



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 859–2015

Fokusveckor 2014

**Bränsleuppföljning för tre fordon inom
ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2**

Focus Weeks 2014

Monitoring fuel consumption of three rigs in the
ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2

Victor Asmoarp & Rikard Jonsson

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 859–2015

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Fokusveckor 2014.
Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2.

Focus Weeks 2014.
Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2.

Bildtext:

Vänstra: Den nya ETT-bilen på Munksunds sågverk.
Högra: ST-RME på Själanders åkeri.

Ämnesord:

Bränsleförbrukning,
Virkestransporter, Tunga fordon,
Större Travar, En Trave Till.
Fuel consumption,
Roundwood transports,
Heavy vehicles,
Bigger Stacks, One More Stack.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Victor Asmoarp, jägmästare och forskare i Planeringsprogrammet på Skogforsk. Arbetar med transport och logistikutveckling för en effektivare virkesförsörjningskedja.



Rikard Jonsson, jägmästare och forskare i Teknik och Virkesprogrammet på Skogforsk. Arbetar med teknik- och metodutveckling i drivningsarbete, men även liknande frågor för råvarutransporter på väg.

Abstract

"Focus Weeks 2014" is a subproject within the Skogforsk project ETT (En Trave Till, One More Stack). The objective of the ETT project is to reduce fuel consumption and environmental impact when transporting roundwood and wood chips.

The aim of this study was to compare the fuel consumption of High Capacity Transport vehicles with gross vehicle weights of 90 tons and 74 tons respectively, with conventional roundwood vehicles with a gross vehicle weight of 60 tons. The study was carried out in a specific time period called a Focus Week. The ABba-method was used, i.e. the vehicle drive loaded one way and unloaded the other, and fuel consumption was recorded in the systems Volvo Dynafleet and Scania Fleet Management respectively.

The study confirms results from earlier studies, i.e. that High Capacity Transport vehicles reduce fuel consumption and emissions from roundwood transports. During this specific time period, the results showed 15% lower fuel consumption for the ETT-vehicle with a 90-ton gross vehicle weight in comparison with a conventional timber vehicle. The ST-vehicle (Större Travar, Bigger Stacks), with a gross vehicle weight of 74 tons, did not show less fuel consumption than a conventional timber vehicle, because of a low payload. Fuel consumption of the ST-vehicle was 7% higher when RME (methyl esters from rapeseed oil) was used instead of ordinary diesel.

Förord

Denna studie har finansierats med bidrag ifrån Energimyndigheten och ETT-projektet. Vi vill tacka R & C Johanssons åkeri och Själanders åkeri som har ställt upp med fordon och chaufförer i studien. Vi vill även tacka Volvo och Scania för rådgivning och support med datainsamling.

Uppsala 2015-05-19

Victor Asmoarp och Rikard Jonsson

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning.....	3
Introduktion	3
Syfte	4
Material och metod.....	5
ETT.....	6
ST-RME.....	8
Resultat.....	10
ETT.....	10
ST-RME	12
Konventionell jämfört med ST	14
Diesel jämfört med RME	15
Diskussion.....	16
ETT.....	16
Felkällor.....	17
ST-RME.....	17
ST jämfört med konventionellt utförande.....	17
Diesel jämfört med RME	18
Felkällor.....	18
Slutsatser	19
Referenser	19
Personlig kommunikation	19
Internet.....	19
Ordlista.....	20
Bilaga 1 Statistikanalys ETT	21
Bilaga 2 Statistikanalys ST-RME	27

Sammanfattning

Fokusveckor 2014 är ett delprojekt inom ramen för Skogforsks projekt ”En Trave Till” (ETT). ETT-projektets syfte är att sänka bränsleförbrukningen och minska miljöpåverkan i samband med transport av rundvirke och flis.

Syftet med denna studie var att under en begränsad tidsperiod, s.k. ”Fokusveckor” närmare undersöka skillnaden i bränsleförbrukning för High Capacity Transport-fordon (HCT-fordon) med en bruttovikt på 90 respektive 74 ton, jämfört med konventionella rundvirkesfordon som har en bruttovikt på 60 ton. Studien har lagts upp enligt ABba-metoden. Bränsleförbrukningen har registrerats i Volvo Dynafleet respektive Scania Fleet Management system.

Resultaten visade att under den aktuella tidsperioden och efter rådande förutsättningar, hade ETT-fordonet med bruttovikten 90 ton en bränsleförbrukning som var 15 % lägre, jämfört med ett konventionellt rundvirkesfordon. ST-fordonet med bruttovikt 74 ton, visade inte lägre bränsleförbrukning än det konventionella referensfordonet, p.g.a. låg lastvikt. ST-fordonets bränsleförbrukning var i medeltal 7 % högre vid användning av rapsmetylester (RME) jämfört med vanlig diesel.

Introduktion

Virkestransporter står för 25–30 % av kostnaden för skogsindustrier vid anskaffning av råvara (Brunberg, 2013). För att skogsindustrins produkter ska vara konkurrenskraftiga mot andra branscher, krävs effektivare och billigare transporter. Branschorganisationen Skogsindustrierna har satt upp en hållbarhetspolicy som säger att skogsindustrin ska eftersträva hållbara transportsystem med mål att ständigt förbättras (Boholm, 2010). Transportlösningar med låg bränsleförbrukning och hög miljönytta ska eftersträvas. Inom skogsindustrin samarbetar lastbilstillverkare, påbyggare och skogsföretag med att förbättra transporterna på många olika sätt t.ex. genom bättre aerodynamik, förarutbildningar och miljövänligare drivmedel. Projektet En Trave Till (ETT) syftar till att med högre bruttovikter på timmerbilar sänka bränsleförbrukningen, och därmed koldioxidutsläppen, från virkestransporter i Sverige.

Tidigare studier har påvisat en potential att minska bränsleförbrukningen med 20 % vid användning av ETT-fordon (maximalt tillåten bruttovikt 90 ton) jämfört med konventionella fordon. För Större Travar-fordon, ST, (maximalt tillåten bruttovikt 74 ton) är motsvarande potentiella minskning av bränsleförbrukningen 7–13 % (Löfroth & Svenson, 2010; 2012; Edlund m.fl. 2013; Wideninghoff, 2014). Fordonen inom ETT-projektet drar mindre bränsle per transportarbete än ett konventionellt timmerfordon, men eftersom både ETT-fordonen och ST-fordonen är tyngre än ett konventionellt timmerfordon, drar de något mer bränsle när de kör utan last. Därför är det viktigt att bränsleförbrukningen räknas per vända, d.v.s. från A till B med last samt b till a utan last. Det är även viktigt att bränsleförbrukningen beräknas för transportarbetet d.v.s. i milliliter per tonkilometer (ml/tonkm) i stället för transportsträckan, d.v.s. liter per kilometer (l/km).

Minskad bränsleförbrukning och minskad miljöbelastning är viktiga argument för att skogsindustrin ska tillåtas använda tyngre fordon. Kontrollerade bränsleuppföljningsstudier med hög kvalitet utgör därför ett viktigt underlag i argumentationen för tyngre fordon.

Sedan 2009 har Sveriges första ETT-fordon (ETT1) transporterat virke mellan Överkalix och Piteå. Fordonet började avvecklas efter fem år och successivt ersättas av ett nytt ETT-fordon (ETT2). Det nya fordonet är en Volvo och har en nyare motor och även anpassad fordonsdesign för att vara bränsleeffektivare än det första ETT-fordonet.

Hösten 2013 startade ett nytt ST-fordon hos Själanders Åkeri AB i Näsåker som transporterar rundvirke åt SCA Skog. Det nya fordonet är en Scania och drivs på Rapsmetylester (RME-diesel). RME-diesel är ett förnyelsebart drivmedel, men har nackdelen att det fungerar dåligt under $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Qstar, 2014). Fordonet kan även köras på vanlig diesel. Det finns en skillnad i energiinnehåll (energivärde) mellan RME (9,20 kWh/l) och diesel (9,77 kWh/l) (Energimyndigheten, 2014) som kan variera mellan ca 6 och 7 % beroende på kvalitet (Berg, 2014, pers. komm.).

Fordonen ETT1, ETT2 samt ST-RME ingår samtliga i ETT-projektet som syftar till att demonstrera potentialen för HCT-fordon (High Capacity Transport-fordon).

Syfte

Syftet med denna studie var att utreda skillnaden i bränsleförbrukning för HCT-fordon (maximalt tillåten bruttovikt 74/90 ton) jämfört med ett konventionellt timmerfordon (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton). Studien skulle statistiskt undersöka skillnader i bränsleförbrukning mellan HCT-fordon och konventionella timmerfordon samt kvantifiera skillnaden i bränsleförbrukning per transportarbete (ml/tonkm).

Det första målet var att kvantifiera skillnaden i bränsleförbrukning mellan det nya ETT-fordonet (ETT2, maximalt tillåten bruttovikt 90 ton) och det gamla ETT-fordonet (ETT1, maximalt tillåten bruttovikt 90 ton) samt ett konventionellt timmerfordon (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton).

Det andra målet var att kvantifiera skillnaden i bränsleförbrukning för ett ST-fordon (maximalt tillåten bruttovikt 74 ton) med ett konventionellt timmerfordon (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton), samt kvantifiera skillnaden i bränsleförbrukning mellan diesel och RME för ett ST-fordon.

