

Fiberpac 370 Systemstudie komprimering av avverkningsrester

Gert Andersson & Berndt Nordén



Omslag: GROT & gagnvirkesskördare i arbete.

Ämnesord: GROT, trädrester, komprimering, skörd, slutavverkning.

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

Sammanfattning.....	3
Bakgrund och syfte	5
Material och metoder.....	5
Maskinbeskrivning, Fiberpac 370	5
Studiens genomförande och omfattning	6
Prestationsstudie Fiberpac 370.....	7
Skotning.....	8
Lastbilstransport	8
Sönderdelning	8
Lagringsstudie	9
Studieresultat.....	9
Komprimering.....	9
Skotning.....	11
Lastbilstransport	12
Sönderdelning	13
Lagring.....	13
Systemanalys.....	16
Kostnader.....	16
Fiberpac 370.....	16
Skotning.....	16
Lastbilstransport	16
Sönderdelning	17
Terminalkostnad	18
Systemkostnad buntsystemet	18
Systemjämförelse 1 – Direkttransport skog till förbrukare, buntar mot osönderdelad grot	20
Systemjämförelse 2 – Buntar över terminal mot konventionellt flissystem ..	22
Känslighetsanalys.....	24
Energi-innehåll, MWh/m ³ s	24
Volym innehåll per bunt	24
Diskussion och slutsatser	26
Fiberpac 370	26
Skotning.....	26
Lastbilstransport – virkesfordon.....	26
Sönderdelning.....	27
Terminalhantering.....	27
Kvalitet	28
Systemförändring – komplement till dagens system.....	28
Bilaga 1 Momentbeskrivning studie Fiberpac 370	31
Bilaga 2 Maskinkalkyler	33
Bilaga 3 Lagringsstudie.....	37

Sammanfattning

Fiberpac AB har utvecklat en maskin för komprimering av avverkningsrester till cylindriska buntar i valfri längd. Huvudmetoden antas vara att under sommarhalvåret, på hygget, komprimera vinteravverkad grot. Buntarna transporteras med konventionell skotare till väg och vanlig rundvirkesbil till terminal eller slutförbrukare. Vid sönderdelning utnyttjas en större utrustning än dagens konventionella skogsflisare. Transport från terminal till slutförbrukare utförs med konventionell cellulosaflysbil.

Fiberpac 370 har utvecklats positivt under prototypskedet. Prestationsnivån har höjts med 30 % mellan augusti 1998 och mars 1999. De flaskhalsar som bindning, kapning av bunten samt inmatning i komprimatorn som noterades vid den första studien har åtgärdats. Förarens arbete kunde vid den andra studien huvudsakligen koncentreras till körning och kranarbete. Vid komprimering av grönt material i februari 1999 producerades 20–31 buntar per G_{15} -timme. Buntarna vägde i snitt 537 kg vid en fukthalt av ca 50 %. Längden på buntarna var 324 cm och diametern 73 cm.

Skotning och lastbilstransport studerades med konventionell skotare och rundvirkesbil. Skotningskostnaden bör kunna mer än halveras jämfört med skotning av lösgrot. Lastning på rundvirkesfordon bör kunna utföras på samma tid som konventionell rundvirkeslastning och de väl sammanhållna buntarna bör kunna transporteras med konventionell lastsäkring. Cirka 66 buntar kan lastas på ett Svenskt rundvirkesfordon. Om buntarna är väl sammanhållna kan transorten ske med normal lastsäkring. Risk kan dock finnas för att framför allt barr och finkvist faller av under transport varför någon form av ytterligare lastsäkring kan komma i fråga.

Sönderdelning av buntar har studerats med en mindre trumhugg, SPC 90–96, samt en stor trumhugg, Bruks 1004 CT. Prestationen vid sönderdelningen var 107 respektive 145 buntar per G_0 -timme. Ytterligare studier och erfarenheter krävs för att fastlägga praktiskt nåbar prestation och kostnad vid sönderdelning, kostnaden bör dock kunna sänkas avsevärt mot kostnaden för sönderdelning av lösgrot med mobil flisare vid välta.

I september 1998 komprimerades buntar av vinteravverkat material med en ingående fukthalt på 50 % samt buntar med helt färskt material. Buntarna lades omedelbart upp i välta, både med och utan täckning av papp. Efter sex månaders lagring under papp var fukthalten oförändrad medan den ökat ca 5 % vid lagring utan täckning. Den stjälpvolumen var drygt $1,4 \text{ m}^3$ per bunt och effektivt värmevärde $0,7\text{--}0,82 \text{ MWh}/\text{m}^3$. Det högre värdet gällde för brunt material lagrat under papp. För beräkningar av buntsystemets kostnad har buntens volym satts till $1,42 \text{ m}^3$ och energinnehållet till $0,8 \text{ MWh}/\text{m}^3$.

Svampsporer före och efter lagringen analyserades. Den sammanvägda bedömningen av SLU Inst. f. skogshushållning är att lagringen inte givit upphov till sådana mängder svampsporer att det kan vara en hälsorisk vid sönderdelning och övrig hantering av av materialet. Vidare bedöms risken för substansförluster som måttliga speciellt för det bruna materialet.

Vid ett intransportavstånd på 30 km från skog till terminal, och ett avstånd från terminal till slutförbrukare på 50 km beräknas de operativa kostnaderna för buntsystemet till $70\text{--}83 \text{ kr}/\text{m}^3$. Detta innefattar en kostnad för terminalhantering om ca $20 \text{ kr}/\text{m}^3$. Förutsatt ett energinnehåll på $0,8 \text{ MWh}/\text{m}^3$ blir den

operativa kostnaden för buntsystemet 88–103 kr/MWh. Ersättningen till markägare och Södra Skog uppgick 1998 till ca 10 kr/m³s. Med denna ersättningsnivå blir slutkostnaden för systemet ca 101–116 kr/MWh.

Vid inkörning av buntar eller osönderdelat material i grotbil direkt till slutförbrukare, t.ex. Norrköping, går brytpunkten mellan systemen vid 10–65 km. På kortare avstånd är det konventionella systemet med grotbilar billigast. Vid ett antaget pris fritt mottagare på 95 kr/MWh kan konventionellt material transporteras 95 km mot 125–165 km för buntarna.

Jämfört med dagens konventionella flissystem är den kalkylerade kostnaden för buntsystemet 10–25 kr/MWh lägre. Vid en förutsedd sänkning av flisningskostnaden i det konventionella systemet är den kalkylerade kostnaden för buntsystemet 5–20 kr/MWh lägre. Jämförelser måste göras med en viss försiktighet då skillnaden mellan systemen är starkt beroende av de transportavstånd som används.

De dominerande systemen för skogsbränslehantering i slutavverkning är mogna system med en relativt begränsad rationaliseringspotential. Kvaliteten på den producerade produkten har under årens lopp utvecklats och rätt hanterat erbjuder systemen en robust och påverkbar kvalitet. För personal på skogsbränsleföretag med ansvar att leverera en säljbar produkt kommer nya system att mätas både avseende kostnad och kvalitet gentemot kund.

Fältpersonalen upplever ofta att planering och kontakter med markägare och entreprenörer vid dagens skogsbränslehantering tar mycket tid. Hanteringen uppges också orsaka friktioner i markägarkontakterna t.ex. i form av sönderkörda vägar, kvarliggande vältor m.m. Betalningen till skogsägaren sker långt efter avverkning och avtransport från objektet och det är mycket svårt för skogsägaren att se hur mycket material som körts ut från hans hygge. Detta tillsammans med att skogsbränslehanteringen brottas med lönsamhetsproblem medför att ny teknik med möjlighet att rationalisera och förändra verksamheten möter stort intresse i skogsledet.

Den utvecklade tekniken att komprimera avverkningsresterna på hygget till buntar med Fiberpac 370 erbjuder ett intressant komplement till dagens leveranssystemen för skogsbränsle. De beräkningar som genomförs i denna analys pekar på möjligheter att sänka kostnaden fritt förbrukare.

Största frågetecknen för buntsystemet är kvaliteten på slutprodukten samt möjligheten att bygga upp ett system som till stor del är baserat på terminalhantering. Terminaler utsätts idag för en allt hårdare granskning avseende buller och lukt. För att nå större kunskap om kvaliteten i materialet efter lagring i buntar genomför SkogForsk och SLU att nya lagringsstudier.

Bakgrund och syfte

Fiberpac AB har under 1998 utvecklat och provkört en maskin för komprimering av avverkningsrester till cylindriska buntar i valfri längd. SkogForsk har utvärderat prestationer och ekonom i hela systemet från skog till värmeverk. I studierna ingår lagringsstudier av material komprimerat till grotbuntar.

SkogForsk har tillsammans med företagen Fiberpac AB och Södra Skog utvärderat systemen med syfte att klarlägga följande punkter.

- Prestation och kostnad vid komprimering, skotning, vidaretransport och sönderdelning,
- Förändring av vikt, fukthalt, och energi-innehåll i grotbuntarna vid lagring, (i samarbete med SLU, Inst. f. virkeslära),
- Ekonomi i kedjan från skog till värmeverk jämfört med dagens leveranssystem.

Material och metoder

Maskinbeskrivning, Fiberpac 370

Fiberpac 370 tillverkas av Fiberpac AB i Vislanda. Konstruktörer och ägare av företaget är Christer Lennartsson och Jan Carlsson.

Maskinen är hydrauliskt driven och datoriserad d.v.s. arbetscykeln är styrd från datorn och avlastar därmed föraren, som helt kan ägna sig åt kranarbete och förflyttning. I maskinhytten har föraren en display- och funktionspanel från vilken han manuellt, om så önskas, kan manövrera samtliga funktioner.

Fiberpac 370 måste kontinuerligt förses med en lagom tjock bädd av grot eller stamdelar. Via avkännare i inmatningen bevakar datorn att materialmängden ej blir för liten. Om så sker stannar processen automatiskt, matarverket öppnas och signalerar därmed till föraren ”låg materialbädd”. Efter mer tillfört material trycker föraren på ”gå vidare” varvid processen fortsätter där den stannade.

Framställning av bunten sker genom komprimering i tre olika etapper:

- Första etappen består i att matarvalsarna (fyra st.) samlar och trycker in materialet i maskinen.
- Andra etappen utgörs av en rektangulär sektion, som i pressfasen övergår till en areaminskning, varvid materialets omfång ytterligare förminskas.
- Tredje och sista komprimeringen sker i stort sett som andra fasen och med ytterligare sammanpressning.

