

GROT-skotningens kostnader i nästa led

Logging residues – costs of chipping and onward transport



FOTO: LARS ELIASSON/SKOGFORSK

Summary

Technology and methods for handling logging residues are under constant development. The work is becoming increasingly standardised, but there is still scope for improving efficiency. In most calculations concerning costs of forwarding logging residues, it is assumed that the forwarder is driven by the shortest route from the clearcut to roadside, where there is an appropriate landing.

The aim of this study was to analyse how forwarding distance, moisture content of the energy wood, choice of landing, and choice of comminution method/transport solution can be assumed to affect each other and the financial outcome.

The study took the form of a theoretical analysis, with input data from previous studies and, in some cases, historical data. Certain input data was then varied in order to perform sensitivity analyses. Three common systems were chosen, all of which involved the use of a special forwarder for logging residues, and covering the pile with a four-metre wide tarpaulin. This was followed by one of the three following comminution/transport combinations: a) comminution and onward transport with chipper truck, b) comminution with forwarder-mounted chipper with some transport capacity, or c) comminution with separate chipper with no transport capacity.

The results showed that, regardless of comminution method, it pays to forward the logging residues a slightly longer distance to a landing, assuming that drying conditions for the logging residues are better on the new landing. However, the alternative landing must not cause a significant reduction in the productivity of the chipper, for example because the machines cannot be placed optimally.

Förord

Denna rapport ingår i projektet *Kostnadseffektiv och hållbar skörd*, som finansierats av Energimyndigheten tillsammans med ett flertal aktörer inom skogs- och energibranschen. Projektet har genomförts av Skogforsk och innefattar flera olika delprojekt varav detta är ett.

Uppsala 2018-10-17

Henrik von Hofsten

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund	6
Material och metod.....	7
Resultat och diskussion	8
Sönderdelning och vidaretransport med huggbil	11
Skotarmonterad sönderdelare och vidaretransport med containerbil.....	12
Sönderdelning med större flismaskin och vidaretransport med flisbil.....	13
Kostnader och intäkter med de olika systemen	14
Huggbilssystemet.....	14
Skotarmonterad flishugg och containerbil.....	15
Separat flisuu och transport med flisbil	16
Väntetider i systemen	16
Slutsatser.....	17
Referenser.....	18
Bilaga 1. Ingångsdata till kalkylerna	19

Sammanfattning

Teknik och metoder för grot-hantering är under ständig utveckling. Även om arbetet blir allt mer standardiserat finns fortfarande utrymme för rationaliseringar. I de flesta kalkyler som berör kostnader för grot-skotning har förutsatts att skotaren kör den kortaste vägen från hygget till väggkant och att det där finns en bra avläggspplats. Syftet med denna studie har varit att analysera hur skotningsavstånd, bränslets fukthalt, valet av avläggspplats samt valet av sönderdelning och transportlösning kan antas påverka varandra såväl som det ekonomiska resultatet.

Studien är genomförd som en teoretisk analys med indata från tidigare studier, samt i några fall erfarenhetsdata. Vissa indata har sedan varierats i syfte att genomföra känslighetsanalyser. Tre vanliga system valdes ut: Sönderdelning och vidaretransport med huggbil, sönderdelning med skotarmonterad flishugg med viss egen transportkapacitet och sönderdelning med separat flishugg utan egen transportkapacitet. Alla tre systemen utgår från att skotningen genomförs med en anpassad grot-skotare samt att vältan täcks med fyra meter bred grot-papp.

Resultaten visar att oavsett sönderdelningsmetod lönar det sig att skota något längre, förutsatt att den alternativa avläggspplatsen gör att flisen torkar bättre. Den alternativa avläggspplatsen får dock inte innebära att flishuggarnas prestation minskar nämnvärt, exempelvis genom att maskinerna inte kan ställas upp på ett optimalt sätt.

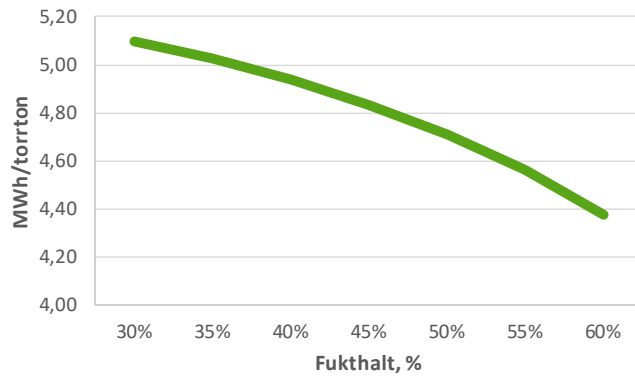
Bakgrund

Ett ökat utnyttjande av grot för energiproduktion gör det möjligt att ersätta fossila bränslen med förnybar inhemsk råvara. Men uttagen av grot karaktäriseras av relativt höga kostnader i förhållande till värdet på skogsflisen. En viktig faktor som påverkar värdet är hanteringen av groten. I dagsläget uppgår kostnaderna för skotning, flisning och transport av bränslet vardera till ca 30 procent av den totala hanteringskostnaden från hygge till kund (Brunberg 2015). Kostnaden för flisning och transport hanteras ofta som en kostnad på grund av att de två arbetsuppgifterna i hög grad är beroende av varandra. Skotningskostnaden ses däremot som oberoende av de två andra, eftersom arbetet är separerat i tid. Detta är inte hela sanningen, då skotarens arbete i hög grad kan påverka förutsättningarna för flisning och transport, men också grotens kvalitet vid flisningstidpunkten.

