s		94–98		94–98
Resultat bränsleleverantör kr/ha		370		520
Direkta kostnader rundvirke				
–kr/m ³ fpb	72		58	
–kr/ha	18 000		20 300	
Intäkter rundvirke				
–kr/m ³ fpb	235		250	
–kr/ha	58 750		87 500	
Drivningsnetto rundvirke, kr/ha	40 750	40 750	67 200	67 200
Resultat av trädresterna, procent				
–markägare/avv.organisation		1,8 – 3,6		2,7 – 4,3
–bränsleleverantör		0,9		0,8

Prestationsskillnader mellan bränsleanpassad och konventionell avverkning har, förutom i ovan redovisade resultat, belysts i ett antal olika studier. När det gäller skördarprestationer visade t.ex. Wigren (1990) en prestations-sänkning med 2–4 % för tvågreppsskördare vid bränsleanpassad avverkning jämfört med konventionell avverkning. För engreppsskördare visade Wigren (1992) en prestationssänkning vid bränsleanpassning på 2–9 %, von Hofsten m.fl. (1997) visade motsvarande sänkning med 5–6 % i både ett klent och ett grovt bestånd och Thor m.fl.(1997) visade en sänkning vid bränsleanpassad avverkning på 7,5 %. Rundvirkesskotningen påverkades inte nämnvärt i någon av de ovanstående studierna medan prestationen vid risskotningen ökade med 20–30 % jämfört med prestationerna vid konventionell avverkning. Sammanfattningsvis kan alltså en sänkning av avverkningsprestationen med ca 2–9 % förväntas vid bränsleanpassad slutavverkning. Denna prestationssänkning uppvägs dock fullt ut av prestationsökningen vid risskotningen.

Kalkylkostnader för skotning och råvara i Delta-systemet

Kostnaderna i tabell 5 kan i princip betraktas som marknadspriser i mellersta och södra Sverige. Risskotning uppges i tabell 5 kosta 20–21 kr/m³s motsvarande 61–64 kr per ton rå GROT. Detta kan jämföras med studierna hos SCA (tabell 4) där risskotningen kostade 51,1 kr/m³fbiom

motsvarande 62,5 kr per ton rå GROT efter vanlig avverkning och 38,7 kr/m³fbiom motsvarande 47,3 kr per ton rå GROT efter bränsleanpassad avverkning. Till kostnaderna för skotning bör adderas kostnaden för (pappers-)täckning av risvältan. Denna anges i tabell 5 uppgå till 3 kr/m³s motsvarande 9,2 kr/ton rå GROT. Sammantaget innebär det att vi har en spridning i kostnaden för risskotning inklusive täckning av risvälta från 56,5 till 73,2 kr per ton rå GROT. Eftersom medelhygget är större i mellersta Norrland än i södra Sverige, vilket är gynnsamt för kostnaderna, bedömer vi att risskotning och täckning av vältan bör kunna utföras till en snittkostnad av ca 60 kr per ton rå GROT, motsvarande 23,2 kr/MWh.

Kostnaderna för GROT i täckt vältan vid skogsbilväg består av ersättning till markägaren och avverkningsorganisationen för råvaran och för den fördyrade avverkningen, vilket i tabell 5 uppgår till 7–14 kr/m³s, motsvarande 8,3 – 16,5 kr/MWh. Av dessa utgör 3,5 – 5,9 kr/MWh ersättning för fördyrad avverkning, vilket kan jämföras med 2,3 kr/MWh (motsv. 4,8 kr/m³fbiom) i tabell 4. Delta Terminal uppger ett kalkylpris för råvaran på 25 kr/ton motsvarande 9,7 kr/MWh, vilket verkar rimligt med tanke på att alternativ avsättning av GROT i stort saknas. Det slutliga priset för GROT vid avlägg är under alla omständigheter en förhandlingsfråga. Kalkylpriset 9,7 kr/MWh kommer att användas i fortsättningen.

Balningssystemet – balens beskaffenhet och kostnader

Balens form och vikt bestäms av balkammarens utformning, träslag, vilken del av trädet som balas och trädresternas fukthalt. Genomförda studier av balning visar på en relativt stor spridning på balvikterna.

På den första prototypen av balaren var kammaren 1,2 m × 1,2 m motsvarande 1,36 m³. Senare minskades kammarens längd till 112 cm, detta minskade balens volym med 7 % till 1,27 m³.

Studier av dimensionen på skotade balar visade en längdspridning på 112–120 cm vid en bibehållen omkrets. Vid lagring deformeras dock cylindern något för att återigen ändra form när balen lyfts. Ingen separat studie av antalet sönderfallande balar vid hantering har gjorts, men erfarenheterna från SkogForsks övriga studier tyder på att balarna håller väl samman vid hantering.

Studier av balning hösten 1995 visade balvikter på i medeltal 620 kg vid 45 % fukthalt. Utifrån dessa studier beräknades balens energiinnehåll till 1,57 MWh. Studier 1996 av torrare material med fukthalter mellan 23 och 31 % visade på avsevärt lägre balvikter, 410–570 kg i medeltal. Vid en studie av krossning av balar i maj 1997 var balvikterna i medeltal 436 kg vid en fukthalt på 30 %, motsvarande ett energiinnehåll på 1,49 MWh. Dessa balar hade tillverkats från våren fram till hösten 1996 och först lagrats

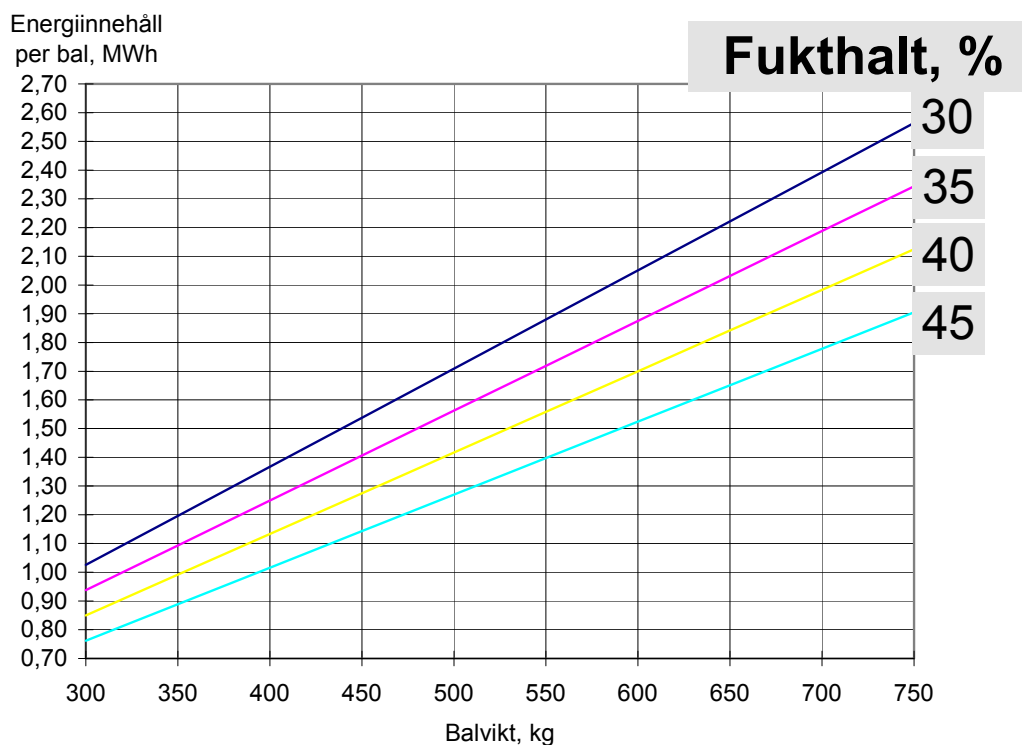
på hygget, sedan i välta vid väg och slutligen vid terminal. Totalt 202 balar vägdes i partier om 6–14 balar per vägning. De två lättaste partierna vägde 290 respektive 317 kg per bal, medan proverna i övrigt låg på 390 till 550 kg per bal.