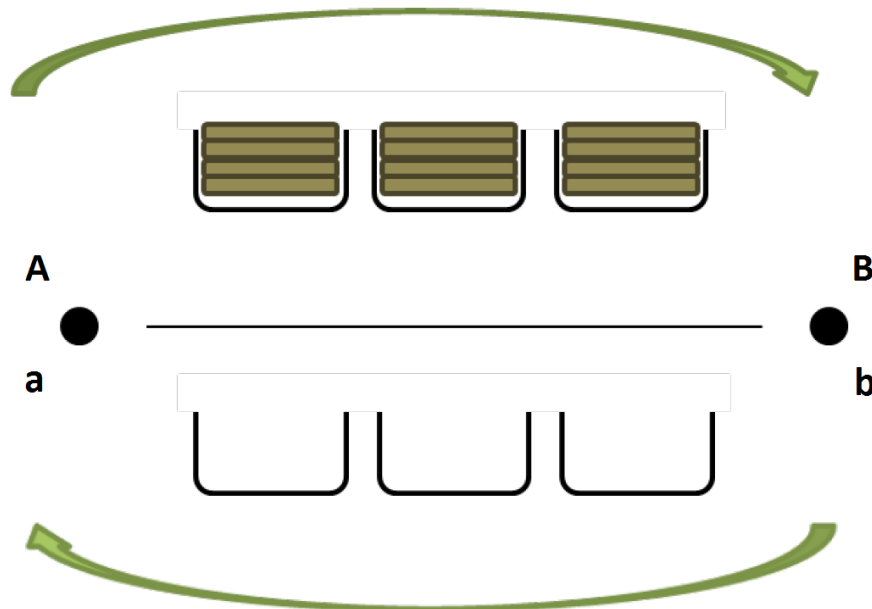
Material och metod

Demonstrationsbilar från ETT-projektet har använts som plattform och studieobjekt i denna forskningsstudie. I studien har det gjorts detaljerade observationer av bränsleförbrukning, lastvikt och körsträcka. Bränsleförbrukningen har uttryckts som förbrukad bränslevolym per transportarbete (formel 1).

$$\text{Bränsleförbrukning} \left[\frac{\text{ml}}{\text{ton} \cdot \text{km}} \right] = \frac{\text{Förbrukad diesel}[\text{ml}]}{\text{Lastvikt}[\text{ton}] \cdot \text{Sträcka}[\text{km}]}$$

Formel 1. Bränsleförbrukning, ml/tonkm.

För att få en rättvis jämförelse valdes minst två likvärdiga bilar, ett testfordon (maximalt tillåten bruttovikt 74/90 ton) och ett referensfordon (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton). Ordinarie förare har kört respektive fordon då de har erfarenhet av sitt fordon. Försöket var upplagt enligt ABba-metoden (Figur 1). Fordonen körde samma sträcka mellan punkt **A** och **B** (ABba) med last. Vid punkt **b** lossas lasten och fordonet kör tillbaka till punkt **a** (ABba) olastad. Sträckorna **AB** och **ba** har varit lika långa i studien och därmed fås lastkörningsgraden 50 %. För att hålla yttre faktorer konstanta har både testfordon och referensfordon kört sina respektive vändor med kort tidsmellanrum. Förutom de yttre faktorerna har en likvärdig medelhastighet mellan testfordon och referensfordon eftersträfvats. När både testfordon och referensfordon har kört en godkänd vända kallas dessa två vändor tillsammans för en godkänd upprepning.



Figur 1.

Vid studie med ABba-metoden kör testfordonen från punkt A till punkt B med last, och sedan från punkt b till punkt a utan last.

Under körning sparas information automatiskt från fordonens datorsystem om:

- Mätarställning.
- Bränsleförbrukning.
- Medelhastighet.
- Tidpunkt.

När fordonen lämnar avlägg eller terminal noterar föraren mätarställning och tidpunkt, när sedan fordonet anländer till mottagningsplatsen noterar föraren:

- Invägd lastvikt, ton.
- Faktisk bruttovikt.
- Mätarställning, km.
- Tidpunkt.
- Väder, det aktuella vädret, exv. ”klart” eller ”nederbörd”.
- Kommentar, notering av händelse längs vägen som kan ha inverkan på bränsleförbrukningen, exempelvis trafikolycka.

Noterad information från varje upprepning matchas sedan ihop med information från fordonsdatorn. I uppstarten av studieleden har en forskare åkt med respektive testfordon för att säkerställa datainsamlingens kvalitet. Bränsleförbrukningen från fordonsdatorn mäts via insprutningen till motorn och viss systematisk felmätning kan ske, därför har fordonsdatorns mätvärden kalibrerats mot riktiga tankningar.

Insamlade mätresultatet (Bilaga 1 och 2) har analyserats i form av hypotesprövning i en blandad modell i statistikprogrammet SAS (SAS, 2014). Hastighet, väder och lastvikt har testats som förklarande variabler och använts i de fall de funnits tillföra något till modellen.

ETT

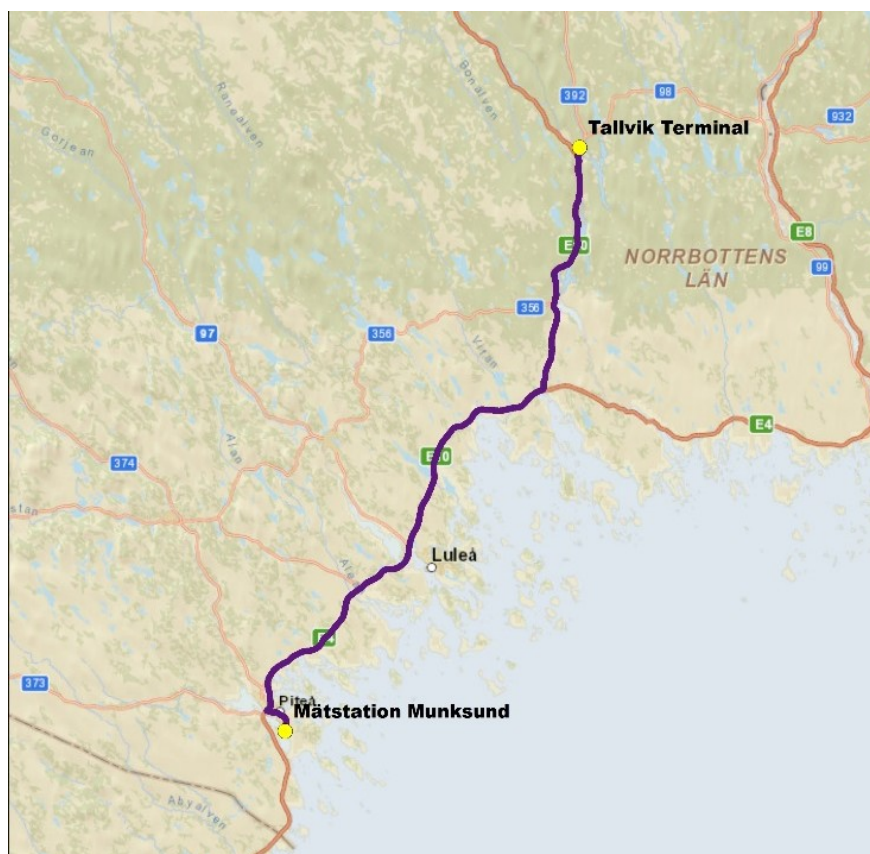
R&C Johanssons Åkeri AB i Överkalix transporterar virke med fordonen ETT1 och ETT2 (Tabell 1). På grund av rådande omständigheter var det inte möjligt att få tag på ett referensfordon att jämföra med. De båda ETT-fordonen har därför studerats både i ETT-utförande (testfordon, maximalt tillåten bruttovikt 90 ton) och i konventionellt utförande (referensfordon, maximalt tillåten bruttovikt 60 ton). I konventionellt utförande användes ett fyraxligt släp och i ETT-utförande användes dolly, link och semitrailer (Löfroth & Svenson, 2010; 2012). I konventionellt utförande hade ETT-fordonen sju axlar, precis som ett konventionellt timmerfordon. Fordonens utförande växades mellan ETT-utförande och konventionellt utförande.

Tabell 1.

Information om ETT1 och ETT2 i ETT-utförande (maximalt tillåten bruttovikt 90 ton) och i konventionellt utförande (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton). Båda ETT-fordonen körs på vanlig diesel.

FordonsID	ETT1	ETT2
Fabrikat	Volvo	Volvo
Maximalt tillåten bruttovikt	90,0 ton / 60,0 ton	90,0 ton / 60,0 ton
Årsmodell	2008	2013
Motoreffekt	650 hk	740 hk
Antal axlar	11 / 7	11 / 7
Motor	16 liter Euro 4	16 liter Euro 5
Taravikt	24,1 / 17,4 ton	23,8 / 17,6 ton

Fordonen har studerats på sträckan mellan Överkalix virkesterminal och mätstationen vid Munksunds sågverk utanför Piteå. Sträckan omfattar 160 km körning på större allmänna vägar, E10, E4 och timmerleden genom Piteå (Figur 2). Under varje upprepning har ett av fordonen kört som referensfordon, aldrig båda.



Figur 2.
Studerad sträcka mellan Överkalix och Piteå.

Längs den studerade sträckan har mätningar gjorts mellan två geofence. Ett geofence är en geografisk yta, bestående av fyra koordinater i en kvadrat. När ett fordon passerar ett geofence loggas bl.a. bränsleförbrukning, mätarställning och tidpunkt från Volvos uppföljningssystem Dynafleet. Dynafleet är kopplat genom lastbilens CAN-bus (Controller Area Network, fordonets diagnostiserings- och datainsamlingssystem). Medelhastigheten har beräknats utifrån tidskillnad och mätarställning mellan första och sista geofence under körning med och utan last.