Teknik och metoder för grot-hantering är under ständig utveckling. Även om arbetet blir alltmer standardiserat finns fortfarande utrymme för rationaliseringar. I de flesta kalkyler som berör kostnader för grot-skotning har man förutsatt att skotaren kör den kortaste vägen från hygget till väggkant och att det där finns en bra avläggsplats (exv. von Hofsten & Eliasson, 2016). Men verkligheten är i regel inte så enkel. Det har flera anledningar. Här listas några av dem, utan inbördes ranking:

- Grot är en lågvärdig och förhållandevis känslig produkt som ska lagras på en torr plats och gärna exponerat för sol och vind.
- De flesta huggbilar har bara inmatning från höger i färdriktningen. Därmed är det viktigt att avlägget ligger så att huggbilen inte behöver vändas efter lastning, då detta blir svårare med fullastat fordon.
- Trafikverkets regler för hur avlägg av virke och grot får placeras, samt vältornas utformning intill allmänna vägar kan vara svåra att följa (Anon, 2017b).
- Det har kommit nya regler om hur vägbanan får nyttjas för uppställning av arbetsfordon i samband med lastning. Flisning kan i sammanhanget vara att betrakta som arbete på väg och inte lastning och i dessa fall får flishuggen inte stå på vägen under arbete utan särskilda tillstånd.

Frågan om var ett grot-avlägg placeras är således inte så enkel som att bara köra kortaste vägen till bilvägen. Den blir snarare; hur långt kan jag köra med skotaren utan att den totala systemkostnaden – skotning, sönderdelning och lastning på lastbil – blir för hög? En följdfråga blir också hur grotens värde påverkas av valet av lagringsplats? Om den alternativa lagringsplatsen innebär att groten torkar bättre höjs värdet och därmed värdet på groten, figur 1.



Figur 1. Förhållandet mellan fukthalt och energiinnehåll i grot.

Syftet med denna studie var att analysera hur skotningsavstånd, bränslets fukthalt och valet av sönderdelning och transportlösning kan antas påverka varandra, såväl som det ekonomiska resultatet.

Material och metod

Det finns många sätt att hantera groten från hygge till att flisen levereras till kund. Den här studien utgår från att skotningen genomförs med en anpassad grot-skotare samt att vältan täcks med fyra meter bred grot-papp. Därefter sker flisning och transport enligt följande tre olika system:

1. Groten sönderdelas och transporteras bort med huggbil. Det innebär bland annat att vältan måste ligga vid väggkant så att den är inom räckhåll för huggbilens kran.
2. Groten sönderdelas med en skotarmonterad flishugg. I kalkylen antas att skotarhuggen transporterar flisen en kortare sträcka till en plats där den kan tippas i container.
3. Groten sönderdelas av en separat flishugg monterad på lastbil eller annat fordon utan egen transportkapacitet. Istället blåses flisen direkt i flisbilar. Systemet förutsätter att vältan ligger nära väg och att flishugg och flisbil får plats bredvid varandra eller i rad efter varandra.

I kalkylerna gjordes en del antaganden vad gäller timkostnader, prestation och lastmängder, bilaga 1. Värmevärdet vid olika fukthalter beräknades med SDCs värmevärdesfunktion (Anon, 2017a).

$$MWh = Vedvikt \cdot ((h_{eff} \cdot (1 - \frac{A}{100}) - Bundet \text{ väte}) \cdot \frac{TH}{100} - \Delta H_{vap} \cdot (1 - \frac{TH}{100}))$$

Där;

MWh	värmevärde per råton
Vedvikt	verkets råvikt, ton
H_{eff}	effektivt värmevärde i askfri torrs substans. MWh/ton
TH	torrhalt i viktsprocent, %
A	askhalt i viktsprocent, %
ΔH_{vap}	ångbildningsvärme per ton vatten i bränslet, MWh/ton
Bundet väte	bundet väte, MWh/ton

Askhalten sattes till 2,5 procent, det effektiva värmevärdet till 19,8 MJ/kg TS och ångbildningsvärmerna till 2,44 MJ/kg TS samt bundet väte till 0,6778 MWh/ton. Det ekonomiska värdet sattes till 180 kr/MWh.

För att göra själva analysen skapades en kalkylmodell i Excel med en flik för varje systemkedja, där det ekonomiska utfallet av systemkedjan jämförs med basalalternativet vid 45 procent fukthalt.

