

# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 673 2009



– TRADITIONELL AVVERKNING AV RUNDVED SAMT FLISNING AV GROT  
JÄMFÖRT MED SEPARAT OCH INTEGRERAT BUNTSYSTEM

Isabelle Bergkvist

Ämnesord: Buntning, direktlastning, integrerad avverkning, skogsbränsle.

---

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar 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.

## **FORSKNING OCH UTVECKLING**

### **Två forskningsområden:**

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

## **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

## **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	2
Målsättning.....	4
Syfte .....	4
Genomförande.....	4
Resultat .....	6
Produktion och kostnader.....	6
Bränsleförbrukning .....	10
Årsavverkningsvolym och arbetsinsats .....	12
Långa toppar.....	15
Diskussion och slutsatser .....	17
Referenser.....	18

## Sammanfattning

I denna systemanalys jämförs nuvarande system med separat rundvedsuttag, följt av separat uttag av grot med två system, där skogsbränsleuttaget integreras i rundvirkesproduktionen. De integrerade systemen bestod av en skördare respektive en Besten med påbyggda buntningssystem för grot. Dessa system finns inte i dagsläget, vilket innebär att produktion- och kostnader skattades utifrån kända värden på de ingående komponenterna.

Analysen indikerar att de integrerade skogsbränslesystemen ger en lägre produktionskostnad för skogsbränsle, utan att påverka avverkningskostnaderna för rundvirke. Kostnadsminskningen är störst när skogsbränsleproduktionen integreras på Besten där kostnadsbesparingen uppskattats till ca 30 %.

Även bränsleförbrukning och arbetsbehov minskade för de integrerade systemen i analysen. Bestensystemet med integrerad buntning av grot gav enligt analysen 90 % lägre bränsleförbrukning per kubikmeter jämfört med de konventionella systemen. Antalet mantimmar som krävs för att producera rundvirke och skogsbränsle blir lägre för de integrerade systemen än för de traditionella med separat skogsbränslehantering. Produktionen av bränslebuntar skulle kunna genomföras i stort sätt utan extra arbetsinsats om det integrerades i Bestensystemet. Tanken är då att bränslet buntas autonomt vid sidan av rundvedsproduktionen, buntarna hamnar på marken och läggs överst på lasset vid kurirbyte. Vid korta transportavstånd (<300 m) finns tid över för kurirerna som kan utföra det extra lastnings/lossningsarbetet när de i annat fall skulle stått överksamma i vänteläge. Detta innebär att buntproduktionen endast belastas av marginaltid för påverkan på rundvedsproduktionen samt att bytet av kurirer sker med något kortare mellanrum. För bränslesortimentet tillkommer även transporttid samt tiden det tar att krossa en bunt.

De genomförda analyserna visar att det finns en stor potential i att integrera skogsbränsle- och rundvirkesuttag. Effekten på kostnad och bränsleförbrukning är störst om man kan utnyttja direktlastningssystem, som t.ex. Besten med virkeskurirer. Detta kan innebära en intressant utveckling och ökad konkurrenskraft för direktlastningssystemen.

## Inledning

Efterfrågan på skogsbränslesortiment har ökat markant i Sverige under en 10-årsperiod. En av anledningarna till detta är behovet av att ersätta fossila bränslen med förnyelsebar energi både vad avser värme-, kraft- och drivmedelsproduktion. Detta leder i sin tur till en ökad betalningsförmåga och ökade intäkter för skogsägaren vid uttag av skogsbränsle.

Avverkningsmekaniken har dock inte utvecklats i samma takt. Vid slutavverkning används till stor del ett system med mobila flismaskiner som flisar väl-lagd, torkad grot vid avlägg (eller på hygget). Systemet kräver flera specialmaskiner (grotskotare, flisare samt i vissa fall även en skyttel samt container-/flisbilar) och groten bör dessutom ligga på hygget för att torka över en sommarsäsong. Detta innebär att markägaren får ersättning senare för bränslesortimentet än för övriga sortiment från avverkningen, och rishögarna är ofta ett hinder vid förnygring av hygget. Det traditionella maskinintensiva systemet innebär vidare stor risk för markskador samt onödigt höga kostnader för att ta ut bränslesortiment från en slutavverkning. Det finns dock ett par

exempel där man försökt utveckla effektivare och billigare teknik. Vid mindre avverkningar används huggbilar, d.v.s. integrerad hugg och flisbil, men vid större avverkningar riskerar transporterna att bli för dyra.

Buntning av grot är ytterligare ett exempel där man utvecklat en teknik för att kunna använda samma maskiner för terräng- och vidaretransport som vid rundvedsuttag. Buntningen innebär också att bränslesortimentet tas ut samtidigt som övriga sortiment, vilket innebär att markägaren kan få ersättning direkt efter avverkningen även för bränslesortimentet. Det har dessutom visats i studier att buntarna går att lagra utan större problem. Nackdelen med buntning är att man tillför ett moment som i sig inte ökar värdet på råvaran, tanken är ju att öka effektiviteten i hanteringen. Dessutom ger buntning av färsk grot en högre fukthalt i bränslesortimentet samt ett större näringsuttag från beståndet (fler barr sitter kvar på den färska groten än om den får torka på hygget).

Mängden barr i råvaran kan också ge problem vid förbränningen. Problemet kan dock lösas med t.ex. reningsteknik, hög effektivitet i förbränningen samt kompensationsgödning. Glöde (2000 a och b) analyserade hur ett integrerat system med en bunt enhet på en skördare skulle innebära både effektivisering, rationalisering och kostnadsänkning vid uttag av skogsbränsle. Systemet innebär att bunt enheten tillredde buntar av (färsk) grot utan att påverka skördarens produktion av rundved. På så vis kan flera arbetsmoment rationaliseras bort och antalet maskiner bli färre. I analysen skattades att den potentiella kostnadsänkningen per m<sup>3</sup>s var i storleksordningen 20–30 % vid en maskinkostnadsökning på ca 40 %. Förmodligen var detta dock något högt räknat eftersom bränsleproduktionen i ett integrerat system begränsas till den volym som faller ut vid avverkningen. I dagsläget kan man dock förmodligen tillverka den integrerade bunt enheten billigare än vad man tidigare räknat med, vilket gör att tekniken ändå är intressant. Dessutom har ett systemkoncept dykt upp som väsentligt förbättrat möjligheterna till integrerad avverkning – Besten med virkeskurirer (Bergkvist m.fl., 2006).

Bestensystemet består av en förarlös avverkningsmaskin som fjärrstyrs från en kurir, vilken kan beskrivas som en skotare med sväng- och tiltbart lastutrymme. Besten avverkar träden direkt upp på kurirens lastutrymme och i de flesta fall används två kurirer som växlar mellan att styra avverkningsenheten och att transportera ut virket till avlägg. I och med att Besten saknar förarhytt så finns det plats för ytterligare utrustning i form av matningsbord och komprimeringsutrustning. Vidare kan transporten av buntar ske i stort sett gratis då kurirerna enkelt kan lägga 2–3 buntar överst på lasset när de transporterar virket till avlägget. Innan den tekniska utvecklingen påbörjas bör några frågor utredas ytterligare, t.ex. hur inmatning och buntning behöver dimensioneras för att inte begränsa avverkningstakten. Dessutom är det angeläget att uppdatera tidigare utförda systemanalyser för att se hur ett integrerat system ”Besten med kurirer” står sig jämfört med dels konventionella rundvirkessystem, dels med konventionella grotsystem. Efterfrågesituationen för grön grot är dessutom central för de integrerade systemen men den utreds vid sidan av detta projekt och behandlas därför inte i denna rapport.