Efter avslutad komprimering i tredje fasen lindas bunten med valfritt antal varv med vanligt skördegarn. Vid uppnådd valfri totallängd av bunten, sker kapning med kedjesåg. Vid kontakt med matarvalsarna avskiljs barr och findelar och faller till marken. Omfattningen av denna avskiljning är dock inte studerad.

Buntningsmaskinen är monterad på en svängkrans som ger föraren möjlighet att svänga maskinen från vänster till höger sida.

Fiberpac 370 var vid studierna monterad på Rottnes 18-tons skotare, Rottne Rapid SMV. Skotarkranen var utrustad med risgrip.



Figur 1.
Fiberpac 370 monterad på en Rottne SMV 18-tons skotare.

Tekniska data Fiberpac 370 – Tillverkarens uppgifter

- Längd 6,2 m exkl. stödbåge.
 - Bredd 2,4 m.
 - Höjd 1,9 m.
 - Vikt ca 6,5 ton.
 - Svängbar med möjlighet att mata material från båda sidor maskinen.
 - 4 inmatningrullar, två vertikala, två horisontella.
 - Kedjesåg
 - Separata hydraulsystem för Fiberpac 370 och skotaren. Hydraulsystemet kräver 250 l/minut, 250 bar vilket kan klaras med en motor på ca 170 hk.
-

Studiens genomförande och omfattning

Genom prestationsstudier av de enskilda momenten i kedjan komprimering, skotning, vidaretransport och sönderdelning tillsammans med kända och uppskattade maskinkostnader, kan prestations- och kostnadsfunktioner skapas för hela systemet. Svårigheten ligger i de stora variationer i buntvikt och

därmed energi-innehåll som uppstår med olika material, trädslag, grovlek och fukthalt. Studien koncentrerades därför till dominerande material, grangrot av ordinär dimension. I arbetet genomfördes följande studier och analyser:

- Komprimering av grangrot i bränsleanpassade högar på hygge med Fiberpac 370 i en tidig modell hösten 1998, och en senare modell våren 1999.
- Skotning med en konventionell liten skotare.
- Lastbilstransport med konventionell rundvirkesbil.
- Sönderdelning med fyra olika sönderdelningsutrustningar, SPC 90–96, (storlek som en konventionell skogsflisare), Bruks 1004 CT, (större flisare på dumperchassi), Fast kross vid Norrköpings Energi samt lastbilsmonterad skivhugg.
- Lagring av brunt och grönt material i täckt och ej täckt välda.
- Beräkning av systemkostnad fritt flisficka för buntsystemet jämfört med konventionellt system.

Tabell 1.

Prestationsstudie av tillredning, transport och sönderdelning av grotbuntar, omfattning.

Studieled	Omfattning,
komprimering, torr grangrot 1998	112 buntar
komprimering, färsk grangrot 1998	74 buntar
komprimering, färsk grangrot 1999	212 buntar
skotning 1998	10 lass –125 buntar
lastbilstransport 1998	1 lass – 67 buntar
sönderdelning 1998, SPC 90-96	44 buntar
sönderdelning 1999, Bruks 1004 CT	124 buntar
sönderdelning 1999, fast kross Norrköping	120 buntar
lagringsstudie	2 × 40 buntar

Prestationsstudie Fiberpac 370

Tidsstudien av Fiberpac genomfördes i två omgångar. I september 1998 studerades en tidig version av maskinen och i mars 1999 en vidareutveckling av konceptet. Efter komprimering på hygget vägdes huvuddelen av buntarna. Förare under studierna var Christer Lennartsson som tillsammans med Jan Carlsson utvecklat Fiberpac 370. Christer är förutom uppfinnare, bl.a. skördarentreprenör och en mycket rutinerad maskinförare.

Brun grot september 1998

Hygget var relativt litet och långsmalt och låg söder om Lammhult, några kilometer norr om Moheda. Objektet avverkades i månadsskiftet april–maj 1998 och buntarna tillverkades i september 1998. Den blöta och kalla sommaren medförde att avbarrning och uttorkning av materialet var dålig. Fukthalt 50 %, grundförhållande, ytstruktur och lutning, (GYL), enligt SkogForsks terrängtypschema, 1,2,1.

Grön grot september 1998

Det helt grandominerade objektet SO Lammhult låg i en sluttning strax norr om samhället Berg. Hög granbonitet med grov skog. Marken hade god bärighet och lutningen på de delar där studien genomfördes var liten. Objektet avverkades dagen för studien. Fukthalt 50 %, GYL 1,2,1.

Grön grot mars 1999

Studien genomfördes i en väggata på sträckan Växjö–Rottne. Materialet var avverkat under vintern 1998/99 och var grandominerat med inslag av löv. En del längre toppar och hela små träd förekom. Plan terräng med stråk av sämre bärighet. Fukthalt 50 %, GYL 2,2,1.

Skotning

Tio skotarlass tidstuderades av det bruna materialet, totalt 125 buntar. Arbetet utfördes med en 8-tons skotare, Rottne G-skotare. Maximalt kunde 14 buntar per lass lastas. Föraren hade kortare erfarenhet av skotning av buntar.

Lastbilstransport

Lastnings-, och lossningsarbetet vid lastbilstransport av bruna buntar 1998 och gröna buntar 1999 studerades.

Sönderdelning

Sönderdelning av buntar tillverkade med Fiberpac 370 studerades med

- en mindre trumhugg, SPC 90-96, storlek som en ordinär skogsflisare. Motorstyrkan var 350 kW eller ca 500 hk. Flishuggen var ej utrustad med egen kran varför den matades med hjälp av en skotare. 44 buntar av brunt och grönt material från studien i september 1998 studerades.
- en större trumhugg, Bruks 1004 CT monterad på dumperchassi, 124 buntar av det gröna materialet från studien i mars 1999.

Översiktlig studerades också sönderdelning med en lastbilsmonterad skivhugg samt krossning i fast anläggning vid Norrköpings Energi, i båda fallen med grönt material från studien i mars 1999.

Lagringsstudie

Lagring av ca 80 buntar från studien i september 1998 följdes med avseende på förändringar av vikt, fukthalt, energi-innehåll och mikrobiell aktivitet. Buntarna lades upp i en vältas dels med, dels utan täckning av papp. Vältan lades upp dagarna efter studien och lagrades i 6 månader fram till februari 1999. Vältan konstruerades så att luftgenomströmning kunde ske, genom att buntarna i varje rad lades med ett mindre mellanrum och de olika raderna lades i ett korsmönster med ca 30 graders vinkel i förhållande till varandra. Vältan byggdes fem rader hög, ca 3,5 m.

Vid uppläggnings av vältan bestämdes ingående fukthalt genom prover från de 44 buntarna som ingick i flisningsstudien. Prover för bestämning av energi-innehåll, mikrobiell aktivitet och askhalt togs på fem buntar av grönt respektive brunt material. Vid slutrevision i februari 1999 vägdes alla buntar och 5 provbuntar per studieled analyserades närmare med avseende på energi-innehåll m.m.

Vid flisningen av det lagrade materialet uppmättes den stjälpvolymer på provbuntarna. Varje enskild provbunt flisades och skottades sedan i en låda med känd volym.

Tabell 2.
Utformning av lagringsstudie, antal provbuntar per studieled.

Datum	Lagring		Färsk gran, 50 % fukthalt		Brunt material, 50 % fukthalt	
	Månader	Papptäckning	Ej täckning	Papptäckning	Ej täckning	
1 September 1998	0	5	5	5	5	
1 Februari 1999	6	5	5	5	5	
Σ Provbuntar		10	10	10	10	

Studieresultat

Komprimering

Vid de första studierna av Fiberpac 370 i september 1998 studerades tillverkning av 112 buntar av brunt material och 74 av färskt, grönt material.

I det bruna materialet tillreddes 23,5 buntar per G_0 -timme. Genomsnittlig vikt var 501 kg, längd 312 cm och diameter 71 cm.

I det färskt gröna materialet var prestationen 27,6 buntar per G_0 -tim. Den genomsnittliga vikten var 508 kg, längd 315 cm och diameter 74 cm.

Momenttiderna i tabell 3 visar att kranarbetet i det bruna materialet tog längre tid jämfört med det gröna medan arbetet att komprimera materialet tog ungefär lika lång tid på båda studieytorna. De kortare kranetiderna vid arbete med det gröna materialet beror troligen på att det är enklare att behandla detta än det bruna materialet som är torrare, segare och spretigare samt att riskoncentrationen var större på det gröna objektet. Tidsåtgången för förflyttning mellan uppställningsplatserna var högre för det bruna materialet. Orsaken var troligen den lägre riskoncentrationen på det bruna objektet.

I mars 1999 studerades en utvecklad version av Fiberpac 370. Drygt 200buntar av färskt material studerades. Prestationen varierade mellan 24 och 37,5 buntar per G₀-timme beroende av förutsättningar på objektet. Jämfört med studien i september 1998 bedömer vi att prestationen har ökat med ca 30 %. Utvecklingen av maskinen från september 1998 till mars 1999 har halverat momenttiderna som berör komprimatorns arbete. Förarens arbete kunde vid den andra studien huvudsakligen koncentreras till körning och matning av maskinen. Momenttiderna för kapning och bindning har minskat dramatiskt liksom tiden för inmatning av material i komprimatorn.

Tabell 3.

Momenttider vid studien av Fiberpac i brunt respektive grönt material, cmin per bunt samt prestation uttryckt som bunt per G₀ respektive G₁₅-timme. Momentbeskrivning enligt bilaga 1.

	Studie 1, 1998		Studie 2, 1999				Medel 2
	Brunt	Grönt	2:1	2:2	2:3	2:4	
Kranarbete							
– Ut	27	22	18	23	23	17	
– Grip	43	33	30	36	40	31	
– In	45	30	28	39	42	28	
– Lossning	18	9	12	21	20	9	
Σ	132	94	88	119	125	85	
Komprimator							
– Matning	39	26	13	21	21	13	
– Komprimering	22	29	17	17	20	26	
– Bindning	3	1					
– Kapning	25	26	4	4	6	7	
Σ	88	82	34	42	47	46	
Körning							
– Förf. m Uppst.pl.	61	33	32	41	64	33	
– Körning , tomkö.	3	0	6				
– Vändning	0	2		2	2		
Övrigt	7	6		3	14	1	
Σ c-min	292	217	160	212	251	165	218
Bunt per G₀-timme	20,5	27,6	37,5	28,3	23,9	36,4	27,5
Bunt per G₁₅-timme (TU 85 %)	17	23	31	24	20,3	30,9	23,4



Figur 2.