I ett första steg analyserades ett tänkt scenario för att se hur mycket längre grot-skotaren kan köra, förutsatt att groten torkar bättre på den nya avläggsplatsen utan att lönsamheten påverkas. Vinsten ligger således i att fukthalten kan minskas vid något längre terrängtransportavstånd.

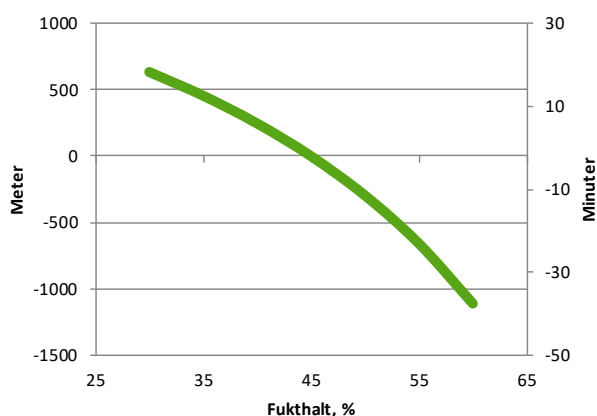
Därefter analyserades hur avläggets placering kan antas påverka nästa steg i kedjan. Vad händer om exempelvis den alternativa avläggsplatsen leder till bättre torkning men sämre förutsättningar för flisningsarbetet? De efterföljande leden i de tre systemkedjorna utgår från antagandet att vältan ligger någorlunda optimalt för den fortsatta hanteringen. Därefter gjordes några analyser med följande variationer:

1. Lastningstiden för huggbilen belastades med ett tidstillägg om 15 respektive 30 minuter, simulerande att de alternativa avläggen blev mindre lättarbetade.
2. Körsträckan för den skotarmonterade huggen ökades från 50, 125 till 200 meter för att belysa effekten av ökat avstånd mellan vältan och avställningsplats för containrar.
3. Andelen effektiv flisningstid (andelen av arbetstid då huggen faktiskt arbetar) för den separata flishuggen varierades i tre steg (40, 50 och 60 procent) simulerandes att det blir svårare att få plats med och rangera hugg och flisbil invid vältan. Dessa andelar baserar sig på erfarenhetstal från några tidigare studier av liknande koncept (Spånberg, 2016; Eliasson & von Hofsten, 2017).

Resultaten redovisas genomgående som kostnad i kronor per megawattimme (kr/MWh) om inget annat anges.

Resultat och diskussion

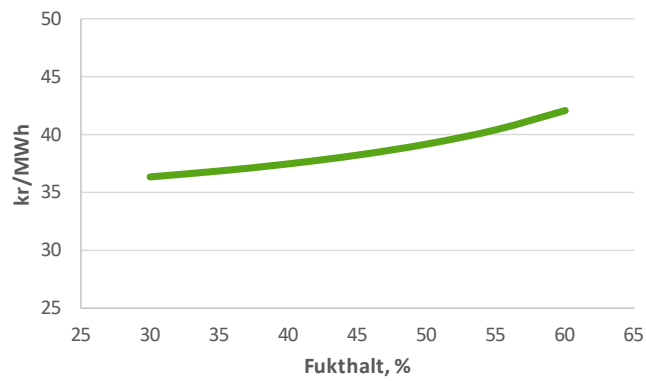
Kostnaden för grot-skotningen utgår från att den sker tämligen direkt efter avverkningen när fukthalten kan antas ligga kring 45 procent för gran-grot (Lehtikangas, 1999), vilket utgör referensvärdet i de fortsatta beräkningarna. Vid 45 procent fukthalt kan energi-innehållet beräknas till 4,84 MWh/torrton. Om en skotare tar 8 torrton, eller 38,7 MWh per lass med ett värde på 180 kr/MWh innebär det att varje skotarlass är värt ca 6 960 kr. Om avläggsplatsen är väl vald antas att groten torkar en del i vältan under tiden den lagras innan vidareleverans. Om vi antar att groten torkar till 35 procent fukthalt stiger värmevärdet till 5,03 MWh/torrton innebärande att värdet per lass ökar till drygt 7 200 kr. En differens på 270 kr/lass. Därmed är det tydligt att det mycket väl kan löna sig att lasta av groten på rätt plats. Vid en timkostnad för skotaren på 900 kr/h motsvarar 270 kr drygt 18 minuter av skotarens tid. Med en körhastighet på 50 m/minut kan det alltså vara värt att köra flera hundra meter extra för att hitta en bättre avläggsplats (figur 3).



Figur 3. Förhållandet mellan fukthalten (X-axeln) och hur det ökande värdet av minskande fukthalt kan nyttjas för skotaren (Y-axlarna). Om fukthalten kan sänkas från 45 till 35 % kan grotens ökade värde omsättas till att köra skotaren upp till 500 meter extra för att hitta en bättre torkningsplats.

Av figur 3 framgår att det finns mycket att vinna på att groten torkar på avlägget. Delar av vinsten kan omsättas i körsträcka eller tid för skotaren att lägga upp materialet på ett bra sätt. Men det framgår också tydligt att en felaktigt vald avläggsplats kan kosta stora summor. Förlusten vid 55 procent fukthalt är större än vinsten vid 35 procent (-390 kr jämfört med +270 kr).