Följande rapport sammanfattar en analys av konsekvenserna för ekonomi, bränsleförbrukning och volymsutfall vid användning av olika slutavverkningssystem för uttag av rundved och skogsbränsle.

## MÅLSÄTTNING

Målsättningen med projektet var att utföra teoretiska systemanalyser av fyra olika system för uttag av rundved och skogsbränsle, två med separat uttag av bränsle samt två integrerade system. Systemanalysen kan i kombination med ytterligare beslutsunderlag ligga till grund för ett beslut att gå vidare med konstruktion och test i praktisk drift av något av de integrerade systemen. Målsättningen är även att ge förslag på tekniska lösningar samt på hur bränslesortimentet skall tillredas med så liten påverkan på rundvirkesproduktionen som möjligt.

## SYFTE

Syftet med analysen var att jämföra systemen med avseende på:

- Produktion av skogsbränsle och rundvirke.
- Produktionskostnader.
- Miljöpåverkan i form av bränsleförbrukning vid avverkningen.
- Arbetsinsats i form av mantimmar/m<sup>3</sup> vid tillredning av skogsbränslesortimentet.

## GENOMFÖRANDE

Följande system har jämförts:

- Konventionell avverkning med engreppsskördare och skotare samt separat flisning vid avlägg.
- Konventionell avverkning med engreppsskördare och skotare, separat buntning av grot med buntare på hygget där buntarna transporteras av skotaren till avlägget samt till industri med ordinarie virkesfordon, buntarna krossas vid industrin.
- Skördare med integrerad buntning, terrängtransport av rundved och buntar med en skotare, buntarna krossas vid mottagande industri.
- Besten med integrerad buntare. Rundveden direktlastas på kuriren, buntarna hamnar på marken för att vid fullt lass (minus buntvoly-men) lastas överst på lasset och transporteras till avlägg av den kurir som är fullastad medan den andra kuriren tar över fjärrstyrningen av avverkningsenheten, Besten. Buntarna krossas vid mottagande industri.

Till övervägande del har vedertagna produktionsnormer och kostnader från det praktiska skogsbruket använts. I de fall där systemen inte finns i drift har dock vissa kostnader liksom skogsbränsleproduktion och påverkan på rundvedsproduktionen skattats, tabell 1. Systemen har jämförts i två olika typbestånd, ett klenare slutavverkningsbestånd med medelstamvolymen 0,2 m<sup>3</sup>fub/st, och ett relativt grovt slutavverkningsbestånd med medelstamvolymen 0,5 m<sup>3</sup>fub/st. Eftersom analysen behandlar skogsbränsleuttag har båda typbestånden antagits vara grandominerade. Storlek på maskinerna (skördare/skotare) anpassades till medelstamvolymen i systemen med separat rundvedsavverkning, vilket påverkade prestation och kostnad något för de systemen. I systemen med integrerad buntning användes stora maskiner oavsett medelstamvolym. Besten finns bara i en storlek och skördaren antogs

behöva kraften hos den lite större maskinen när två sortiment skall tillredas samtidigt, tabell 1.

Anledningen till att ingen skotarpredation (eller separat skotningskostnad) redovisas för Bestensystemet är att skotningen är balanserad mot avverkningsprestationen och därför lika med avverkningsprestationen. Systemet har alltså inga separata maskinkostnader och prestationer, beräkningarna har i stället skett utifrån en systemkostnad och en systemprestation. Kurirerna har dock en maskinspecifik bränsleförbrukning, tabell 1.

Tabell 1.

Prestation, timkostnad och bränsleförbrukning (vid full produktion) för de ingående maskinenheterna i de olika systemen. RV = rundvirke, SB = skogsbränsle.

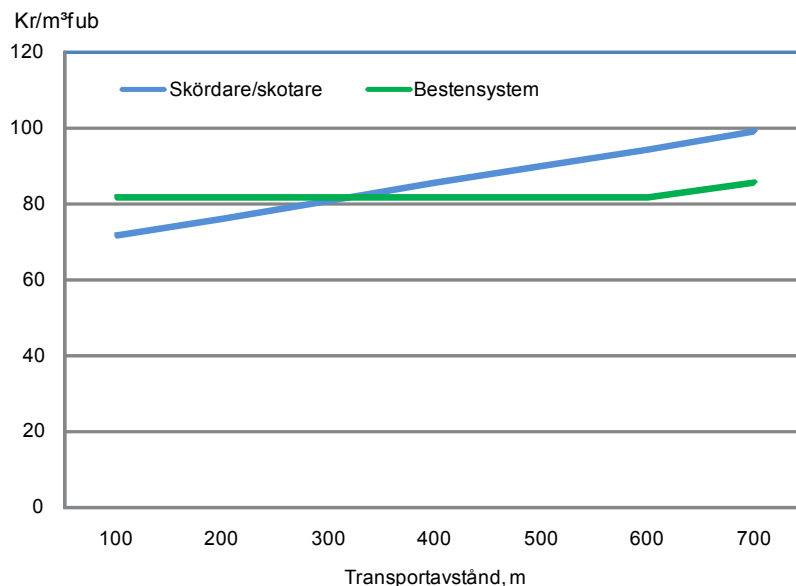
Maskinsystem	Traditionell avverkning med grotfisning		Traditionell avverkning med buntare		Skördare med integrerad buntning		Besten med integrerad buntning	
	0,2 m³fub/st	0,5 m³fub/st	0,2 m³fub/st	0,5 m³fub/st	0,2 m³fub/st	0,5 m³fub/st	0,2 m³fub/st	0,5 m³fub/st
<b>Maskinsystem Avverkning RV</b>								
Prestation m³fub/G-15 h	19,7	33,2	19,7	33,2	19,7	31,7	19,9	27,4
Timkostnad m³fub/G-15 h	900	1 000	900	1 000	1 000	1 000	1 800	1 800
Bränsleförbrukning l/h	16	20	16	20	20	20	14	14
<b>Skotning RV</b>								
Prestation m³fub/G-15 h	18,4	27,6	18,4	27,6	18,4	27,6		
Timkostnad m³fub/G-15 h	550	650	550	650	650	650		
Bränsleförbrukning l/h	13	16	13	16	16	16	11,2	11,2
<b>Skotning SB</b>								
Prestation m³fub/G-15 h	34,6	32,2	44,4	44,4	44,4	44,4		
Timkostnad m³fub/G-15 h	650	650	650	650	650	650		
Bränsleförbrukning l/h	16	16	16	16	16	16		
<b>Fisning</b>								
Prestation m³fub/G-15 h	23	23	100	100	100	100	100	100
Timkostnad m³fub/G-15 h	1 200	1 200	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Bränsleförbrukning l/h	25	25	50	50	50	50	50	50
<b>Buntning</b>								
Prestation m³fub/G-15 h			24	24	8,4	13,7	8,6	11,7
Timkostnad m³fub/G-15 h			1 000	1 000	250	250	250	250
Bränsleförbrukning l/h			12	12	3	3	3	3