De producerade buntarna var i det närmaste felfria, vid studien i mars 1999. Inga midjor eller trasigt garn påverkade buntens fyllning. I studien av färskt material var buntarna i medeltal 537 kg, längd 324 cm och diameter 74 cm. Komprimeringsgraden av materialet var ca 400 kg/m³.

Av tabell 4 framgår längd, diameter och vikt för huvuddelen av de producerade grotbuntarna.

Tabell 4.
Längd, diameter och vikt.

	Längd, cm	Diameter, cm	Vikt, kg	kg/m ³	kg/m
Studie 1 Brunt					
Medel	312	71,5	501	400	160
Maximum	390	90	742		
Minimum	240	60	316		
Standardavvikelsen	26	7	94		
Studie 1 Grönt					
Medel	315	74	508	375	161
Maximum	400	87	641		
Minimum	250	60	315		
Standardavvikelsen	29	5	74		
Studie 2 Grönt					
Medel	324	73	537	396	166
Maximum	380	101	63		
Minimum	235	50	772		
Standardavvikelsen	20	8	380		

Skotning

Skotningen av brunt material i september 1998 genomfördes med en liten 8-tons skotare med en maximal lastkapacitet på 14 buntar per lass.

Skotaren var utformad för konventionell rundvirnesskotning och inte anpassad för skotning av buntar. Skotarföraren arbetade enbart med en bunt i taget vid både lastning och lossning.

Tom- och lastkörningstiderna har beräknats för ett medelavstånd på 300 m enkel väg och körhastigheten är satt till 60 m/min. Med tiderna för lastning och lossning enligt studien och vid 300 m köravstånd på objektet uppgår prestationen till 3,23 lass per G_0 -timme eller 40,5 bunt per G_0 -timme, tabell 5.

Tabell 5.

Studieresultat från skotning av brunt material. Momenttider för skotningsarbetet redovisat som cmin per bunt för de olika lassen samt cmin per bunt och cmin per lass som ett medelvärde för samtliga studerade lass.

Lass nr.	buntar i lasset	Kran-ut	Grip	kran-in	rätta-lägg.	Summa-lastn.	För-flytt.	lass-körn.	Tom-Körn.	loss-ning	övrig verktid
1	12	7	3	14	4	28	17	12	0	38	5
2	13	7	4	11	6	27	10	0	6	30	1
3	14	7	4	14	4	28	13	5	10	30	5
4	8	6	4	8	2	20	6	5	6	24	0
5	13	7	3	15	1	26	10	32	0	33	1
6	13	8	3	12	4	27	6	27	15	28	1
7	14	8	3	13	3	27	10	28	16	31	0
8	12	8	2	13	3	26	8	43	50	29	1
9	13	7	3	15	1	26	5	34	0	28	0
10	13	8	2	13	2	26	15	5	20	29	0
Per bunt		7	3	13	3	26	10	19	12	30	1
Per lass	12,5	88	38	162	38	325	125	238	145	375	12

Lastbilstransport



Figur 3.

Konventionellt rundvirkesfordon lastar ca 66 buntar, 15 per trave på släpet och 10-11 buntar per trave på bilen. En massavedsbit läggs nederst på varje sida i varje trave för att undvika att buntarna hänger ned över lastsäkringsutrustningen.

I april 1999 studerades lastning och lossning av gröna buntar. Lastningstiden uppgick till 25 minuter och är jämförbar med tiden för konventionell rundvirkeslastning. Buntarna lossades direkt i sönderdelningsficka vid Norrköpings Energi. Lossningstiden uppgick till 27 minuter. Lossningen hade kunnat genomföras på ca 15 minuter om sönderdelningen fungerat effektivt.

Sönderdelning

Flisning av 24 bruna och 20 gröna buntar studerades med en mindre trumhugg benämnd SPC 90–96.

Prestationen var 108,4 respektive 106,8 buntar per G_0 -timme. Antaget en tekniskt utnyttjandegrad, (TU) på 60 % uppgick prestationen till ca 65 buntar per G_{15} -timme.

Fukthalten var efter flisning ca 50 % för både brun och grön fraktion.

Tabell 7.

Flisningsarbete med SPC 90–96 och Bruks 1004 CT.

		Prestation, buntar	
		G_0	G_{15} vid TU = 60 %
SPC 90-96	Brunt	106,8	64,1
	Grönt	108,4	65,0
Bruks 1004 CT	Grönt	145	87



Figur 4.

Bruks 1004 CT, trumhugg monterad på dumperchassi. Vid 8 månaders drift i tvåskift och TU 60 % uppgår produktionskapaciteten till ca 200 000 m³s per år.

I april 1999 genomfördes en studie av sönderdelning av gröna buntar med Bruks 1004 CT. För buntar med en längd av 3,2 meter uppmättes en prestation av 145 buntar per G_0 . Antaget en TU på 60 % uppgår prestationen till 87 buntar per G_{15} -timme. Vid studien noterades att varvtalet gick ned två till tre gånger per bunt och att kylningen av maskinen var otillräcklig.

Lagring

Fukthalten är i stort sett oförändrad för det täckta materialet medan den ökat ca 5 % för det ej täckta materialet från buntningen till det materialet lagrats i sex månader, september – februari. Den stälpta volymen var drygt 1,4 m³s per bunt efter lagring. Utgående effektivt värmevärde efter lagring uppgick till 0,7 MWh/m³s för grönt täckt material och 0,8 MWh/m³s för brunt täckt material. För fortsatta beräkningar av buntsystemets ekonomi har stälpt volym och energi-innehåll från det täckta lagrade materialet valts, 1,42 m³s per bunt respektive 0,82 MWh per m³s. Data från lagringsanalysen redovisas i bilaga 4.

Tabell 8.

Lagringsanalys, medelvärden per studieled. Analyser avseende värmevärde, askhalt och svamp utförda av SLU, Inst. f. Virkeslära, se bilaga 4. Vikt före lagring är medelvikt på samtliga tillverkade buntar grönt respektive brunt september 1998. Vikt efter lagring är medelvikt på samtliga buntar i lagringsvältan i februari 1999. Övriga värden i tabellen baseras på material från fem provbuntar per studieled.

	Vikt, kg		Fukthalt, %		Utgående volym m ³ s/bunt	Utgående, effektivt värmevärde		Askhalt, % av ts
	9809	9902	9809	9902		MWh/råt.	MWh/m ³ s	
Täckt Grönt	508	494	50	52	1,46	2,29	0,70	2,73
Täckt Brunt	501	494	50	53	1,43	2,25	0,82	2,62
Ej täckt Grönt	508	604	50	57	1,46	1,98	0,68	2,45
Ej täckt Brunt	501	569	50	56	1,44	2,02	0,79	2,69

Före buntning

Det gröna materialet innehöll ca 1×10^{10} sporer/kg Ts före buntning. Antalet var något över normala halter för färskt material. Antal levande sporer vid rumstemperatur var låga och som väntat skedde ingen tillväxt vid odling av materialet vid 45°C.

I det bruna materialet var totala antalet mikrosporer före buntning (bl.a. mögel) 20 % lägre än i det gröna, däremot var antalet levande sporer tre gånger så högt då proverna odlades i rumstemperatur. Förklaringen kan vara att det bruna materialet lagrats i bränsleanpassade högar på hygget. Ingen svamp fanns i odlingen vid 45°C vare sig i brunt eller grönt material. Detta tyder på att ingen värme hade utvecklats i högarna på hygget före buntningen avseende brunt material. Vidare hade ingen värmeutveckling skett i buntarna under de dygn materialet var lagrat innan sönderdelning.

Efter lagring

Efter lagringen från september till februari flisades buntarna. Mängden svamp före och efter lagring redovisas i tabell 9.

Tabell 9.
Antal mikrosvampsporer i grotbuntar före och efter lagringen i täckt och ej täckt välla.
Antalet uttryckt i spor/kg TS.

Flisprov	Total antal sporer ($\times 10^{10}$)	Antal levande Sporer (10^6) vid Rumstemp. 45°C	
Grönt material före	1,10	55	0,0
Lagrat, grön, ej täckt,	1,38	4 215	472
täckt	1,31	3 960	626
Brunt material före	0,8	145	0,0
Lagrat, brun, ej täckt	0,32	1 039	28,4
Täckt	0,37	1 538	11,6

Generellt var antalet sporer i det gröna materialet högre än i det bruna. Orsaken kan vara högre halter av lättillgänglig näring i det färska materialet. Även antal levande sporer var betydligt högre, speciellt vid odling av prover i rumstemperatur. Täckningseffekten var inte så tydlig i försöket avseende påverkan på svamp.

Noterbart är att antalet termofila svampsporer (de som växer vid 45°C) var relativt högre i de gröna buntarna efter lagring. Detta tyder på att temperaturen inne i buntarna kan ha varit över 30°C för åtminstone en viss period under lagringen. Minimala halter av termofila svampar noterades i de bruna buntarna efter lagring.

Den sammanvägda bedömningen är att lagringen inte givit upphov till sådana mängder svampsporer att det kan vara en hälsorisk vid sönderdelning av materialet. Vidare bedöms risken för näringsförluster som måttliga speciellt för det bruna materialet.

En strävan bör vara en lägre fukthalt på det ingående materialet vid buntning. Detta tillsammans med goda lagringsbetingelser bör kunna ge en acceptabel produkt efter lagring avseende energi-innehåll, substansförluster och mängden svampsporer som påverkar arbetsmiljön vid hantering av buntarna.

Systemanalys

Kostnader

Fiberpac 370

Kostnaderna för komprimering av avverkningsrester har beräknats för ett maskinkoncept med en ny respektive en begagnad basmaskin samt ett prestationsintervall på 20 – 25 buntar per G₁₅-timme. Kostnaden baseras på en kostnadskalkyl och innefattar således inte entreprenörens vinst/risk. Kostnaderna för reparationer, underhåll och service är svåra att skatta utan praktiska driftserfarenheter. Vi har i kalkylen därför satt dessa kostnader till en schablon på 50 % av investeringskostnaden utslaget över avskrivningstiden.

Huvudmetoden antas vara att buntningen utförs under fem månader, maj till september av vinteravverkat material, där maskinen utnyttjas i tvåskift. Arbetsplatstiden uppgår till 1 680 timmar, Vid en bedömd TU på 85 % nyttjas Fiberpac under 1 428 G₁₅-timmar per år. Basmaskinen antas kunna nyttjas för skotning under ytterligare 6 månader i enkelskift. I kalkylen belastas därför buntningen med endast 60 % av basmaskinens kapitalkostnad. Kalkylunderlaget framgår av bilaga 2.