Eftersom den transporterade energimängden per lass varierar med fukthalten kommer skotningskostnaden per energienhet att göra detsamma. Vid 300 meters terräng-transportavstånd varierar skotningskostnaden inklusive täckpapp från ca 33 kr till 38 kr/MWh beroende av fukthalt (figur 4).



Figur 4. Skotningskostnad inklusive täckpapp som funktion av fukthalten vid 300 m skotningsavstånd.

Den värdeskapande åtgärden – att skota lite längre – kommer också att påverka nästa led i försörjningskedjan, exempelvis om den bättre lagringsplatsen ur torksynpunkt påverkar åtkomsten för flishuggar eller flisbilar.



Exempel på en specialbyggd, självgående flismaskin med viss terrängpotential. I detta fall har den kört ner i diket för att lämna plats åt containerbilen på vägen. Foto: Henrik von Hofsten, Skogforsk.

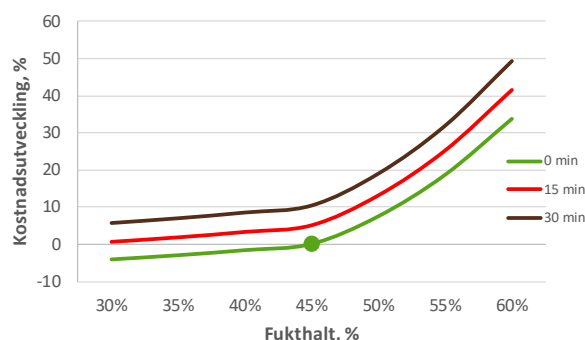


Huggbil under arbete med flisning av en grotvälta placerad nära vägen vilket är fördelaktigt för att nå allt material med kranen. Foto: Henrik von Hofsten, Skogforsk.

SÖNDERDELNING OCH VIDARETRANSPORT MED HUGGBIL

Den ur många synvinklar enklaste lösningen för sönderdelning och vidaretransport är huggbilen. Maskinen är förhållandevis lätttrörlig och agerar helt autonomt utan inblandning av andra maskiner. För optimalt utnyttjande av huggbilar måste vältans hela bredd ligga inom räckhåll för kranen (ca 10 meter) och på rätt sida av vägen, det vill säga på höger sida i den riktning som uttransport ska ske.

Effekten av hur lättillgänglig vältan är för huggbilen åskådliggörs i figur 5, där varje kurva visar kostnadsskillnaden jämfört med basalternativet (utmärkt med en grön punkt), som motsvarar 45 procent fukthalt och 0 minuters tidstillägg för svårigheter att nå vältan. Transportavståndet har hållits konstant på 95 km enkel väg.



Figur 5. Skillnad i flisnings- och transportkostnad för huggbilen mot basalternativet, grön punkt, vid tre olika tidstillägg på lastningstiden och 95 km transportavstånd, enkel väg.

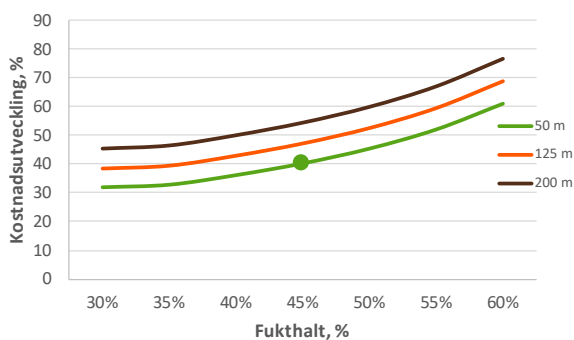
Kurvorna ökar endast svagt fram till 45 procent fukthalt, därefter stiger de brant. Orsaken är att upp till och med 45 procent fukthalt är huggbilens lastvolym begränsande för lastmängden, inte vikten. Den lilla skillnad som ändå finns beror på att energiinnehållet i lasset minskar med ökande fukthalt – därmed ökar kostnaden per MWh.



Skotarmonterad sönderdelare. På bilden står containern alldeles intill vilket är ovanligt, om än önskvärt.
Foto: Lars Eliasson, Skogforsk.

SKOTARMONTERAD SÖNDERDELARE OCH VIDARETRANSPORT MED CONTAINERBIL

En av de vanligaste lösningarna för sönderdelning vid avlägg är den skotarmonterade flishuggen med egen flisbalja. Fördelen är att maskinen är terränggående, vilket gör att vältan inte nödvändigtvis måste ligga i direkt anslutning till vägen. Den största nackdelen är att flisbaljan är relativt liten (ca 20 m³), vilket innebär att flisningsarbetet ofta måste avbrytas för flistransport till containrarna. Om det då är långt till omlastningsplatsen blir den totala produktionen låg. I figur 6 har kostnaderna för sönderdelning och transport med containerbil analyserats vid tre olika transportavstånd till omlastningsplatsen (skyttlingsavstånd).