ST-RME

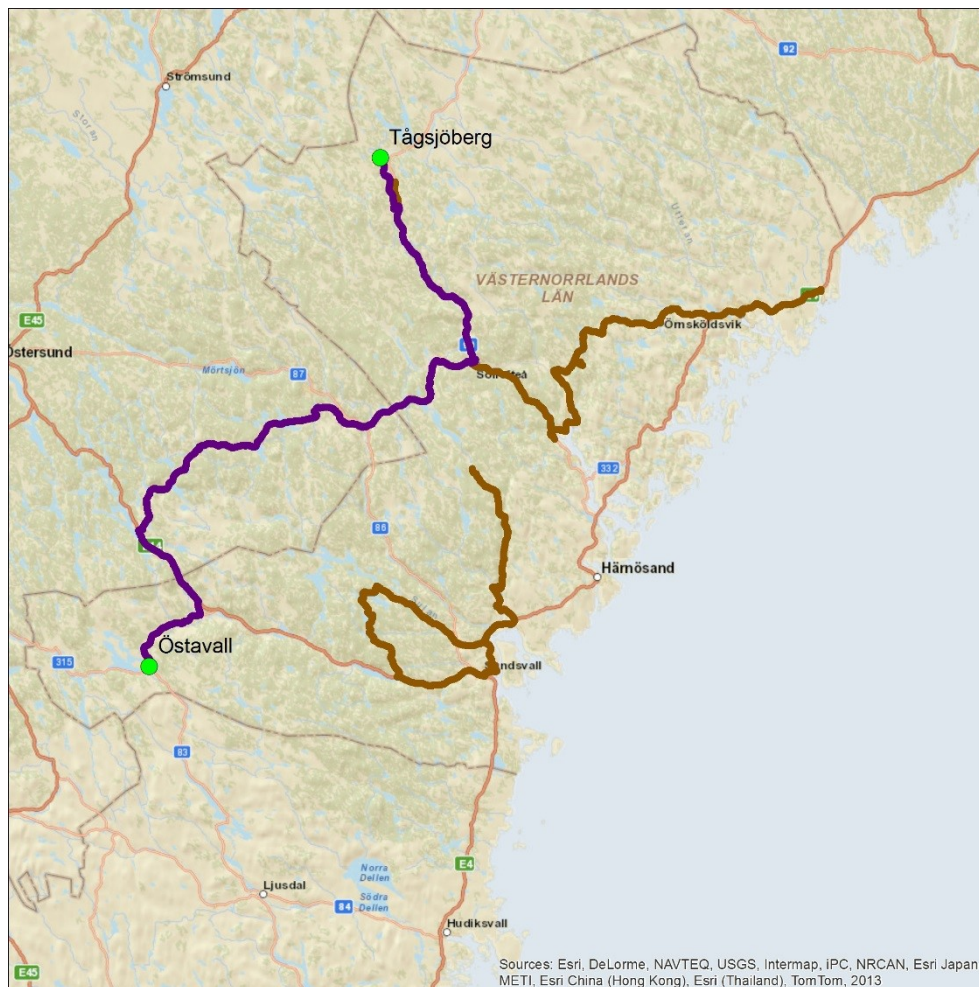
ST-fordonet är en gruppbil med maximalt tillåten bruttovikt på 74 ton och som körs på RME-diesel med undantag av vinterhalvåret då det körs på diesel. Fordonet är stationerat i Näsåker utanför Sollefteå och ägs av Själanders Åkeri AB. ST-fordonet jämfördes med två referensfordon, konventionella timmerfordon lastade till en maximalt tillåten bruttovikt om 60 ton. De konventionella timmerfordonen valdes ut, för att ha ett utförande som var så likt ST-fordonet som möjligt, d.v.s. liknande utrustningsnivå och motorkonfiguration i förhållande till fordonens storlek (Tabell 2).

Tabell 2.

Information om fordonen från Själanders Åkeri AB som ingick i studieledet.

FordonsID	ST	Referensfordon 1	Referensfordon 2
Fabrikat	Scania R730	Scania R480	Scania R480
Maximalt tillåten bruttovikt	74,0 ton	60,0 ton	60,0 ton
Årsmodell	2013	2013	2013
Motoreffekt	730 hk	480 hk	480 hk
Antal axlar	9	7	7
Motor	16 liter Euro 5	13 liter Euro 5	13 liter Euro 5
Taravikt	19,8 ton	16,6 ton	16,6 ton

Datainsamlingen har utförts under två separata veckor under maj och juni, vecka 19 och 24, 2014. Under vecka 19 mättes bränsleförbrukningen från avlägg i skogen till mottagande industri och tillbaka igen (bruna linjer i Figur 3). Under vecka 24 mättes bränsleförbrukningen på terminalkörning mellan Tågsjöberg och Östavall (blå linje i Figur 3), en sträcka på 172 km. För att öka antalet observationer delades sträckan upp på två lika långa delsträckor.



Figur 3.
Fångstområde för ST-fordonet under studien. Bruna linjer är studerade sträckor vecka 19 och blå linjer är studerade sträckor vecka 24.

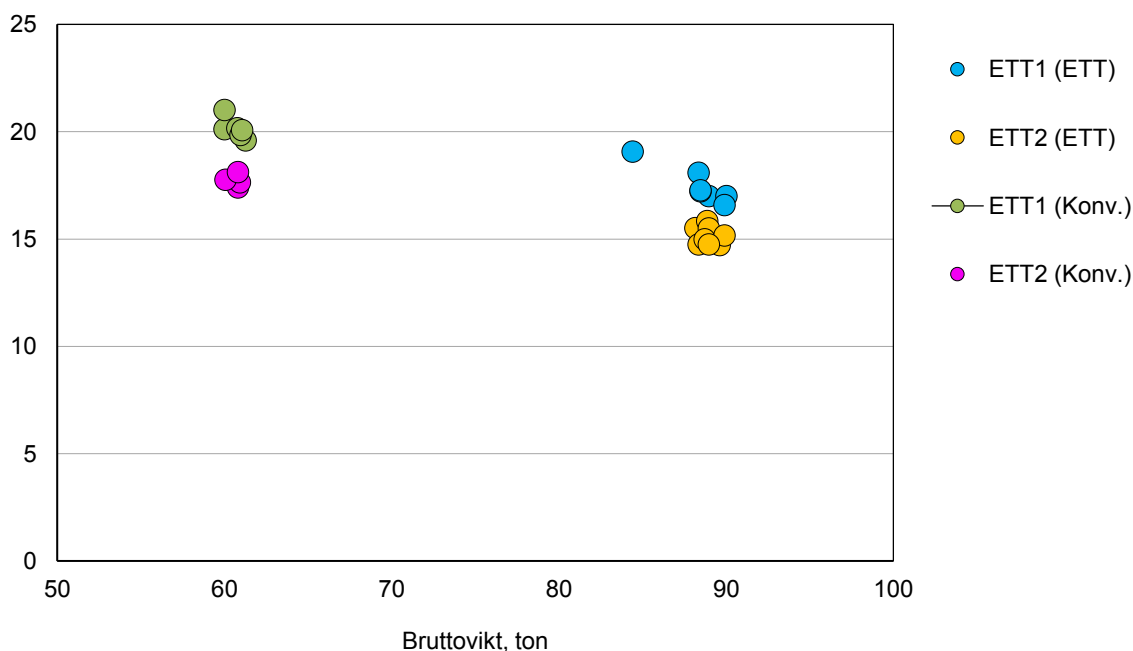
Vid körning lagrades information från Scantias fordonsdatorsystem, ”Scania Fleet Management” om mätarställning, bränsleförbrukning och tidpunkt. Detta gjordes löpande under studien med ett intervall om en minut. Hastigheten beräknades med mätarställning och tidpunkt mellan första och sista notering på körd sträcka, medelhastighet beräknades sedan tillsammans för körning med och utan last.

ETT

Tabell 3.

FORDON	UTFÖRANDE	LASTVIKT	BRUTTOVIKT	HASTIGHET
ETT1	ETT	64,3	88,4	71,6
ETT1	Konv.	43,3	60,7	73,9
ETT2	ETT	65,2	88,9	74,2
ETT2	Konv.	43,0	60,6	75,5

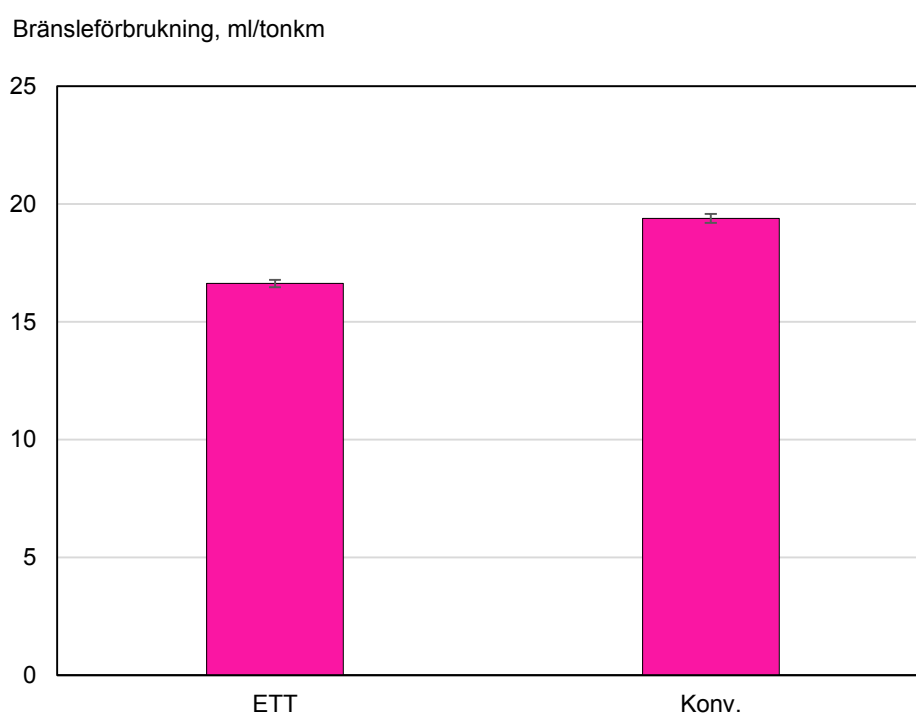
Bränsleförbrukning, ml/tonkm



Beräknad bränsleförbrukning (ml/tonkm) och faktisk bruttovikt (ton) för respektive fordon (ETT1 och ETT2) och utförande (ETT och Konventionell).