Utöver kostnaderna i tabellen tillkommer transportkostnader, vilka är problematiska att ta med i en analys eftersom de innebär stor variation (avstånd, volymer på lasset, biltyp, containersystem, terminalhantering, etc.). Därför valdes en analys exklusive transport, eventuellt gynnas buntningssystemen av en lägre transportkostnad i och med att ordinarie rundvedstransportbilar borde kunna användas. Å andra sidan transporteras mer vatten i buntarna än i flisen så en del av den eventuella vinsten försvinner förmodligen i en sämre transporteffektivitet.

## Resultat

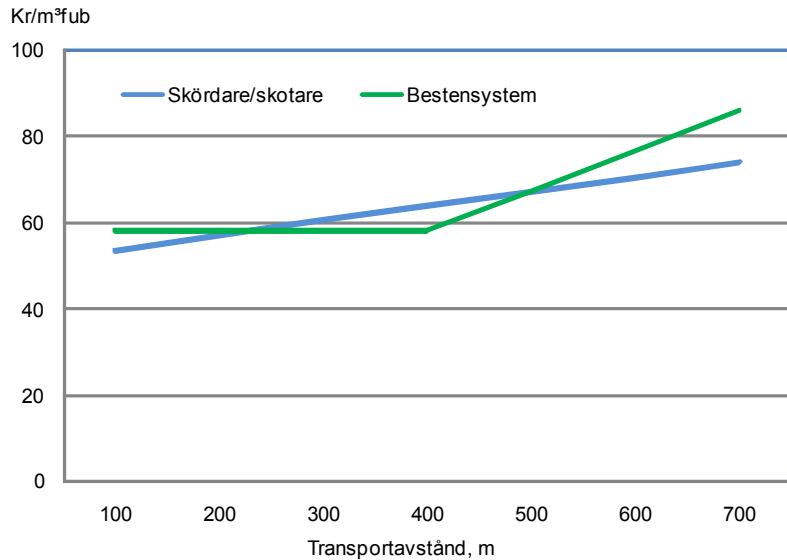
### PRODUKTION OCH KOSTNADER

Kostnaden för bränslesortimentet avgörs av prestation och kostnad vid tillredningen. Dessutom belastas utfallet av skogsbränslevolym med eventuell kostnad för fördyrad avverkning av rundved (t.ex. genom prestationsnedsättning m.m.). Grundprestationen vid rundvedsavverkning för skördare/-skotaressystem (två storleksklasser) respektive Bestensystemet redovisas i figur 1 och 2. Bestensystemet med två kurirer begränsas vid långa transportavstånd av att produktionen avtar eftersom kurirernas lass tar kortare tid att fylla än det tar att transportera ut virket till avlägg. Detta innebär att avverkningen inte maximeras utan Besten måste vänta mellan kurirbytena. Vid korta transportavstånd begränsas systemet av en dyr timkostnad då kurirerna i stället får väntetid, figur 1 och 2.



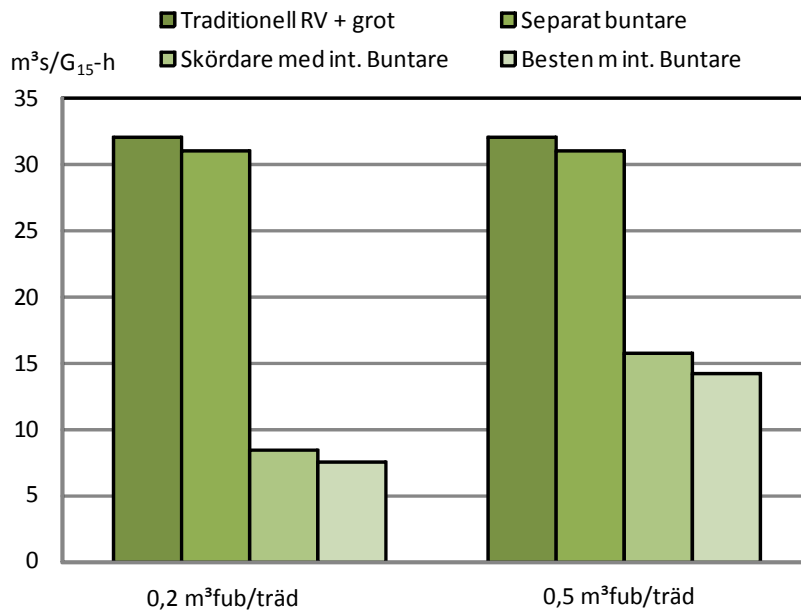
Figur 1.  
Beräknad avverkningskostnad för skördare/skotare system respektive Bestensystem vid medelstamvolymen 0,2 m³fub/st.





Figur 2.  
 Avverkningskostnad för skördare/skotare system respektive Bestensystem vid medel stamvolymen 0,5 m³fub/st.

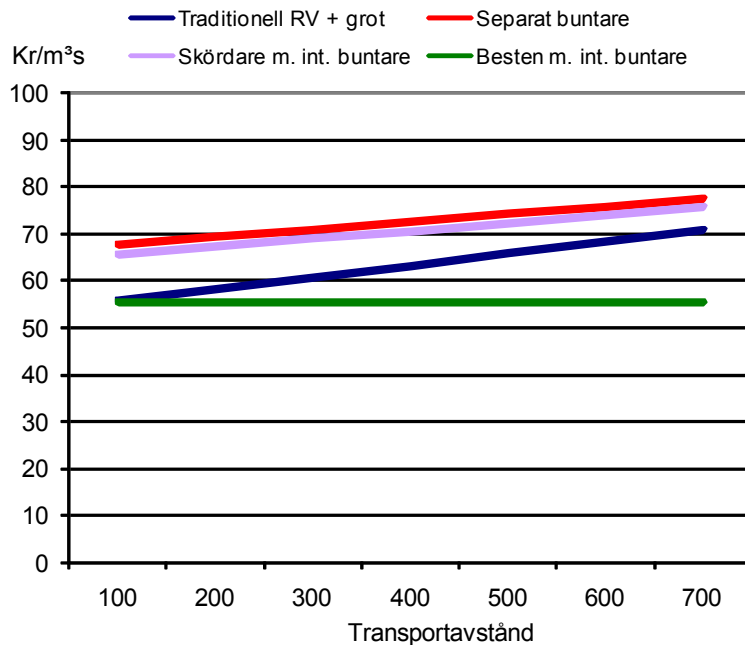
Prestationen vid den integrerade buntningen oavsett avverkningsystem är låg eftersom tillgången på material att bunta är begränsad till den grot som faller ut från skördarens-/Bestenenhetens produktion, figur 3. I det klena beståndet är skogsbränsleproduktionen per timme i de integrerade systemen lägre än hälften av produktionen i de separata systemen. Skillnaderna i skogsbränsleproduktion för de integrerade systemen avspeglar skillnader i rundvirkesproduktionen, figur 3.