Figur 6. Skillnad i flisnings- och transport kostnad för skotarmonterad flishugg och containerbil mot basalternativet, grön punkt, vid tre olika transportavstånd för flishuggen.

Containerbilen blir, i likhet med huggbilen, volymbegränsad med de torrare materialen. Effekten syns dock inte lika tydligt i kurvorna i figur 6, eftersom kostnaderna för sönderdelningen är en stor del av totalkostnaden (ca 35 procent).

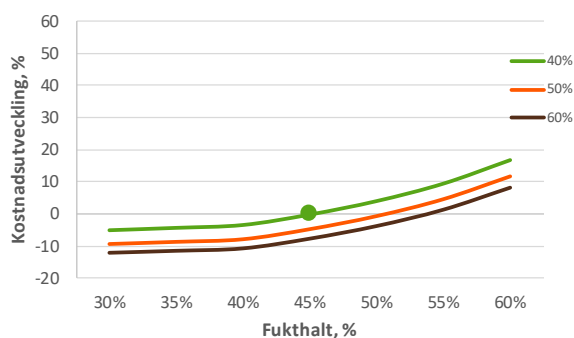


Separat flishugg monterad på lastbilschassie. På bilden har man fått backa in en flisbil utan vagn framför huggen. Flisbilen får sedan hämta vagnen och backa till den innan fyllning. Foto: Henrik von Hofsten, Skogforsk.

SÖNDERDELNING MED STÖRRE FLISMASKIN OCH VIDARE-TRANSPORT MED FLISBIL

Sönderdelning på avlägg med en större flishugg monterad på ett skotar- eller specialbyggt chassi alternativt på en lastbil blir allt vanligare. I båda fallen saknar maskinen egen transportkapacitet och är istället beroende av att transportfordon kan rangeras intill huggen. Nackdelen med detta system är att det kan bli besvärligt att få plats med både flishugg och transportfordon intill vältan. I idealfallet ligger vältan några meter in från vägen så att den skotarmonterade huggen får plats mellan vältan och vägen och kan blåsa flisen direkt i transportfordonet. Den vanligare lösningen är dock en lastbilsmonterad flishugg, som måste befinna sig på vägen. I det fallet är det vanligt att huggen och transportfordonet parkeras omedelbart efter varandra så att flisen kan blåsas i transportfordonets skåp/containrar. Vanligen måste transportfordonet kopplas isär för att underlätta fyllning av både bilen och släpet, vilket leder till en hög andel rangeringstid.

Kalkylen bygger på att andelen effektivt arbete för flishuggen varierats, simulerande att den totala tiden för lastning tar olika lång tid beroende av ovan beskrivna faktorer.



Figur 7. Skillnad i flisnings- och transportkostnad för separat flishugg och flisbil vid tre olika grader av effektivitet för flisaren, grön punkt.

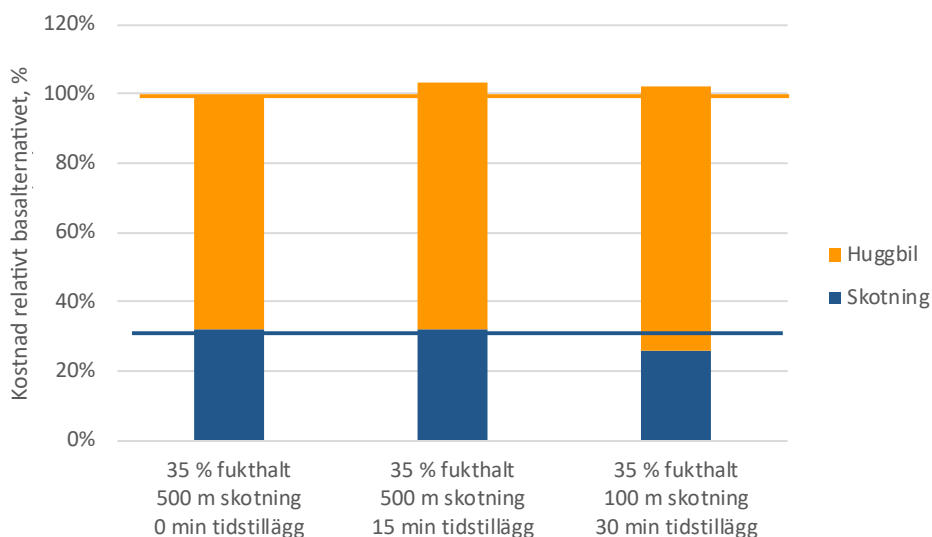
Även den flisbil som används i exemplet i figur 7 är delvis volymbegränsad vid de lägsta fukthalterna, men på grund av huggens kostnader blir effekten på systemkostnaden liten.

