

ARBETSRAPPORT



FRÅN SKOGFORSK NR 739 2011

Effektivare flistransporter med större fordon

EN FÖRSTUDIE

Johanna Enström & Gustaf Röhfors

Foto: Johanna Enström.

Ämnesord: High Capacity Transport, skogsbränsletransporter, modulfordon, sammodalitet.

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

| | |
|--|----|
| Bakgrund..... | 2 |
| Syfte | 3 |
| Genomförande..... | 3 |
| Beskrivning av fordon..... | 4 |
| Transportupplägg..... | 6 |
| Fall 1. Transport från Broby/Vislanda i Småland till Nykvarn/Igelsta utanför Södertälje..... | 6 |
| Ruttkörning samt vidaretransport med tåg..... | 6 |
| Ruttkörning med containerbilar | 7 |
| Fall 2. Ruttkörning Växjö – Hyltebruk – Stockaryd..... | 10 |
| Fall 3. Returkörning Göteborg – Hyltebruk..... | 10 |
| Fler identifierade upplägg för direktkörning | 11 |
| E.On-Köping till Örebro | 11 |
| Stora Enso-Sveg till Kvarnsveden | 11 |
| Förbrukning och utsläpp för ruttsystemet mellan Broby och Nykvarn | 12 |
| Förbrukning och utsläpp vid direkttransport mellan Broby och Igelsta | 13 |
| Förbrukning och utsläpp Göteborg – Vegaholm..... | 13 |
| Vägstandarden på aktuella sträckor | 14 |
| Resultat | 14 |
| Förbrukning och utsläpp..... | 18 |
| Diskussion och slutsatser | 19 |
| Flöden..... | 19 |
| Ekonomisk och miljömässig potential | 20 |
| Vidare studier | 20 |
| Referenser | 21 |
| Bilaga 1 Kostnader | 23 |

Bakgrund

Transportkostnaden har identifierats som den enskilt viktigaste begränsande faktorn för tillgänglighet på skogsbränsle. Vi vet att det finns stora arealer skog där det på grund av transportavståndet inte lönar sig att ta ut något bränsle. Behovet av effektiva långväga transporter är därför stort.

Inom ESS har projektet Järnvägsterminaler under två år arbetat med frågan om hur hanteringen av skogsbränsle på järnväg kan effektiviseras. Projektet har gett en god överblick över dagens transportsystem, metoder för hantering- och terminalutformning, samt kostnadsbildningen och dess påverkande faktorer. Den kostnadsanalys som gjorts visar att det finns en stor potential för kostnadsänkningar i dagens system. Att kunna kanalisera volymer till större flöden är dock än så länge en förutsättning för att hålla nere kostnaderna i järnvägstransporten. Projektet har också identifierat ett antal viktiga områden att utveckla för att sänka den totala logistikkostnaden i systemet. Bland de mest prioriterade utvecklingsområdena återfinns:

- Effektivare anslutande transporter till och från järnvägen.
- Effektivare byten mellan bil och järnväg.
- Teknisk utveckling av system för att åstadkomma ovanstående effektiviseringar.

Även vid långa järnvägstransporter måste materialet först ut från skogen till en terminal innan det kan lastas på tåg. I många fall är slutdestinationen inte heller den mottagande järnvägsterminalen, utan en anslutande biltransport behövs för att ta materialet till kraftvärmeverket.

En idé som förts fram under tidigare projekt har varit att nyttja enhetslastbärare genom hela transportsystemet från skog till industri. Konkret ligger dock en stor utmaning i att kunna dra nytta av järnvägens generösare restriktioner för bredd och lastvikt jämfört med lastbilstransport. Att köra samma containrar på väg och järnväg gör att järnvägens potential inte utnyttjas fullt ut, vilket är allvarligt då lastutnyttjandegraden har visat sig vara en nyckelfaktor för att få god ekonomi i transportsystemet (Enström & Winberg, 2010). I dag omlastas materialet vanligen via stack på marken inför vidare transport.

Oavsett om samma lastbärare kan användas eller om omlastning av löst material visar sig vara den vinnande strategin, så är effektiviteten i de anslutande transporterna viktig för totalekonomin. Denna problematik födde idén om att kunna använda större och tyngre flisfordon än dagens, för anslutande transporter till och från järnvägen.

Tekniken att kombinera modulfordon så att ökad lastvikt kan nås utan ökat axeltryck har testats inom ETT-projektet – Modulsystem för skogstransporter (Löfroth & Svenson, 2010). Praktiska försök med timmerbilar upp till 90 ton har pågått i två år och utvärderingarna har visat på stor potential att sänka bränsleförbrukning, avgasemission och kostnader samtidigt som vägslitaget minskar. De studier kring trafiksäkerhet som hittills gjorts har varit positiva för projektet. En fullständig utvärdering av satsningen kommer att göras av Vägverket under 2011.

Att starta praktiska tester med dispensfordon har visat sig kräva tid, god planering och förberedelse samt ett etablerat samarbete mellan aktörer. Stora potentiella fördelar kan ses med ett liknande system för transporter av flisat skogsbränsle. Denna studie kan ses som ett första steg i att teoretiskt undersöka förutsättningarna för transporter med större flisfordon än med dagens 60 ton och 24 meter.

Syfte

Studien ska belysa möjligheterna till effektivisering av transportsystemet för skogsbränsle, då lastbilarna tillåts överskrida dagens vikt- och volymbegränsning samt belysa möjligheterna då dessa vägfordon kombineras med järnvägstransport.

Projektet ska utreda vilken typ av flöden, fordon, lastbärare och vilken hanteeringsmetod som lämpar sig bäst i ett kombinerat flöde med bil och järnväg. Projektet ska kvantifiera effekterna av att kunna använda vägfordon som överskrider dagens vikt- och volymbegränsningar i denna typ av flöde med avseende på ekonomi och miljö.

Projektet ska ge ett teoretiskt underlag inför framtida praktiska studier bl.a. genom att tillhandahålla kalkyler för de olika systemen och föreslå lämpliga testområden.

Projektet väntas på sikt bidra till en effektivare transportkedja för skogsbränsle, vilket ger en minskad miljöpåverkan främst genom att större volymer bränsle blir ekonomiskt tillgängliga och då kan ersätta fossila bränslen. En ökad transporteffektivitet både på väg och på järnväg, ger i sig också en minskad miljöpåverkan per transporterad MWh bränsle. En positiv bieffekt väntas också bli att antalet lastbilar på vägarna minskar.

Genomförande

I samarbete med projektets referensgrupp (representanter från skogs- och energibranschen) har ett större antal konkreta transportupplägg diskuterats, där man kan se en potential för transporteffektivisering. Det har handlat om möjligheter till ruttkörning mellan fasta terminalpunkter, skytteltransporter mellan mottagande järnvägsterminal- och kraftvärmeverk men också mer komplexa system där järnvägstrafiken ingår i ett större ruttkörningssystem. De fall som ansetts mest relevanta har beskrivits och analyserats genom att kalkyler upprättats och jämförts med varandra.

Excel-verktyget FLIS har använts som grund till kalkylerna. FLIS har utvecklats av Skogforsk som ett kalkyleringsverktyg för interaktiva systemanalyser av skogsbränsle. Verktyget kan också användas för analyser av enskilda maskiner, t.ex. en hjullastare eller lastbil. Även en kostnadskalkyl för järnvägstransport ingår. Det är viktigt att beakta att kostnaderna för maskiner, och för järnvägstransporten i synnerhet, skiljer sig kraftigt beroende på hur parametrar för utnyttjandegrad och effektivitet ställs in. Målsättningen har varit att så långt möjligt återspegla verkliga förhållanden i de olika typfallen. Diskussioner har förts kontinuerligt med berörda företag för att säkerställa detta. Enklare fältstudier av containerbilar och flisbilar i arbete har också gjorts för att bättre kunna uppskatta tidsåtgång för lastning och lossning.

En specificering av de lastbilstyper som avses för vägtransporten har gjorts i samarbete med påbyggarföretagen Parator och Motab. Kostnader, bränsleförbrukning och kapacitet har uppskattats. Erfarenheter från ETT-projektet med längre och tyngre virkesfordon har beaktats och fått ligga till grund för specificeringen av tyngre och längre flisfordon. Kostnader- och miljöpåverkan för de olika kombinationerna av fordon och typfall har sammanställas och analyserats.

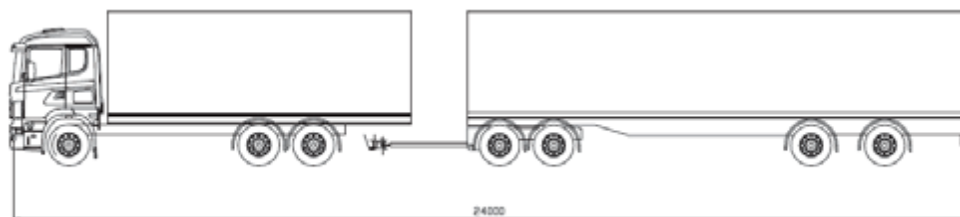
Det typfall som bedömts vara mest intressant för en praktisk studie har sedan översiktligt analyserats av Trafikverket. Trafikverket har också gjort en snabb översyn av det aktuella vägnätets förutsättningar att klara tyngre transporter.

En analys av bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp har gjorts för några utvalda system. Det gäller transporterna från terminalen i Broby i Småland via bil- och järnväg till terminalen i Nykvarn (nära Igelstaverket), samt direkttransport med lastbil mellan Broby och Igelstaverket. Också transportfallet mellan Göteborg och Vegaholm som inkluderar returlast, har analyserats med avseende på förbrukning och CO₂-utsläpp.