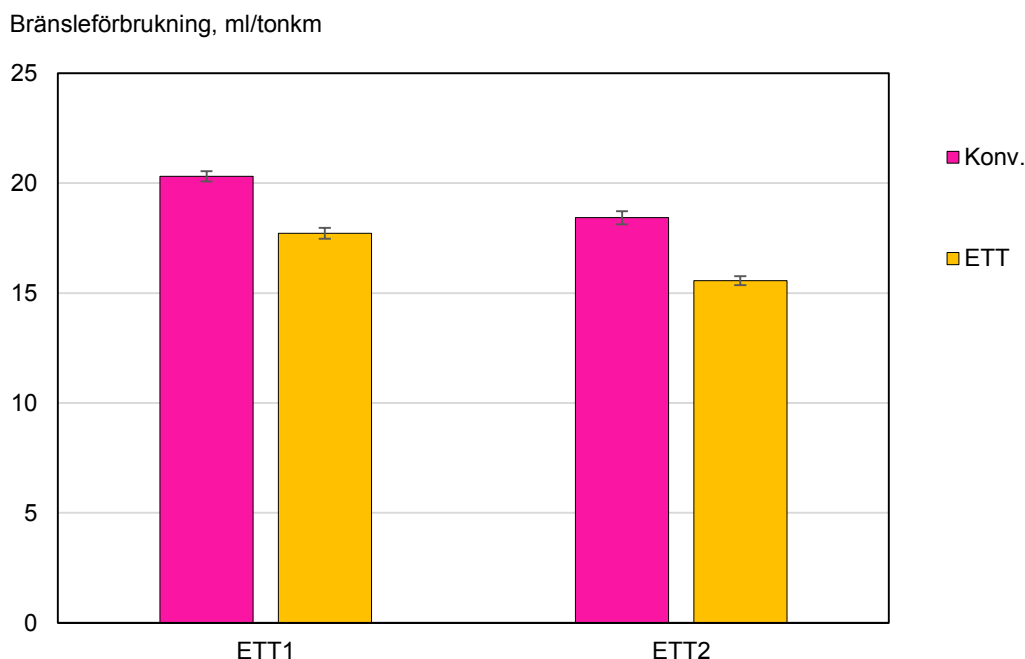
Bränsleförbrukningen i ETT-utförande var 16,6 ml/tonkm vid en genomsnittlig faktisk bruttovikt på 88,7 ton, medan bränsleförbrukningen i konventionellt utförande var 19,4 ml/tonkm vid en genomsnittlig faktisk bruttovikt på 60,7 ton. I medeltal var skillnaden i bränsleförbrukning (ml/tonkm) 2,8 ml/tonkm (14 %) lägre för ETT-utförandet än det konventionella utförandet. Skillnaden var statistiskt signifikant (Figur 5).

I försöket hade de konventionella fordonen en överlast på 0,7 ton och ETT-fordonen en underlast på 1,3 ton. Om ett linjärt samband mellan faktisk bruttovikt och bränsleförbrukning (ml/tonkm) antas, skulle bränsleförbrukningen för det konventionella utförandet ha varit 19,5 ml/tonkm vid en bruttovikt om 60 ton och 16,5 ml/tonkm vid en bruttovikt om 90 ton. Skillnaden skulle då ha varit 3,0 ml/tonkm (15 %).



Figur 5.
Bränsleförbrukning (ml/tonkm) och medelfel för ETT-fordonen i ETT-utförande och konventionellt utförande.

Skillnaden i bränsleförbrukning mellan ETT-utförande och konventionellt utförande var 13 % för ETT1 och 15 % för ETT2 (Figur 6), skillnaderna var statistiskt signifikanta. Den nya ETT-bilen hade i genomsnitt 11 % lägre bränsleförbrukning än den gamla ETT-bilen i ETT-utförande, skillnaden var statistiskt signifikant.



Figur 6.
Bränsleförbrukning (ml/tonkm) och medelfel för fordonen ETT1 och ETT2 i både ETT- och konventionellt utförande.

ST-RME

På grund av praktiska förutsättningar har mätningar inte kunnat registreras för samtliga fordon vid samtliga upprepningar. Totalt samlades 46 mätningar in fördelade på 18 upprepningar varav 8 med diesel och 10 med RME. Under vecka 19 och 24 var densiteten på virket låg (786 kg/m^3) vilket resulterade i att lastvolymen var mer begränsande än lastvikten. ST-fordonet nådde därför ej upp till maximalt tillåten bruttovikt på 74 ton (Tabell 4).

Tabell 4.
Medellastvikt (ton), maximalt tillåten bruttovikt (ton) och hastighet (km/h) för respektive fordon och för ST-fordonet uppdelat per bränsle.

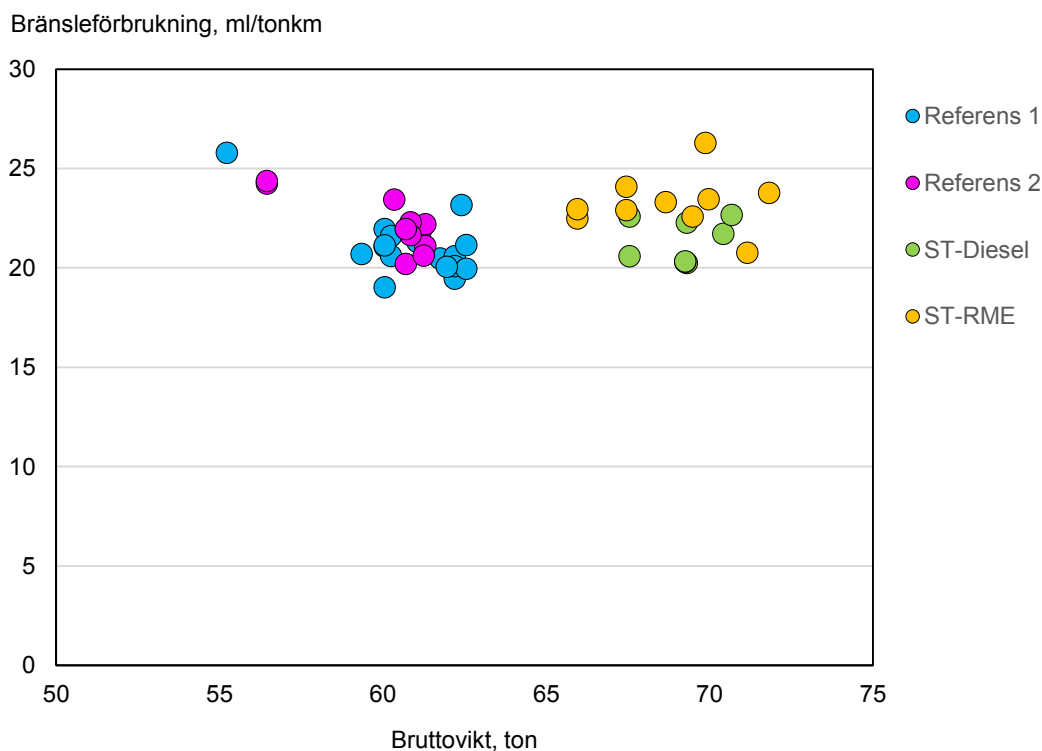
	<i>Lastvikt</i>	<i>Bruttovikt</i>	<i>Hastighet</i>
Referens 1	44,6	61,1	67,2
Referens 2	43,4	60,0	68,0
ST			
Diesel	49,0	68,7	69,5
RME	48,0	67,8	69,3

Mätning av bränsleförbrukningen har skett via Scania's fordonsdatorsystem Scania Fleet Management (SFM). Kalibrering av SFM gjordes med diesel som bränsle och har påvisat ett systematiskt fel. För ST-fordonet underskattades bränsleförbrukningen i SFM medan bränsleförbrukningen överskattades för referensfordonen (Tabell 5).

Tabell 5.
Systematiskt fel mellan SFM och riktiga tankningar för vecka 19 och 24.

Vecka	19	24
ST (diesel)	-1,1 %	-1,6 %
Referens 1	4,8 %	3,3 %
Referens 2	5,2 %	4,4 %

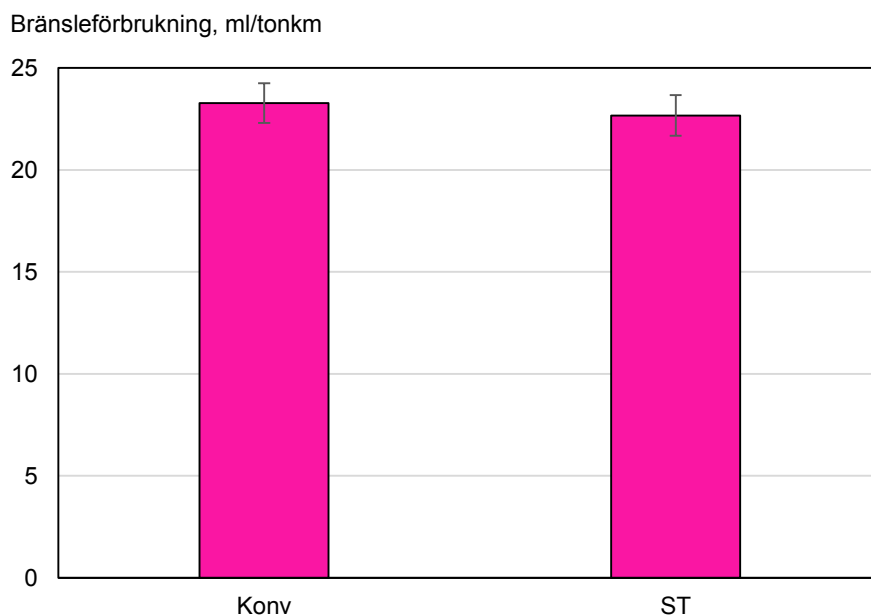
I de flesta fall har lastvikterna registrerats utifrån industrins vågar, men i några fall har lastvikten registrerats från fordonets luftfjädring då det ej varit möjligt att mäta vid industri. Vid beräkning av bränsleförbrukning i ml/tonkm bör det finnas en negativ korrelation mellan lastvikt och bränsleförbrukning. Detta antagande stämmer för referensfordonen 1 och 2, där även viss spridning av lastvikter kan noteras (Figur 7). Antagandet kan inte styrkas för ST-fordonet kört med diesel och RME, vilket kan förklaras av ett litet datamaterial inom ett kort intervall av lastvikter.