KOSTNADER OCH INTÄKTER MED DE OLIKA SYSTEMEN

Så här långt är det uppenbart att det finns mycket att vinna på att få den färdiga flisen så torr som möjligt. I det följande har de tre systemkedjornas delkostnader lagts ihop. I figurerna 8–10 har först kostnaderna för ett basalternativ med ett relativt kort skotningsavstånd och 45 procent fukthalt beräknats. Därefter följer tre alternativ med lägre fukthalt (35 procent) och varierande grad av ökat skotningsavstånd och sänkt produktion för sönderdelaren. Basalternativet visas med linjer tvärs över diagrammet medan kostnaderna för de övriga alternativen är satta i relation (procent) till basalternativet.

Huggbilssystemet

Det logistiskt sett enklaste systemet är huggbil, som står för såväl sönderdelning som transport. Systemet har dock sina nackdelar. En huggbil med släp är förhållandevis tung även när den är tom och ställer därmed höga krav på vägens konstruktion ända ut i kanterna då ekipaget ska vändas, vilket bör göras innan lastning/flisning. Den höga tjänstevikten innebär också att lastvikten blir förhållandevis låg, vilket höjer transportkostnaderna, figur 8.

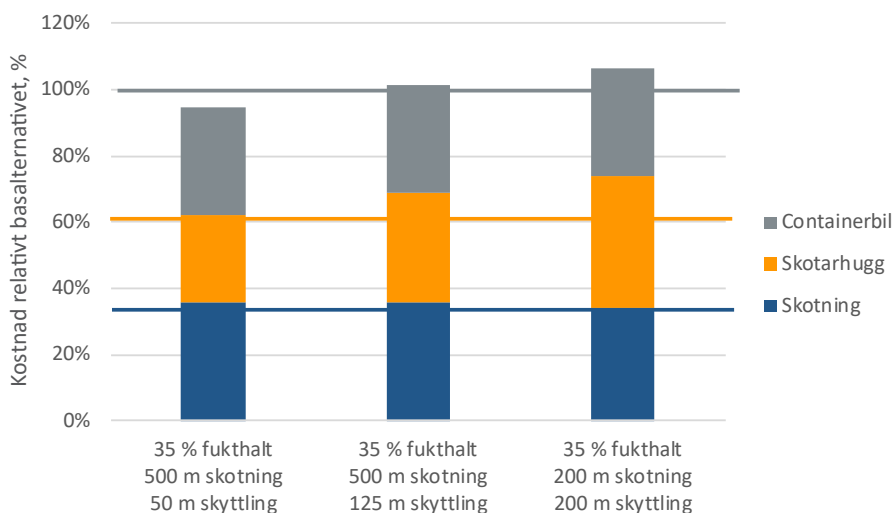


Figur 8. Huggbilssystemets kostnader fördelat på skotning respektive flisning och transport för tre scenarier jämfört med basalternativet – gul respektive blå linje (45 % fukthalt, 300 meter skotning, inget tidstillägg för huggbilen).

Då skotningsavståndet förlängs från 300 till 500 meter ökar skotningskostnaden något (+6 procent). Ökningen kompenseras dock av en lägre fukthalt, vilket totalt sett ger en lägre kostnad (första stapeln jämfört med linjerna). Men förhållandet är känsligt och det alternativa avlägget får inte innebära någon extra tid för huggbilen utan att kostnaderna ökar (andra stapeln). Huggbilens effekt på totalkostnaden framgår också av sista stapeln där ”strultiden” för huggbilen ökats till 30 minuter. Det ger en totalkostnad som är högre än för basalternativet, trots den låga fukthalten och att skotningsavståndet minskats till 100 meter.

Skotarmonterad flishugg och containerbil

Systemet med skotarmonterad hugg som tippar flisen från den egna baljan till en flis-container för senare avhämtning, uppvisar i allt väsentligt samma mönster som hugg-bilssystemet. Ett längre skotningsavstånd kombinerat med kortare flisningstid sänker systemkostnaden avsevärt. Systemet är dock känsligt för ökat skyttlingsavstånd för huggen, figur 9.

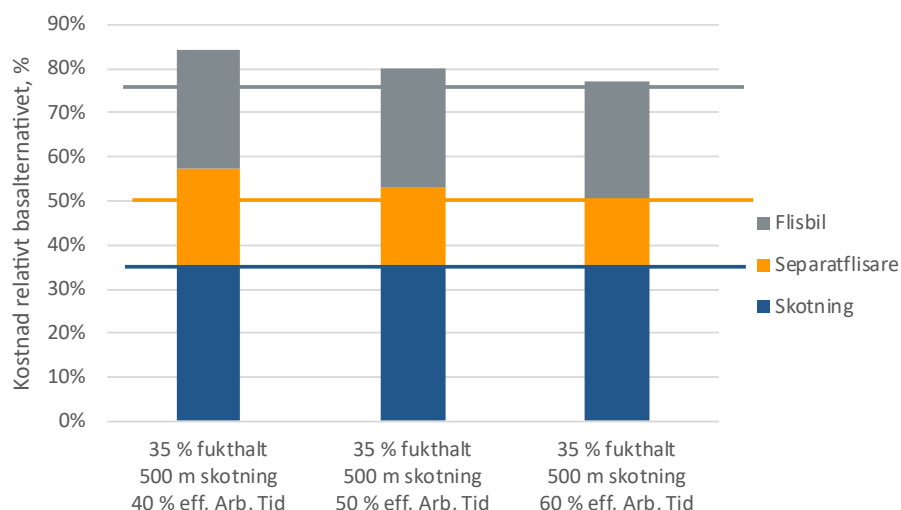


Figur 9. Kostnader fördelat på skotning respektive flisning och transport vid tre olika scenarier för systemet med skotarmonterad hugg jämfört med basalternativet – grå, gul respektive blå linje (45 % fukthalt, 300 meter skotning, 50 meter skyttling).