För redovisningen av kostnader har i huvudsak volymenheten kubikmeter stjälp m³s använts. Denna enhet är särskilt lämplig i jämförelserna genom att inte bara transportkostnader utan även hanteringskostnaderna beror av volymen mer än av någon annan enhet. Det grundläggande synsättet har varit att utgå från en möjlig transportkapacitet, uttryckt i volym och vikt, som sedan kan utnyttjas olika beroende på material.

BESKRIVNING AV FORDON

En utgångspunkt vid specificeringen av fordon har varit att standardiserade lastbilsmoduler ska kunna användas som grund. Samtliga fordon bygger därför på kombinationer av modulerna dragbil, dolly, link och trailer. Tippbara skåp kan sedan byggas på grundkoncepten. Antal axlar har definierats efter aktuellt regelverk för axeltryck. Dispenser för längd och totalvikt skulle krävas för de två större flisbilskoncepten nedan. Specifikationerna för de sidotippande bilarna har tagits fram av påbyggarföretaget Parator.



Figur 1.
Sidotippande flisbil 60 ton.

Specifikationer 60-tonsbil

Pris: 3 000 000 kr

Längd: 24 m

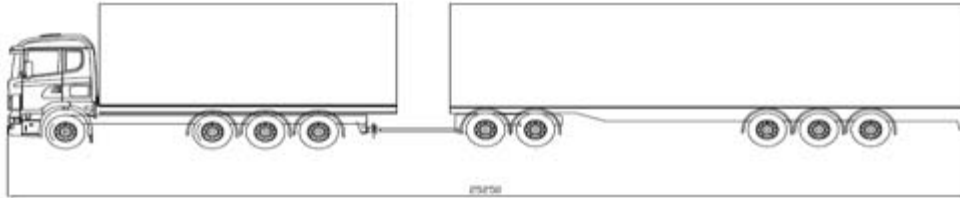
Totalvikt: 60 ton

Tjänstevikt: 20 ton

Max lastvikt: 40 ton

Volym: 140 m³

Densitet för att fylla volym och vikt: 286 kg/m³s.



Figur 2.
Sidotippande flisbil 74 ton.

Specifikationer 74-tonsbil

Pris: 3 400 000 kr
 Längd: 25,25 m
 Totalvikt: 74 ton
 Tjänstevikt: 23 ton
 Max lastvikt: 51 ton
 Volym: 155 m³
 Densitet för att fylla volym och vikt: 329 kg/m³s.



Figur 3.
Sidotippande flisbil 98 ton.

Specifikationer 98-tonsbil

Pris: 4 400 000 kr
 Längd: 33,75 m
 Totalvikt: 98 ton
 Tjänstevikt: 33 ton
 Max lastvikt: 65 ton
 Volym: 200 m³
 Densitet för att fylla volym och vikt: 325 kg/m³s.



Figur 4.
Containerbil 60 ton. Bild från: <http://www.ltcontainer.se/Ny-sida.htm>.

Specifikationer containerbil

(Lars Aspholmer, SÅ calc)
 Pris: 2 800 000 kr (inkl. 9 containrar)
 Längd: 24 m
 Totalvikt: 60 ton
 Tjänstevikt: 24 ton
 Max lastvikt: 36 ton
 Volym: 120 m³
 Densitet för att fylla volym och vikt:
 300 kg/m³s.

Transportupplägg

FALL 1. TRANSPORT FRÅN BROBY/VISLANDA I SMÅLAND TILL NYKVARN/IGELSTA UTANFÖR SÖDERTÄLJE

Ruttkörning samt vidaretransport med tåg

Ruttkörning med lastbil mellan Broby, Vislanda, Ramkvilla och Mörrum. Tågtransport från Vislanda till Nykvarn och vidare transport med lastbil från Nykvarn till Igelstaverket.

Ett förslag på en tänkbar rutt för ett större flisfordon har kommit från Södra Skogsägarna. Där ingår transport mellan bränsleterminal och järnvägsterminal samt mellan sågverk och massabruk i ett omlopp som höjer lastfyllnadsgraden till 57 %.

Den tänkta rutten startar vid terminalen Broby där bränsleflis lastas som sedan transporteras till Vislandaterminalen. Från Vislanda kör bilen tom till sågverket i Ramkvilla där man lastar sågverksflis för transport till massabruket i Mörrum (Figur 5). Från Mörrum kör bilen tom tillbaka till Broby. Södras fall innehåller även tågtransport från Vislanda till Nykvarn samt vidaretransport med lastbil till Igelstaverket (Figur 6). Att köra via en terminal som Broby, innebär normalt alltid en merkostnad jämfört med direkttransport. Anledningen till att det ändå kan bli aktuellt är att en järnvägsterminal, som Vislanda kan frakta ut så stora mängder bränsleflis att upptagningsområdet blir orimligt stort för att enbart köra direkttransporter.

Olika typer av fordon har antagits. Främst sidotippande flisbilar men även en containerbil. Då containerbilar används och containrarna antas följa med hela vägen från Broby till Igelsta, utan omlastning av materialet, ger detta upphov till ett annorlunda logistiksystem jämfört med alternativen med sidotippande bilar. Detta system behandlas därför separat.



Förutsättningar ruttkörning

Sortiment: Bränsleflis och sågverksflis.
Densitet: 314 och 345 kg/m³s.
Avstånd Broby-Vislanda: 75 km.
Avstånd Vislanda-Ramkvilla: 84 km.
Avstånd Ramkvilla-Mörrum: 140 km.
Avstånd Mörrum-Broby: 80 km.

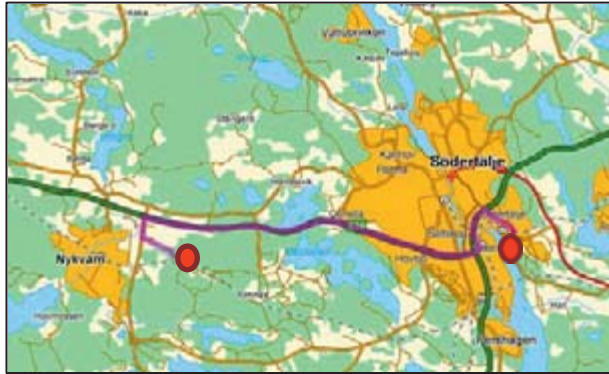
Förutsättningar tågtransport

Sortiment: Bränsleflis.
Densitet: 314 kg/m³s.
Avstånd Vislanda-Nykvarn: 400 km.

Förutsättningar vidaretransport

Sortiment: Bränsleflis.
Densitet 314 kg/m³s.
Avstånd Nykvarn-Igelsta: 17 km.

Figur 5.
Karta över Södras ruttkörning.



Figur 6.
Karta över sträckan mellan Nykvarn och Igelsta.

Ruttkörning med containerbilar

I det första systemupplägget används containrar som lastbärare. Där ligger lasten kvar i samma container från det att den flisas på terminal eller i skogen, till dess att den töms på kraftvärmeverket. Ett upplägg som kräver rätt dimensionering och en god planering.

Containrarna lastas med flis av hjullastare på Brobyterminalen. En containerbil anländer med 3 tomma containrar som byts mot de fullastade, under en tidsåtgång av 25 min. Bilen kör till järnvägsterminalen Vislanda, där den lastar av de fyllda containrarna. Tre tomma containrar lastas på. Dessa körs till sågverket i Ramkvilla där en lastmaskin fyller de tomma containrarna stående på bilen.

Transporten går sedan vidare till bruket i Mörrum där containrarna töms genom bakåttippning, och går sedan tomma tillbaka till Broby. Ett känt problem med flis som ligger en längre tid i container är, att lasten under vinterhalvåret fryser fast och blir svår att lossa. I en första teoretisk beräkning har denna typ av problematik dock bortsetts ifrån.

Tabell 1.
Kapacitet för containerbilar.

| | |
|--|-----|
| Max volym, m ³ s | 120 |
| Max lastvikt, ton | 36 |
| Jämviktsdensitet, kg/m ³ s | 300 |
| Max volym med densitet 314 kg/m ³ s, m ³ s | 115 |
| Max volym med densitet 345 kg/m ³ s, m ³ s | 104 |

Ett tåg med 25 vagnar rymmer 75 containrar, eller 25 lastbillass. Då varje rutt tar ett arbetspass att köra kan man anta att två bilar körs i tvåskift för att leverera 20 av dessa lass, medan de sista 5 lasset levereras från annat håll i närområdet kring Vislanda. Material som anländer till Vislanda från annat håll än via rutt-systemet har dock inte beaktats i kalkylen.

Tåget lastas sedan med hjälp av en mindre gaffeltruck som ställer upp containrarna på vagnarna. Containrarna kan troligen inte ställas upp utmed spåret direkt vid ankomsten till Vislanda, utan måste placeras på närliggande lagringsyta till dess att tåget ska lastas. Detta ger antingen en extra hantering före lastning, eller att gaffeltrucken får köra en sträcka med varje container under lastningen.

Kostnaden för att lasta containers med truck har därför beräknats till 7 kr/m³s, en relativt hög kostnad.

Kapitalkostnaden för ingående containrar i systemet har beräknats separat eftersom antalet containrar är en viktig parameter som kan dimensioneras något olika beroende på hur mycket slack man vill tillåta i systemet.

Biltransport Nykvarn – Igelsta

En gaffeltruck lastar över containrarna från tåg till lastbil. Då ingen bil finns på plats lastar trucken ner containrarna på marken en bit bort där också tomma containrar finns att hämta. Så länge trucken jobbar med lossningen behöver bilarna inte lasta och lossa containers själva i Nykvarn. Däremot tömmer de själva på Igelstaverket och när tåget är lossat tar bilarna själva över lastningen av återstående containers som då står på marken. Dessa containers kommer efter tömning att bli kvar på terminalen för inbyte vid nästa veckas lossning. De kan inte stå utmed spåret, utan måste placeras på en lämpligare lagringsyta. Endast en containerbil i tåget kan tömma vid Igelsta, mer än tre bilar är därför inte lämpligt i systemet. Alla tidsantaganden i tabell 2 är uppskattningar utifrån observationer av liknande system.