Figur 7.
Beräknad bränsleförbrukning (ml/tonkm) plottad mot faktisk bruttovikt (ton) för respektive fordon och för ST-fordonet båda bränslena.

Konventionell jämfört med ST

Genomsnittlig bränsleförbrukning för de konventionella fordonen var 23,2 ml/tonkm och för ST fordonet var 22,7 ml/tonkm med diesel som drivmedel (Figur 8). ST-fordonet hade 0,5 ml/tonkm (2,5 %) lägre bränsleförbrukning än de konventionella fordonen. Skillnaden var ej signifikant. Medelfelet var ungefär lika för de båda utförandena.

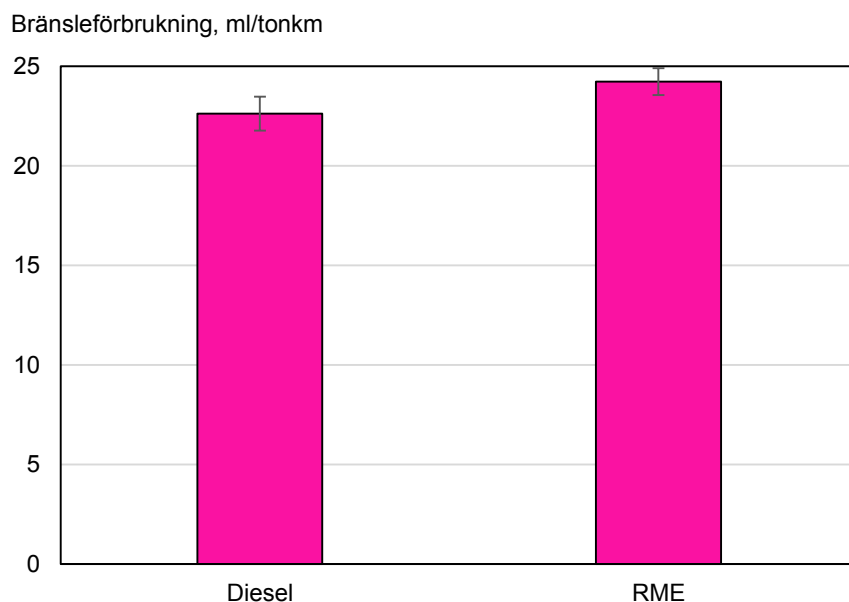


Figur 8.
Bränsleförbrukning (ml/tonkm) och medelfel för de konventionella fordonen och för ST-fordonet under mätperioden.

Vid en jämförelse av bränsleförbrukningen (l/km) uppdelat på last- och tomkörning hade ST-fordonet högre bränsleförbrukning (l/km) vid både last- och tomkörning. Skillnaden vid tomkörning var 8 %, men den skillnaden var inte statistiskt signifikant. Vid lastkörning var skillnaden 11 %, vilket var i proportion med den för ST-bilen i medeltal högre maximalt tillåtna bruttovikten på 8 ton (12 %), den skillnaden var statistiskt signifikant.

Diesel jämfört med RME

I jämförelsen mellan drivmedlen diesel och RME görs jämförelsen enbart för ST-fordonet. ST-fordonet förbrukade 1,6 ml/tonkm (7 %) mer bränsle vid körning på RME än med diesel, denna skillnad var signifikant (Figur 9).



Figur 9.
Bränsleförbrukning (ml/tonkm) och medelfel för ST-fordonet kört på diesel och RME.

I jämförelsen mellan diesel och RME var bränsleförbrukning (l/km) 6 % högre för RME både vid lastkörning (last) och tomkörning (tom). Vid tomkörning var förbrukningen 13 % högre, ($p=007$). Vid lastkörning ökade bränsleförbrukningen med 4 % med RME som bränsle, skillnaden var ej signifikant.

Diskussion

Studien syftade till att utreda skillnader i bränsleförbrukning mellan HCT-fordon (maximalt tillåten bruttovikt 90/74 ton) och konventionella fordon (maximalt tillåten bruttovikt 60 ton) under begränsad tid och för några utvalda fordon.

ETT

Studien har kvantifierat skillnader i bränsleförbrukning mellan ETT-fordon och konventionella fordon. Löfroth & Svenson (2012) jämförde bränsleförbrukning med en liknande metodik. Deras resultat visade precis som denna studie, att ETT-fordon med en maximalt tillåten bruttovikt på 90 ton, kan sänka bränsleförbrukning och därmed koldioxidutsläpp vid virkestransporter (Löfroth & Svenson, 2012). De fann i sin studie en skillnad på 21 % bränsleförbrukning, vilket är mer än de 14 % (15 % kompenserat för över- och underlast) denna studie har påvisat (Tabell 6).

Tabell 6.

Jämförelse av resultat från denna studie och studien av Löfroth & Svenson (2012).

	Löfroth & Svenson		Asmoarp & Jonsson	
	ETT	Konv.	ETT	Konv.
Bränsleförbrukning (l/km)	0,54	0,43	0,54	0,43
Lastvikt (ton)	65*	42*	64,7	43,2
Bränsleförbrukning (ml/tonkm)	16,3	20,6	16,6	19,4
Besparing	21 %		14 %	

*Pers. komm. Löfroth och Svenson (2014).

Skillnaden mellan studiernas resultat, avseende bränsleförbrukning per tonkm, kan bero på flera faktorer:

- Lastvikten har i genomsnitt varit 0,7 ton lägre för ETT-utförandet i denna studie jämfört med den tidigare studien. Lastvikten för det konventionella utförandet var 1 ton högre i denna studie än i den tidigare studien.
- Det nya ETT-fordonet har utrustats med höj- och sänkbara stakar, vilket kan ha bidragit till minskad bränsleförbrukning vid tomkörning, men när fordonet har kört med det fyraxliga släpet som har vanliga stakar så kan bränsleförbrukningen ha ökat pga. luftmotståndet.
- Det var inte samma fyraxliga släp som användes i denna studie som när Löfroth och Svenson mätte. Skillnader i däckslitage och släpets utformning har en påtaglig, men i denna studie ej undersökt, inverkan på bränsleförbrukning.
- Det var inte samma förare i studien av Löfroth och Svensson som i denna studie. Förarnas körstil och vana att köra fordonen i ETT-respektive konventionellt utförande kan ha spelat roll.

ETT-fordonen har en motorstorlek anpassad för maximalt tillåten bruttovikt på 90 ton, men har i detta försök även använts som referens lastat till maximalt tillåten bruttovikt på 60 ton. Detta kan innebära att bränsleförbrukningen i konventionellt utförande blivit högre än vad som hade kunnat vara fallet för ett fordon med motor avsedd för 60 ton.

Resultaten från båda studierna pekar entydigt mot att ETT-fordon har stor potential att sänka bränsleförbrukning, antalet transporter och koldioxidutsläpp vid timmertransporter.

Det nya ETT-fordonet hade i genomsnitt 12 % lägre bränsleförbrukning (ml/tonkm) än det gamla ETT-fordonet. Troliga orsaker till detta var ett ton högre lastvikt, bättre aerodynamik till följd av ny design på hytten och att fordonet hade höj- och sänkbara virkesstakar. När studien gjordes var det gamla ETT-fordonet fem år och kan ha haft sänkt prestationsnivå på grund av slitage. Det nya ETT-fordonet var nytt och fräscht vid försöket och bör därför ha presterat optimalt.

Felkällor

Alla förare i försöket har varit rutinerade och väl inkörda på de fordon de kört under försöket. Utebliven rotation av förare mellan fordonen var en brist i försöksdesignen.

Enbart en kalibrering har gjorts för Dynafleet, kalibreringen var ett medelvärde över hela studieveckan. Det går därför inte att säkerställa att Dynafleet mäter med samma noggrannhet vid både ETT-utförande och konventionellt utförande.

Körning mellan terminal och industri på en känd sträcka gjorde att förhållandena var mycket gynnsamma, vilket den låga standardavvikelsen för bränsleförbrukningen indikerar.

ST-RME

ST jämfört med konventionellt utförande

Studien har inte lyckats kvantifiera skillnader mellan ST-fordonet och de konventionella fordonen. ST-fordonet har haft en genomsnittlig maximal bruttovikt om 68,7 ton, d.v.s. 5,3 ton under maximalt tillåtna 74 ton vid körning med diesel, och 6,3 ton under tillåten bruttovikt vid körning med RME. Skillnaden i lastvikt har varit för liten i relation till antalet upprepningar för att någon skillnad i bränsleförbrukning skulle kunna påvisas.