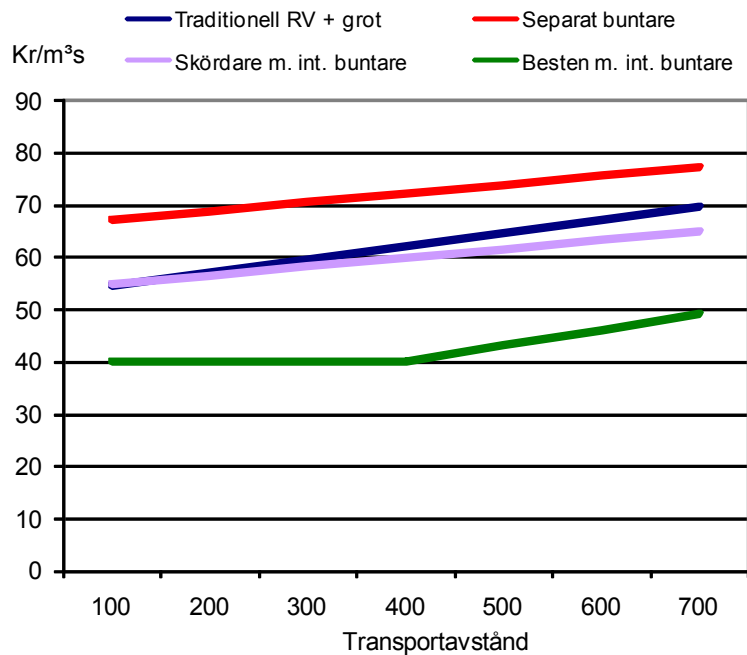
Figur 3.  
 Beräknad prestation vid produktion av skogsbränsle (m³s/G₁₅-h) för olika system vid medelstamvolymen 0,2 respektive 0,5 m³fub/träd samt 300 m transportavstånd.

Den låga prestationen förklarar varför kostnaden för den integrerade buntningen inte blir lägre trots den låga timkostnaden på buntningsenheten (tabell 1, figur 4 och 5). Bestensystemet med integrerad buntning är dock, trots låg produktion i buntningen, det klart billigaste systemet för tillredning av skogsbränsle oavsett medelstamvolym, figur 4 och 5. Förklaringen till detta är att skotningen av bränslebuntarna kan ske till en mycket låg kostnad, både vid korta och medellånga transportavstånd eftersom extraarbetet genomförs när kurirerna ändå hade haft väntetid. Figur 4 och 5 visar att den integrerade buntningen inte påverkar Bestensystemets rundvedsproduktion upp till 700 m transportavstånd. I den grövre avverkningen påverkas produktionen vid transportavstånd över 400 m. Detta tyder på att integrerad buntning skulle kunna öka Bestensystemets konkurrenskraft eftersom systemet får en högre utnyttjandegrad även vid korta transportavstånd.

Arbetsinsatsen för den integrerade buntningen i Bestensystemet är alltså mycket liten och skogsbränsleproduktionen belastas i stort sett enbart av kapitalkostnader och förbrukning av diesel och olja. Detta innebär att produktionskostnaden för bränslesortimentet är klart lägst för Bestensystemet jämfört med de andra systemen, figur 4 och 5. I den grövre slutavverkningen har även det integrerade systemet med buntningsenhet på skördaren en lägre produktionskostnad för bränslesortimentet än systemen med separat bränslehantering, figur 5. Systemet med separat buntning ger dyrare skogsbränsle oavsett medelstamvolym, figur 4 och 5. Anledningen till det är att buntningen, både om den är separat eller integrerad i rundvirkesproduktionen, innebär ytterligare ett moment i bränslehanteringen. Kostnaden för det extra buntningsmomentet är tänkt att kompenseras med billigare hantering i terräng- och vidaretransport eftersom samma fordon kan användas för både rundved och grot-bunttransport. I analysen kompenseras inte buntsystemen fullt ut eftersom ingen hänsyn tagits till vidaretransportkostnader och kostnader för maskinflyttar. Beräknas även dessa kostnader förbättras förmodligen konkurrenskraften för buntsystemen. När buntningen integreras på en skördare krävs den grövre slutavverkningen (vilket ger en större grotvolym) för att det dyrare systemet ska kompenseras av en högre intäkt.



Figur 4.  
Beräknad avverkningskostnad för skogsbränslesortimentet inklusive kostnad för fördyrad rundvedsavverkning vid medelstamvolym 0,2 m<sup>3</sup>fub/st.

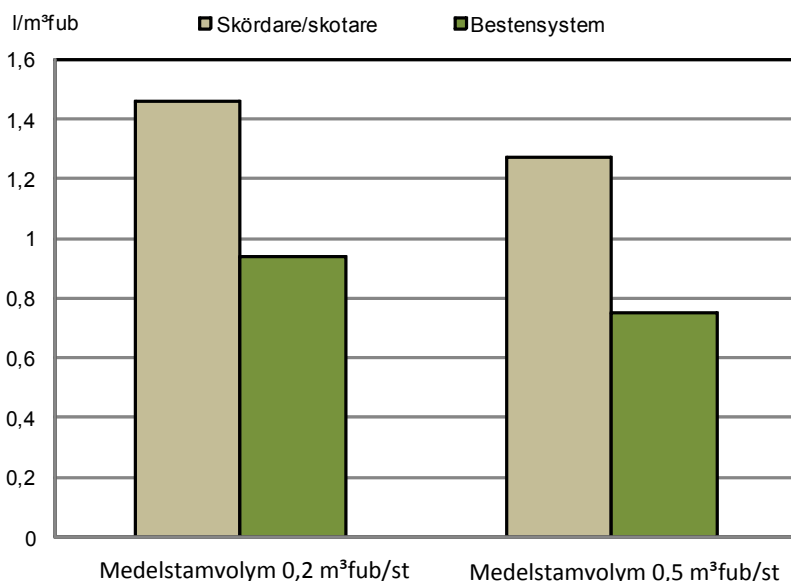


Figur 5.  
Beräknad avverkningskostnad för skogsbränslesortimentet inklusive kostnad för fördyrad rundvedsavverkning vid medelstamvolym 0,5 m<sup>3</sup>fub/st.

## Bränsleförbrukning

En viktig anledning till att de integrerade systemen väckt nytt intresse är fördelarna ur miljösynpunkt. Systemen innebär att antalet maskiner kan reduceras på en avverkning jämfört med traditionell avverkning och flisning med separata maskiner. Mindre antal maskiner innebär färre överfarter och därför kan markpåverkan minimeras. Integrerade system minskar även antalet arbetsmoment i avverkningen.