Tabell 10.

Beräkning av timkostnaden för Fiberpac 370 inklusive basmaskin. Notera att basmaskinen (skotaren) nyttjas 6 månader för konventionell skotning varför buntningen belastas med endast 60 % av basmaskinens kapitalkostnad. Kalkylunderlag enligt bilaga 2.

Basmaskin	Investering, kr		G ₁₅ -timmar per år, buntning	Timkostnad Kr/G ₁₅ -timme
	Fiberpac 370	Basmaskin		
Ny	1 375 000	1 800 000	1 428	735
Begagnad	1 375 000	800 000	1 428	665

Tabell 11.

Kostnad per bunt och m³s för buntningen. I kostnadsberäkningarna sätts buntinnehållet till 1,42 m³s per bunt enligt resultaten från lagringsstudien.

Basmaskin	Timkostn.	Kostnad per bunt		Kostnad per m ³ s	
		20 bunt/G ₁₅	25 bunt/G ₁₅	20 bunt/G ₁₅	25 bunt/G ₁₅
Ny	735	36,8	29,4	25,9	20,7
Begagnad	665	33	26,6	23,3	18,7

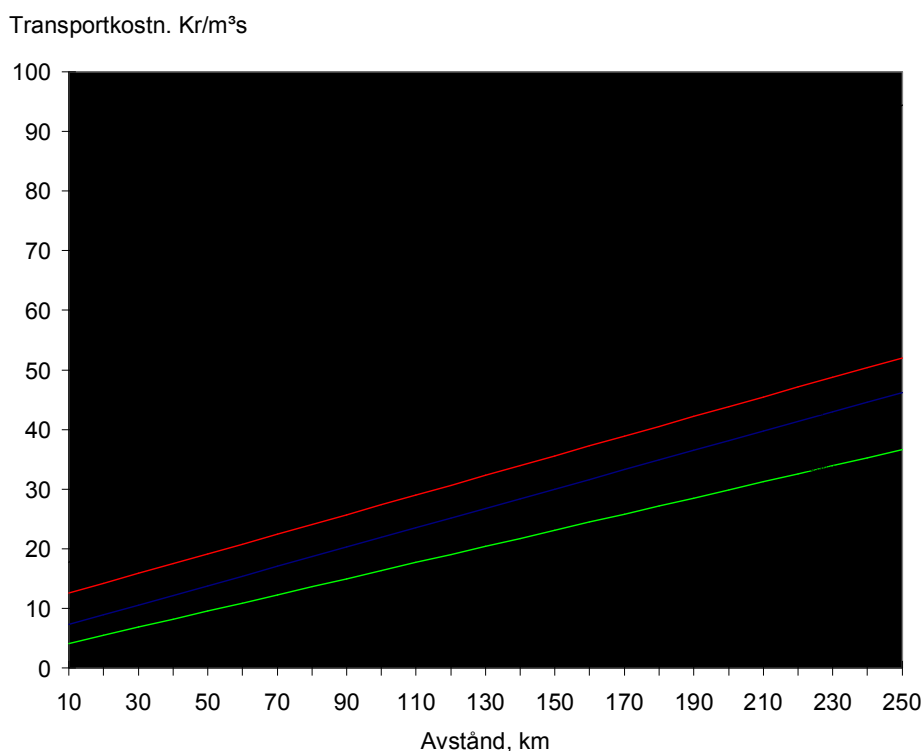
Skotning

Marknadspris för skotning med mellanstor skotare har utnyttjats. Timkostnaden på 450 kr/G₁₅-timme har slagits ut på en prestation av 40 buntar per G₁₅- timme.

Lastbilstransport

För lastbilstransport har marknadspriser enligt Södras prislistor utnyttjats. Prislistorna har generaliserats till enkla linjära funktioner, tabell 13. Transportkostnaden av buntar på virkesfordon har beräknats genom att vändakostnaden vid 40 tons last slagits ut på en last av 66 buntar. 3 × 15 buntar på släpet och 10 + 11 buntar på bilen.

Kostnaden per m³s för olika transporter av energisortiment framgår av figur 5 nedan. Kostnaden för att transportera hela buntar på virkesfordon jämfört med cellulosafлис i konventionella flisfordon är jämförbara, (I kostnaden för flisfordon nedan ingår ej lastningskostnad om ca 3,5 kr/m³s). Detta medför att platsen för ev. terminal på sträckan skog – förbrukare kan placeras efter de praktiska förutsättningarna och ej styrs av den direkta transportkostnaden för transporten med virkesfordon eller cellulosafლისbil.



Figur 5. Transportkostnader för, flisat material i containerfordon, flisat material i cellulosafლისbil (exklusive lastning), ej sönderdelat material i grotbil, samt komprimerade buntar på konventionellt rundvirkesfordon.

Tabell 12.

Utnyttjade transportkostnadsfunktioner, (kr/m³s = Koefficient x km + Konstant)
Notera att kostnaden för cellulosafლისbil är exklusive lastningskostnad.

Transport	Koefficient	Konstant
Virkesbil – Bunt	0,17	4,95
Containerbil	0,16	11,2
Grotbil	0,3	13
Cellulosafლისbil	0,14	2,80

Sönderdelning

Sönderdelningskostnaden för en Bruks 1004 CT har beräknats. Sönderdelningen förutsätts utföras på terminal där materialet efter sönderdelning kan sprutas direkt på platta. Kalkylkostnaden vid ett TU på 60 % uppgår till 1 240 kr/G₁₅-timme, se bilaga 2. Prestationen har beräknats från studieresultatet 145 buntar per G₀-timme × 0,6 = 87 buntar per G₁₅-timme. Den kalkylerade kostnaden på 10 kr per m³s har diskuterats i projektgruppen. Den låga kostnaden förutsätter möjligheten att sönderdela på terminal under goda för-

hållanden. Var den praktiska sönderdelningskostnaden kommer att ligga är svårskattad varför ett spann på 10–15 kr/m³s används i de fortsatta kalkylerna.

Tabell 13.

Exempel på kalkylerade kostnader för produktion av grotbuntar.

	Maskinkostnad	Prestation	Kostnad		
			kr/bunt	kr/m ³ s (1,42)	kr/MWh(0,8)
Komprimering	665–735 kr/G ₁₅	20–25 bunt/G ₁₅	26,6 – 36,8	18,7 – 25,9	23,5 – 32,4
Skotning	450 kr/G ₁₅	40 bunt/G ₁₅	11,25	7,92	9,90
Transport, 70 km	1 650 kr/vända	66 bunt/lass	25	17,6	22
Flisning	1 240 kr/G ₁₅	87 bunt/G ₁₅	14,25	10,0	12,55
			81,21	57,2	71,5

Terminalkostnad

Kostnaden att köra flisat material uppskattas till 15–25 kr/m³s. Denna kostnad innefattar terminalhyra, stackning av flis, täckning med plast, lastning i cellulosaflisfordon samt transport till värmeverk. Vidare antas att 10–30 % av materialet som flisas körs över terminal. Detta sammantaget ger en uppskattad terminalkostnad för flisat material (konventionellt flissystem där flisning utförs med mobil flisare vid avlägg) på ca 5 kr/m³s fritt slutförbrukare. Tillämpliga kostnadsposter för konventionellt material har överförts på hantering av buntar på terminal. I det konventionella flissystemet hanteras en mindre del av volymen på terminal medan huvuddelen av materialet i ett buntsystem kommer att belastas med terminalkostnader och terminalandel. Undantaget är de fall då buntarna kan köras direkt till slutförbrukare för sönderdelning.

Tabell 15.

Terminalkostnader för buntsystem, kostnaderna för konventionellt system i tillämpliga delar överförda. Notera att terminalkostnaden nedan inte innefattar transport från terminal till slutförbrukare.

Terminal	Kr/m ³ s
– Terminalhyra och lastning på cellulosaflisfordon	7,5
– Täckning papp	2,5
– Summa	10
– Terminalandel, %	100
Terminalkostnad	10

Systemkostnad buntsystemet

Vid beräkning av systemkostnad för buntsystemet antas huvudmetoden vara:

- Buntning av avbarrat, torrt material i bränsleanpassade högar på hygget.
- Skotning till väg och kortare lagring utan täckning vid bilväg.
- Transport från skog till terminal med konventionellt runvirkesfordon under eftersommar och/eller tidig höst.
- Lagring under papp i luftig välta på terminal.
- Sönderdelning med stor flisare på terminal. Flisen sprutas direkt på platta och lastas med frontlastare på konventionell flisbil.
- Transport från terminal till förbrukare med konventionell flisbil.

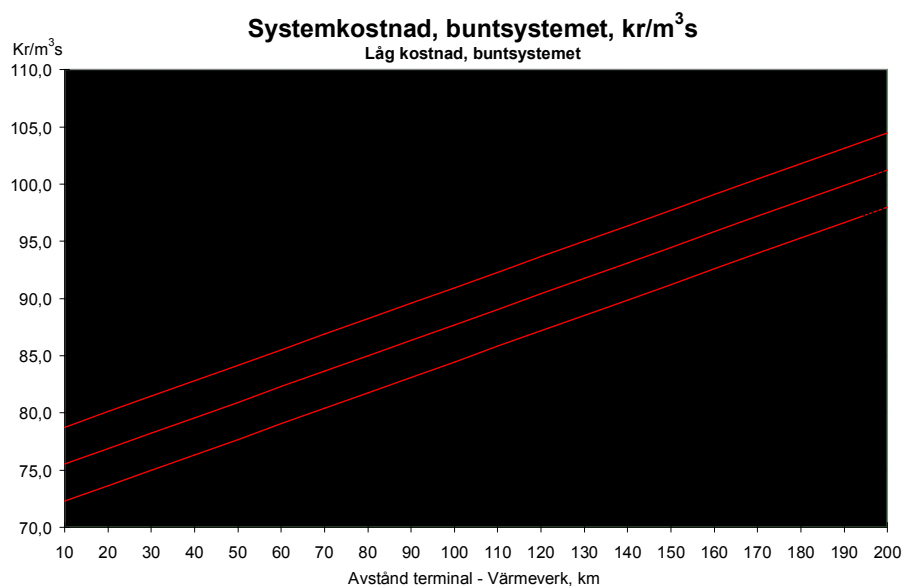
I tabell 16 beräknas kostnaden för buntsystemet från skog till flisficka. Kostnaderna för flyttning av maskiner, kostnader för vägskador och vrak m.m. är hämtade från Södra Skogs driftsuppföljning av skogsbränslehanteringen för 1998, (se bilaga 3).