Tabell 6.
Balvikter vid vägning inför krosstudien våren 1997.
Fukthalt mätt på krossat material var i medeltal 30 %.

Vikt per bal	kg
Medelvärde	436
Minimum	290
Maximum	548
Standardavvikelse	56

I en systemjämförelse som utfördes av SkogForsk (Brunberg m.fl., 1998) beräknades balvikten till 500 kg vid en torr-rådensitet på 470 kg/m^3 och en genomsnittlig fukthalt på 40 %. I dessa kalkyler uppgår energiinnehållet per bal till 1,42 MWh och flisinnehållet till $1,6 \text{ m}^3\text{s}$.

I analysen av Delta-systemet har de samlade erfarenheterna av olika balingstudier vägts samman. Den balvikt och fukthalt som valts i studien är 600 kg vid 45 % fukthalt, motsvarande ett energiinnehåll på 1,52 MWh per bal. Genom att välja en något högre fukthalt och därmed balvikt testas automatiskt om balarna kan lastas utan att nå övervikter i transportererna. Tro- ligtvis är inte vikten utan volymen begränsande, åtminstone vid returtransporterna, vilket innebär att energiinnehållet per bal är avgörande för transportekonomin. Sambandet mellan balvikt och fukthalt i materialet och energiinnehåll per bal visas i figur 1. Om man torkar balarna sjunker fukthalten och därmed vikten. Samtidigt ökar energiinnehållet per kg medan energiinnehållet per bal är oförändrat. Vid torkning av balarna rör man sig således åt vänster i diagram 1, parallellt med x-axeln. Det enda sättet att öka energiinnehållet per bal är att höja mängden torrs substans per bal, vilket kan göras genom att balen görs större eller genom att komprimeringsgraden ökas.



Figur 1.
Sambandet mellan balvikt, fukthalt i materialet och energiinnehåll per bal uttryckt som MWh per bal.

Vid SkogForsks studier har det inte varit någon nämnvärd skillnad i prestation av balning på hygge eller vid avlägg. En bidragande anledning till detta är att balaren flyttats mellan rishögarna på hygget när balningsaggregatet arbetat med komprimering. Prestationen har i medeltal varit ca 22 MWh/G₁₅-h. I Delta-konceptet är avsikten att använda två balningsaggregat monterade, tillsammans med en kran, på en bil som klarar drygt 20 tons last. Utifrån tidigare studier av balmaskiner (enkelmonterade balningsaggregat) uppskattar vi att en prestation på ca 23 balar per G₁₅-h är möjligt för ett ekipage med en kran och två balningsaggregat. Med en investeringskostnad på 4,5 miljoner kr, en arbetstid på 16 h/dygn och ett TU på 85 % blir kostnaden för hela ekipaget 18,1 kr/MWh (bilaga 1). Vid balning av 183 000 MWh per år kommer det, enligt beskrivna förutsättningar, att behövas två ekipage med dubbelmonterade balningsaggregat. Teoretiskt kan ett ekipage klara energimängden 183 000 MWh, men då krävs att den går dygnet runt 300 dygn per år med ett TU på 85 %, vilket inte är något realistiskt alternativ.

Intransport och terminalhantering – leverantör

Transport från skog till Delta Terminal kommer, enligt uppgift från Sundfrakt, att ske med 4–5 stycken specialbyggda GROT-fordon. Dessa kommer att vara försedda med kran, vara öppningsbara från sidan och ha ett skjutbart lastbord på släpet. Bilarna kommer således att lasta själva och maximal last kommer att uppgå till 32–33 ton. Om 60 stycken balar kan

lastas blir vikten begränsande om balarna väger mer än 550 kg. Sundfrakt räknar med att intransporten ska kunna utföras för 31 kr/bal, vilket motsvarar 20,4 kr/MWh.

Lossning av GROT-fordonen kommer att ske med en mellanstor hjullastare utrustad med ett klämaggregat (grip) i stället för skopa eller gaffel. Denna förutsätts klara att greppa 2–3 balar åt gången och sköter både lossning, lagerhantering och lastning. Beräknad terminaltid för lossning respektive lastning är enligt Sundfrakt ca 30 minuter. Den totala kostnaden för lagret, d.v.s. lossning, lastning, hantering, ränta, inkurans, markhyra m.m. beräknas, enligt Sundfrakt, uppgå till 11 kr/bal motsvarande 7,2 kr/MWh.

Kostnad för transport Delta – Brista

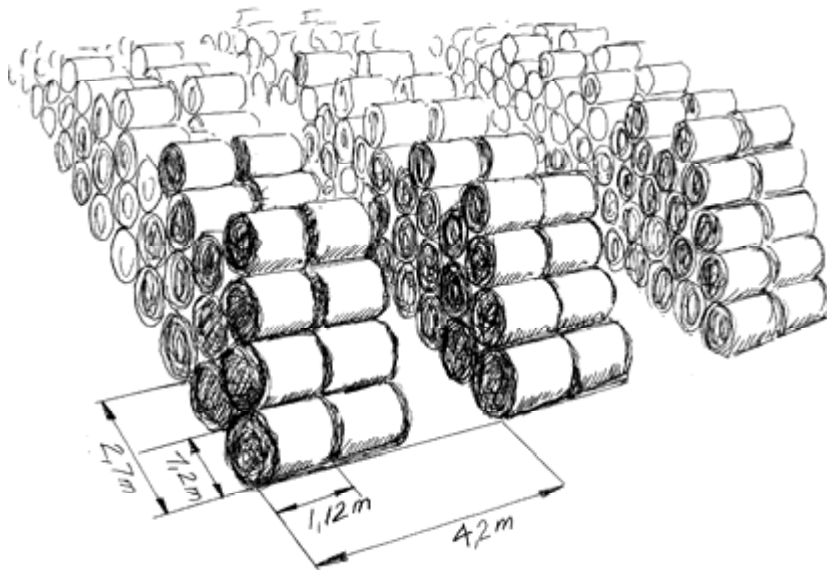
Sundfrakt räknar med en kostnad på 3 660 kr per retur från Delta Terminal till Brista. Om man kan lasta 60 balar per fordon blir kostnaden 40,1 kr/MWh. SkogForsks bedömning är dock att maximal genomsnittlig last uppgår till 55 balar per fordon. Detta medför en kostnad på 43,8 kr/MWh.