Tabell 2.

Tidsåtgången för omlastning och leverans av containrar vid Nykvarn och Igelstaverket.

| Tidsåtgång för runda med bil vid trucklastning – typ 1 | min |
|--|----------------------|
| Flytt av 3 containrar från tåg till lastbil med gaffeltruck | 6 |
| Transport tur och retur Igelsta | 34 |
| Tömning på Igelsta | 30 |
| Flytt av 3 tomma containrar tillbaka till tåg | 6 |
| Summa | 76 |
| Tidsåtgång för runda med bil vid självlastning – typ 2 | min |
| Bilen byter själv containers på Nykvarn | 25 |
| Transport tur och retur Igelsta | 34 |
| Tömning på Igelsta | 30 |
| Summa | 89 |
| Tidsåtgång för trucken | min/container |
| Full container från tåg till bil, tom container tillbaka | 4 |
| Transport av full container till avställningsplats, tom container tillbaka | 6 |

Med tre bilar i systemet kommer drygt hälften av containrarna att lastas av tåget till bil och hälften att köras bort till lagringsplats. Total tidsåtgång för trucken visas i tabell 3 nedan.

Tabell 3.

Total tidsåtgång för lossningstrucken i Nykvarn.

| | min | h |
|--|------------|----------|
| Tidsåtgång för trucken att lossa och lasta 75 containrar (39 × 4 min. + 36 × 6 min.) | 372 | 6,2 |

Utifrån en teoretisk beräkning enligt ovan, bör man lägga till en viss marginal då praktiken sällan är optimal. Det kan t.ex. tänkas att längre väntetider än vad som är beräknat i kalkylen uppstår. Kortare stillestånd än 7 timmar bör troligen inte planeras in för tåget. Det är relativt lång tid för lossning och risken finns att hela tågsystemet förlorar i effektivitet, vilket skulle kunna öka kostnaden för tågtransport, som angivits i tabell 3 ovan.

Tabell 4.
Körtid för lastbilarna när tre bilar och en truck används för lossningen.

| Körtid för lastbilarna | Runda 1 | Runda 2 | min | h |
|------------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| Bil 1 | 5 | 4 | 851 | 14,2 |
| Bil 2 | 4 | 4 | 760 | 12,7 |
| Bil 3 | 4 | 4 | 760 | 12,7 |
| Totalt | 13 | 12 | 2 371 | 40 |

Körtiden för lastbilarna (Tabell 4) visar sig vara så lång att skiftbyte är nödvändigt. Det är tänkbart att endast 2 av bilarna fortsätter arbetet efter att tåget är lossat.

Ruttkörning med flisbilar

Samma upplägg som för containerbilarna har använts, d.v.s. ruttkörning mellan Broby, Vislanda, Ramkvilla och Mörrum, samt tågtransport till Nykvarn med vidaretransport till Igelsta. Systemet skiljer sig dock väsentligt åt i och med att sidotippande bilar används i stället för containerbilar. Kapaciteten för de bilar som beräkningarna gäller har sammanställts i tabell 5 nedan.

Vid terminalen i Broby och vid sågverket i Ramkvilla lastas flisbilen med hjälp av en hjullastare med 10 m³ skopa. Lossningen sker enkelt genom sidotippning.

Vid tåglastningen på terminalen i Vislanda används en större separatlastare. Tågtransporten går också med en större typ av containrar av tillverkaren Innofreight, 46 m³, som alltid följer med tåget och som lossas med en specialtruck genom att de öppna containrarna vänds runt.

Vid Nykvarnsterminalen används samma typ av hjullastare som vid Broby och Ramkvilla för att fylla en sidtippande flisbil, som transporterar materialet till Igelstaverket, där lastbilen tippar sin last i en flisficka.

Antal vagnar per tåg har liksom i alternativet med containerbilar, valts så att tågtransporten blir så kostnadseffektiv som möjligt vid den aktuella densiteten på materialet. Med Innofreights 46 m³ containrar visade det sig att 23 vagnar vara idealt.

Tabell 5.
Lastkapaciteter för de olika bilarna. Densiteten 314 kg/m³s har antagits för skogsflisen.

| Kapaciteter flisbilar | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
|--|--------|--------|--------|
| Max volym, m ³ s | 140 | 155 | 200 |
| Max lastvikt, ton | 40 | 51 | 65 |
| Jämviktsdensitet, kg/m ³ s | 286 | 329 | 325 |
| Max volym med densitet 314 kg/m ³ s, m ³ s | 127 | 155 | 200 |
| Max volym med densitet 345 kg/m ³ s, m ³ s | 116 | 148 | 188 |

Direktkörning med flisbil mellan terminalen i Broby och Igelstaverket

Som en jämförelse till upplägget med ruttkörning och järnvägstransport analyseras också kostnad och miljöpåverkan för att köra direkt från Broby till Igelstaverket med de tre typerna av sidotippande flisfordon. Den totala vägsträckan mellan terminalen i Broby och Igelstaverket är 486 km. Beräkningarna har gjorts enligt antagandet att bilarna går tomma tillbaka. En körning på knappt 50 mil kräver ett fullt arbetsskift enkel väg och följaktligen två skift fram och tillbaka. Det kan finnas möjlighet att klara detta utan övernattningar och traktamenten om chauffören/chaufförerna är stationerade i mitten av sträckan så att chaufförsbyte eller dygnsvila alltid kan ske i hemtrakten. I annat fall tillkommer kostnader för traktamenten och eventuellt logi. Sådana kostnader har dock inte tagits med i kalkylen.

FALL 2. RUTTKÖRNING VÄXJÖ – HYLTEBRUK – STOCKARYD

En stor leverantör av returträ (RT-flis) finns i Växjö. Stora Enso köper in omkring 500 000 MWh (160 000 ton) RT-flis årligen till sitt massabruk i Hylte från olika leverantörer. Materialet passar bättre för bruket att elda med, än att elda med den egna barken som är en restprodukt från bruket. Därför vill man sälja barken. Man har också under tidigare vintrar fraktat en del bark till Stockarydsterminalen för vidaretransport på tåg till Söderenergi. På Stockarydsterminalen finns en sönderdelningskapacitet som är något högre än vad man har kapacitet att skicka iväg på tåg. Därför är det möjligt att utnyttja den kapaciteten till att köra lastbilar med sönderdelat skogsflis från Stockaryd till värmeverk i t.ex. Växjö (dessa har sällan möjlighet att elda RT-flis i sina pannor). Situationen ger möjlighet till ett triangelflöde med mycket hög lastkörningsgrad.

RT-flis (240 kg/m³s), Växjö – Hyltebruk, 130 km.

Bark (350 kg/m³s), Hyltebruk – Stockaryd, 110 km.

Bränsleflis (320 kg/m³s), Stockaryd – Växjös kraftvärmeverk, 64 km.

FALL 3. RETURKÖRNING GÖTEBORG – HYLTEBRUK

Även i göteborgsområdet finns ett antal stationer där återvinningsföretag samlar upp och krossar returträ. Stora Enso köper RT-flis från regionen som transporteras till Hyltebruk. I Vegaholm, 5 km från Hyltebruk har Stora Enso en terminal. Där sönderdelas skogsbränsle och även stamved, som levereras till flera olika förbrukare i regionen. Bland annat körs en del till Mölndal nära Göteborg. Detta ger upphov till returkörning mellan Göteborg och Vegaholm.

RT-flis (240 kg/m³s), Göteborg-Hyltebruk, ca 155 km.

Bränsleflis (320 kg/m³s), Vegaholm-Göteborg, ca 155 km.

FLER IDENTIFIERADE UPPLÄGG FÖR DIREKTKÖRNING

Ytterligare två intressanta fall för direktkörning av flis mellan terminaler har identifierats och beskrivs nedan. Att flödena är stadiga och går mellan terminaler, inte från skogsbilväg, var ett grundläggande kriterium eftersom möjligheten att använda större fordon antas vara störst under dessa förutsättningar. Fall 1, 2 och 3 har listats för att utgöra verkliga exempel för transporteffektivering. Kostnader- och miljöpåverkan för respektive fordon och material vid direkttransport, kan antas stå i direkt proportion till transportavståndet. De olika sträckorna har därför inte redovisats separat men kan utläsas som funktioner av avstånd och val av fordon.

E.On-Köping till Örebro

Transport av stamvedsflis med sidotippande flisbil från Köpings hamn till Hulinge terminal utanför Örebro. Materialet lagras på terminalen för att senare förbrukas i Eons kraftvärmeverk i Örebro (endast transporten fram till terminalen ingår dock i exemplet). En båt lastad med 8 750 m³s stamvedsflis kommer in till Köpings hamn, stamvedsflisen lossas till stack i hamnen. Det lossade materialet måste sedan transporteras bort från hamnen inom tre dygn. Transport från Köpings hamn till Hulinge sker med lastbil som lastas med hjälp av hjullastare. Tomtransport tillbaka.

Sortiment: Bränsleflis

Densitet: 320 kg/m³s

Avstånd Köping-Örebro: 73,8 km

Stora Enso-Sveg till Kvarnsveden

En lastbilsskyttel är tänkt att transportera bränsleflis med sidotippande flisbil från terminal i Sveg till Stora Ensos bruk i Kvarnsveden. Tomkörning tillbaka.