Resultatet visar att möjlig lastvolym kan vara en avgörande begränsning som förhindrar att maximalt tillåten bruttovikt för ett ST-fordon uppnås. Detta problem har även uppmärksamats av Widinghoff (2014). I denna studie har ST-fordonet två extra axlar och större motor jämfört med de konventionella fordonen, detta leder till högre taravikt som var till nackdel då fordonet inte klarade av att köra med högre lastfyllnadsgrad. I områden där det finns risk att 74 tons maximalt tillåten bruttovikt inte går att åstadkomma kan ett lättare HCT-fordon övervägas. Om transporter utförs med ett ST-fordon med maximalt tillåten lastvikt 68 ton behövs en axel mindre, vilket fortfarande kommer leda till sänkt bränsleförbrukning jämfört med ett konventionellt timmerfordon.

Diesel jämfört med RME

Resultaten var tillräckligt tydliga för att dra slutsatsen att RME leder till förhöjd förbrukning gentemot diesel, skillnaden var signifikant. Däremot har det varit svårt att kvantifiera hur stor skillnaden var då resultatet inte har varit entydigt mellan bränsleförbrukningen per transportarbete och bränsleförbrukningen per avstånd. Scania har i testriggar mätt upp skillnader mellan diesel och RME från 0 till 7 % (Eriksson, 2014 pers. komm.). Scantias erfarenhet var att skillnadens storlek påverkades av fler faktorer som motortyp, motorgeneration och bränslekvalitet.

Eftersom RME har lägre energitäthet än diesel bör bränsleförbrukningen öka om motorn håller samma verkningsgrad med de båda bränslena. I en tidigare jämförelse av energiåtgång gjord på samma datamaterial gick det inte att statistiskt säkerställa någon skillnad i energiåtgång mellan de båda bränslena (Asmoarp & Jonsson, 2014). Resultatet av denna studie visar 7 % höjning av bränsleförbrukningen vid drift på RME i stället för diesel. Dessa 7 % motsvarar den teoretiska skillnaden i energitäthet mellan RME och diesel. En brist i studien var att kalibreringen inte kunde göras för både RME och diesel, detta har lett till att det med säkerhet inte går att säga att fordonsdatorn har mätt med samma noggrannhet på de båda bränslena.

Felkällor

Fordonen har haft samma förare genom hela studieledet. Skillnader mellan de studerade fordonen såväl som förarna har sannolikt inverkat på resultatet, men effekten är okänd.

Henrik Berg, Scania, (pers. komm.) menar på att ”fel och toleranser vid förbrukningsmätning är mer att betrakta som absoluta, d.v.s. att eventuella fel blir av större procentuell betydelse vid lågt förbrukad bränslemängd (t.ex. olastat fordon)”. Detta skulle kunna vara en orsak till att den procentuella höjningen vid körning på RME skiljer sig åt vid last- respektive tomkörning.

Vid byte mellan RME och diesel har det av praktiska skäl alltid funnits kvar lite av föregående bränsletyp i tanken. Detta kan ha orsakat osäkerhet i jämförelsen av bränslen. Den uteblivna skillnaden i bränsleförbrukning mellan ST-fordon och konventionella fordonen kan också ha påverkats av att det vid körning med diesel i tanken kan ha funnits rester kvar av RME.

Det var vid enskilda tillfällen inte möjligt att använda fasta vågsystem för att skatta lastvikten, därför användes fordonens inbyggda vågsystem, vilket tillför en osäkerhet till resultatet.

Slutsatser

- Virkestransporter med ETT-fordon har signifikant lägre bränsleförbrukning jämfört med konventionella timmerfordon.
- ST-fordonet har i denna studie inte uppvisat lägre bränsleförbrukning än de konventionella fordonen, sannolikt beroende av låg lastfyllnadsgrad (beräknat på vikt) på ST-fordonet.
- ST-fordonets bränsleförbrukning var signifikant högre med RME än med diesel som bränsle.

Referenser

- Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2014. Sammanfattning av slutrapport, Fokusveckor ETT2 och ST-RME. Projektnr. 34481-1, Energimyndigheten.
- Brunberg, T. 2013. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2012. Kunskapsartikel Nr 8–2013, Skogforsk.
- Edlund, J., Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. Arbetsrapport nr. 803. Skogforsk.
- Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – Modulsystem för skogstransporter, En Trave Till (ETT) och Större Travar (ST), Delrapport för de två första åren. Arbetsrapport nr 723. Skogforsk.
- Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En Trave Till (ETT) och Större Travar (ST). Arbetsrapport nr. 758. Skogforsk.
- SAS 9.4 Software. [Online] Tillgänglig.
http://www.sas.com/en_us/software/sas9.html [den 28 november 2014]
- Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. Arbetsrapport nr. 831. Skogforsk.

Personlig kommunikation

- Berg, Henrik, Scania CV AB (2014).
- Eriksson, Joakim, Scania CV AB (2014).
- Löfroth, Claes, Svenson, Gunnar, Skogforsk (2014).

Internet

- Energimyndigheten, 2014. Räknesnurra.
[http://www.energimyndigheten.se/Global/Hushall/Räknesnurra%20bränsle%20till%20kWh_uppdaterad%20\(2\).xlsx](http://www.energimyndigheten.se/Global/Hushall/Raknesnurra%20bransle%20till%20kWh_uppdaterad%20(2).xlsx)
- Qstar, 2014. Bra att veta.
<http://qstar.se/information/bra-att-veta/59-nu-har-vi-rme-diesel-aven-pa-qstar-i-norrahammar-vingaker-bruzaholm-a-rycklosa>

Ordlista

CAN-bus	Controller Area Network, diagnostiserings- och datainsamlingssystem i fordon.
Dolly	Lastbilskomponent; har en fast dragstång med koppling fram, för att dras av ett fordon med drag. Oftast en 2-axlad boggie med en vändkranslagrad vändskiva. Vändkransen är ett lagkrav i Sverige bland annat för säker körning på vinterväglag.
ETT	En Trave Till, ett rundvirkesfordon med maximalt tillåten bruttovikt på 90 ton. Fordonet har i standardutförande 11 axlar och kan lasta fyra travar.
Faktisk bruttovikt	Uppmätt bruttovikt på hela ekipaget inkl. last.
Gruppbil	Timmerfordon utan kran.
HCT	High Capacity Transport, energieffektiva transporter på väg.
HCT-fordon	Vägfordon som överstiger 25,25 meter och/eller en maximalt tillåten bruttovikt på 60 ton.
Lastkörningsgrad	Andelen körsträcka med last i förhållande till total körsträcka, d.v.s. med och utan last.
Link	Lastbilskomponent; ett dragande fordon med lastyta. Den dras av dragfordon eller påkopplad till dolly. Framtill har den en ”Kingpin” för påkoppling på en vändskiva (Kingpin är en vertikal tapp som passar in i ett uttag i en vändskiva). Baktill har den en vändskiva för att dra en semitrailer. Oftast 2- eller 3-axlad boggie.
Maximalt tillåten bruttovikt	Maximalt tillåten bruttovikt på hela ekipaget inkl. last.
Referensfordon	Enskilt konventionellt fordon eller HCT-fordon som är konfigurerat för att motsvara ett konventionellt. Mätningar gjorda på referensfordon används för jämförelse gentemot HCT-fordon.
RME	Rapsmetylester, ett biodrivmedel som kan användas rent i dieselmotorer eller i blandning med diesel.
Semitrailer	Lastbilskomponent; ett långt släp med en ”kingpin” längst fram.
ST	Större Travar, rundvirkesfordon med maximalt tillåten bruttovikt om 74 ton, större travar möjliggör högre nyttolast, i tre travar precis som ett konventionellt rundvirkesfordon. Fordonen har 9 axlar.
Testfordon	Enskilt HCT-fordon som är föremål för test av bränsleförbrukning.
Transportarbete	Produkten av lastvikt i ton och kilometer för transportsträckan, anges i enheten tonkm.

Bilaga 1

Statistikanalys ETT

Indata

Insamlad data från studieledet har sammanställts i två tabeller. Tabell 1 innehåller data om bränsleförbrukning i l/km och Tabell 2 innehåller data om bränsleförbrukning i ml/tonkm. Bränsleförbrukningen hämtades från Dynafleet och har i efterhand justerats för systematisk avvikelse och kompensats så att lastkörningssträcka och tomkörningssträcka blivit lika långa. Hastigheten har räknats ut som medelhastigheten per vända. Väder har angivits av föraren som regn eller ej regn (oregn). Varje vända var 320 km lång. Lastvikten har beräknats som invägd bruttovikt minus taravikt.

Bränsleförbrukning l/km

Bränsleförbrukning har angetts i l/km separat för körning med respektive utan last, inom vändorna.

Tabell 1.

Data för respektive observation med bränsleförbrukning angivet som l/km.

VändalD	Upprepning	Fordon	Förare	Typ	Väder	Utförande	Hastighet	Bränsleförbrukning
1	1	ETT1	C	Last	regn	ETT	71	0,67
1	1	ETT1	C	Olast	regn	ETT	71	0,42
2	3	ETT1	C	Last	oregn	ETT	72	0,75
2	3	ETT1	C	Olast	oregn	ETT	72	0,37
3	4	ETT1	C	Last	oregn	ETT	71	0,80
3	4	ETT1	C	Olast	oregn	ETT	71	0,38
4	6	ETT1	C	Last	oregn	Konv.	74	0,56
4	6	ETT1	C	Olast	oregn	Konv.	74	0,31
5	7	ETT1	C	Last	oregn	Konv.	74	0,60
5	7	ETT1	C	Olast	oregn	Konv.	74	0,31
7	9	ETT1	C	Last	regn	ETT	70	0,73
7	9	ETT1	C	Olast	regn	ETT	70	0,40
9	11	ETT1	A	Last	oregn	ETT	75	0,71
9	11	ETT1	A	Olast	oregn	ETT	75	0,39
10	12	ETT1	A	Last	oregn	ETT	68	0,71
10	12	ETT1	A	Olast	oregn	ETT	68	0,41
12	14	ETT1	A	Last	regn	ETT	75	0,72
12	14	ETT1	A	Olast	regn	ETT	75	0,43
15	17	ETT1	A	Last	regn	Konv.	76	0,55
15	17	ETT1	A	Olast	regn	Konv.	76	0,33
16	18	ETT1	A	Last	oregn	Konv.	70	0,53

Fortsättning på Tabell 1.