Terminalhantering, lagring och sönderdelning – Brista

I det följande görs en analys av möjligheterna och kostnaderna för att lagra och hantera den mängd balar som anrikas vid en intransport av ca 10 fullastade styckegodsfordon per vardagsdygn, d.v.s. under ca 220 dagar per år.

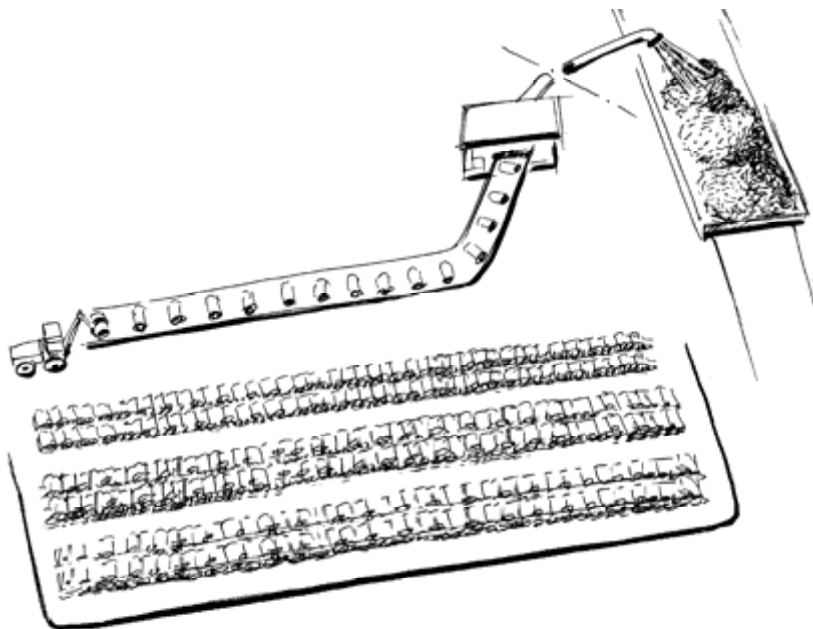
Lageryta och lagrets utformning

I förutsättningarna ingår att storleken på lagerytan är 50 000 m². Lagring sker enligt anvisningar från Jirjis m.fl. (1998). Detta innebär att maximalt två balar i bredd bör lagras och ett utrymme på minst två meter bör lämnas mellan vältorna för att erhålla en snabb uttorkning och små substansförluster. För att hålla lagringskostnaderna nere förutsätts utnyttjandet av billig befintlig teknik vid hantering av lagret. En medelstor midjestyrd hjullastare modell Volvo BM 4 200 B (Anon., 1990) kostar i dag ca 350 kr per G₀-h. Med klämbanke i stället för gaffel eller skopa kan två balar åt gången hanteras. Höjden på lagret begränsas till fyra balar, tre par och en ensam bal överst (schematisk beskrivn. 2-2-2-1) (figur 2). Kostnaden för hjullastaren beror på hur många timmar den nyttjas per år. Vi antar ett utnyttjande på 1760 timmar per år, vilket ger en kostnad på 3,36 kr/MWh. Det motsvarar 8 timmar per dag och helår eller 16 h per dag och halvår. Att konstant beman- na hjullastaren under öppettiderna (06.00 – 22.00) är knappast ekonomiskt rimligt. En lösning där inkommande fordon själva lossar lasten under icke eldningssäsong är ett tänkbart alternativ.



Figur 2.
Balvältans utformning och areella täckning.

Vältans utformning beror dels på att en medelstor hjullastare inte förmår hantera högre vältor, dels att en två balar bred vältor blir instabil om den görs högre. Eftersom vältorna läggs med två meters mellanrum innebär det att fjorton balar kräver en lageryta på $11,3 \text{ m}^2$ inklusive mellanrummet (figurerna 2 och 3). Varje bal kräver således $0,81 \text{ m}^2$ lageryta, vilket innebär att man på detta sätt kan lagra ca 62 000 balar på lagerytan vid Brista.



Figur 3.
En principskiss på hur ett lager av balar kan utformas.

Inkommande transportvolymer

När produktion och leverans av balar från Delta Terminal till Brista bedrivs i full skala räknar Delta Terminal AB med att leverera 10 fordon med balar per dygn. Leveranserna sker under vardagar mellan kl. 06.00 och 22.00, d.v.s. ca 220 dagar per år. En medellast på 55 balar per fordon innebär att ca 2 750 balar levereras per vecka motsvarande 121 000 balar per år. Sammantaget levereras då en energimängd på 183 000 MWh, vilket motsvarar ca 30 % av Brista Kraft ABs årliga träbränslebehov (ca 620 GWh).

Sönderdelning

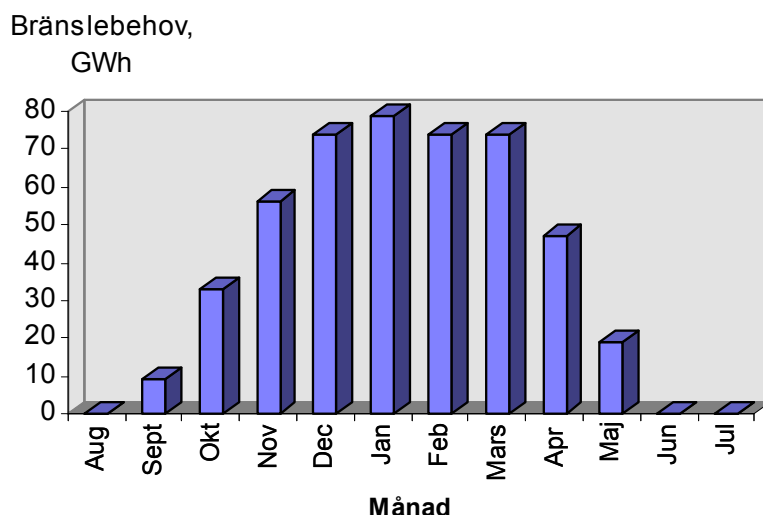
I SkogForsks exempel (figur 3) förutsätts att det byggs en stationär hugg. Denna matas med balar via ett ca 300 meter långt transportband från lagerytan. Exemplet har valts bl.a. med en tidigare systemanalys av balning som grund (Andersson & Nordén, 1996), där stationär storskalig sönderdelning visade sig vara förmånligast. Huggen är inbyggd för tyst drift och transporterar flisen via (höga) inbyggda transportband till flisfickan. Huggen förutsätts klara sönderdelning av 2–3 balar per minut motsvarande 238 MWh/G₁₅-h (bilaga 2). Kostnaden för nyckelfärdig hugg inklusive transportband till hugg och flisficka uppskattas till 7,2 miljoner kr i en preliminär offert (bilaga 3). Detta medför en driftkostnad på 952 kr/h vid 2 200 h utnyttjande per år motsvarande 4 kr/MWh (bilaga 2). Att flisa balar motsvarande 183 000 MWh kommer att ta ca 1 030 h i anspråk. Resterande 1 170 timmar förutsätts huggen sönderdela annat material än balar. Om det inte är möjligt att utnyttja huggen mer än 1000 h per år stiger kostnaden från 4 till 7,5 kr/MWh. I vår kalkyl kommer vi att anta det högre utnyttjandet och den lägre kostnaden.