Tabell 16.

Beräkning av systemkostnad för buntsystem vid 30 km transport från skog till terminal och 50 km transport från terminal till slutförbrukare, kr/m³s.

		Bunt
Skotning		8
Fiberpac		19–26
Diverse (vägar, vrak)		2
Flyttkostnad		2
Delsumma		31–38
Transport	30 km	10
Terminal kostnad		10
Transport terminal - slutförbrukare	50 km	10
Flisning vid terminal		10–15
Operativa kostnader, kr/m³s		71–83
MWh/m ³ s		0,8
Operativa kostnader, kr/MWh		89–104
Tillkommer ersättning till markägare och avverkningsorganisation, kr/MWh		20
Totalt, kr/MWh		109–124

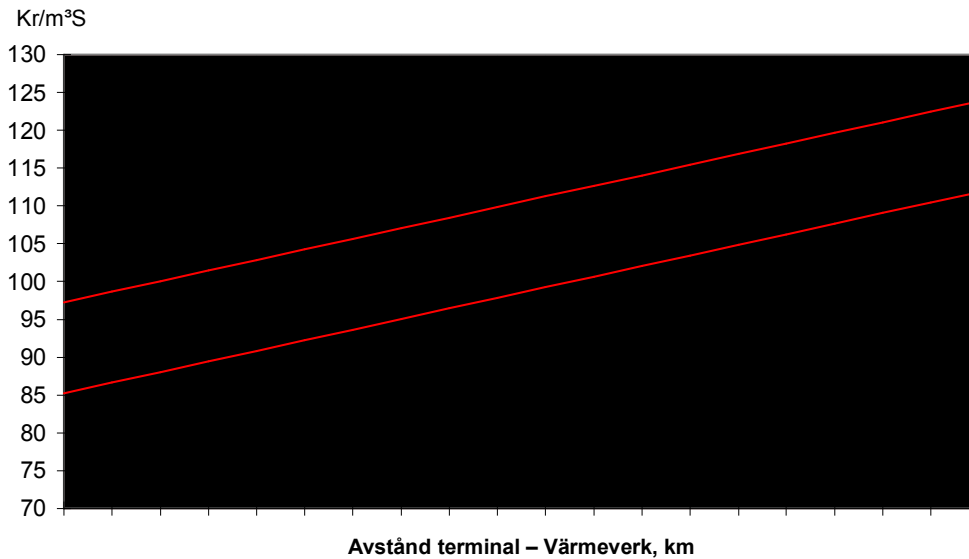
I figurerna 6 och 7 nedan beskrivs kostnadne fritt förbrukare vid 10, 30 och 50 km intransportavstånd från skog till terminal. På figurernas x-axel anges avståndet från terminal till slutförbrukare. Notera att figurerna återger det lägre kostnadsintervallet för buntsystemet enligt tabell 16 ovan.



Figur 6.

Systemkostnad för buntsystemet, kr/m³s, lågt kostnadsintervall. Kostnaden enligt tabell 16 vid tre olika intransportavstånd från skog till terminal, 10–30–50 km. Avståndet på x-axeln avser avstånd från terminal till slutförbrukare.

Systemkostnad, buntsystemet, kr/m³s Högt- och lågt kostnadsintervall



Figur 7.
Systemkostnad för buntsystemet, kr/MWh, lågt kostnadsintervall. Kostnaden enligt tabell 16 vid tre olika intransportavstånd skog – terminal, 10–30–50 km. Avståndet på x-axeln avser avstånd från terminal till slutförbrukare.

Systemjämförelse 1 – Direkttransport skog till förbrukare, buntar mot osönderdelad grot

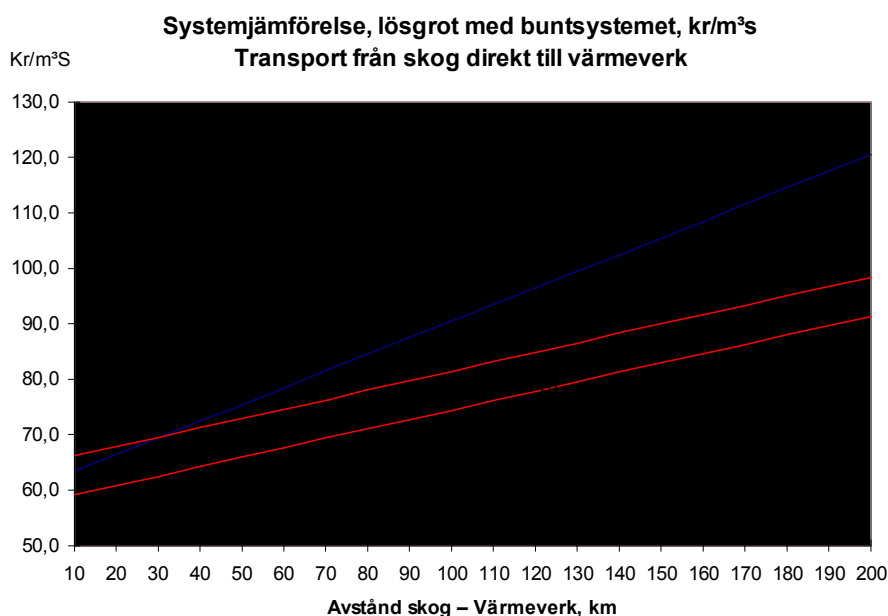
För beräkning av kostnaderna av det konventionella systemet för hantering av osönderdelad grot har Södras driftsstatistik för 1998 använts, se bilaga 3. Jämförelsen mellan systemen försvåras av osäkerheten om kvalitet och energiinnehåll för slutprodukten efter behandling i respektive system. I denna jämförelse sätts energiinnehållet till 0,88 MWh/m³s för det konventionella systemet och 0,8 MWh/m³s i buntsystemet. Energiinnehållet i buntsystemet grundas på erfarenheterna från lagringsstudien där lagrat brunt material med en ingående fukthalt på 50 % uppvisat energiinnehåll på ca 0,8 MWh/m³s. Den konventionella flishanteringens uppvisar normalår ett energiinnehåll på ca 0,94 MWh/m³s. Den regniga sommaren 1998 har dock sänkt energiinnehållet ned mot 0,88 MWh/m³s.

Tabell 17.

Systemkostnader för buntsystemet jämfört med konventionellt system för osönderdelad grot, kr/m³s.

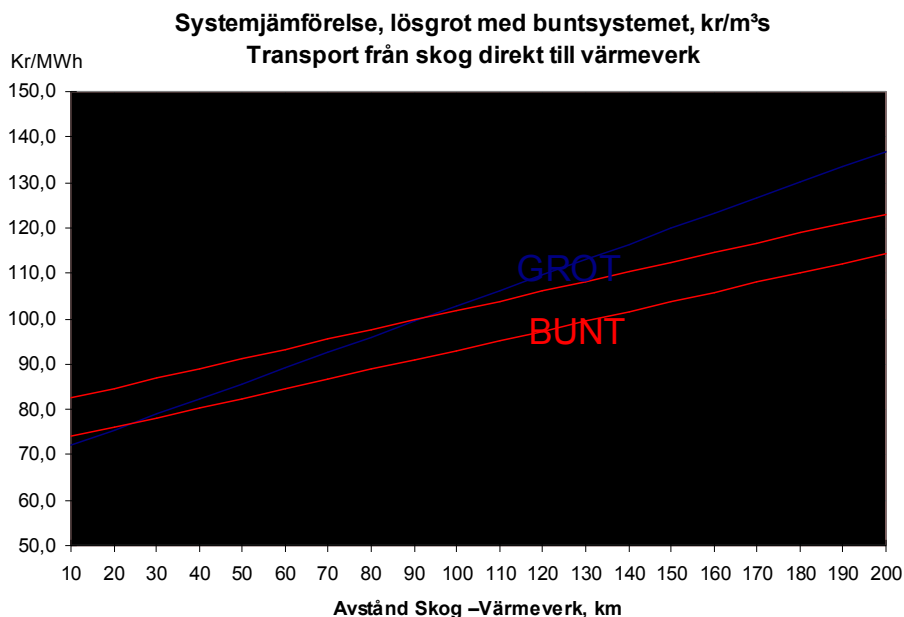
	Lösgrot	Bunt
Skotning	21	8
Flytt	0,5	0,5
Täckning + papper i skog	3	1,5
Delsumma	24,5	10
Fiberpac		19–26
Flytt Fiberpac		1,5
Delsumma		20,5–27,5
Diverse (Vägar, vrak)	2	2
Transport, 35 km	24,5	11
Sönderdelning	15	10
Operativa kostnader, kr/m³s	66	53–60
MWh/m ³ s	0,88	0,8
Operativa kostnader, kr/MWh	75	67–66
Tillkommer ersättning till markägare och avverkningsorganisation), kr/MWh	20	20
Totalt, kr/MWh	95	87–96

I figur 8 och 9 nedan beskrivs systemkostnaden vid olika avstånd från skog till slutförbrukare. Brytpunkten mellan systemen går vid 0–10 km vid beräkning av kostnaden per m³s och 10 – 65 km vid beräkning av systemkostnaden per MWh. Skillnaden i brytpunkt beroende på om m³s eller MWh nyttjas är de olika omräkningsfaktorerna från m³s till MWh, se tabell 17.



Figur 8.

Systemkostnad, kr/m³s. Buntsystemet med högt och lågt kostnadsintervall samt konventionellt system för hantering av osönderdelad grot. X-axeln anger avstånd från skog till slutförbrukare.



Figur 9. Systemkostnader, kr/MWh. Buntsystemet med högt och lågt kostnadsintervall samt konventionellt system för hantering av osönderdelad gröt. X-axeln anger avstånd från skog till slutförbrukare.