Sortiment: Bränsleflis

Densitet: 320 kg/m³s

Avstånd: 235 km

Dieselförbrukning och utsläpp av CO₂

Bränsleförbrukningen för de olika fordonen har skattats med utgångspunkt från den omfattande uppföljning som gjorts av ETT-bilens förbrukning (Löfroth & Svenson, 2010) samt utifrån den enkät gällande bränsleförbrukningen för 400 rundvirkesbilar som genomfördes av Brunberg, et. al., 2009. Förbrukningen för de teoretiska flisfordonen har antagits enligt tabell 6 nedan. Vid transport med last har förbrukningen antagits öka 26 % jämfört med medeltalet. Vid 100 % lastkörningsgrad har den genomsnittliga förbrukningen därför multiplicerats med 1.26.

Tabell 6.

Antagen genomsnittsförbrukning för respektive fordon vid 50 % lastkörningsgrad.

| Sidotippande flisbilar | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| Genomsnittlig förbrukning, l/mil | 5,2 | 5,5 | 6,0 |

Vid lastning och lossning åtgår också bränsle, och en grov uppskattning av förbrukningen har gjorts med hjälp av data från programmet SÅcalc, som bygger på statistik från Sveriges Åkeriföretag. En lastmaskin av typen Volvo L90 uppges där förbruka i genomsnitt 8 l/maskintimme. Då de maskiner som används på terminaler ofta är något större (en vanlig modell är Volvo L120) och arbetet innebär höga lyft för maskinerna, har förbrukningen antagits till 12 l/maskintimme. Maskinernas förbrukning är i hög utsträckning beroende av vilken typ av arbete som utförs, lokala förutsättningar och av förarens körstil. Resultatet från kalkylen bör därför i första hand ses som ett tänkbart exempel på förbrukning i det aktuella systemet. Uppgifter om förbrukning hos de maskiner som lastar och lossar tåg har fått muntligen av förare för motsvarande maskintyp.

Vid tågtransport i Sverige används normalt ellok som drivs med så kallad grön el från förnyelsebara energikällor, upphandlad av Trafikverket. De fossila utsläppen från järnvägstransporten är därför nära noll eller 0,003 g CO₂/nettotonkm (NTM, 2009). Det kan ibland förekomma att diesellok används inne på terminaler, detta har dock inte tagits hänsyn till i miljökalkylen.

Diesel av miljöklass 1, vilket används i Sverige idag, avger vid förbränning 2,54 kg CO₂ per liter (SPI 2011).

Förbrukning och utsläpp för ruttsystemet mellan Broby och Nykvarn

Stackning och lastning Broby, 210 respektive 260 m³/h. Förbrukning: 12 liter diesel/timme. Ger förbrukningen 0,10 l/m³s.

Transport Broby-Vislanda-Ramkvilla (aktuell del av rutten med bränsleflis samt tomkörning) 159 km. Förbrukningen för respektive bil och totalförbrukningen per m³s visas nedan.

Tabell 7.
Bränsleförbrukning under den del av ruttkörningen som räknas till skogsbränsletransporten.

| Fordonstyp | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
|---|--------|--------|--------|
| Kapacitet m ³ s bränsleflis | 127 | 155 | 200 |
| Förbrukning, l/km | 0,52 | 0,55 | 0,6 |
| Förbrukning l/m ³ s (159 km) | 0,65 | 0,56 | 0,48 |

I Vislanda sker först framkörning och stackning med hjullastare och sedan tåglastning med separatlastare. Förbrukning enligt tabell 8.

Tabell 8.
Kapacitet och förbrukning vid hanteringen i Vislanda.

| | Kapacitet | Förbrukning |
|--|-----------------------|------------------------------|
| Hjullastare | 210 m ³ /h | 12 l/h |
| Separatlastare | 635 m ³ /h | 35 l/h |
| Totalförbrukning för hanteringen på Vislanda: | | 0,11 l/m³s |

Tågtransporten 450 km. 0,003 kg CO₂/nettotonkm ger ett utsläpp på 0,42 kg CO₂.

Lossningen i Nykvarn. Effektivitet 580 m³/h. Förbrukning 16 l/h. Ger en förbrukning på 0,03 l/m³s.

Tabell 9.
Dieselförbrukning och utsläpp av CO₂ för ruttsystemet med de olika bilarna.

| | Förbrukning, l/m ³ s | Utsläpp, kg CO ₂ /m ³ s |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| Stackning och lastning Broby | 0,1 | 0,25 |
| Biltransport 60 ton | 0,65 | 1,65 |
| Biltransport 74 ton | 0,56 | 1,42 |
| Biltransport 98 ton | 0,48 | 1,22 |
| Framkörning och lastning Vislanda | 0,11 | 0,28 |
| Tågtransport | | 0,42 |
| Tåglossning Nykvarn | 0,03 | 0,07 |

Tabell 10.
Total förbrukning och utsläpp för transportkedjan mellan Broby och Nykvarn.

| Totalt för systemet | 60-tonsbil | 74-tonsbil | 98-tonsbil |
|---|------------|------------|------------|
| Dieselförbrukning, l/m ³ s | 0,89 | 0,80 | 0,72 |
| Utsläpp, kg CO ₂ /m ³ s | 2,67 | 2,45 | 2,24 |

Förbrukning och utsläpp vid direkttransport mellan Broby och Igelsta

I Broby åtgår samma mängd diesel för stackning och lastning som vid ruttsystemet, 0,11 l/m³s. Förbrukningen för de olika fordonen under transporten på 486 km visas nedan i Tabell 11 tillsammans med totalförbrukningen.

Tabell 11.
Förbrukning och utsläpp för respektive fordonstyp vid direktkörning.

| Förbrukning och utsläpp | 60 ton | 74 ton | 98 ton | Lastning |
|--|---------------|---------------|---------------|----------|
| Förbrukning l/m ³ s | 3,98 | 3,45 | 2,92 | 0,1 |
| Utsläpp kg CO ₂ /m ³ s | 10,11 | 8,76 | 7,41 | 0,25 |
| Totalt för systemet | 60 ton | 74 ton | 98-ton | |
| Total dieselförbrukning, l/m ³ s | 4,08 | 3,55 | 3,02 | |
| Totalt utsläpp CO ₂ /m ³ s | 10,36 | 9,01 | 7,66 | |

Förbrukning och utsläpp Göteborg – Vegaholm

Tabell 12.
Miljötal för rutt med returkörning mellan Vegaholm och Göteborg. 155 km enkel väg.

| Miljötal avseende volym | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
|--|--------|--------|--------|
| Genomsnittlig lastvolym, m ³ s | 265 | 310 | 400 |
| Förbrukning, liter/m ³ s | 0,77 | 0,69 | 0,59 |
| Utsläpp av CO ₂ , kg/m ³ s | 1,95 | 1,76 | 1,49 |
| Miljötal avseende vikt | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
| Genomsnittlig lastvikt, ton | 73,6 | 86,8 | 112 |
| Förbrukning, liter/ton | 3,48 | 3,12 | 2,64 |
| Utsläpp av CO ₂ , kg/ton | 7,01 | 7,92 | 6,70 |
| Miljötal per 1 000 tonkm | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
| Förbrukning, l/1 000 tonkm | 11,2 | 10,1 | 8,5 |
| Utsläpp av CO ₂ , kg/1 000 tonkm | 28,5 | 25,6 | 21,6 |

Minskningen i bränsleförbrukning för de större bilarna jämfört med 60-tonsbilen är procentuellt den samma oavsett om den räknas per vikt eller volymenhet. Också CO₂-utsläppen minskar med motsvarande andel. För 74-tonsbilen utgör minskningen 10 % och för 98-tonsbilen 24 %.

För motsvarande sträcka utan möjlighet till returlast blir förbrukningen liksom utsläppen för transporten 59 % högre. Det motsvarar en minskning av förbrukningen per volymenhet med 37 % om lastkörningsgraden ökar från 50 % till 100 %.

VÄGSTANDARDEN PÅ AKTUELLA STRÄCKOR

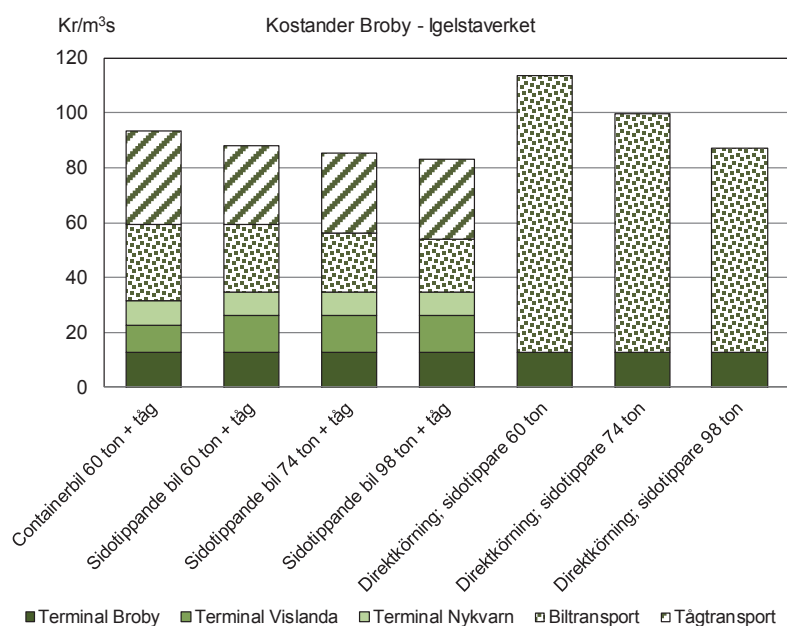
Trafikverket har gjort en översiktlig analys av de vägvsnitt som skulle användas i fall 2, både vägvsnitten kring Vislanda i Småland och sträckan Nykvarn – Igelsta. Fallet har bedömts vara extra intressant eftersom det innebär en kombination mellan transportslag.