Lageruppbyggnad och förbrukning

Lagret kommer att byggas upp under icke eldningssäsong, d.v.s. från maj till september. Vid leverans från 10 fordon per vardagsdygn under maj till september kommer ca 60 000 balar att ligga i lager i slutet av september. Eftersom lagret maximalt rymmer 62 000 balar förutsätts att lagret är tömt i slutet av april.

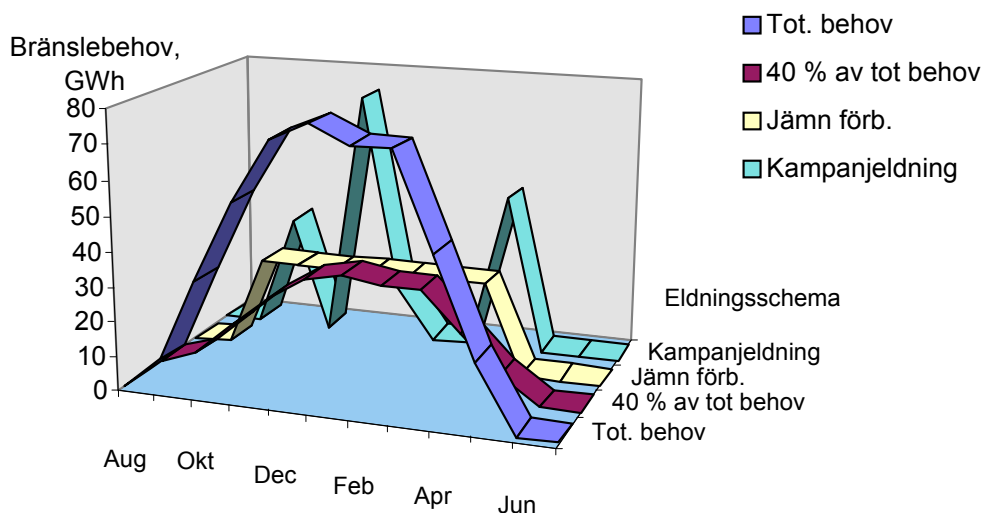
För att bereda plats i lagret och undvika att det blir överfullt vid ev. driftstopp behöver det under oktober eldas minst 550 balar per dygn, men helst fler. Vid behov går det snabbt att minska på lagret. Om lastmaskin och hugg går 16 timmar per vardag under oktober flisas 1 880 balar per dag, vilket innebär att lagret minskar med 1 300 balar per dag. Det är således fullt möjligt att halvera lagret på en månad om det skulle behövas.

Under oktober månad förbrukas ca 33 GWh (figur 4) biobränsle vid Bristaverket, vilket motsvarar ca 16 500 balar. Detta innebär i sin tur att man behöver flisa och elda motsvarande ca 530 balar per dygn inkl. helger eller ca 750 balar per vardag. Eftersom lagret är fullt är 550 balar per dygn i oktober ett minimum. Detta innebär att man behöver sönderdela mellan 69 och 94 balar per timme vid 8 timmars arbetsdag (1,15 – 1,6 balar/min).



Figur 4.
Exempel på ungefärlig förbrukning av bibränsle per månad vid Bristaverket.

Man kan således välja strategi för hur man vill elda. Alltifrån att kampanj-eldar hundra procent med flis från balar varvid lagret räcker i ca 2 månader, alternativt att elda i ett jämnt flöde varje månad under eldningssäsong eller ligga med flisade balar som en jämn andel, 30–40 %, av det varierande bränslebehovet per månad (figur 5).



Figur 5.
Olika exempel på eldningsstrategier av balar vid Brista Kraft AB.

Eldningsstrategin påverkar lagrets liggzeitid och därmed också lagerkostnaden som, i fallet Brista, består av ränta på utlagt kapital och substansförluster. Vi räknar med att lagret förbrukas successivt under eldningssäsongen, antingen kontinuerligt eller kampanjvis, men någorlunda jämnt spritt så att innevarande års lager är tömt i april–maj. Med hänsyn till den tid det tar att bygga upp lagret och den successiva förbrukningen räknar vi med att en fjärdedel av årsvolymen (45 600 MWh) ligger i lager en tid motsvarande ett år. Med räntekostnader och substansförluster medför detta en kostnad på

6 kr/MWh för lagrad volym (bilaga 4) och en total kostnad för lagring på 1,49 kr/MWh utslaget på hela den mängd som passerar lagret.

Kostnads kalkyl

Förutsatt att 121 000 balar per år, motsvarande 183 300 MWh, hanteras samt att uppgifterna i bilaga 2–4 är rätta kommer kostnaderna för lagring och hantering vid Brista att fördelas enligt följande:

Lagerkostnad	1,49 kr/MWh
Hjullastare	3,36 kr/MWh
Balhugg	4,00 kr/MWh
Summa	8,85 kr/MWh

Sammantaget kan man med ovan givna förutsättningar anta att lagringskostnaderna kommer att ligga i intervallet 8–10 kr/MWh. Lagrings-, hanterings- och sönderdelningskostnaderna vid Brista Kraft är således relativt små jämfört med systemets hela kostnad, d.v.s. lönsamhet avgörs i andra delar av systemet.

Produktion, hantering och transport av balar – kostnadsanalys

För att få en översikt sammanställs nedan uppgifter av vikt för systemets sammanlagda kostnader:

- Balens data. Vikt 600 kg, volym 1,8 m³s, energiinnehåll 1,52 MWh
- Kostnad för GROT, 9,7 kr/MWh (ers. till markägare och fördyrad avv.), + risskotning och täckning av vältn, 23,2 kr/MWh, = 32,9 kr/MWh.
- Kostnad för balning, 18,1 kr/MWh för dubbelbalare på släp.
- Intransport till Delta Terminal, 20,4 kr/MWh.
- Lager- och hanteringskostnad Delta Terminal, 7,2 kr/MWh
- Frakt till Brista, 37 mil, 43,8 kr/MWh.
- Lager- och hanteringskostnad Brista, 8,85 kr/MWh

De sammanlagda kostnaderna uppgår till ca 131 kr/MWh när flisen ligger i fickan vid Brista (tabell 7). Eftersom kostnaderna överstiger vad Brista Kraft är beredda att betala (110 kr/MWh), återstår att se vilka poster i kalkylen som kan reduceras. Generellt är dock bedömningen att kostnaderna svårigen kan minskas med gällande förutsättningar och befintlig teknik.