VändalD	Upprepning	Fordon	Förare	Typ	Väder	Utförande	Hastighet	Bränsleförbrukning
16	18	ETT1	A	Olast	oregn	Konv.	70	0,34
18	20	ETT1	A	Last	regn	Konv.	77	0,53
18	20	ETT1	A	Olast	regn	Konv.	77	0,34
19	21	ETT1	A	Last	oregn	Konv.	72	0,54
19	21	ETT1	A	Olast	oregn	Konv.	72	0,35
23	1	ETT2	A	Last	regn	ETT	76	0,65
23	1	ETT2	A	Olast	regn	ETT	76	0,39
24	2	ETT2	A	Last	regn	ETT	71	0,70
24	2	ETT2	A	Olast	regn	ETT	71	0,37
25	3	ETT2	A	Last	oregn	ETT	76	0,65
25	3	ETT2	A	Olast	oregn	ETT	76	0,35
26	4	ETT2	A	Last	oregn	ETT	73	0,71
26	4	ETT2	A	Olast	oregn	ETT	73	0,35
31	11	ETT2	B	Last	oregn	Konv.	76	0,48
31	11	ETT2	B	Olast	oregn	Konv.	76	0,30
32	12	ETT2	B	Last	oregn	Konv.	76	0,49
32	12	ETT2	B	Olast	oregn	Konv.	76	0,31
33	14	ETT2	B	Last	regn	Konv.	76	0,51
33	14	ETT2	B	Olast	regn	Konv.	76	0,28
34	15	ETT2	B	Last	regn	Konv.	74	0,52
34	15	ETT2	B	Olast	regn	Konv.	74	0,29
35	17	ETT2	B	Last	regn	ETT	75	0,65
35	17	ETT2	B	Olast	regn	ETT	75	0,37
36	18	ETT2	B	Last	regn	ETT	74	0,67
36	18	ETT2	B	Olast	regn	ETT	74	0,34
37	20	ETT2	B	Last	regn	ETT	76	0,66
37	20	ETT2	B	Olast	regn	ETT	76	0,39
38	21	ETT2	B	Last	regn	ETT	74	0,62
38	21	ETT2	B	Olast	regn	ETT	74	0,38

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Bränsleförbrukning har angetts i ml/tonkm per vända. Lastkörningsgrad har varit 50 %.

Tabell 2.

Data för respektive vända med bränsleförbrukning angiven som ml/tonkm.

VändalD	Upprepning	Fordon	Förare	Utförande	Väder	Hastighet	Lastvikt	Bränsleförbrukning
1	1	ETT1	C	ETT	regn	70,8	64,9	17,2
2	3	ETT1	C	ETT	oregn	71,7	64,4	17,4
3	4	ETT1	C	ETT	oregn	71,4	64,3	18,3
4	6	ETT1	C	Konv.	oregn	74,0	42,7	20,3
5	7	ETT1	C	Konv.	oregn	73,7	42,7	21,2
7	9	ETT1	C	ETT	regn	69,8	65,9	17,2
9	11	ETT1	A	ETT	oregn	75,1	65,8	16,7
10	12	ETT1	A	ETT	oregn	67,8	64,4	17,4
12	14	ETT1	A	ETT	regn	74,8	60,3	19,3
15	17	ETT1	A	Konv.	regn	76,4	43,4	20,4
16	18	ETT1	A	Konv.	oregn	70,3	43,9	19,8
18	20	ETT1	A	Konv.	regn	77,3	43,6	20,0
19	21	ETT1	A	Konv.	oregn	71,5	43,7	20,3
23	1	ETT2	A	ETT	regn	75,7	64,4	15,7
24	2	ETT2	A	ETT	regn	70,6	65,1	16,0
25	3	ETT2	A	ETT	oregn	75,7	64,6	14,9
26	4	ETT2	A	ETT	oregn	73,4	65,2	15,6
31	11	ETT2	B	Konv.	oregn	75,7	43,2	18,2
32	12	ETT2	B	Konv.	oregn	76,0	43,3	18,4
33	14	ETT2	B	Konv.	regn	76,3	42,5	18,5
34	15	ETT2	B	Konv.	regn	74,0	43,2	18,9
35	17	ETT2	B	ETT	regn	74,8	65,0	15,6
36	18	ETT2	B	ETT	regn	73,7	65,9	15,4
37	20	ETT2	B	ETT	regn	76,0	66,2	15,8
38	21	ETT2	B	ETT	regn	73,9	65,2	15,4

Modell

Den statistiska analysen har gjorts i SAS. För att beräkna skillnaden i bränsleförbrukning mellan de olika varianterna har en blandad modell (PROC MIXED) använts.

Bränsleförbrukning l/km

Förklaring av bränsleförbrukning, l/km, har gjorts med modellen:

$$\text{Bränsleförbrukning} = \text{Fordon} \times \text{Utförande} \times \text{Typ} \times \text{Förare} \times \text{Hastighet}$$

Upprepning har varit en slumpmässig variabel. Väder har inte tagits med som variabel då den ej haft någon effekt på modellen.

Följande hypoteser har testats:

- $H_{0,A}$: Bränsleförbrukningen för utförande ETT med last och utförande konv. med last var lika.
- $H_{0,B}$: Bränsleförbrukningen för utförande ETT utan last och utförande konv. utan last var lika.

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Förklaring av bränsleförbrukning, ml/tonkm, har gjorts med modellen:

$$\text{Bränsleförbrukning} = \text{Utförande} \times \text{Fordon} \times \text{Hastighet}$$

Upprepning har varit en slumpmässig variabel. Väder och Förare har inte tagits med som variabler då de ej haft effekt på modellen.

Följande hypoteser har testats:

- $H_{0,A}$: Bränsleförbrukningen för utförande ETT och utförande konv. var lika.
- $H_{0,B}$: Bränsleförbrukningen för Fordon ETT1 i ETT-utförande och Fordon ETT2 i ETT-utförande var lika.
- $H_{0,C}$: Bränsleförbrukningen för Fordon ETT1 i ETT-utförande och Fordon ETT1 konv. utförande var lika.
- $H_{0,D}$: Bränsleförbrukningen för Fordon ETT2 i ETT-utförande och Fordon ETT2 i konv. utförande var lika.

ANALYSRESULTAT

Bränsleförbrukning l/km

Medelbränsleförbrukningen för ETT-fordonen har varit 0,54 l/km medan den var 0,42 l/km i konventionellt utförande. Fordonen i ETT-utförande har i snitt förbrukat 0,12 l/km (27 %) mer än i konventionellt utförande.

Tabell 3.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Utförande	Typ	Estimate	Standard Error
ETT	Last	0,69	0,01
ETT	Olast	0,38	0,01
Konv.	Last	0,53	0,01
Konv.	Olast	0,32	0,01

Tabell 4.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Utförande1	Typ1	Utförande2	Typ2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,A}	ETT	Last	Konv.	Last	0,17	0,01	<0,001
H _{0,B}	ETT	Olast	Konv.	Olast	0,07	0,01	<0,001

Resultatet av analysen visade att nollhypoteserna H_{0,A} och H_{0,B} kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 0,1 %. Det fanns alltså en signifikant skillnad i bränsleförbrukning (l/km) mellan ETT utförande och konventionellt utförande både vid lastkörning och tomkörning.

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Medelbränsleförbrukningen för ETT-fordonen har varit 16,6 ml/tonkm medan den var 19,4 ml/tonkm i konventionellt utförande. Fordonen har i snitt förbrukat 2,8 ml/tonkm (14 %) mindre i ETT-utförande än i konventionellt utförande (Tabell 5).

Tabell 5.

Respektive utförandes medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Utförande	Estimate	Standard Error
ETT	16,6	0,2
Konv.	19,4	0,2

Resultatet av analysen visade att nollhypotesen H_{0,A} kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 0,01 %. Det fanns alltså en signifikant skillnad i bränsleförbrukning (ml/tonkm) mellan ETT utförande och konventionellt utförande (Tabell 6).

Tabell 6.

Skillnad i bränsleförbrukning (ml/tonkm) mellan utförande och hypotestest.

Hypotes	Utförande1	Utförande2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,A}	ETT	Konv.	-2,8	0,2	<,0001

Medelbränsleförbrukningen för ETT1 var högre än för ETT2 både vid jämförelse av ETT- och konventionellt utförande. Skillnaden i medelbränsleförbrukning i ETT-utförande var 2,2 ml/tonkm mellan ETT1 och ETT2, vilket var en sänkning med 12 %. Båda ETT-fordonen hade lägre bränsleförbrukning i ETT-utförande än i konventionellt utförande (Tabell 7 och 8).

Tabell 7.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Utförande	Fordon	Estimate	Standard Error
ETT	ETT1	17,7	0,3
ETT	ETT2	15,6	0,2
Konv.	ETT1	20,3	0,2
Konv.	ETT2	18,4	0,3

Tabell 8.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Utförande1	Fordon1	Utförande2	Fordon2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,B}	ETT	ETT1	ETT	ETT2	2,2	0,3	<0,001
H _{0,C}	ETT	ETT1	Konv.	ETT1	-2,6	0,3	<0,001
H _{0,D}	ETT	ETT2	Konv.	ETT2	-2,9	0,4	<0,001
	Konv.	ETT1	Konv.	ETT2	1,9	0,4	<0,001

Resultatet av analysen visade att samtliga nollhypoteser kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 0,1 %. Det fanns alltså en signifikant skillnad i bränsleförbrukning (ml/tonkm) för:

- Fordon ETT1 i ETT-utförande och fordon ETT2 i ETT-utförande.
- Fordon ETT1 i ETT-utförande och fordon ETT1 konventionellt utförande.
- Fordon ETT2 i ETT-utförande och fordon ETT2 i konventionellt utförande.