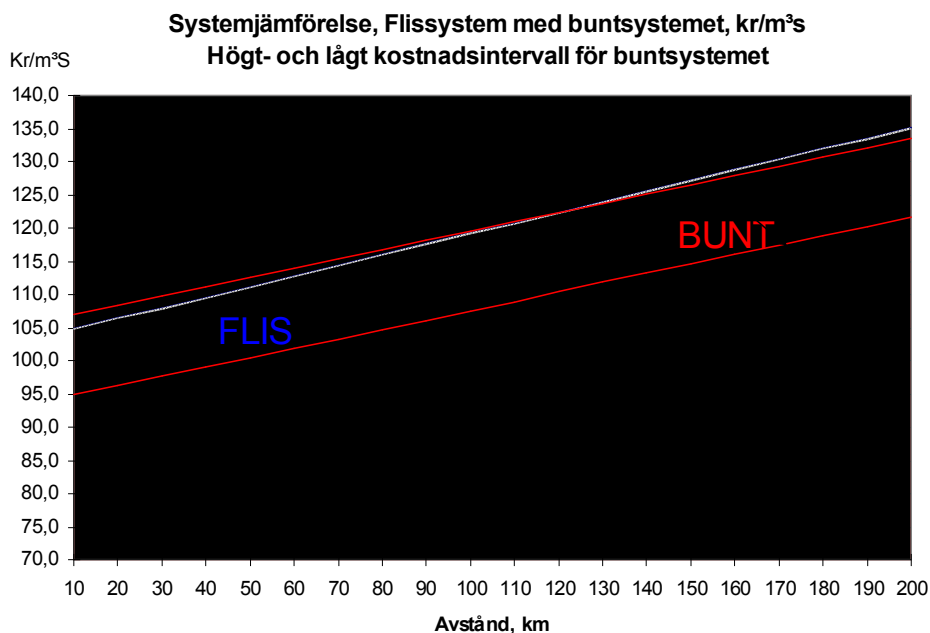
Systemjämförelse 2 – Buntar över terminal mot konventionellt flissystem

För beräkning av kostnaderna av det konventionella flissystemet har Södras driftsstatistik för 1998 använts, se bilaga 3. Till dessa kostnader har terminalkostnader enligt tabell 14–15 tillfogats samt transportkostnad från skog till förbrukare alternativt terminal med containerfordon. Sönderdelningskostnaden för det konventionella flissystemet har satts i ett intervall 34–39 kr/m³s där den högre siffran anger dagens nivå och den lägre en uppskattad potential att sänka denna kostnad. Transportavståndet från skog till kund är i dag ca 75 km i det konventionella systemet. Den andel på ca 20 % av volymen som körs över terminal transporteras ca 75 km till terminal och sedan ungefär lika långt från terminal till förbrukare. Generella jämförelser mellan systemen försvåras av möjligheten att korrekt sätta transportavstånd främst beroende på osäkerhet av terminalplacering. För det enskilda fallet kan läsaren med figur 11–14 jämföra systemkostnad efter de lokala förutsättningarna. Liksom tidigare är det en svårighet i jämförelsen att ange energi-innehåll för slutprodukten efter behandling med respektive metod. Utfallet från lagringsstudien har nyttjats för buntsystemet och en skattning av medelenergi-innehållet för säsongen 1998/99 har nyttjats för konventionellt flissystem.

Tabell 18.

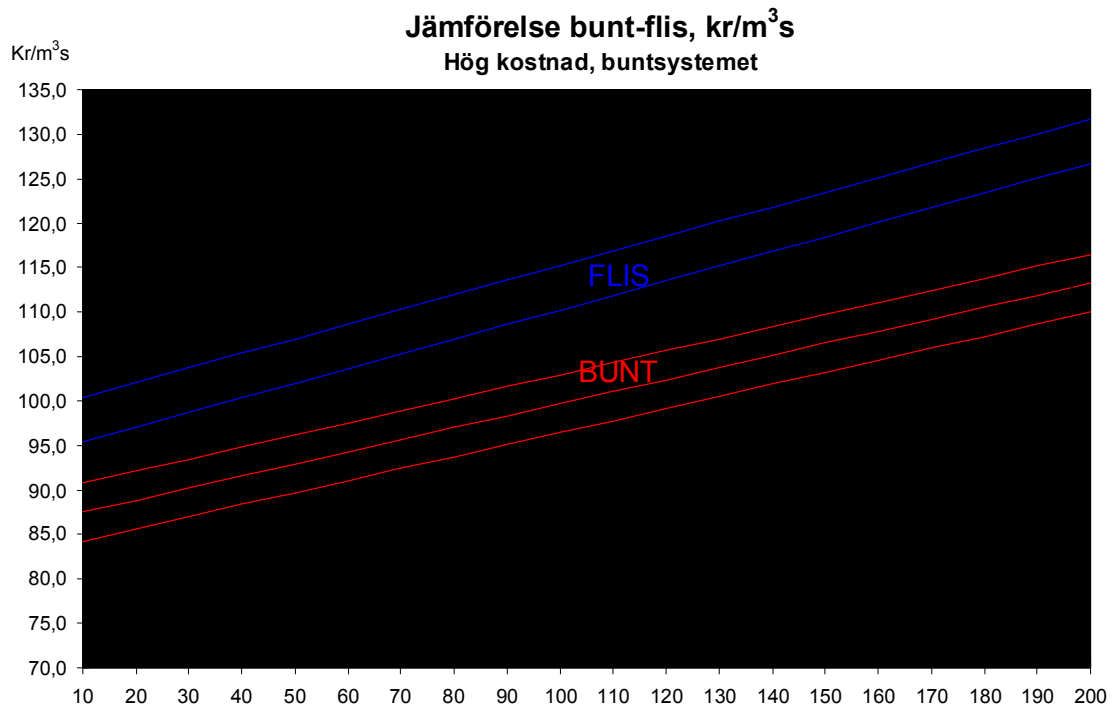
Systemkostnader, kr/m³s. Buntsystemet jämfört med konventionellt flissystem. Grunduppgifter från Södra Skog, Region Nord. Medelobjekt ca 340 m³s, avstånd till container ca 260 m.

	Kr/m ³ s	
	Flis	Bunt
Skotning	21	8
Fiberpac		19-26
Flytt	2	2
Diverse (vägar, vrak m.m.)	6	2
Täckning i skog	3	0
Flisning	35	10-15
Delsumma	67	41-53
Transport	75 km 23	30 km 10
Terminal	5	10
Transport terminal - värmeverk, 50 km		10
Operativa kostnader, kr/m³s	95	71-83
MWh/m ³ s	0,88	0,8
Operativa kostnader, kr/MWh	108	89-104
Tillkommer ersättning till markägare och avverkningsorg., kr/MWh	20	20
Slutsumma, kr/MWh	128	109-124



Figur 10.

Systemkostnader, kr/m³s. Buntsystemet) jämfört med konventionellt flissystem. Kostnaden för buntsystemet anges vid intransportavstånd från skog till terminal, 30 km. X-axeln anger avstånd från terminal till slutförbrukare eller skog till slutförbrukare.



Figur 11.
Systemkostnader, kr/m³s. Buntsystemet jämfört med konventionellt flissystem. Kostnaden för buntsystemet anges vid intransportavstånd från skog till terminal, 30 km. X-axeln anger avstånd från terminal till slutförbrukare (buntsystemet) eller skog till slutförbrukare (flissystemet)

Känslighetsanalys

Energi-innehåll, MWh/m³s

En förändring av energi-innehållet uttryckt som MWh/m³s ger ett kraftigt genomslag i kostnadsbilden. En förändring från 0,8 till 0,85 MWh/m³s medför en minskad kostnad fritt förbrukare med ca 5 kr/MWh. Systemkostnader, kr/MWh. Buntsystemet (lågt kostnadsintervall). Kostnaden för buntsystemet anges vid ett intransportavstånd från skog till terminal på 30 km och vid olika energi-innehåll i slutprodukten. Avståndet på x-axeln avser avstånd från terminal till slutförbrukare.

Volyminnehåll per bunt

I tabell 19 nedan beräknas systemkostnaden vid en ökning respektive minskning av innehållet per bunt. Energi-innehållet sätts till 0,8 MWh per m³s.

Tabell 19.
Beräkning av systemkostnad för buntsystem, kr/m³s.

		Bunt 1,42 m³s	Bunt 1,2 m³s	Bunt 1,6 m³s
Skotning		7,9	9,35	7,0
Flytt skotare		0,44	0,44	0,44
Delsumma		8,3	9,79	7,44
Fiberpac		19–26	22,4 – 30,8	16,9 – 23,1
Flytt Fiberpac		1,48	1,48	1,48
Diverse (vägar, vrak)		2	2	2
Delsumma		22,5 – 29,5	25,9 – 34,3	20,4 – 26,6
Transport	30 km	10,6	12,5	94,1
Terminal				
– Hyra		4	4	4
– Täckning papp		2,5	3	2,2
– Lastning		3,5	3,5	3,5
– Transport	50 km	9,6	9,6	9,6
– Summa		19,6	20,1	19,3
– Terminalandel, %		100	100	100
Terminalkostnad		19,6	20,1	19,3
Flisning		10–15	11,8 – 17,8	8,9 – 13,3
Operativa kostnader, kr/m³s		70,4 – 83	80,1 – 94,5	65,4 – 76,1
MWh/m ³ s		0,8	0,8	0,8
Operativa kostnader, kr/MWh		88,5 – 103,5	100,1 – 118,1	81,8 – 95,1
Tillkommer ersättning till markägare och Södra Skog (1998 års nivå), kr/m³s		10	10	10
Slutsumma, kr/MWh		101,5 – 116,2	112,6 – 130,1	94,2 – 107,6

Diskussion och slutsatser

Fiberpac 370

Fiberpac 370 presenterades våren 1998. Maskinkonceptet har utvecklats positivt under prototypskedet. Prestationsnivån har höjts med 30 % mellan augusti 1998 och mars 1999. Detta genom att de flaskhalsar vid bindning, kapning av buntarna samt inmatning i komprimatorn åtgärdats.

Studier och analyser av buntsystemet genomförs mindre än ett år efter att Fiberpac 370 presenterades. Antagna prestationer, volyminnehåll per bunt och slutkostnad per komprimerad m³s är beräknade efter dagens bästa kunskap men måste givetvis följas upp ordentligt. En sänkning av volym- och energiinnehåll i den färdiga buntarna får t.ex. allvarliga konsekvenser för hela systemets ekonomi.

Skotning

Skotning av buntar bedöms vi vara en enkel operation som kan utföras med en konventionell skotare. Om buntskotningen utförs som kampanjkörning är det en fördel om en risgrip utnyttjas. Risken för att garnet går av är mindre med en risgrip än för en konventionell grip. Möjligheten att utvidga lastutrymmet med större avstånd mellan stöttorna eller förhöjda stöttor kan också övervägas.

Lastbilstransport – virkesfordon

Lastbilstransporten har studerats på bilar utrustade för kortvirkeskörning, d.v.s. tre travar på släpet och två på bilen. Kostnaden för transporten är satt efter rundvirkestaxan för 1998 utan lossningstillägg. För relativt nyttillverkade buntar bedöms vi att lastningstiden motsvarar konventionell rundvirkeslastning. Lossningen bör klaras på ca 15 minuter.