Tabell 7.

Sammanlagd kalkyl vid 1,52 MWh/bal och kostnader enligt SkogForsks beräkning och vid 1,52 MWh/bal men med lägsta kostnad vid maximalt kostnadspress vid de olika aktiviteterna samt vid en ev. teknikutveckling av balaren så att komprimeringsgraden höjs och möjliggör ett energiinnehåll på 1,7 MWh/bal.

Aktivitet	1,5 MWh/bal Kostnad, kr/MWh	1,5 MWh/bal Lägsta kostn, kr/MWh	1,7 MWh/bal Kostnad, kr/MWh
GROT + skotning	32,9	30,2	32,9
Balning:	18,1	18,1	16,2
Intransport Delta	20,4	16,4	18,2
Lagring, hantering Delta:	7,2	7,2	6,5
Frakt Delta - Brista	43,8	40,1	39,1
Lagring, hantering, sönderdelning Brista:	8,8	8,8	8,2
Summa:	131,2	120,8	121,1

Priset för råvaran bedömer vi som svårt att sänka. Däremot skulle kostnaderna för risskotningen möjligen kunna pressas en aning, om skotningen kunde utföras enligt det billigaste alternativet i tabell 4 (38,7 kr/m³fbio), d.v.s. för 47,3 kr/ton rå GROT motsvarande ca 18,3 kr/MWh. Om sedan täckning sparas in på en tredjedel av vältorna sänks kostnaden till ca 2,3 kr/MWh. Sammanlagt minskar då kostnaden för risskotning och täckning från 23,2 till 20,5 kr/MWh d.v.s. till 30,2 kr/MWh inkl. råvaran (tabell 7).

Kostnaderna för balning bedömer vi inte som möjliga att sänka under 17,3 kr/MWh så länge nuvarande teknik används för balningsaggregaten på ”dubbelbalaren”.

Teoretiskt sett kan kostnaderna för intransporterna till Delta Terminal sänkas. Detta förutsätter att man använder specialbyggda fordon med extra stora lastutrymmen. Ett 25,25 m långt, 2,6 m brett och 4,5 m högt ekipage med 17" hjul kan teoretiskt lasta 72 balar. För att undvika överlast krävs då att balarna är torrare än 45 % FH och därmed lättare än 600 kg. Antagligen skulle balarna inte få väga över 500 kg, vilket vid bibehållet energivärde innebär en maximal fuktalt på 35–37 % (figur 1). Vid dessa förutsättningar skulle fordonet inkl. kran kunna lasta ca 72 balar och transportera dem till Delta Terminal för 16,4 kr/MWh (tabell 7).

Kostnaderna för lagring och hantering vid Delta Terminal bedömer vi som svåra att sänka under angivna värden. Sönderdelningen vid Brista skulle eventuellt kunna göras billigare med en mindre och begagnad hugg, men det är tveksamt. Hanteringstiden skulle öka både för hjullastaren på lagerytan och för kranarbetet vid inmatning av balarna.

En tänkbar möjlighet att sänka kostnaderna är att öka energiinnehållet i balarna genom att höja komprimeringsgraden. Om den senare kan ökas så att energiinnehållet stiger med ca 10 %, och detta kan ske utan att balningstiden avsevärt förlängs, kan kostnaderna sänkas till ca 121 kr/MWh (tabell 7).

Slutligen utgör transporten mellan Delta Terminal och Brista Kraft en stor kostnadspost. Om den genomsnittliga lasten skulle kunna höjas från de av

oss bedömda 55 balarna till 60 balar per retur minskar kostnaden från 43,8 till 40,1 kr/MWh vid 1,52 MWh/bal och från 39,1 till 35,9 kr/MWh vid 1,7 MWh/bal (tabell 7).

Miljökonsekvenser vid lagring av balar

Jirjis och Lehtikangas (1998) har studerat lagring av avverkningsrester i balar. Ursprungsbestånden avverkades i november och balarna tillverkades i december 1994 och lagrades sedan till oktober 1995. Ej täckta balar, lagrade i välta, hade en fukthalt på 35 % i början av lagringsperioden och en fukthalt på 31 % i slutet av perioden. Antalet levande mögelsporer (den mikrobiella aktiviteten) var högst i de vältor som ej hade täckts. Eftersom materialet var relativt torrt orsakade hanteringen av balarna mycket dammbildning bestående både av finpartiklar av avverkningsresterna men även av mögelsvampsporer. Jirjis och Lehtikangas (1998) rekommenderar därför att personer som hanterar lagrade balar utrustas med andningsskydd eller air-stream hjälm som filtrerar bort partiklar större än 1 mikrometer. Försöket innehöll dock ingen bedömning av eventuellt läckage av kväve eller andra näringsämnen från balvältorna. (Inga andra relevanta studier har kunnat spåras antagligen beroende på att balar är en relativt ny företeelse.)

Ett flertal studier finns dock avseende lagring av hyggesrester i högar och vältor på hygge och vid avlägg. Att dra paralleller mellan lagringsstudier av ej sönderdelade avverkningsrester och lagring av balar är dock tveksamt. Balar har en betydligt mindre exponeringsyta för vind och vatten och därmed helt andra förutsättningar för utlakning av näringsämnen. Ett antagande är att läckaget av kväve och andra näringsämnen är mindre än vid lagring av icke sönderdelade avverkningsrester på terminal.

Kvalitetssäkring och ursprungsmärkning av balar

Föroreningar är ett återkommande problem vid hantering av trädrester och kräver stor uppmärksamhet i alla hanteringsled. Genom att tillämpa en bränsleanpassad avverkningssteknik kan trädresterna ackumuleras i större orörda högar på hygget. Högarna kan sedan torka på hygget varvid barr och findelar faller av. Den känsligaste delen i hanteringskedjan vad gäller föroreningar är sedan skotningen. För att från start nå en hög kvalitet på trädresterna måste skotarförarna utnyttja rätt utrustning och framför allt utbildas och motiveras för arbetet. Är vältan fri från föroreningar är risken liten att föroreningsgraden ökar vid själva balningen. Likaså är risken att få föroreningar små sedan balen producerats, d.v.s. vid transport till terminal och slutförbrukare.

Märkning av balarna kan utgöra grunden för ett kvalitetssystem där balens innehåll framgår och hanteringen av balen kan följas. Innehållet kan beskrivas avseende trädslag och typ av trädrester, skattning av fukthalt, levererande företag och från vilken trakt balen härstammar. Ursprungstrakten kan t.ex. anges genom att nyttja skogsföretagens vedertagna system, be-

ståndsnummer, traktnummer, etc., alternativt att något enklare system för numrering av aktuella ”balningshyggen” skapas.