Detta innebär stor potential att sänka bränsleförbrukningen per  $m^3$ . I studier har Besten med virkeskurirer visat en betydligt lägre bränsleförbrukning vid avverkning av rundvirke jämfört med skördare/skotaresystemet, figur 6. Anledningen är att direktlastningen effektiviserar drivningen genom att rationalisera bort momentet lastningen från mark, vilket dessutom i och med mycket kranarbete är ett bränsleintensivt arbetsmoment. Vid 300 meters transportavstånd var bränsleförbrukningen i enskilda studier ca 40 % lägre med Bestensystemet än för ett normalt skördare/skotaresystem i motsvarande beståndstyp, figur 6.

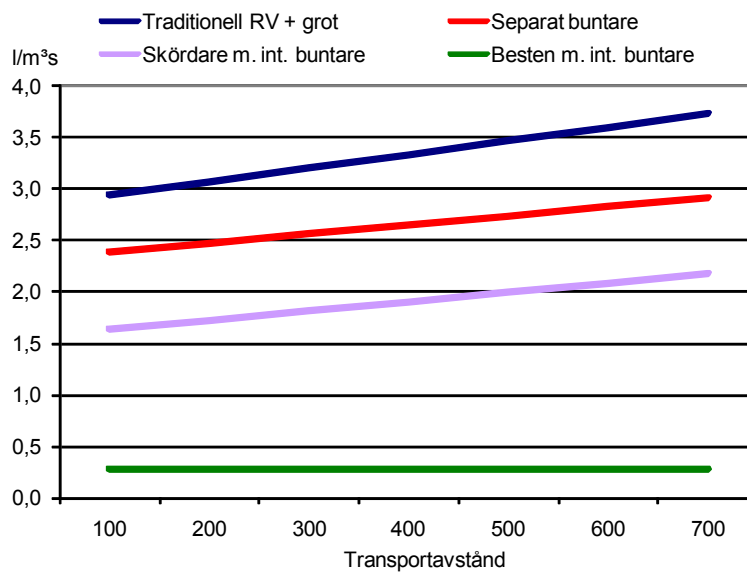


Figur 6. Bränsleförbrukning enligt uppföljning och studier vid rundvedsavverkning i klen och medelgrov slutavverkning för Bestensystemet jämfört med skördare/skotaresystemet, transportavstånd 300 m.

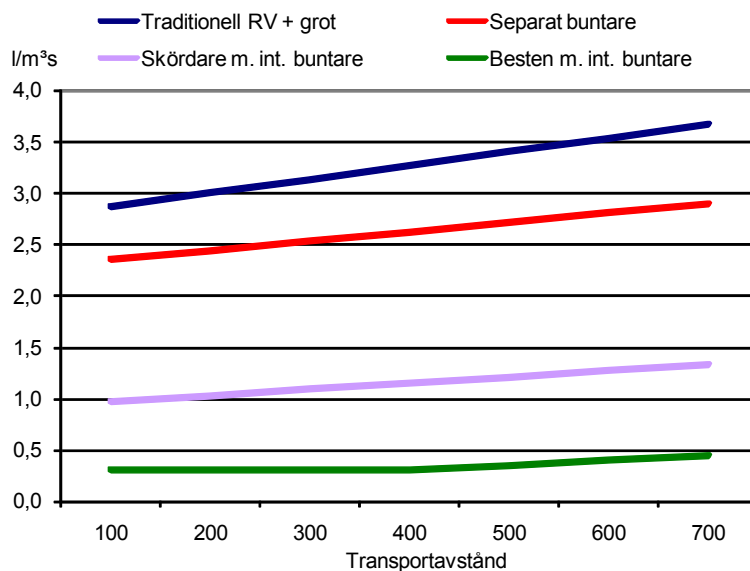
I praktiken är potentialen förmodligen något lägre eftersom jämförelsen är gjord mellan en studie med optimala förutsättningar för Bestensystemet och en medelförbrukning för skördare/skotare systemet. Teoretiska beräkningar visar att lastningsmomentet står för ca 25 % av bränsleförbrukningen i drivningen, vilket ändå innebär en betydande sänkning.

Den integrerade skogsbränsleproduktionen innebär ytterligare rationaliseringspotentialer och därigenom möjlighet att sänka bränsleförbrukningen även för bränslesortimentet. Målsättningen är att groten skall hamna direkt i buntningsenheten, vilket minskar kranarbetet. Den största potentialen ligger dock i att flera moment görs med samma basmaskin, vilket innebär färre in-

blandade maskiner i drivningsarbetet. Den bränsleförbrukning som buntningen tillför i Bestensystemet kommer från en fördyrad avverkning (kurrerna skiftar oftare och man får även räkna med att kranhanteringen blir något längre) samt en liten förbrukning i buntaren. Buntaren är dock överkäm stor del av tiden i och med den begränsade grotvolymen på varje stam och bränsleförbrukningen har därför antagits vara  $\frac{1}{4}$  i klen skog och  $\frac{1}{2}$  i grov skog av bränsleförbrukningen vid full produktion. Detta gäller även där buntaren integreras på en skördare men där utgörs bränsleförbrukningen per  $m^3$ s även av separat transport av buntarna. I och med att antalen maskiner och antalet arbetsmoment reduceras i de integrerade systemen är bränsleförbrukningen endast en tiondel i Bestensystemet och knappt en tredjedel i det integrerade bunt/skördare systemet jämfört med den separata bränslehanteringen, figur 7 och 8.



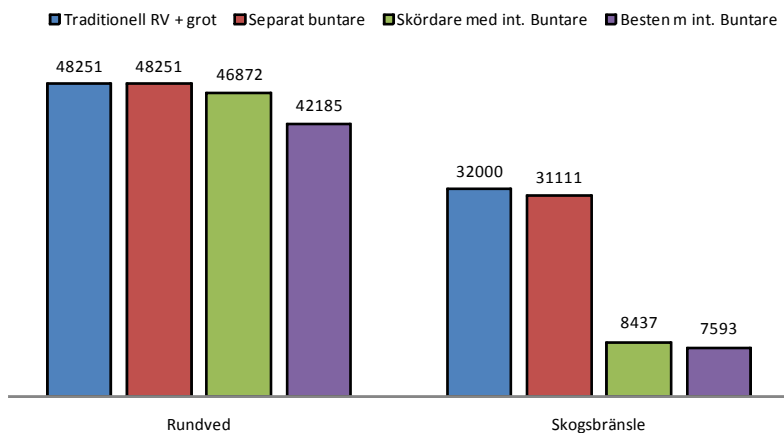
Figur 7.  
Bränsleförbrukning vid tillredning av skogsbränsle (exklusive transport till industri) i klen slutavverkning. Medelstamvolym 0,2  $m^3$ ub/st.