Genom att buntarna tillkommer som en extravolym ges möjlighet att hitta intressanta transportupplägg. Möjligheten att köra buntarna som retur i ett större beting utöver ordinarie volym ger möjlighet att sänka transportkostnaden. En möjlighet är att åkaren får uppdraget att köra buntar från ett visst område till en terminal under t.ex. perioden juli – oktober. Åkaren kan då planera in dessa transporter tillsammans med ordinarie rundvirkeskörning och hitta smarta transportlösningar.

Vår bedömning efter att talat med åkare och tittat på några transporter av buntar är att konventionell lastsäkring för rundvirke bör vara tillfylles. Åkarna säger att det liksom vid massavedskörning faller en del material under transportens första kilometer men att det sedan inte faller ytterligare löst material från lasset.

Sönderdelning

Sönderdelning med stor utrustning på terminal blir mycket rationell. Arbetet ställer dock stora krav på utrustningen. Den studerade trumhuggen Bruks 1004 CT är dimensionerad för sönderdelning av balar med en diameter och höjd på 1,2 meter. Trots detta gick maskinen varm vid sönderdelning av buntarna. Vanliga skogsflisare befaras inte klara uthållig sönderdelning av buntar. Risken för varmgång och stora haverier på utrustningen, som inte är dimensionerad för detta arbete är stor.

Önskemålet är att maximalt producera 2 000–3 000 m³s per sönderdelningsomgång och terminal. Anledningen är att större volymer kommer att kräva extra arbete i form av stackning och att risken för substansförluster i materialet ökar. För en stor flisare med produktionskapacitet på 100–150 m³s per G₁₅-timme eller mer kommer uppehållstiden på varje terminal att bli 1–3 dagar. Detta ställer stora krav på organisation runt utrustningen och att personal och berört entreprenadföretag klarar att verka över stora ytor och genomföra rationell flytt. Vid utnyttjande av en Bruks 1004 CT i 8 månader, med tvåskift och en TU på 60 % kommer den årliga produktionskapaciteten att uppgå till ca 200 000 m³s. Utslaget på 2 000–3 000 m³s per flisning medför detta 65–100 flyttar per säsong. Om flera skogsbränsleproducenter kan utnyttja samma entreprenör kan givetvis operationsområdet minskas.

Sönderdelningskostnaden har varit föremål för diskussion i projektgruppen. Den teoretiska beräkningen av kostnaden på 10 kr per m³s har befarats vara för låg vid praktisk drift. I analyserna har därför intervallet 10–15 kr per m³s utnyttjats p.g.a. osäkerheten i uthållig prestation och organisation runt arbetet.

Terminalhantering

Södras konventionella system med skogsflisare är till 80 % ett ”Just In Time-system”, d.v.s. produkten tillverkas och levereras på avrop med små lager av flisat material. För att klara leveranssäkerhet och till en del även för att sysselsätta flisare under lågsäsong körs ca 20 % av den producerade volymen över terminal.

Buntsystemet kommer huvudsakligen att kräva terminalhantering av huvuddelen av volymen. Terminalhanteringen granskas alltmer ur miljösynpunkt. Buller- och luktstörningar för omkringboende kan försvåra möjligheten att hitta bra terminaler. Undantag är leverans till större verk med egen sönderdelningsutrustning eller tillräckligt utrymme att lagra och senare sönderdela buntar med en mobil utrustning.

Kvalitet

Det största frågetecknet idag avseende buntsystemet är slutproduktens kvalitet. Lagringsstudien genomfördes efter en ovanligt blöt och kall sommar. Fukthalten i materialet som legat på hygge över sommaren var 50 % mot normala 30–40 %. Lagret lades upp i september varför någon torkning av materialet under lagring inte kunnat ske. Slutproduktens fukthalt, energi-innehåll och mängd svampsporer måste därför jämföras med motsvarande material från konventionella system under likartade förutsättningar.

Dagens bästa bedömning är att huvudmetoden bör vara att komprimera vinteravverkad grot efter nedtorkning i bränsleanpassade högar på hygget. Därigenom bör slutprodukten kunna möta kvalitetskraven från slutförbrukare samt arbetsmiljökraven vid sönderdelningsarbete och övrig hantering. Med denna metod bör man nå ingående fukthalter vid buntning på 30–40 %. Bedömningen från Raida Jirjis, SLU, Inst. f. virkeslära är att relativt torrt material i bunten i kombination med goda lagringsbetingelser bör ge en godtagbar kvalitet i slutprodukten avseende energi- och svampinnehåll. Bunten bör täckas så snart som möjligt efter tillredning. En snabb uttransport, en kortare lagring vid bilväg samt direkt täckning efter intranport till terminal bör eftersträvas. Som komplement till täckning med konventionell papp kan en möjlighet vara att täcka traven med snedställda buntar (snedtak). Dessa buntar bör då vara ca en meter längre än de vanliga buntarna. All lagring bör ske på öppna ytor med möjlighet till sol- och vindexposition.

För att skapa ett säkrare underlag för bedömning av slutkvaliteten på buntat material efter lagring krävs vidare lagringsstudier. SkogForsk och SLU, Inst. för skogshushållning avser att genomföra studierna under sommaren och vintern 1999/2000.

Systemförändring – komplement till dagens system

De dominerande systemen för skogsbränslehantering i slutavverkning är mogna system med en relativt begränsad rationaliseringspotential. Kvaliteten på den producerade produkten har under årens lopp utvecklats och rätt hanterat erbjuder systemen en robust och påverkbar kvalitet. För personal på skogsbränsle företag med ansvar att leverera en säljbar produkt kommer nya system att mätas både avseende kostnad och kvalitet gentemot kund.

Fältpersonalen upplever ofta att planering och kontakter med markägare och entreprenörer vid dagens skogsbränslehantering tar mycket tid. Hanteringen uppges också orsaka friktioner i markägarkontakterna t.ex. i form av sönderkörda vägar, kvarliggande vältor m.m. Betalningen till skogsägaren sker långt efter avverkning och avtransport från objektet och det är mycket svårt för skogsägaren att se hur mycket material som körts ut från hans hygge. Detta tillsammans med att skogsbränslehanteringen brottas med lönsamhetsproblem medför det att ny teknik med möjlighet att rationalisera och förändra verksamheten möter stort intresse i skogsledet.

Den utvecklade tekniken att komprimera avverkningsresterna på hygget till buntar med Fiberpac 370 erbjuder ett intressant komplement till dagens leveranssystemen för skogsbränsle. De beräkningar som genomförs i denna analys pekar på möjligheter att sänka kostnaden fritt förbrukare.

Konventionella skotare och rundvirkesfordon kan utnyttjas. Komprimeringen till buntar ger också möjlighet att på längre sikt utveckla nya leveranssystem, t.ex. att i större grad köra direkt från skog till slutförbrukare och kanske till och med elda hela buntan utan föregående sönderdelning. En framtidsbild kan ju också vara att kombinera rundvirkesavverkning och buntning med en och samma maskin.

Tabell 20.

Fördelar och kvarstående frågetecken för buntsystemet.

+	?
<ul style="list-style-type: none"> • Systemskifte, nytänkande och rationalisering • Utnyttjande av konventionella skotare och lastbilar • Möjlighet till långa transporter på bil och järnväg • Kallt system, d.v.s. ett mindre stopp i leveranskedjan ger inga följdverkningar längre fram i kedjan. • Markägaren får materialet borttransporterat tidigare, mindre risk för sönderkörda vägar och möjligheten finns till snabbare betalning om ersättningen utgår per bunt. • Enklare hantering för fältpersonalen. Planeringsarbetet utförs före vintersäsongen i samarbete med entreprenörerna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Slutproduktens kvalitet avseende fukthalt och möjlighet till uttorkning i buntan under lagring. • Hur stora svampmängder med avseende på substansförluster och arbetsmiljö • Mängden finfraktion • Ökad terminalhantering, administration av terminaler, buller och lukt från terminalen.

Momentbeskrivning studie Fiberpac 370

Krut	kran ut	Börjar när kranen förs ut mot trädresterna och avslutas då gripen når träddelarna.
Grip	gripa	Börjar när gripen vidrör träddelarna och avslutas när gripen lyfts från marken.
Krin	kran in	Börjar när kranen förs in mot inmatningen och avslutas när materialet läggs på inmatningsbordet.
Loss	lossa	Börjar när gripen öppnas och avslutas när trädresterna släppts med gripen
Matn	matning	Börjar när trädresterna släppts från gripen och föraren med gripen skjuter på träddelarna mot inmatningsrullarna.
Komp	komprimering	När inget annat utföres än komprimering av trädresterna och övrig utrustning väntar.
Bind	bindning	När snörningen roterar och övrig utrustning väntar.
Kapn.	kapning	När kedjesågen går för att kapa bunten och övrig utrustning väntar
Fmup	förflyttning	När hjulen rör sig i syfte att byta uppställningsplats.
Bunr.	buntnummer	Nummer på aktuell bunt.
Tomk.	tomkörning	När maskinen körs till eller från avverkningen.
Vand.	vändning	När maskinen vänder efter ett avslutat stråk tills den kommit i position för att påbörja nästa stråk.
Paus	raster	Korta avbrott för personliga uppehåll, planering och dyligt.
Over	övrig verktid	All övrig tid som är produktiv och nödvändig för arbetet.
Stor	störning	All tid som inte kan hänföras till faktiskt arbete, såsom matraster, reparationer o.s.v.

Maskinkalkyler

Fiberpac 370, Begagnad basmaskin, 665 kr/G15-timme

Underlag för kostnadsberäkning			
	Beg. skotare	Fiberpac 370	Tillbehör
Investering (tkr)	480	1 375	0
Restvärde (tkr)	48	137,5	0
Avskrivningstid (år)	6	6	0
Service o rep (tkr/år)	40	115	0
Övriga kostnader (tkr/år)	0	25	0
Ränta (%)	7		
Utnyttjad tid per år (h)	1 680		
Tekniskt utnyttjande (%)	85		
Personalkostnad (tkr/år)	218,4		
Resekostnader (tkr/år)	50,4		
Skatt (tkr/kr)	0		
Försäkring (tkr/år)	8,4		
Däckkostnad (tkr/år)	10		
Bränsle o olja (kr/G ₁₅ -h)	83,5		

Investering 5 år gammal skotare 800 000:- inkl. renoverad kran & motor

Använd 60% 5 mån × 21 dag × 16 tim = 1 680 tim med Fiberpack 370

40% till skotning 6 mån × 21 dag × 9 tim = 1 134 tim.

Restvärde 10 %

Teknisk avskrivning 6 år.