Man har i det första skedet funnit att vägarna troligen håller tillräcklig standard för att klara 90-tonsbilar. Mer omfattande beräkningar för samtliga trafikerade broar måste dock göras av Transportstyrelsen innan klartecken kan ges för den tekniska standarden. En sådan analys pågår och beräknas vara klar i december 2011.

De analyser som gjorts har tekniskt utgått från ETT-projektets försöksfordon på 90-ton och med ett axeltryck på maximalt 8 ton (ingen ökning av axeltryck jämfört med dagens 60-tonsbilar). (Muntlig genomgång med Thomas Asp, Trafikverket).

Resultat

Kostnaderna för transporter mellan Brobyterminalen, Nykvarn och Igelstaverket.



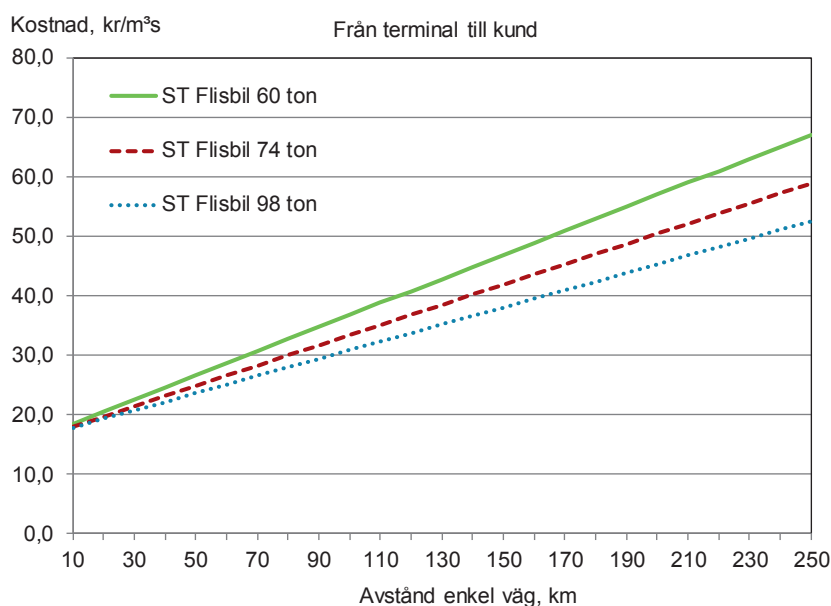
Figur 7.

Kostnader och kostnadskomponenter i samtliga transportalternativ där leverans från terminalen i Broby (Småland) till Igelstaverket (Södertälje) ingår.

Av alternativen ovan är det ruttsystemet med sidotippande bilar i kombination med järnvägstransport som visar sig mest fördelaktigt, men marginalerna är relativt små. Terminalkostnaderna står för 38–41 % av totalkostnaderna i dessa alternativ med tre terminaler. Genom att reducera antalet terminaler i systemet skulle kostnaderna kunna sänkas väsentligt. Det skulle också sänka hanteringskostnaderna avsevärt om verksamheten på terminalerna skalades upp så att maskinutnyttjandet ökade.

Systemet med omlastning av fulla containrar får en marginellt högre kostnad på grund av kapitalkostnaden för det stora antal containrar som behövs (som i Figur 7 till största delen lagts på tågtransportkostnaden), samt för att hanteringen mellan Nykvarn och Igelsta blir mer resurskrävande än med sidotippande fordon där. Osäkerheten i kalkylen för containersystemet är större än för de övriga systemen på grund av att containersystemet är så beroende av exakt planering av de ingående resurserna, ett så kallat hett system. Denna exakthet gör också systemet känsligt, vilket bör ses som dess största nackdel.

De största fordonen (98 ton) sänker kostnaden för biltransporten med 20 % i ruttsystemet (75 + 17 km) och med 26 % vid direktkörning (500 km), jämfört med ett 60-tonsfordon. Kostnadssänkningen för 74-tonsbilen är 12 % i ruttsystemet och 14 % vid direktkörning. I alternativen där järnvägstransport ingår utgör biltransporten en mindre del och effekterna på totalkostnaden blir därför inte lika tydliga som vid direktkörning.



Figur 8. Kostnader för direktkörning från terminal till kund, eller mellan terminaler. Stackning och lastningskostnaden vid avsändande terminal är inräknad.

Vid korta transportavstånd är den relativa tidsåtgången för lastning och lossning hög och lastkapaciteten därför inte direkt avgörande. Kalkylen för direktkörning (Kostnader för direktkörning, Figur 8) visar dock att redan vid transportavståndet 5 mil skiljer det 3 kr/fraktad kubikmeter mellan den största 98-tonsbilen och 60-tonsbilen.

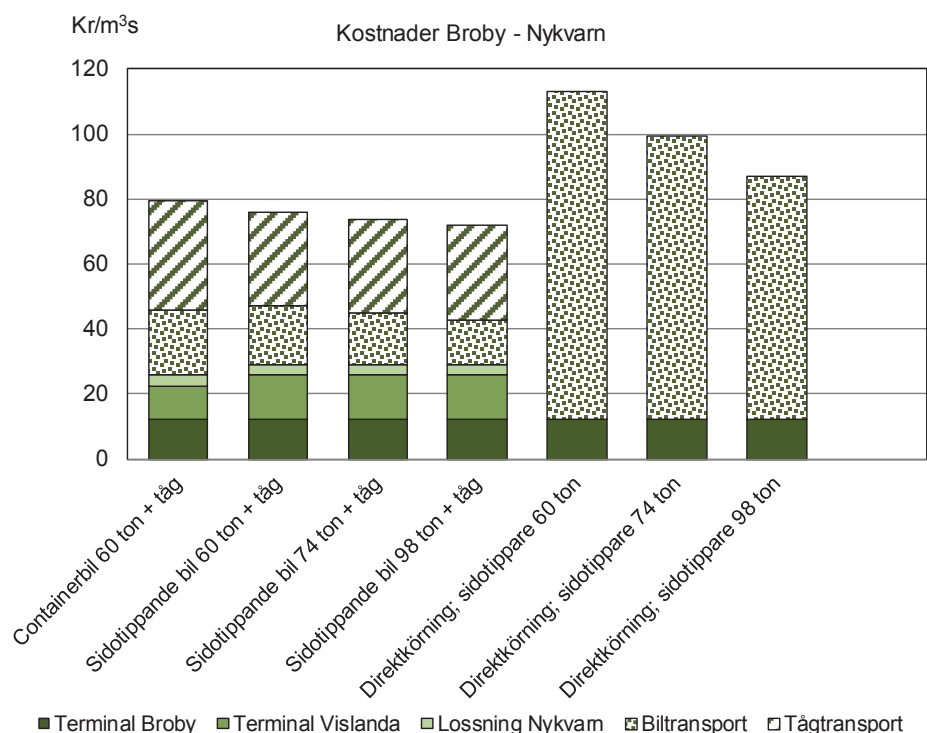
Tabell 13.
Tabellen visar besparing i procent att köra med de större fordonen, jämfört med 60-tonsbilen på medellånga distanser.

| | 98 ton, % | 74 ton, % |
|-----|-----------|-----------|
| 50 | 10,4 | 6,4 |
| 100 | 14,8 | 8,5 |
| 150 | 17,6 | 10,0 |
| 200 | 19,4 | 11,0 |

Man gör en procentuell kostnadsbesparing i att köra med 98 respektive 74 ton i stället för 60 på olika avstånd.

En ökad effektivitet i transporter med stora bilar på korta sträckor, t.ex. mellan Nykvarn och Igelstaverket, är möjlig genom att ha två släp knutna till en bil så att det ena släpet lastas medan bilen är ute och kör. Stilleståndstiden på terminalen bör då kunna minska och produktiviteten för bilen öka.

Att jämföra staplarna för biltransporter till Igelstaverket med staplarna för ruttsystemet till Igelstaverket kan tyckas rättvist, men terminalen i Nykvarn är inte enbart en omlastningsplats utan där finns möjligheter till lagring, inmätning och provtagning. Dessa möjligheter har ett värde för Södertälje energi och terminalen kan också ses som en utlokalisering av den bränsleyta som normalt ligger in till liknande biobränsleanläggningar. Det är därför lika rimligt att också göra jämförelsen mellan direkttransporterna med bil till Igelsta och leverans till Nykvarn-terminalen med tåg, se Figur 9 nedan. Skillnaden mellan direkttransport med bil och ruttsystemen som inkluderar tågtransport blir då tydligare.



Figur 9.
Totalkostnad för de olika transportalternativen från Broby till Nykvarn. Direkttransporterna har fortfarande beräknats till Igelstaverket men skillnaden på 17 km har mycket marginell inverkan på totalkostnaden.

Terminalkostnaden i Nykvarn utgörs i Figur 9 endast av lossningen. I alternativ a, där lastbilscontainrar körs på järnväg antas här att de kan lossas lika effektivt med rundvridning som de större Innofreight-containrarna (endast marginellt dyrare per kubikmeter på grund av minskad containervolym). Merkostnaden för alternativen med direktkörning jämfört med ruttsystemen visas i tabell 14.

Tabell 14.