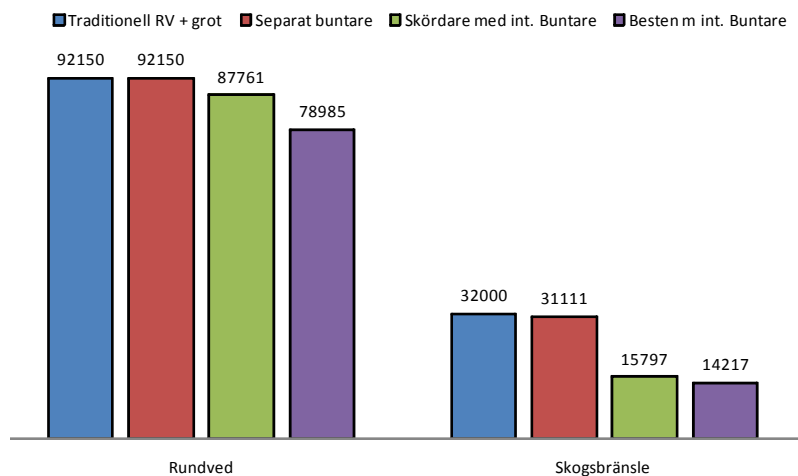
Figur 8. Bränsleförbrukning vid tillredning av skogsbränsle (exklusive transport till industri) i medelgrov slutavverkning. Medelstamvolym 0,5 m³fub/st.

### Årsavverkningsvolym och arbetsinsats

I och med den låga produktionen för de integrerade systemen så blir årsavverkningsvolymen per system betydligt lägre än för de traditionella systemen, figur 9 och 10. I klen slutavverkning är årsproduktionen för ett integrerat system ungefär en tredjedel av vad ett traditionellt flissystem alternativt en separat buntare producerar, figur 9. I den medelgrova slutavverkningen är den integrerade produktionen något högre (eftersom ett träd innehåller större volym grot) och systemen producerar ungefär 60 % av vad de separata skogsbränslesystemen producerar, figur 10. Detta innebär att om separata skogsbränslesystem ersätts med integrerade system, så behövs mer än dubbelt så många system som producerar skogsbränsle. Däremot minskar behovet av risskotare och eventuella buntare samt mobila flishuggar.

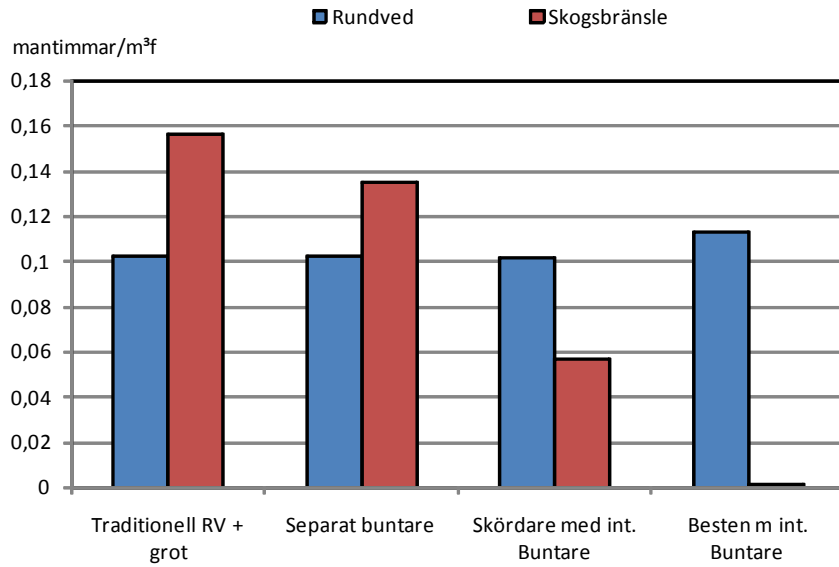


Figur 9. Beräknad årsavverkningsvolym per system rundvirke och skogsbränsle, 0,2 m³fub i medelstamvolym och 300 m transportavstånd.

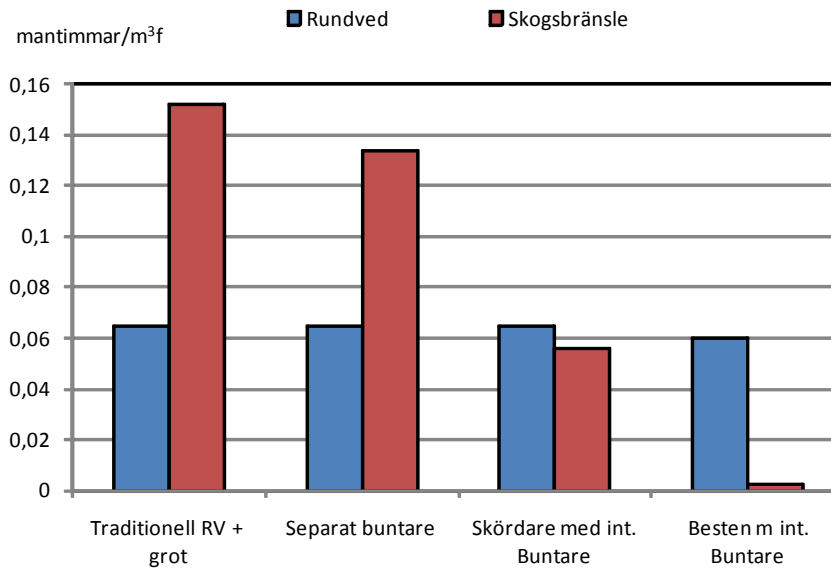


Figur 10.  
Beräknad årsavverkningsvolym per system rundvirke och skogsbränsle, 0,5 m<sup>3</sup>fub i medelstamvolym och 300 m transportavstånd.

Även om produktionstakten för skogsbränslesortimentet är låg i de integrerade systemen så är ändå den totala produktionen av skogsbränsle och rundved hög per system. Bränsleproduktionen antas ske utan större påverkan på rundvedsproduktionen och skogsbränslevolymer faller därför ut i stort sett på köpet. Detta innebär att arbetsinsatsen för att producera en m<sup>3</sup> skogsbränsle är lågt i de integrerade systemen, figur 11 och 12. För Bestensystemet med integrerad buntare sker produktionen med mycket liten arbetsinsats. Produktion och terrängtransport av buntarna borde kunna genomföras helt integrerat med avverkningen av rundved, vilket innebär att det endast är viss marginaltid och krossningen av buntar som kräver en arbetsinsats, (plus transporttid som ej är medräknad). Även integrerad buntning på skördare ger ett effektivt system vad avser arbetsinsatser, figur 11 och 12. Även om buntningen i de integrerade systemen i praktiken inte uppnår 100 % automatisering utan skulle påverka rundvirkesproduktionen något så är ändå potentialen att sänka antalet mantimmar per m<sup>3</sup> i drivningen stort, figur 11 och 12.



Figur 11. Arbetsinsats vid produktion av rundved respektive skogsbränsle i liten slutavverkning mätt som mantimmar per m<sup>3</sup>fub respektive m<sup>3</sup>fbio. Medelstamvolym 0,2 m<sup>3</sup>fub/s och transportavstånd 300 m.