Märkningen utförs lämpligen av balningsoperatörerna, t.ex. genom ett enkelt system där färgmärkningsutrustning på balaren utnyttjas. Alternativt färgmärks balarna manuellt. Mera avancerade märksystem med strekkoder eller lappar med olika typer av information skulle också vara möjligt. I det senare fallet kan dock möjligheten att återfinna och läsa kod eller papper på den ojämna och hanterade balen vara begränsad (Ansbjer, pers. medd.).

Ett enkelt system för att kunna härleda balens ursprung är att manuellt märka balarna med aktuellt traktnummer. Som tillägg skulle kunna anges om balen har hög eller låg fukthalt. Härigenom kan lastvikterna enklare skattas och lagerhanteringen i Brista ges möjlighet att blanda torrt och fuktigt material eller t.ex. prioritera tidig förbrukning av fuktigt material.

I ett mera avancerat system där syftet är att kunna styra flöde och lagring krävs en individuell märkning av varje bal med uppgifter om trakt, trädslag, uppskattad fukthalt och balvikt.

Slutsatser och sammanfattande diskussion

Det finns gott om råvara i form av GROT längs E4 från Sundsvall till Uppsala. Dessa mängder utnyttjas inte till fullo i dag och skulle därför kunna räcka till försörjning av två till tre kraftvärmeverk av Bristas storlek.

Men även om man utnyttjar de billiga returtransporterna från Sundsvall och söderut blir det med gällande förutsättningar och dagens teknik realistiskt sett svårt att komma under 131 kr/MWh för flis fritt Brista. Med en ökad komprimeringsgrad och därav höjt energivärde till 1,7 MWh per bal kan kostnaderna sänkas till 121 kr/MWh. Om detta skulle kunna kombineras med en medellast på 60 balar per retur skulle man i bästa fall kunna komma nedåt en kostnad på ca 118 kr/MWh. Om Delta-systemet ska realiseras måste således, enligt de gällande förutsättningarna, ett högre pris än 110 kr/MWh för flis fritt kraftvärmeverk accepteras. Ett motiv för detta skulle kunna vara att systemet ökar driftsäkerheten och möjligheten för Brista att själva styra flödet. Ett annat motiv skulle kunna vara att Delta-systemet ger en säker volym, en råvarubas, som möjliggör en övergång till inköp av icke sönderdelat material i Bristas närområde och därmed till totalt sett sänkta bränslekostnader.

Eftersom transportkostnaderna är den största enskilda kostnadsposten kan det vara intressant att se hur känsligt slutpriset är för priset på returerna. Det senare uppgår (enligt givna förutsättningar) till 3 660 kr, vilket motsvarar en kostnad på 43,8 kr/MWh. En kostnad på 3 000 kr per retur motsvarar 35,9 kr/MWh, 2 500 kr per retur 29,9 kr/MWh och 2 000 kr per retur 23,9 kr/MWh. I alternativet ”lägsta kostnad” i tabell 7 uppgår slutpriset flis

fritt Brista till 120,8 kr/MWh. Om det skulle gå att köra returerna för 3000 kr skulle priset sänkas till 116,6 kr/MWh fritt Brista vid en medellast på 55 balar per fordon och vid samma medellast är kostnaden nere på 110,6 kr/MWh vid en ersättning på 2 500 kr per retur. Fråga är var gränsen går för att åkaren ska bedöma returen som intressant? Bränsleförbrukningen mellan Delta Terminal och Brista Kraft torde uppgå till 1 000 – 1 500 kr, vilket ska betalas under alla omständigheter. Tillkommer gör däremot ca 1 timme i terminaltid. Dessutom ska kostnaden inkludera en tillräckligt stor ersättning för vinst/risk till Delta Terminal om beslut ska fattas om investeringar i ”dubbelbalare” etc.

Delta-konceptet är principiellt intressant eftersom både råvara, lediga transportvolym och efterfrågan finns. För att tillgång och efterfrågan ska mötas krävs dock en utveckling vilken också pågår. Balningssystemet har t.ex. stimulerat utvecklingen av andra typer av komprimeringsutrustningar. Under 1998 kommer åtminstone en, och troligen fler, prototyper att presenteras vilka komprimerar trädrester till balar i stockform. Dessa kan komma att bli intressanta i ett Delta-koncept. Konkurrensen kan också stimulera till utveckling av balaren, t.ex. avseende en ökning av komprimeringsgraden.

Eftersom transportkostnaden är den största enskilda kostnadsposten är det av intresse att undersöka alternativa komprimeringsutrustningar som gör fyrkantiga balar, vilka möjliggör bättre lastutnyttjande av styckegodsbilarna. SkogForsk har kartlagt olika typer av komprimeringsutrustning (Löfroth, 1988). Bland annat nämns mobila utrustningar (monterade på släp) för komprimering av balar. Ett alternativt Delta-system skulle kunna vara att köra in GROT till Delta Terminal och där komprimera avverkningsresterna till fyrkantiga balar. Formen skulle kunna medföra fullt lastutnyttjande och billigare transporter. Frågetecken är dock komprimeringsgrad, prestation och kostnad vid tillverkning av fyrkantiga GROT-balar i utrustning avsedd för skrotbilar eller returpapper.

Referenser

- Andersson, G., Nordén, B. 1996. Balning av trädrester – en systemanalys. SkogForsk. Stencil 1996-06-20. 23 s.
- Andersson, G. & Nordén, B. 1998. Projekt komprimering av trädrester. SkogForsk. Arbetsrapport under bearbetning.
- Anon. 1990. Maskinentreprenörernas entreprenadhandbok 1990. Maskinentreprenörerna. (Nybrokajen 5. 111 48 Stockholm) 168 s.
- Brunberg, B., Frohm, S., Nordén, B., Persson, J. & Wigren, C. 1994. Projekt skogsbränsleteknik – slutrapport. SkogForsk. Redogörelse nr 5, 1994. 69 s.
- von Hofsten, H. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning med engreppsskördare. SkogForsk Stencil 1997-04-09, 14 s.
- Jirjis, R., Lehtikangas, P. 1998. Lagring av avverkningsrester i balar. SLU. Inst. f. virkeslära. Rapport under publ.
- Lundström, A., Nilsson, P. & Söderberg, U. 1993. Avverkningsberäkningar 1992, länsvisa resultat. SLU, Inst. f. Skogstaxering. Rapport nr 56. Umeå.
- Löfroth, C. 1998. Kartläggning av komprimeringsutrustning. SkogForsk. Arbetsrapport nr 384.
- Mattsson, S. 1997. Sammanställning av tillgångar, produktion och förbrukning av trädbränslen. SkogForsk. Arbetsrapport nr 370.
- Thor, M. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning – studier av avverkning, rundvirkesskotning och skotning av trädrester hos SCA Skog AB. SkogForsk Arbetsrapport nr 372, 21 s.
- Wigren, C. 1990. Ökat tillvaratagande av skogsbränsle -metod för slutavverkning med tvågreppsskördare. SkogForsk Resultat nr 24, 1990. 4 s.
- Wigren, C. 1992. Uttag av trädrester efter slutavverkning med engreppsskördare. SkogForsk. Resultat nr 8, 1992. 4 s.