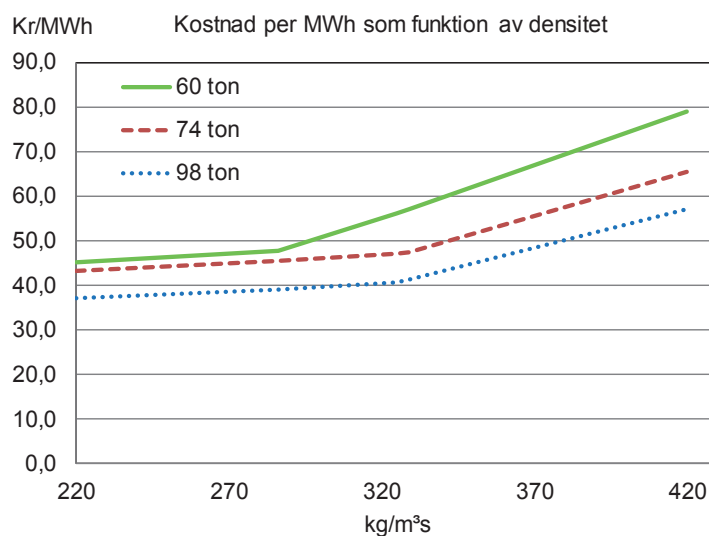
Merkostnaden för alternativen med direktkörning jämfört med ruttsystemen vid olika lastbilsstorlekar.

| Flisbil som används i båda systemen | 60 ton | 74 ton | 98 ton |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Kostnadsökning vid direktransport | 45 % | 32 % | 18 % |

Figur 7 och Figur 9, kostnader mellan Broby – Nykvarn och Broby – Igelstaverket, ger inte generella tal för brytpunkten mellan bil och järnvägstransport utan visar relationerna mellan transportalternativen under just dessa förutsättningar. För uttransport från en järnvägsterminal är det önskvärt att i första hand köra in materialet direkt från avlägget i skogen. Först när transportavstånden från avlägg till avsändande järnvägsterminal når en brytningsgräns och det inte går att tillhandahålla material från närområdet kan det bli aktuellt med ytterligare en terminal, som i exemplet med Broby.

Alla kalkyler för transporter till Nykvarn/Igelsta förutsätter tomtransport tillbaka till Småland (486 km med bil). En så lång biltransport är knappast realistisk utan returlast. Möjligheterna till retur på någon del av sträckan är större vid biltransport än med järnvägstransport på grund av den högre flexibiliteten.

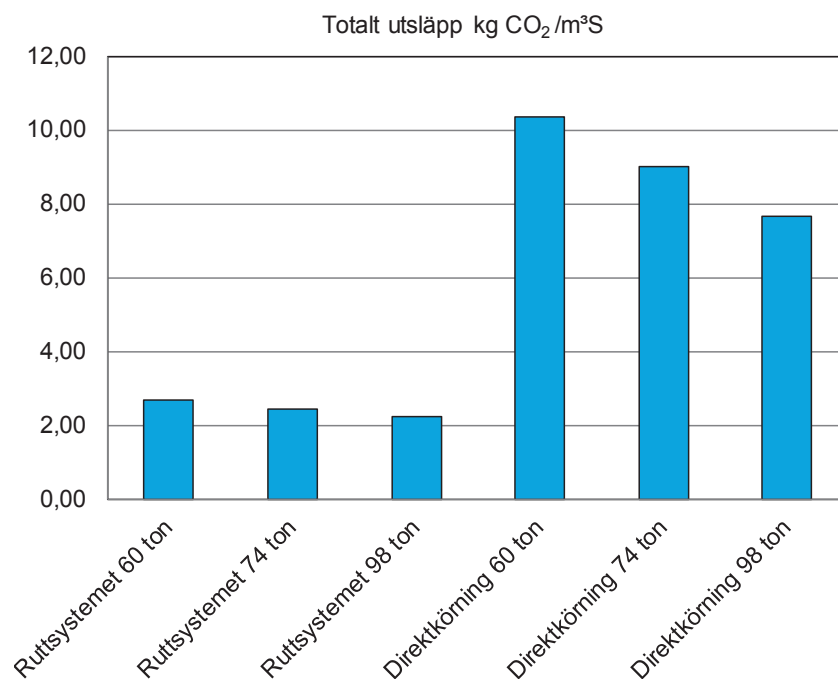
I beräkningen av transportkostnaden för 74-tons- och 98-tons bilen ligger en naturlig osäkerhet kring kapaciteter, bränsleförbrukning och investeringskostnad då dessa är teoretiska och bygger på antaganden utifrån bästa tillgängliga kunskap. En stor påverkande faktor är också materialets densitet som alltid kommer att variera från lass till lass. Väl lagrad skogsflis har en densitet på ca 270 kg/m³s men det är inte ovanligt med densiteter ända upp emot 400 kg/m³s. Mellan industrier är det också vanligt att transportera bark som generellt har högre densitet än skogsflisen. I Figur 10 nedan visas transportkostnaden för 98-tons bilen vid transportavståndet 20 mil som funktion av materialets densitet. Resultatet visas i kr/MWh för skogsflis.



Figur 10. Densitetens påverkan på kostnaden hos respektive fordon.

Så länge volymen kan fyllas utan att överskrida viktbegränsningen ökar kostnaden långsamt på grund av att värmevärdet i materialet minskar när densiteten (tätt kopplad till fukthalten) ökar. Varje kurva har sedan ett ”knä” där densiteten blir så hög att vikten blir begränsande och full lastvolym inte kan nås. Att transportera fuktigt material blir alltid dyrare per MWh, men de olika fordonen har olika brytningspunkter och vid dimensionering av fordonen är både vikt och volym viktiga parametrar.

Förbrukning och utsläpp



Figur 11. Utsläpp per m³s från de olika transportalternativen mellan Brobyterminalen och Nykvarn (Igelsta vid direktkörning).

Alternativen med direktkörning släpper ut nästan 4 gånger så mycket koldioxid som alternativen med ruttkörning i kombination med järnvägstransport. I kombinationssystemet kommer endast ca 17 % av koldioxidutsläppen från järnvägstransporten. Huvuddelen utgörs av biltransporten i ruttsystemet (54–62 % beroende på fordonstyp) och hantering (ca 25 %). För att alternativen ska bli likvärdiga med avseende på koldioxidutsläpp, måste transportavståndet i ruttsystemet och direkttransporten vara i princip lika, och järnvägstransport blir då överflödigt.

Returkörning med lastbil visade sig i fallet Göteborg-Vegaholm, kunna sänka utsläppen med 35–39 % om lastkörningsgraden höjs från 50–100 %. Om motsvarande siffra antas gälla sträckan Broby-Igelsta, är det en radikal förbättring, men är dock ur miljöperspektiv fortfarande sämre än järnvägstransport.

Generellt beräknas 98-tonsbilen förbruka 19 % mindre bränsle per transporterad volym jämfört med 60-tonsbilen. Motsvarande siffra för 74-tonsbilen är 10 %. Dessa siffror är inte beroende av transportavståndet då bilarna kan slås av under den tid de blir lastade.

Diskussion och slutsatser

FLÖDEN

De tre flödessystem som analyserats samt de två som enbart beskrivits, är samtliga exempel på möjliga rutter för ett testfordon med ökad volym och lastvikt. De är inte de enda i Sverige utan ett litet urval av lämpliga rutter.

- Broby-Nykvarn
- Göteborg-Vegaholm
- Växjö-Hyltebruk-Stockaryd
- Köping-Örebro
- Sveg-Kvarnsveden

Trots att fördelarna med större fordon ökar i proportion till transportavståndet på väg, så finns en stor potential (kostnadsbesparing på 20 % för biltransporten), i fallet Broby-Nykvarn där stora bilar i ett ruttsystem kombineras med en längre tågtransport. För ett effektivt inflöde till en järnvägsterminal krävs ibland relativt långa intransporter då råvaran i närområdet inte räcker till. Den översiktliga analys som gjorts av vägstandarden på sträckan har också visat positivt resultat och fallet är därför att förorda för ett praktiskt test.

Enbart vägtransport med större lastbilar kan ge en mycket god transportekonomi på längre avstånd om de också får returlast. Även miljömässigt är sådana upplägg mycket fördelaktiga, om än inte lika fördelaktiga som järnvägen på långa sträckor. Det är dock viktigt att ha i minnet att järnväg inte är ett aktuellt alternativ på alla platser i landet, och där den finns kräver den god planering, bl.a. för att få tid på spåret. Den ökade flexibiliteten med lastbilstransport har därför också ett värde.

Fordon och system

Skillnaden mellan systemen sidotippande flisbilar med omlastning, och containrar som följer med både bil och tåg har teoretiskt analyserats. Kostnadsmissigt går det inte utifrån denna analys att säkerställa att sidotippande skulle vara bättre än containersystemet då båda kalkylerna innehåller en viss osäkerhet, men då kostnaderna ändå kan anses ligga på en likvärdig nivå blir slutsatsen att systemet med sidotippande fordon bör föredras på grund av sin enkelhet och den ökade robusthet det ger. Som testfordon föreslås därför den beskrivna 98-tonsbilen. Genom andra lösningar och sammansättning av moduler kan också bilar konstrueras med andra vikt och volymgränser än de som presenterats i denna rapport. Till exempel kan det vara önskvärt att hålla sig inom de vikt och volymgränser som redan testats inom ETI-projektet, 90-ton respektive 30 m. En sådan konceptbil kan antas hamna strax under 98-tonsbilen beträffande ekonomisk och miljömässig potential.

Även 74-tonsbilen har stor potential då den håller sig inom gränsen 25,25 meter, vilket är den gräns som trafikverket i dag kan ge generella dispenser för. Troligen skulle en sådan bil kunna gå direkt från många avlägg och inte vara beroende av att lastas på terminal med den ökade kostnaden det innebär.