Service och rep. 50 % av investeringen/6 år.

Övriga kostnader Tele, reputerustning m.m.

Utnyttjad tid 2-skift 1 680 tim

Personalkostnad 130:-/tim = 218 400:- /år.

Resekostnader 105 dagar × 16 mil × 30:- = 50 400:-

Försäkring 14 000:-/år × 60% = 8 400:-

Däckkostnader: 10 000:-/år.

Bränslekostnad 12 liter/tim à 5,50 + 1/2 lit à 35:- = 83,50/tim.

**Fiberpac 370, ny basmaskin,
735 kr/G15-timme**

Underlag för kostnadsberäkning			
	Ny skotare	Fiberpac 370	Tillbehör
Investering (tkr)	1 080	1 375	0
Restvärde (tkr)	108	137,5	0
Avskrivningstid (år)	8	6	0
Service o rep (tkr/år)	67,5	115	0
Övriga kostnader (tkr/år)	0	25	0
Ränta (%)	7		
Utnyttjad tid per år (h)	1 680		
Tekniskt utnyttjande (%)	85		
Personalkostnad (tkr/år)	218,4		
Resekostnader (tkr/år)	50,4		
Skatt (tkr/kr)	0		
Försäkring (tkr/år)	8,4		
Däckkostnad (tkr/år)	6		
Bränsle o olja (kr/G15-h)	83,5		

Investering strippad Rottne Rapid 1 800 000:- inkl. bankar.

Använd 60% 5 mån × 21 dag × 16 tim = 1 680 tim med Fiberpack 370.

40% till skotning 6 mån × 21 dag × 9 tim = 1 134 tim.

Restvärde 10 %.

Avskrivning skotare 8 år aggregat 6 år.

Service och rep. 50 % av investeringen/ant avskrivningsår.

Övriga kostnader Tele, reputerustning m.m.

Utnyttjad tid 2-skift 5 månader á 21dag = 1 680 tim.

Personalkostnad 130:-/tim = 218 400:-/år.

Resekostnader 105 dagar × 16 mil × 30:- = 50 400:-

Försäkring 14 000:- × 60% = 8 400

Däckkostnader: 10 000:-/år × 60% = 6 000:-

Bränslekostnad 12 liter/tim à 5,50 + 1/2 lit à 35:- = 83,50/tim.

Bruks 1004CT, 1 239 kr/G15-timme

Underlag för kostnadsberäkning			
	Beg. dumper	Trumhugg	Kran
Investering (tkr)	600	1 800	400
Restvärde (tkr)	120	360	0
Avskrivningstid (år)	6	6	6
Service o rep (tkr/år)	100	150	33,33
Övriga kostnader (tkr/år)	33,33	241,92	0
Ränta (%)	7		
Utnyttjad tid per år (h)	2 688		
Tekniskt utnyttjande (%)	60		
Personalkostnad (tkr/år)	349,44		
Resekostnader (tkr/år)	80,64		
Skatt (tkr/kr)	3		
Försäkring (tkr/år)	4,2		
Däckkostnad (tkr/år)	10		
Bränsle o olja (kr/G15-h)	292,5		

Trumhugg 1 800 000 kr, Dumper 600 000 kr-, kran 400 000 kr

Övriga kostnader: Repkoja mm 200 000:-/6 år.

Kostnad per fyra knivstål; Slipning 70 kr/stål × 6 slipningar/stål × 4 = 1 680 kr
inköp 1 000 kr/stål × 4 = 4 000 kr. Summa 5 680 kr per fyra stål

Knivkostnad per G15-timme; Livslängd per fyra knivstål, 42 G15-timmar,
680 kr/42 tim = 135 kr/G15-tim + 10 % för motstål m.m. = 150 kr/G15-tim.

Utnyttjad tid 8 mån × 21 dagar × 16 tim = 2 688 tim/år.

Personalkostnader 130 kr/tim × 2 688 tim = 349 440 kr.

Resekostnader 2 × 8 mil/dag × 168 dagar × 30 kr/mil = 80 640 kr.

Försäkring 15 000 kr/år.

Bränsle & oljekostnader 50 l/G15-tim à 5,5 kr + 1/2 l à 35 kr = 292,50 kr/
G15-tim.

Lagringsanalyser

Värmevärde

Det kalorimetriska värmevärdet av flisproven mättes med en bombkalorimeter typ LECO – AC 300 enligt SS-ISO 1928:1995(E). Det effektiva värmevärdet för fuktigt material är den energimängd som teoretiskt kan uttas ur ett bränsle. Vid beräkning har följande formel använts:

$$W_{\text{eff}} = W_{\text{kal}} - 2,441 \times (8,94/100) \times H_2 - 2,441 \times F/(100 - F)$$

där W_{eff} = effektivt värmevärde (MJ/kg TS),

W_{kal} = kalorimetriskt värmevärde (MJ/kg TS),

8,94 = antalet delar av vatten, som bildas av en del väte,

2,441 = vattnets ångbildningsvärme vid 25°C (MJ/kg),

H_2 = vätehalt (har antagits vara 6,0 %) och

F = bränslets fukthalt (%).

1 MJ = 0,28 MWh

ASKHALT

Askhalten anges i procent av bränslets torrmasa. Askhaltsbestämningarna utförda enligt SS 18 71 71 (1984).

MIKROBIELL AKTIVITET

Mikrosvampsporer, totalt antal samt antalet levande sporer i flisade prov – isolerades och räknades enligt metod beskriven av Fredholm och Jirjis (1988)

Lagringsanalyser, SLU, Inst. för skogshushållning

Referens-material				
		Totalt, sporer/kg ts 10^{10}	Rums- temperatur 10^6	45 grader 10^6
Brun	61	1,42	151	0
	X1	1,05	147	0
	X2	0,15	138	0
	104	0,59	144	0
Medelvärde		0,80	145	
Grön	5	1,54	122	0
	1	1,59	21	0
	3	0,63	53	0
	34	0,65	25	0
Medelvärde		1,10	55	
Lagrat material				
Ej täckt, brun				
	1.	0,43	1 652	136
	2.	0,33	1 199	0,61
	3.	0,23	816	0,36
	4.	0,33	658	0,32
	5.	0,26	871	4,9
Medelvärde		0,32	1 039	28,4
Ej täckt, grön				
	1.	0,65	2 832	200
	2.	0,40	877	139
	3.	2,97	7 744	986
	4.	0,48	3 158	140
	5.	2,41	6 462	893
Medelvärde		1,38	4 215	472
Täckt, brun				
	1.	0,65	2 970	6,8
	2.	0,17	1 365	27
	3.	0,37	1 809	23
	4.	0,30	424	0,74
	5.	0,38	1 121	0,54
Medelvärde		0,37	1 538	11,6
Täckt, grön				
	1.	0,28	2 409	26
	2.	1,41	3 875	694
	3.	1,84	4 149	1 223
	4.	1,08	4 141	817
	5.	1,94	5 227	368
Medelvärde		1,31	3 960	626

Bilaga 3:3

Före lagring, september 1998									
		Värmevärde							
		Aska % av ts	Fukthalt	Wkal MJ/kg	Weff			ton/bunt	
					MJ/kg ts	MWh/kg ts	MWh/kg, rå		
Grön		1,38	50	20,845	17,09	4,79	2,39	0,508	
		1,71	50	20,867	17,12	4,79	2,40		
		1,58	50	20,829	17,08	4,78	2,39		
		1,89	50	20,979	17,23	4,82	2,41		
Medelvärde		1,64	50	20,880	17,13	4,80	2,40		
Brun		2,32	50	20,830	17,08	4,78	2,39	0,501	
		1,71	50	20,803	17,05	4,77	2,39		
		2,44	50	20,935	17,18	4,81	2,41		
		2,26	50	21,079	17,33	4,85	2,43		
Medelvärde		2,18	50	20,912	17,16	4,81	2,40		

Efter lagring, februari 1999										
		Värmevärde								
		Aska % av ts	Fukthalt	Wkal MJ/kg	Weff			m ³ s/bunt	ton/bunt	MWh/m ³ s
					MJ/kg ts	MWh/kg ts	MWh/kg, rå			
Ej täckt, brun	1	3,54	60,8	21,138	16,04	4,49	1,76	1,60	0,629	0,69
	2	2,41	53,3	20,967	16,87	4,72	2,21	1,59	0,65	0,90
	3	2,53	55,7	20,699	16,32	4,57	2,02	1,44	0,547	0,77
	4	2,91	54	20,680	16,51	4,62	2,13	1,20	0,466	0,83
	5	2,06	60	20,876	15,91	4,45	1,78	1,37	0,593	0,77
Medelvärde		2,69	56,1	20,872	16,44	4,60	2,02	1,44	0,58	0,79
Ej täckt, grön	1	2,70	63	21,183	15,72	4,40	1,63	1,66	0,64	0,62
	2	2,06	56	20,841	16,42	4,60	2,02	1,21	0,45	0,76
	3	2,84	54,4	21,073	16,85	4,72	2,15	1,75	0,61	0,75
	4	2,32	56,6	21,042	16,55	4,63	2,01	1,19	0,39	0,66
	5	2,34	56	20,995	16,58	4,64	2,04	1,49	0,44	0,60
Medelvärde		2,45	57,1	21,027	16,47	4,61	1,98	1,46	0,51	0,68
Täckt, brun	1	3,24	50	20,907	17,16	4,80	2,40	1,36	0,63	0,91
	2	3,19	50,8	20,894	17,06	4,78	2,35	1,42	0,47	0,91
	3	2,59	56,7	20,975	16,47	4,61	2,00	1,39	0,52	0,60
	4	1,73	51,8	20,869	16,94	4,74	2,29	1,33	0,51	0,97
	5	2,34	53,8	21,250	17,10	4,79	2,21	1,61	0,47	0,70
Medelvärde		2,62	52,6	20,979	16,96	4,75	2,25	1,43	0,52	0,82
Täckt, grön	1	1,88	47,7	20,881	17,35	4,86	2,54	0,96	0,28	0,53
	2	2,41	54,5	20,979	16,75	4,69	2,13	1,49	0,50	0,75
	3	4,05	50,6	21,006	17,20	4,81	2,38	1,35	0,37	0,64
	4	2,53	55,4	20,943	16,60	4,65	2,07	1,73	0,55	0,86
	5	2,80	51,5	20,932	17,03	4,77	2,31	1,76	0,49	0,71
Medelvärde		2,73	51,9	20,948	17,00	4,76	2,29	1,46	0,44	0,70
		2,62	54,83	20,96	16,64	4,66	2,11	1,43	0,52	0,74