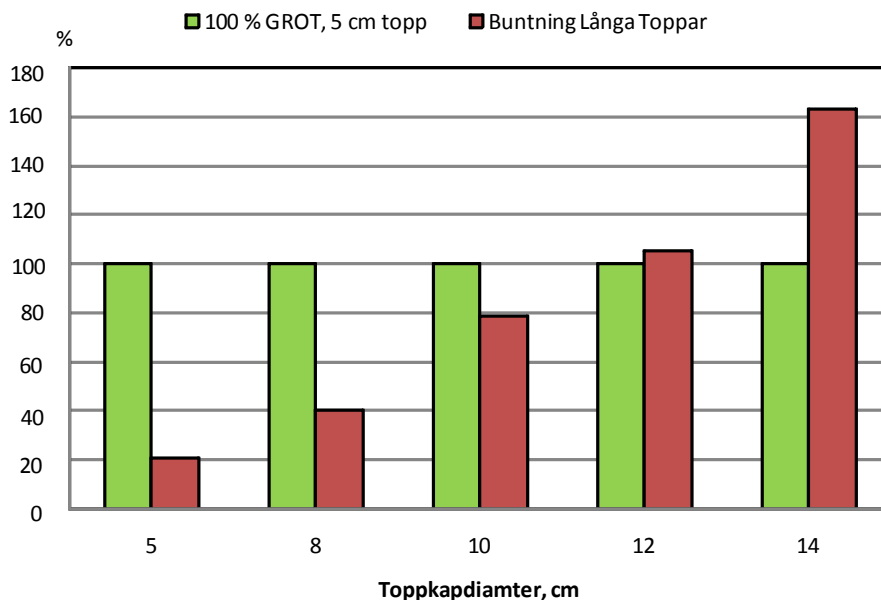


Figur 12. Arbetsinsats vid produktion av rundved respektive skogsbränsle i medelgrov slutavverkning mätt som mantimmar per m<sup>3</sup>fub respektive m<sup>3</sup>fbio. Medelstamvolym 0,5 m<sup>3</sup>fub/s och transportavstånd 300 m.

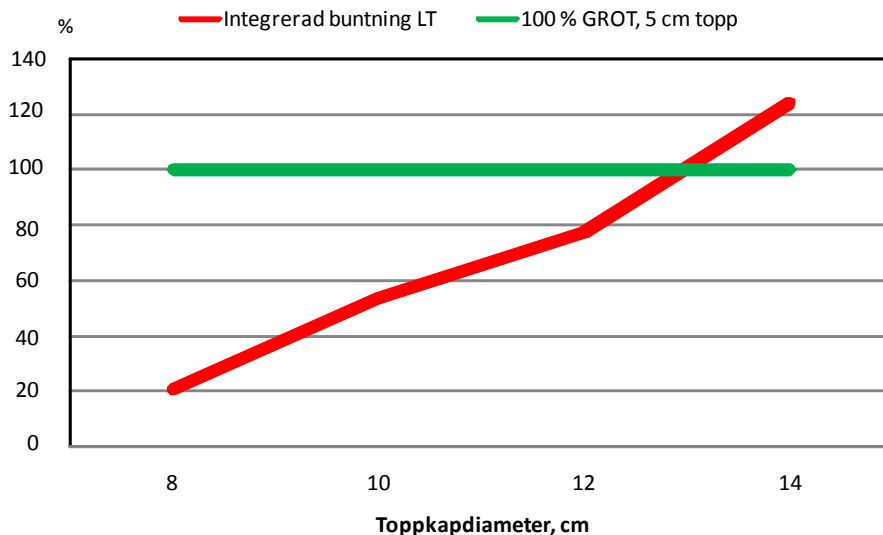


## LÅNGA TOPPAR

Som nämnts tidigare är det kanske inte realistiskt att räkna med att integrerad buntning av grot skall kunna ske utan påverkan på rundvirkesproduktionen. Dessutom behövs en del av groten, i de flesta fall till att köra på, vid dålig bärighet och på känsliga marker. Ett alternativ som är betydligt enklare att lösa praktiskt är att bunta endast toppen i de integrerade systemen och då öka toppkapdiametern för rundvirkesproduktionen. Uttag av enbart långa toppar minskar utfallet av skogsbränsle och därigenom även prestationen i bunttillredningen, figur 13 och 14. Först då toppdiametern sätts så högt som 14 cm kommer uttaget av skogsbränsle per ha att öka (figur 13) och i och med större uttag ökar även buntningsprestationen jämfört med referensmetoden där all grot tas ut med 5 cm topp, figur 14. Vid uttag av långa toppar minskar uttaget av massaved. Metoden måste användas och anpassas i förhållande till priser på bränsle kontra massaved samt transportavstånd till olika industrier.

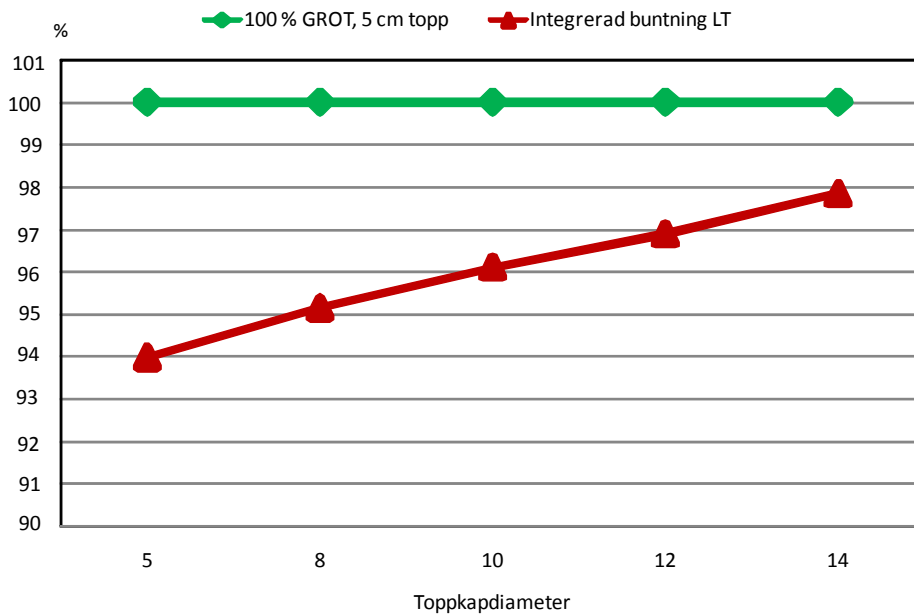


Figur 13. Skogsbränsleutfall vid olika toppkapdiameter för rundved jämfört med att ta ut 100 % grot vid 5 cm toppkapdiameter. Medelstamvolym 0,5 m<sup>3</sup>fub/st.



Figur 14. Prestation i den integrerade buntningen vid olika toppkapsdiameter för rundved jämfört med att ta ut 100 % grot vid 5 cm toppkapsdiameter. Medelstamvolym 0,5 m<sup>3</sup>fub/st.