Lastkapaciteten hos 74-tonsbilens förhåller sig så, att hela volymen kan fyllas upp utan att slå i vikttaket så länge materialets densitet är lägre än 329 kg/m^3 . Denna gräns ligger betydligt högre än hos en konventionell 60-tonsbil (jämviktsgräns 286 kg/m^3) och även högre än 98-tonsbilen (jämviktsgräns 325 kg/m^3), vilket innebär att 74-tonsbilen har sin största förtjänst när den transporterar tyngre material.

Ekonomisk och miljömässig potential

Miljöanalysen i studien utgår från teoretiska uppskattningar av bränsleförbrukning för respektive fordon. För att säkerställa nivån på förbrukningen krävs praktiska försök med noggrann uppföljning likt den inom ETT-projektet. Med utgångspunkt från studiens antagande visar analysen att skillnaden i minskad bränsleförbrukning mellan 60-tonsbilen och 98-tonsbilen vid direktkörning 155 km (fallet Göteborg-Vegaholm) är ca 24 %, vilket torde vara en god uppskattning av potentialen. Då bilarna inte förbrukar bränsle under själva lastningen är skillnaden i förbrukning mellan de olika fordonen tämligen oberoende av körsträckan. Vi kan alltså räkna med en liknande miljömässig potential även på längre och kortare avstånd. Ekonomin hos fordonen är däremot beroende av körsträckan då bilarna har en kostnad även under lastning och lossning. Vid kortare skyttelkörning bör man därför undersöka möjligheten att ha ett extra släp som ställs av på terminalen för lastning medan bilen transporterar och tömmer det första släpet.

Vidare studier

Studien har haft ett uttalat syftet att ge underlag till ett praktiskt försök där längre och tyngre flisfordon ingår i en transportkedja för skogsbränsle. Ett sådant försök är nödvändigt för att fullt ut kunna utvärdera vilken miljömässig och ekonomisk potential som ligger i denna typ av transporter. De kalkyler som upprättats i denna studie bygger på bästa möjliga uppskattningar av bilarnas kapacitet, kostnader och förbrukning. I ett praktiskt försök skulle samma typ av kalkyler kunna användas, men med aktuell data från försöket. En viktig del i ett försök är också att alla praktiska hinder, även oväntade problem, synliggörs och hanteras. Genom förstudien finns nu en användbar verktygslåda för ett demonstrationsprojekt.

Möjligheten till större fordon för inmatning till järnvägsterminal kan innebära att platserna för sönderdelning flyttas kortare avstånd från avlägget till mindre skogsterminaler. Detta ger en effektivare sönderdelning och vidaretransport men också en extra tilltransport. En målsättning med projektet var från början att kunna inkludera en flödesanalys med hjälp av Skogforsks optimeringsverktyg för att närmare utreda hur en effektivisering av biltransporterna påverkar försörjningskedjan som helhet. Då en sådan analys inte kunnat rymmas inom projektet kvarstår frågan som ett intressant område för vidare studier.

Frågan om enhetslastbärare eller omlastning vid järnvägstransport av flis belysts i denna studie, men endast utifrån ett specifikt fall med specifika förutsättningar. Här finns ett stort utrymme för ytterligare studier av möjligheterna med enhetslastbärare, särskilt studier med tekniskt fokus och nytänkande kring nya och befintliga system.

Utförligare studier kring bränsleförbrukning vid terminalarbete, så som lastning och lossning av flis, krävs för att ge bra underbyggda indata till den typ av analyser som gjorts kring miljöpåverkan. Även kostnadsbilden påverkas i viss utsträckning av bränsleförbrukningen vid lastning och lossning. Noggrant utförda studier av hur förbrukningen påverkas av olika faktorer skulle även kunna användas för att driva utvecklingen mot lägre bränsleförbrukning och högre resurseffektivitet.

Referenser

- Brunberg, T. 2010. Skogsbränsle: metoder, sortiment och kostnader 2009. Resultat nr 5, 2010. Skogforsk.
- Brunberg, T., Enström, J. & Löfroth, C. 2009. Ett genomsnittligt virkesfordon drar 5,8 l/mil enligt stor enkät. Resultat nr. 5, 2009. Skogforsk.
- Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. Arbetsrapport 678. Skogforsk.
<http://spi.se/faktadatabas/artiklar/berakningsmodeller>.
- Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – Modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. Arbetsrapport 723. Skogforsk.
- Ringman, M. 1995. Trädbränslesortiment – Definitioner och egenskaper. Fakta Skog nr 5. 1995. SLU.
- SPI, Svenska Petroleuminstitutet, 2011. Faktabas för bränsle.
- SÅ Calc 2010. Sveriges Åkeriföretag.
- Wood Energy Calculations. 2010. woodenergy.sites.djangoeurope.com/conversion/
Besökt: 1/9 2010.

Kostnader

KOSTNADER VID RUTTKÖRNING MED CONTAINERBILAR

Tabell 1.

| Biltransporten i ruttsystemet | kr/m ³ s |
|---|---------------------|
| Broby – Ramkvilla via Vislanda, inkl. lastning och omlastning | 21,5 |
| Ramkvilla – Broby via Mörrum, inkl. lastning och avlastning | 31,1 |

Tabell 2.

| Terminalkostnader | kr/m ³ s | Anmärkning |
|------------------------------------|---------------------|---|
| Anläggningskostnad Broby | 3,5 | Lageromsättning 4 ggr/år |
| Anläggningskostnad Vislanda | 2,7 | Lageromsättning 10 ggr/år |
| Anläggningskostnad Nykvarn | 1,8 | Lageromsättning 30 ggr/år |
| Stackning och Lastning Broby | 8,9 | Utnyttjande 800 h/år; Effektivitet 210 m ³ /h vid lastning, 260 m ³ /h vid stackning. |
| Lastning med gaffeltruck, Vislanda | 7,2 | Utnyttjande: 217 h/år; Effektivitet: 460 m ³ /h. |
| Lossning och omlastning, Nykvarn | 7,2 | Utnyttjande: 217 h/år; Effektivitet: 460 m ³ /h. |
| Summa terminalkostnader | 26,8 | |

Terminalkostnader i Ramkvilla och Mörrum har lagts utanför systemet då de inte påverkas av de olika transportalternativen.

TÅGTRANSPORT VISLANDA – NYKVARN

Tabell 3.

| Tågtransport Vislanda – Nykvarn | |
|--|---------------------|
| Förutsatt ett effektivt tågflöde med 4 leveranser per vecka, 25 veckor per år. | kr/m ³ s |
| Totalt 75 containrar. Containerkostnaden exkluderad. | 28,5 |

| Kostnad biltransport Nykvarn – Igelsta | kr/m ³ s |
|--|---------------------|
| Runda 1 (trucklastning) | 7,6 |
| Runda 2 (självlastning) | 8,3 |
| Viktat genomsnitt | 7,9 |

KAPITALKOSTNADER CONTAINRAR

Antalet containrar i systemet måste vara tillräckligt för att skapa en viss flexibilitet och robusthet i systemet. Fördelningen av samtliga containrar visas i tabell 4 nedan.

Tabell 4.

| Behov av containrar | Antal |
|---------------------|------------|
| På tåget | 75 |
| I Vislanda | 75 |
| Extra i Vislanda | 15 |
| Extra på Broby | 9 |
| Extra på Nykvarn | 30 |
| Totalt | 204 |

Kapitalkostnaden för 40 m³ containers med gaffeltunnlar, rullar och öppning bak anges i tabell 5. Investeringskostnaden är då satt till 55 000 kr per container och en avskrivningstid på 7 år har antagits. Underhållskostnaden har antagits vara 2000 kr per container och år.

Tabell 5.

| Kapitalkostnader | | |
|---|--------|---------------------|
| Kapitalkostnad inkl. underhåll per container och år | 10 680 | kr |
| Kapitalkostnad inkl. underhåll per transporterad m ³ s | 6,2 | kr/m ³ s |

TOTALKOSTNADSKALKYL FÖR RUTTSYSTEMET MED CONTAINERBILAR

Tabell 6.

| Kostnader | kr/m³s |
|---------------------------------|--------------------------|
| Biltransporten i ruttsystemet | 21,1 |
| Summa terminalkostnader | 26,8 |
| Tågtransport Vislanda – Nykvarn | 28,5 |
| Biltransport Nykvarn – Igelsta | 7,9 |
| Kapitalkostnad containrar | 6,2 |
| Summa totalt | 90,9 |

KOSTNADER VID RUTTKÖRNING MED FLISBILAR

Tabell 7.

| Terminalkostnader | kr/m³s | prestationer och utnyttjande |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| Anläggningskostnad Broby | 3,5 | Lageromsättning 4 ggr/år |
| Anläggningskostnad Vislanda | 2,7 | Lageromsättning 10 ggr/år |
| Anläggningskostnad Nykvarn | 1,8 | Lageromsättning 30 ggr/år |
| Stackning och Lastning Broby | 8,9 | Utnyttjande 800 h/år; Effektivitet 210 m ³ /h vid lastning, 260 m ³ /h vid stackning. |
| Framkörning och lastning, Vislanda | 10,9 | Framkörning 210 m ³ /h, lastning med separatlastare 635m ³ /h, 340h/år exkl. flyttar. |
| Lossning med truck, Nykvarn | 3,0 | Utnyttjande 715 h/år; Effektivitet: 580 m ³ /h. |
| Lastning med hjullastare, Nykvarn | 3,6 | Utnyttjande 1200 h/år; Effektivitet 210 m ³ /h |
| Summa terminalkostnader | 34,4 | |

Tabell 8.

| Tågkostnad | kr/m³s | | |
|--|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Endast tågtransporten | 28,9 | | |
| Transportkostnad lastbil | kr/m ³ s | kr/m ³ s | kr/m ³ s |
| | 60-ton | 74-ton | 98-ton |
| Broby - Vislanda – Ramkvilla | 20,3 | 17,6 | 15,7 |
| Ramkvilla - Mörrum – Broby | 29,4 | 24,5 | 21,9 |
| Nykvarn - Igelsta | 6,5 | 5,9 | 5,6 |
| Hela biltransporten Broby – Igelsta | 26,8 | 23,5 | 21,3 |

Tabell 9.

| Totalkostnad, flisbil och tåg | 60-ton | 74-ton | 98-ton |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Hela kostnaden Broby – Igelsta, kr/m ³ s | 90,1 | 86,8 | 84,6 |
| Hela kostnaden Broby – Nykvarn, kr/m ³ s | 80 | 77,3 | 75,4 |
| Kostnader vid direktkörning Broby – Igelsta | | | |

Tabell 10.

| Totalkostnad vid direktkörning Broby-Igelsta | kr/m³s | kr/m³s | kr/m³s |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Fordon | 60-ton | 74-ton | 98-ton |
| Direkttransport Broby – Igelstaverket | 100,9 | 87 | 74,6 |
| Lastning, stackning | 8,9 | 8,9 | 8,9 |
| Anläggningskostnad Broby | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Totalt | 113,3 | 99,4 | 87 |

KOSTNADER FALL 3. RETURKÖRNING GÖTEBORG – HYLTEBRUK

En sammanställning av kostnader för transport mellan Göteborg och Hyltebruk i Vegaholm, med och utan returlast, visas i tabell 11 nedan.