Personliga meddelanden

- Andersson, Göran. Korsnäs. Gimo skogsförvaltning.
- Ansbjer, Bo. Bala Press AB. Nossebro.
- Berndt, Ulf. Sundfrakt, Sundsvall.
- Bouvin, Thomas. MoDo skog, Region Iggesund.
- Bredberg, Jonas. Norrskog, Region Öst, Kramfors.
- Granberg, Thomas. Norrbränslen, SCA, Sundsvall.
- Rosengren, Claes. Mellanskog. Gävle.
- Sakari, Hans-Erik. Stora Skog. Ockelbo.

Kalkyl dubbelbalare på lastbilschassie

Mängd (MWh) 183 000

Kalkylresultat:

Totalkostnad (tkr) 3 307,1
 Styckkostnad (kr) 18,1
 Tidsåtgång (h) 6 078,3
 Prestation (enh/h) 30,1
 Timkostnad (kr/h) 544,1

Prestation (enh/G₁₅-h) 35,4
 Timkostnad (kr/G₁₅-h) 640,1

Underlag för kostnadsberäkning:

	Basmaskin	Aggregat	Tillbehör
Investering (tkr)	1 500	3 000	0
Restvärde (tkr)	150	300	0
Avskrivningstid (år)	8	8	0
Service o rep (tkr/år)	100	187,5	0
Övriga kostnader (tkr/år)	0	0	0

Ränta (%) 7
 Utnyttjad tid per år (h) 3 520
 Tekniskt utnyttjande (%) 85
 Personalkostnad (tkr/år) 457,6
 Resekostnader (tkr/år) 0
 Skatt (tkr/kr) 0
 Försäkring (tkr/år) 9
 Däckkostnad (tkr/år) 10
 Bränsle o olja (kr/G₁₅-h) 147,5

Underlag för prestationsberäkning:

Balningsmaskin
 Grundprestation (MWh/G₁₅-h) 22,0

Tillägg/avdrag till prestation

Traktförhållanden (%) 15
 Nivåjustering (%) 40

183 000 MWh motsvarar 121 500 balar
 Personalkostnad 130 kr/tim = 457 600 kr/år
 Bränslekostnad 25 l/tim à 5,20 + 1/2 l olja à 35 kr

Exempel på grov kalkyl för stationär flishugg vid Brista

Mängd (MWh)	183 000
Kalkylresultat:	
Totalkostnad (tkr)	753,1
Styckkostnad (kr)	4,10
Tidsåtgång (h)	1 032,3 (tid som behövs för att flisa 183 300 MWh)
Prestation (enh/h)	177,6 (MWh/h)
Timkostnad (kr/h)	729,5
Prestation (enh/G ₁₅ -h)	236,8 (MWh/G ₁₅ -h (155,8 bal/G ₁₅ -h, 2,6 bal/min)
Timkostnad (kr/G ₁₅ -h)	972,70

Underlag för kostnadsberäkning:

	Basmaskin	Aggregat	Tillbehör
Investering (tkr)	7 200		
Restvärde (tkr)	720		
Avskrivningstid (år)	10		
Service o rep (tkr/år)	360		
Övriga kostnader (tkr/år)	0		
Ränta (%)	6,5		
Utnyttjad tid per år (h)	2 200		
Tekniskt utnyttjande (%)	75		
Personalkostnad (tkr/år)	286		
Resekostnader (tkr/år)	0		
Skatt (tkr/kr)	0		
Försäkring (tkr/år)	10,8		
Däckkostnad (tkr/år)	0		
Bränsle o olja (kr/G ₁₅ -h)	0		

Underlag för prestationsberäkning:

Stor flismaskin för trädrester, typ Bruks 1004
 Grundprestation (råton/G₁₅-h) 22,4

Tillägg/avdrag till prestation

Traktförhållanden (%)	0
Nivåjustering (%)	321

Bilaga 3:1

Exempel på huggutrustning för Brista enligt budgetoffert för liknande utrustning till Sävenäsverket

Bilaga 3:2

Bilaga 3:3

Bilaga 3:4

Lagring Brista

Kalkylresultat:

Totalkostnad (tkr)	273,6
Styckkostnad (kr)	6,0
Utgående torr-rådensitet	0,400
Utgående fukthalt	0,292
Utgående mängd (råton)	12 308
Utg energivärde (MWh)	43 111

Underlag för kostnadsberäkning:

Ingående mängd (MWh)	45 600
Nedlagda kostnader (kr/MWh)	120
Ränta (%)	5
Driftkostnad (kr/månad)	0

Period	Månatlig förändring		
	Lagringstid (antal månader)	torrsubstans (%/månad)	fukthalt (%/månad)
Frusen	4	m-0,1	0
Torr	5	-0,05	-3,6
Blöt	3	-3,5	0,4

Arbetsrapporter från SkogForsk fr.o.m. 1997

1997

- Nr 347 Lindgren, P., Nordlund, S. & Persson, J. (SCA Skog AB) 1997. Utveckling av skogsbrukets operativa organisation – mycket om relationer, roller och gruppdynamik samt lite om teknik och maskiner.
- Nr 348 Mattsson, S. 1997. ADI vid maskinell röjning – lägesrapport hösten 1996.
- Nr 349 von Hofsten, H. 1997. Plantsättning, plantöverlevnad och planttillväxt – en jämförande studie av manuell och maskinell plantering med Silva Nova.
- Nr 350 Gustafsson, L. 1997. Lövet och naturvården i södra Sverige – seminarium i Växjö den 6 november 1996.
- Nr 351 Thor, M., Nohrstedt, Hans-Örjan & Weslien, J. 1997. Möjliga miljöeffekter av stubbehandling med Timbor, Rotstop (pergamentsvamp) och urea – en litteraturstudie..
- Nr 352 Nordansjö, I. 1997. Kanaler för information till skogsägare..
- Nr 353 Bergström, J. 1997. Slutrapport BasVäg – Fältförsök med nationell vägdatas.
- Nr 354 Westerberg, D. 1997. Studie av engreppsskördare i avverkning av brandgator och av grävmaskin i anläggning av undersökning av metod och kostnad för hyggesbränning.
- Nr 355 Almqvist, C., Stener, L.-G. 1997. Skogsträdförädlingens databas Fritid. – Definitioner, tabellstruktur och manualer.
- Nr 356 Eriksson, U. 1997. Massförökning av förädlat material på Nya Zeeland och i Australien – intryck från en studieresa i februari 1993.
- Nr 357 Thor, M., Lundström, H. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning – vid metoder med normala respektive långa toppar.
- Nr 358 Granlund, P., Helgesson, T., Landström, M. & Myhrman, D. 1997. Prov av Timberjack 1270B/762.
- Nr 359 Hörnsten, L., Hannerz, M., Eriksson, M., Eriksson, U. & Almqvist, C. 1997. Kontrollerad fröproduktion i växthusplantager.
- Nr 360 Hannerz, M., Almqvist, C. & Arvidsson, P.-Å. Blomning i granfröplantage 501 Bredinge 1996 – jämförelse mellan plantskoleympar, fältympar och sticklingar.
- Nr 361 Löfgren, B. 1997. Autonoma system.
- Nr 362 Westerberg, D., Andersson, G., Mattsson, S., Stener, L.-G. & Werner, M. 1997. Råvara för etanolproduktion.
- Nr 363 Nordlund, S. 1997. Markvattenkemi i två kalkningsförsök i svensk barrskog.
- Nr 364 Löfgren, B. 1997. Dynamics of Forestry Machines.
- Nr 365 Löfgren, B., Wilhelmsson, L. SkogForsk, Hummel, H. & Ericson, M. 1997. Beröringsfri diamettermätning.
- Nr 366 Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 1997. Hur mycket är det värt att mäta diametern ”rätt” i skördaren?
- Nr 367 Bergström, J. & Eriksson, J. Insamling av vägdata.
- Nr 368 Granlund, P. Helgesson, T. Landström. M. & Myhrman, D. Prov av Timberjack 1270B/762C.
- Nr 369 Sikström, U. Avgång i skärmen och plantetablering vid föryngring av gran under högskärm – en surveystudie.
- Nr 370 Mattsson, S. Sammanställning av tillgångar, produktion och förbrukning av trädbränslen.
- Nr 371 von Essen, I. & Möller, J. Fördelningsaptering på mindre trakter.