Eftersom det totala biomassuttaget minskar, bränsle- och/eller massaveds-sortimentet vid uttag av enbart långa toppar, minskar det totala nettot per ha vid slutavverkning förutsatt de priser som råder i dagsläget på massaved (300 kr/m<sup>3</sup>fub) och skogsbränsle (170 kr/MWh), figur 15. Figur 15 visar att nettot per ha är ca 94–98 % av nettot jämfört med om 100 % av groten tas ut. Uttag av långa toppar i integrerad buntning skall i stället sannolikt ses som en möjlighet att anpassa sortimentsutfall efter förutsättningarna i en effektiv och skonsam avverkningsmetod.



Figur 15. Nettointäkt vid uttag av enbart långa toppar (LT) jämfört med 100 % uttag av grot vid 5 cm toppkapsdiameter i medelgrov slutavverkning(0,5 m<sup>3</sup>fub/st) med stamantalet 800 stammar/ha.

## Diskussion och slutsatser

Integrerade skogsbränslesystem visar i denna analys på en mängd fördelar jämfört med separata system. Teknik som möjliggör integrerad skogsbränsletillredning utan påverkan på rundvirkesproduktionen, har hög potential att sänka produktionskostnaderna för skogsbränsle. Anledningen är att sortimentet endast belastas av bränsleenhetens kapital- och förbrukningskostnad, samt de marginalkostnader som uppstår i rundvedsavverkningen. Kapitalkostnad och bränsleförbrukning för bränsleenheten blir dessutom låg eftersom de inte belastas av någon basmaskin.

Potentialen är enligt analysen störst för Bestensystemet med integrerad buntning där även terrängtransporten kan göras mycket billig, eftersom sortimentet läggs överst på kurirens lass när den transporterar rundved till avlägget. Omvänt skulle den integrerade buntningen kunna öka Bestensystemets konkurrenskraft jämfört med traditionella avverkningssystem i och med att väntetiderna för kurirerna minskar.

I studien har bara integrerade buntsystem analyserats men det finns naturligtvis även möjlighet att ta fram system för integrerad flisning. Systemfördelarna blir ungefär detsamma som för den integrerad buntning, men flisningen påverkar även transport och lagringsmöjligheter.

Transportkostnaderna är inte medräknade i kalkylerna men enligt tidigare analyser av buntsystem har transportkostnaderna varit lägre för att transportera buntar jämfört med att transportera flis (Andersson m.fl. 2000; Glöde, 2000 a och b), vilket talar för att en transportjämförelse skulle förbättra konkurrenskraften hos de integrerade systemen ytterligare. Det är naturligtvis osäkert om en integrerad buntning kan ske utan att påverka rundvirkesproduktionen men metoden med långa toppar bör innebära att teknikutvecklingen förenklas avsevärt. Metoden där skogsbränsle tas ut enbart i form av långa toppar innebär ett mindre nettouttag av biomassa vid slutavverkning. Fördelen med metoden utöver att den underlättar integreringen av skogsbränslehanteringen är att det är en flexibel och skonsam metod.

Långa toppar-metoden ger dessutom stor möjlighet att variera skogsbränsle- och massavedsuttag beroende på efterfrågan, ersättning och transportavstånd till olika industrier. Dessutom medger metoden ett uttag av bränsle på ett effektivt och skonsamt sätt där stor del av grenvolymen kan användas som markskydd vid dålig bärighet och på känsliga marker. Ett frågetecken för de integrerade systemen är vilken teknisk utnyttjandegrad som kan uppnås i systemet i och med att det är flera produktionsenheter. Målsättningen är att enheterna skall vara oberoende av varandra, vilket innebär att rundvedsproduktionen kan pågå till ett lämpligt avbrott trots att buntningen inte fungerar. Detta skulle innebära att TU för rundvirkesproduktionen inte påverkas och därmed är densamma som för ett icke integrerat system.

Buntningen kommer dock inte att fungera om rundvirkesenheten går sönder och bör därför vara TU rundvirkesskördaren (ca 85 %)  $\times$  TU buntning (ca 70 %, enligt Andersson m.fl., 2000), numera sannolikt högre  $\rightarrow$  TU 60 % på buntningen. En nackdel med integrerade system är att bränsleproduktionen per enhet blir låg i och med att den är beroende av det faktiska utfallet

från träden som avverkas. Detta kompenseras dock genom att de integrerade bränsleenheterna har en låg kapitalkostnad. De integrerade metoderna innebär dessutom totalt sett färre basmaskiner i drivningen och därför borde flyttkostnaderna minska radikalt i skogsbruket om systemen fick en allmän användning.

#### **Sammanfattningsvis:**

- Skogsbränsle enligt denna analys kan produceras till en lägre kostnad om tillredningen integreras på skördarenheten.
- Bränsleförbrukningen isolerat för tillredning och terrängtransport av skogsbränsle kan i stort sätt halveras om produktionen integreras på Bestensystemet, den totala bränsleförbrukningen (exkl. transport) i systemet kan reduceras med 90 %.
- Den totala volymproduktionen per enhet minskar till 30–50 % jämfört med ett traditionellt flissystem.
- I och med att man får bränslesortimentet ”på köpet” så minskar ändå arbetsinsatsen per m<sup>3</sup>fbio i de integrerade systemen.
- Timkostnaden för bränsleenheten är låg p.g.a. att den inte belastas av lönekostnader, har en låg kapitalkostnad samt låga rörliga kostnader (olja, diesel). Detta medför att kostnaden per m<sup>3</sup>s kan hållas nere trots låg produktionstakt.
- TU på en integrerad rundveds och skogsbränsleavverkning är ett frågetecken, förutsatt att rundvedshanteringen inte påverkas av buntningen kan den antas vara densamma som för konventionella system (ca 85 %). TU för buntenheten skattas till lägst 60 % (TU rundvirkes-skördare × TU buntenhet).
- Kvalificerade maskinförare kan utnyttjas effektivare eftersom samma förare får ut en större totalvolym från ett hygge och därigenom lägger mindre tid på flytt mellan objekt etc.

## **Referenser**

- Andersson, G. & Nordén, B. 2000. Fiberpac 370 – Systemstudie komprimering av avverkningsrester. 40 s. Skogforsk, Arbetsrapport nr 448.
- Glöde, D. 2000 a. Grot & gagnvirkes-skördaren – Analys av framtida koncept för bättre lönsamhet vid grot-skörd. 21 s. Skogforsk, Arbetsrapport 449.
- Glöde, D. 2000 b. Slutrapport av projekt – Integrerad skörd av grot- och gagnvirke – en systemanalys. 17 s. Skogforsk, Arbetsrapport 451.
- Bergkvist, I., Nordén, B. & Lundström, H. 2006. Besten med två virkeskurirer – studier av prestation och bränsleförbrukning. 15 s. Skogforsk, Arbetsrapport 616.

## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2008

År 2008	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.
Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkropps vibrationer i gallring. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskäring och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman. Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.
Nr 667	Baez, J. 2008. Vibrationsdämpning av skotare. 67 s.
Nr 668	Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördar-aggregat på barkskadorna hos massaved och följeffekter på produktionen av granbarkborrar. 34 s.
År 2009	
Nr 669	Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s.
Nr 670	Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s.
Nr 671	Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s.
Nr 672	Lindgren, D. & Almqvist C. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s.
Nr 673	Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s.
Nr 674	Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s.