Tabell 11.

| Kostnader | kr/m³s 60-ton | kr/m³s 74-ton | kr/m³s 98-ton |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Transport av skogsflis och tomkörning tillbaka | 34,3 | 29,4 | 25,6 |
| Transport av returträ och tomkörning tillbaka | 30,6 | 29,4 | 25,6 |
| Genomsnittskostnad för transporterna utan returkörning | 32,5 | 29,4 | 25,6 |
| Transport Göteborg – Vegaholm med returträ, enkel transport | 19,7 | 17,9 | 16,6 |
| Transport Vegaholm – Göteborg med skogsflis, enkel transport | 22,1 | 17,9 | 16,6 |
| Genomsnittskostnad för rutt med returträ och skogsflis | 20,9 | 17,9 | 16,6 |

Kostnadsbesparingen vid en ökning från 50 till 100 % lastkörningsgrad motsvarar mellan 35–39 %.

KOSTNADER FALL 2. RUTTKÖRNING VÄXJÖ – HYLTEBRUK – STOCKARYD

Tabell 12.

Kostnader för transporter i ruttsystemet jämfört med kostnader för att köra varje sträcka separat med tom bil tillbaka.

| Kostnader | kr/m ³ s | kr/m ³ s | kr/m ³ s |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 60-ton | 74-ton | 98-ton |
| Enkel väg Växjö-Vegaholm, returträflis | 16,8 | 15,3 | 14,3 |
| Enkel väg Vegaholm- Stockaryd, bark | 18,1 | 14,4 | 13,6 |
| Enkel väg Stockaryd-Växjö, bränsleflis | 10,7 | 8,9 | 8,5 |
| Genomsnittlig per transporterad m³s | 15,2 | 12,9 | 12,1 |
| Dubbel väg Växjö-Vegaholm, returträflis | 31,5 | 25,1 | 23,4 |
| Dubbel väg Vegaholm-Stockaryd, bark | 29,9 | 23,3 | 22 |
| Dubbel väg Stockaryd-Växjö, bränsleflis | 17 | 13,8 | 13 |
| Genomsnittlig per transporterad m³s | 26,1 | 20,7 | 19,5 |
| Besparing för ruttsystem jämfört med enkel transport med 50 % tomkörning | 42 % | 38 % | 38 % |

KOSTNADER DIREKTKÖRNING GENERELLT

I kalkylen nedan används värdet 320 kg/m³s som densitet för GROT-flis (Ringman, 1995).

Tabell 13.

| Kostnader som ingår i kalkylen utöver transporten | kr/m ³ s |
|---|---------------------|
| Terminalkostnad för en medium terminal | 5 |
| Stackning vid terminal | 4 |
| Lastning av fordon vid terminal | 5 |
| Summa | 14 |

Tabell 14.

| Transportkostnad, kr/m ³ s från terminal till kund | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Avstånd, km | Flisbil 60ton | Flisbil 74ton | Flisbil 98ton |
| 10 | 4,6 | 4,0 | 3,9 |
| 50 | 12,7 | 10,8 | 9,6 |
| 100 | 22,8 | 19,4 | 16,9 |
| 150 | 32,9 | 27,9 | 24,1 |
| 200 | 43,0 | 36,4 | 31,3 |
| 250 | 53,1 | 44,9 | 38,5 |

Tabell 15.

| Transportkostnad, kr/m ³ s inklusive kostnader vid sändande terminal | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Avstånd, km | Flisbil 60ton | Flisbil 74ton | Flisbil 98ton |
| 10 | 18,6 | 18,0 | 17,9 |
| 50 | 26,7 | 24,8 | 23,6 |
| 100 | 36,8 | 33,4 | 30,9 |
| 150 | 46,9 | 41,9 | 38,1 |
| 200 | 57,0 | 50,4 | 45,3 |
| 250 | 67,1 | 58,9 | 52,5 |

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2010

| 2010 | |
|--------|---|
| Nr 700 | Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlad skogsodlingsmaterial. 56 s. |
| Nr 701 | Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av mätthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s. |
| NR 702 | Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlingseffekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s. |
| Nr 703 | von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s. |
| Nr 704 | Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s. |
| Nr 705 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förrojnings påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s. |
| Nr 706 | Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s. |
| Nr 707 | Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s. |
| Nr 708 | Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. 28 s. |
| Nr 709 | Iwarsson Wide, M., Belbo, H. 2010. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E och Log Max 4000, Mellanskog, Simeå 28 s. |
| Nr 710 | Englund, M., Löfroth, C. & Jönsson, P. 2010. Inblandning av rött ljus i LED-lampor – Laboratoriestudier av hur människor uppfattar tre olika ljusblandningar. 7 s. |
| Nr 711 | Mullin, T.J., Hallander, J., Rosvall, O. & Andersson, B. 2010. Using simulation to optimise tree breeding programmes in Europe: an introduction to POPSIM™. 28 s. |
| Nr 712 | Jönsson, P. 2010. Hydrauliskt dämpad hytt – ett lyft för arbetsmiljön? 14 s. |
| Nr 713 | Eriksson, B. & Sonesson, J. 2010. Tredje generationen skogsbruksplaner – Slutrapport DElproj 4 – Arbetsgång vid planläggning. 23 s. |
| Nr 714 | Sonesson, J. 2010. Nya arbetssätt i skogsbruksplanläggning. 20 s. |
| Nr 715 | Eliasson, L. 2010. Huggbilar med lastväxlarsystem. 13 s. |
| Nr 716 | Eliasson, L. & Granlund P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross – En studie av CBI 8400 hos Skellefteå Kraft. 6 s. |
| Nr 717 | Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska försök. 46 s. |
| N 718 | Palmquist, C. & Sandberg, J. & Vibrationskomfort och ergonomi på förarstolar i skotare. 100 s. |
| Nr 719 | Thor, M. 2010. Avverkning och hantering av virke och avverkningsrester vid angrepp av tallvedsnematoder i svensk skog. 42 s. |
| Nr 720 | Fogdestam, N. 2010. Studier av Biotassu Griptilt S35 i gallring. 11 s. |
| Nr 721 | Brunberg, T. 2010. Bränsleförbrukningen i skogsbruket. 12 s. |
| Nr 722 | Brunberg, T. 2010. Rätt begrepp. 25 s. |
| Nr 723 | Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. 130 s. |
| Nr 724 | Rytter, L. & Lundmark, T. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens projekt 30658. Trädslagsförsök med inriktning på massaproduktion. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 24 s. |
| Nr 725 | Rytter, R.M. & Högbom, L. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens Projekt 30659. Markkemi och fastläggning av C och N i produktionsinriktade bestånd med snabbväxande trädslag – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species. 64 s. |
| Nr 726 | Brunberg, T., Eliasson, L. & Lundström, H. 2010. Skotning av färsk och |

| | |
|-------------|--|
| | hyggestorkad grot. 15 s. |
| Nr 727 | Enström, J. 2010. Inlandsbanans potential i Sveriges skogsbränsleförsörjning. 34 s. |
| Nr 728 | Häggström, C. & Thor, M. 2010. Human factors in forest harvester operation. 25 s. |
| Nr 729 | Westlund, K. 2010. WP-5100 Alternative logistics concepts fitting different wood supply situations and markets. 50 s. |
| Nr 730 | von Hofsten, H. Jämförelse mellan CeDe stubbrytare och Pallari 140. 9 s. |
| Nr 731 | Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk 18 s. |
| Nr 732 | Jönsson, P. 2010. Stolar och armstöd – Ergonomisk granskning enligt European ergonomic and safety guidelines for forest machines. 37 s. |
| 2011 | |
| Nr 733 | Rytter, L., Johansson, T., Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s. |
| Nr 734 | Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s. |
| Nr 735 | Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s. |
| Nr 736 | Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårddjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s. |
| Nr 737 | Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. |
| Nr 738 | Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. S. |
| Nr 739 | Enström, J. & Röhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s. |
| Nr 740 | Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 45 s. |
| Nr 741 | Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s. |
| Nr 742 | Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J., Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s. |
| Nr 743 | Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s. |
| Nr 744 | Cheng, C. 2011. Forwarder. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort of a 93 s. |
| Nr 745 | Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s. |
| Nr 746 | Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s. |
| Nr 747 | Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämnig och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. 34 s. |
| Nr 748 | Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s. |
| Nr 749 | Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s. |
| Nr 750 | Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s. |