- Nr 372 Thor, M. & Nordén, B. 1997. Bränsleanpassad slutavverkning – studier av avverkning, rundvirkeskotning och skotning av trädrester hos SCA Skog AB.
- Nr 373 Westlund, A. & Nohrstedt, H.-Ö. 1997. En studie av akuta skador på vanliga skogsmarksväxter orsakade av medel för bekämpning av rotrota.
- Nr 374 Bylund, N. & Rytter, L. 1997. Inventering av sågbart lövvirke i massavedsleveranser.
- Nr 375 Rytter, L. & Werner, M. 1997. Generell naturvårdshänsyn i södra Sverige.
- Nr 376 Almqvist, C. & Ericsson, T. 1997. Reserapport från SFTIC, 1997.
- Nr 377 Jacobson, S. 1997. Återföring av aska till skogsmark – kortsiktiga effekter på floran efter spridning av en krossaska.
- Nr 378 Nordlund, S. 1997. Planteringsförsök – jämförelse av olika planttyper med avseende på planteringsprestation, överlevnad och tillväxt.
- Nr 380 Pettersson, F. 1997. Utvärdering av tillväxteffekter i 21 praktiskt gödslade försök. Uppdragsgivare: Stora Skog AB.
- Nr 381 Löfgren, B. & Brunberg, T. 1997. Åtgärder för bränslebesparing på kranar. s 11.
- Nr 382 Gustafsson, L. 1997. Nyckelbiotoper och biotopskyddsområden – landsomfattande inventering av rödlistade mossor och lavar. s 35.
- Nr 383 Gustafsson, L. 1997. Naturvärdesbedömning av naturvårdsavtal och NOKÅS-objekt samt markägarenkät om Skogsvårdsorganisationens naturvårdsarbete. s 32.
- 1998**
- Nr 384 Löfroth, C. 1998. Kartläggning av komprimeringsutrustning.
- Nr 385 Hannerz, M., Hörnsten, L., Eriksson, U., Eriksson, M. & Almqvist, C. Fröproduktion och frökvalitet efter pollinering i isoleringstält i tallfröplantager. s 13.
- Nr 386 Arlinger, J., Brunberg, B., Eriksson, M. & Thor, M. 1998. Kvalitetskrav, råvaruutnyttjande och kostnader vid kraftigt ökad användning av skogsbränsle – Slutrapport för ett Optitträ-projekt. s. 27.
- Nr 387 Stener, L.-G. 1998. Analys av densitet för kloner av hybridasp. s 11.
- Nr 388 Sonesson, J. & Karlsson, B. 1998. Reserapport från IUFRO Norway Spruce Symposium 1997. s 6.
- Nr 389 Nordén, B. 1998. Studie av ombyggd balares framkomlighet. s 13
- Nr 390 Nordén, B. 1998. Studie av skotning och vidaretransport av balar. s 19.
- Nr 391 Eriksson, I., Bergström, J., Filipsson, J. & Andersson, K. 1998. Utvärdering av tre skogliga planeringssystem. s 95.
- Nr 392 Hallonborg, U. 1998. Drivare – En analys av maskiner för avverkning och transport. s 25.
- Nr 393 Almqvist, C. 1998. Nya metoder för bättre fröproduktion. Slutrapport från ett projekt i tallfröplantage 441 Nervsön. s 18.
- Nr 394 Eriksson, Ingemar. 1998. Utnyttjande av digital geografisk information vid drivning. s 10.
- Nr 395 Nordén, B. 1998. FGS 500 B Flerträdshanterande fälldon. s 14.
- Nr 396 Jacobson, S. 1998. Återföring av aska på skoglig fastmark – effekter på trädens koncentration av tungmetaller. s 15.
- Nr 397 Persson, T., Rytter, L. 1998. Sågutbyten och trädvärden hos björk, ek och klippal– röjda och gallrade bestånd i södra Sverige. s 15.
- Nr 398 Nordén B. 1998. Jämförande studier av balning, anpassade trädrester, ej anpassade och trädrester i vält. s 17.
- Nr 399 Hallonborg, U. 1998. Ingen man på maskinen. – En förarlös vision. s 19.
- Nr 400 Eriksson P. 1998. Skotare – teknik och metod. En litteraturstudie. s 31.

- Nr 401 Myhrman, D., Landström, M., Granlund, P. & Helgesson, T., Trätek. 1998. Prov av Valmet 965 på Valmet 911. s 15.
- Nr 402 Andersson, G. & Glöde, D. 1998. Beskrivning av askproduktion vid biobränsleeldade värmeverk och återföring av askan till skogen. (Under bearbetning).
- Nr 403 Filipsson, J. 1998. (Under bearbetning).
- Nr 404 Eriksson, P. 1998. Påhängsvagn för skotare. (Under bearbetning).
- Nr 405 Rytter, L. & Stener, L.-G. 1998. Genomsnittlig timmerkvalitet för olika lövträd i Sverige. – Uppgifter från riksskogstaxeringarna 1973 – 1975.
- Nr 406 Ring, E. 1998. Effekter av granulerad trädaska på markvattenkemin i tre försök i barrskog på fastmark. (Under bearbetning).
- Nr 407 Pettersson, F. 1998. Tillväxteffekter hos träd vid kraftledningarna som toppats med helikopter.
- Nr 408 Glöde, D., Nordén, B., Granlund, P., Andersson, G., Mattson, S. 1998. Förstudie Delta – Returtransport av komprimerat skogsbränsle från mellersta Norrland till Mälardalen