Den stora skillnaden mellan scenarierna för systemet med skotarmonterad flishugg kan härledas till just huggen. Skotningens kostnader ökar då skotningsavståndet ökar, men på grund av den minskade fukthalten är inte skillnaden mer än drygt 3 kronor per MWh vid en fördubbling av avståndet. På samma sätt minskar kostnaden för transporten med knappt 6 kr/MWh genom att fukthalten sjunker. För huggen blir effekterna betydligt kraftigare. Som framgår av figur 9 ökar totalkostnaden fort då huggen måste börja skyttla flisen. I det sista fallet har skotningsavståndet kortats avsevärt men kostnaderna ökar ändå med drygt 10 % på grund av skyttlingsavståndet. Att effekten blir så stor för detta system beror på att ett ökat avstånd till omlastningsplatsen ökar transporttiden och därigenom minskar nyttjandegraden då huggen används till flisning. Dessutom har skotarhuggen en av de högsta timkostnaderna av de maskiner som används i skogsbruket. Hög nyttjandegrad är således av största vikt. Att minska skyttlingsavståndet från 125 meter till 50 meter (skillnaden mellan andra och första stapeln) innebär en kostnadsminskning med 7 kr/MWh vid konstant fukthalt.

Separat flishugg och transport med flisbil

I denna studie är det billigaste systemet en separat flishugg som lastar direkt i flisbil. Det torde bero dels av att flishuggen är förhållandevis produktiv jämfört med de andra systemen, dels av den större lastkapaciteten för en flisbil jämfört med containerbilarna (41 respektive 35 råton). Detta system är dock mer känsligt för interaktioner mellan flishugg och lastbilar (väntetid och köbildningar) än de övriga, vilket inte fullt ut framgår av den deterministiska analys som genomförs, där olika faktorer och förutsättningar är förutbestämda.

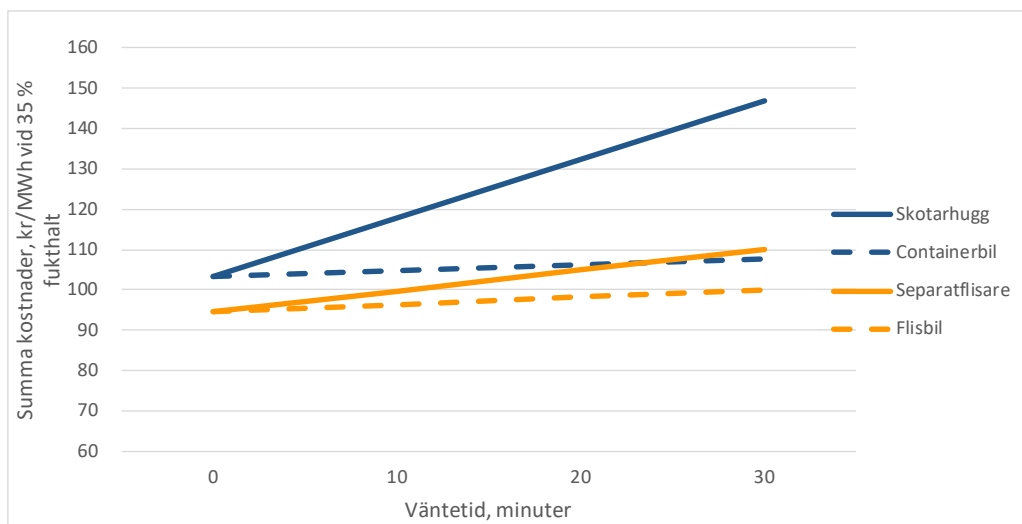


Figur 10. Kostnader fördelat på skotning respektive flisning och transport vid tre olika scenarier för systemet med separat flishugg jämfört med basalternativet – grå, gul respektive blå linje (45 procent fukthalt, 300 meter skotning, 50 procent effektiv arbetstid).

I detta fall står skotaren för den största kostnadsandelen, trots att flishuggens timkostnad är nästan dubbelt så hög. Effekten av utnyttjandegraden för flishuggen framgår av skillnaden mellan de tre staplarna (figur 10).

VÄNTETIDER I SYSTEMEN

För att åskådliggöra effekten av att flishuggen alternativt lastbilen får vänta på varandra gjordes en beräkning av hela systemets kostnader vid 300 meters skotningsavstånd och 35 procent fukthalt på levererad flis. Här ingick inte huggbilen eftersom den aldrig behöver vänta på någon annan. Resultatet åskådliggörs i figur 11 där först sönderdelaren fick vänta i 10, 20 respektive 30 minuter på att en lastbil skulle komma (heldragna linjer). Därefter återställdes sönderdelarnas prestationer till ursprungsvärdet och lastbilarna fick istället vänta 10, 20 respektive 30 minuter (streckade linjer).



Figur 11. Jämförelse av kostnadsförändringen vid olika väntetider för sönderdelare respektive transportfordon. I figuren har skotningskostnaderna hållits konstanta på 300 meter. Kostnaderna avser en fukthalt vid leverans på 35 procent.

Av figur 11 framgår tydligt hur kostnaderna stiger brant för den skotarmonterade huggen om den tvingas stå och vänta på transportkapacitet. Att skotarhuggens kostnader stiger så mycket brantare än separatflisaren torde bero dels på skotarhuggens högre timkostnad, dels på skotarhuggens lägre produktion då den arbetar. Däremot är risken för att skotarhuggen måste vänta mindre än för separatflisaren, eftersom den ofta har en buffert på tre containrar att fylla förutom de tre containerbilen kommer för att hämta. Å andra sidan kan separatflisaren bara arbeta då det finns en lastbil på avlägget.

SLUTSATSER

- Flishuggen är den känsligaste kostnadsposten i systemet, oavsett vilken typ av flishugg som används. För att nå en låg totalkostnad är det av största vikt att maskinen kan arbeta effektivt och slipper vänta på transportkapacitet.
- Att groten får möjlighet att torka betyder nästan lika mycket som att sönderdelarna kan arbeta effektivt. Det är dock tveksamt om det lönar sig att lägga groten på ett bättre torkställe om det leder till sämre förutsättningar för flisnings- och transportarbetet.
- Det kan ofta vara ekonomiskt klokt att skapa rätt förutsättningar för både virkeshantering samt torkning, sönderdelning och transport av skogsbränslen. Sker arbetet i närhet av frekvent trafikerade vägar bör man även beakta möjligheterna att minska eventuella trafikrisker.

Referenser

- Anon. 2017a. Bestämning av torrhalt och energiinnehåll på skogsråvara SDC. Nationella instruktioner för virkesmätning 2017-01-01.
- Anon. 2017b. Upplag av virke och skogsbränsle vid allmän och enskild väg. Trafikverket. Rapport. Utgåva 4.
- Eliasson, L. och von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg - Albach Diamant. Skogforsk arbetsrapport 931.
- Lehtikangas, P. 1999. Lagringshandbok för trädbränslen. SLU.
- Spånberg, K. 2016. Logistiskstudie av ett flissystem med 74 tons flisekipage. examensarbete i skogshushållning. Skogsmästarprogrammet 2016:13.
- von Hofsten, H. och Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombi-skotare eller med två dedikerade skotare. Skogforsk, Arbetsrapport 897.

Bilaga 1. Ingångsdata till kalkylerna

HUGGBILSSYSTEMET

Indata för grot-skotaren

Torrton per lass	8
Timkostnad	900
Lastning, lossning och täckning, min/lass	72
Medelavstånd, meter enkel väg	100; 300; 500
Körhastighet med lass, m/minut	50
Vändatid, timmar	1,27; 1,42; 1,56

Indata för huggbilen

Råton per lass	30
Max volym per lass, m ³	100
Timkostnad, kr	1 650
Lastningstid, minuter	44; 60; 75
Lossningstid inkl. invägning, minuter	15
Vägtransportavstånd, km enkel väg	95
Körhastighet, km/h	67

SKOTARHUGGSYSTEMET

Indata för skotarhuggen

Råton per lass	6,2
Timkostnad, kr	1 750
Lastningstid, minuter	
Lossningstid, minuter	5
Skyttlingsavstånd, meter enkel väg	50; 125; 200
Körhastighet, m/minut	40
Vändatid, timmar	0,26; 0,33; 0,40

Indata för containerbilen

Råton per lass	35
Max volym per lass, m ³	130
Timkostnad, kr	900
Lastningstid, minuter	30
Lossningstid, minuter	30
Transportavstånd, km enkel väg	95
Körhastighet, km/h	67
Vändatid, timmar	4,0

SEPARATHUGGSYSTEMET

Indata för grot-skotaren

Torrton per lass	8
Timkostnad	900
Lastning, lossning och täckning, minuter/lass	72
Medelavstånd, meter enkel väg	300; 500
Körhastighet med lass, m/minut	50
Vändatid, timmar	1,42; 1,56

Indata för separathuggen

Råton/effektiv arbetstimme	75
Timkostnad, kr	1 850
Andel av arbetstid = effektiv tid, procent	40; 50; 60

Indata för flisbilen

Råton per lass	41
Max volym per lass, m ³	140
Timkostnad, kr	900
Lastningstid, minuter	32,8; 35,6
Lossningstid, minuter	25
Transportavstånd, km enkel väg	95
Körhastighet, km/h	67
Vändatid, timmar	3,94