SLUTSATS

- Alla uppsatta nollhypoteser har kunnat förkastas.
- Det fanns en signifikant skillnad mellan ETT-utförande och konventionellt utförande, räknat i både l/km och ml/tonkm. ETT-utförandet har i medeltal 27 % högre bränsleförbrukning i l/km men 14 % lägre bränsleförbrukning i ml/tonkm.
- Det fanns en signifikant skillnad i bränsleförbrukningen mellan ETT1 och ETT2 i ETT-utförande. ETT2 hade en bränsleförbrukning som i medeltal var 12 % lägre än ETT1.

Bilaga 2

Statistikanalys ST-RME

Indata

Insamlad data från studieledet har sammanställts i två tabeller, Tabell 1 innehåller data om bränsleförbrukning i l/km och Tabell 2 innehåller data om bränsleförbrukning i ml/tonkm. Bränsleförbrukningen hämtades från Scania Fleet Management system och har i efterhand justerats för systematisk avvikelse och kompenserats så att lastkörningssträcka och tomkörningssträcka var lika långa. Väder har angivits av föraren som klart, regn eller blandat. Lastvikten har beräknats som invägd bruttovikt minus taravikt.

Bränsleförbrukning l/km

Bränsleförbrukning har angetts i l/km separat för körning med respektive utan last, inom vändorna.

Tabell 1.

Data för respektive observation med bränsleförbrukning angiven som l/km.

VändalD	Upprepning	Fordon	Typ	Väder	Bränsle	Hastighet	Bränsleförbrukning	Lastvikt
21	12	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	66,3	0,266	43,5
16	10	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	69,4	0,305	45,65
22	12	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	68,8	0,308	44,15
17	10	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	70	0,313	-
21	12	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	66,3	0,319	43,5
19	11	Ref 1	Tom	Regn	Diesel	66,2	0,323	46
21	12	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	66,3	0,323	43,7
23	12	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	-	0,326	44,15
17	10	Ref 2	Tom	Regn	Diesel	70	0,328	-
19	11	Ref 2	Tom	Regn	Diesel	66,2	0,331	44,75
19	11	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	66,2	0,334	46
16	10	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	69,4	0,335	43,5
16	10	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	69,4	0,336	45,65
19	11	Ref 1	Tom	Regn	Diesel	66,2	0,336	43,7
18	10	ST	Tom	Klart	RME	69,3	0,338	51,4
22	12	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	68,8	0,339	44,3
24	12	ST	Tom	Klart	Diesel	70	0,341	47,8
17	10	Ref 2	Tom	Blandat	Diesel	70	0,342	39,9
19	11	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	66,2	0,344	44,3
12	7	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	64,5	0,349	61,75
19	11	Ref 2	Tom	Regn	Diesel	66,2	0,352	44,75

Fortsättning på Tabell 1.

VändaID	Upprepning	Fordon	Typ	Väder	Bränsle	Hastighet	Bränsleförbrukning	Lastvikt
24	12	ST	Tom	Klart	Diesel	70	0,354	49,5
16	10	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	69,4	0,359	43,5
3	3	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	65	0,359	62,2
5	4	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	70,4	0,359	55,22
24	12	ST	Tom	Klart	Diesel	70	0,364	47,8
20	11	ST	Tom	Regn	Diesel	67,6	0,368	49,55
15	9	Ref 2	Tom	Regn	Diesel	–	0,368	–
20	11	ST	Tom	Klart	Diesel	67,6	0,370	49,5
20	11	ST	Tom	Regn	Diesel	67,6	0,371	49,55
18	10	ST	Tom	Klart	RME	69,3	0,372	46,2
16	10	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	69,4	0,376	44,5
13	7	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	70,25	0,379	60,35
8	5	Ref 2	Tom	Klart	Diesel	61,7	0,383	61,15
17	10	Ref 2	Tom	Blandat	Diesel	70	0,387	39,9
14	8	ST	Tom	Klart	Diesel	73,2	0,388	70,2
18	10	ST	Tom	Klart	RME	69,3	0,394	46,2
18	10	ST	Tom	Klart	RME	69,3	0,398	47,7
18	10	ST	Tom	Klart	RME	69,3	0,399	47,7
1	1	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	66,1	0,413	59,35
11	6	ST	Tom	Klart	Diesel	67,7	0,445	71,5
7	5	Ref 1	Tom	Klart	Diesel	60,8	0,449	62,4
9	5	ST	Tom	Klart	RME	73,2	0,466	71,8
6	4	ST	Tom	Klart	RME	68,9	0,471	71,7
1	1	Ref 1	Last	Klart	Diesel	66,1	0,473	59,35
2	1	ST	Tom	Klart	RME	66,4	0,495	69,9
4	3	ST	Tom	Klart	RME	68,4	0,495	71,5
3	3	Ref 1	Last	Klart	Diesel	65	0,529	62,2
19	11	Ref 1	Last	Regn	Diesel	66,2	0,547	45,1
16	10	Ref 1	Last	Klart	Diesel	69,4	0,558	43,5
21	12	Ref 1	Last	Klart	Diesel	66,3	0,562	43,5
19	11	Ref 1	Last	Regn	Diesel	66,2	0,565	43,7
12	7	Ref 1	Last	Klart	Diesel	64,5	0,576	61,75
17	10	Ref 2	Last	Blandat	Diesel	70	0,580	39,9

Fortsättning på Tabell 1.

VändaID	Upprepning	Fordon	Typ	Väder	Bränsle	Hastighet	Bränsleförbrukning	Lastvikt
19	11	Ref 1	Last	Regn	Diesel	66,2	0,581	45,1
22	12	Ref 2	Last	Klart	Diesel	68,8	0,584	44,15
21	12	Ref 1	Last	Klart	Diesel	66,3	0,584	46
8	5	Ref 2	Last	Klart	Diesel	61,7	0,590	61,15
19	11	Ref 2	Last	Regn	Diesel	66,2	0,592	44,75
19	11	Ref 2	Last	Regn	Diesel	66,2	0,593	44,25
21	12	Ref 1	Last	Klart	Diesel	66,3	0,600	43,5
16	10	Ref 1	Last	Klart	Diesel	69,4	0,604	45,65
17	10	Ref 2	Last	Regn	Diesel	70	0,606	–
16	10	Ref 1	Last	Klart	Diesel	69,4	0,612	45,65
7	5	Ref 1	Last	Klart	Diesel	60,8	0,613	62,4
20	11	ST	Last	Regn	Diesel	67,6	0,615	49,7
17	10	Ref 2	Last	Regn	Diesel	70	0,616	–
16	10	Ref 1	Last	Klart	Diesel	69,4	0,620	43,5
23	12	Ref 2	Last	Klart	Diesel	–	0,620	44,3
19	11	Ref 1	Last	Regn	Diesel	66,2	0,621	43,7
2	1	ST	Last	Klart	RME	66,4	0,629	69,9
19	11	Ref 2	Last	Regn	Diesel	66,2	0,629	44,25
17	10	Ref 2	Last	Blandat	Diesel	70	0,631	39,9
24	12	ST	Last	Klart	Diesel	70	0,634	49,5
20	11	ST	Last	Regn	Diesel	67,6	0,636	49,55
5	4	Ref 1	Last	Klart	Diesel	70,4	0,638	55,22
24	12	ST	Last	Klart	Diesel	70	0,643	47,8
23	12	Ref 2	Last	Klart	Diesel	–	0,643	44,15
22	12	Ref 2	Last	Klart	Diesel	68,8	0,644	44,3
18	10	ST	Last	Klart	RME	69,3	0,645	46,2
13	7	Ref 2	Last	Klart	Diesel	70,25	0,648	60,35
21	12	Ref 1	Last	Klart	Diesel	66,3	0,650	46
24	12	ST	Last	Klart	Diesel	70	0,652	49,5
19	11	Ref 2	Last	Regn	Diesel	66,2	0,662	44,75
20	11	ST	Last	Regn	Diesel	67,6	0,676	49,7
4	3	ST	Last	Klart	RME	68,4	0,683	71,5
18	10	ST	Last	Klart	RME	69,3	0,688	46,2

Fortsättning på Tabell 1.

VändaID	Upprepning	Fordon	Typ	Väder	Bränsle	Hastighet	Bränsleförbrukning	Lastvikt
18	10	ST	Last	Klart	RME	69,3	0,695	47,7
11	6	ST	Last	Klart	Diesel	67,7	0,709	71,5
14	8	ST	Last	Klart	Diesel	73,2	0,712	70,2
24	12	ST	Last	Klart	Diesel	70	0,716	47,8
10	6	Ref 1	Last	Klart	Diesel	–	0,723	60,1
20	11	ST	Last	Regn	Diesel	67,6	0,732	49,55
18	10	ST	Last	Klart	RME	69,3	0,751	47,7
9	5	ST	Last	Klart	RME	73,2	0,772	71,8
6	4	ST	Last	Klart	RME	68,9	0,846	71,7

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Bränsleförbrukning har angetts i ml/tonkm per vända. Varje vända har räknats om till lastkörningsgraden 50 %.

Tabell 2.

Data för respektive vända med bränsleförbrukning angivet som ml/tonkm.

VändaID	Upprepning	Fordon	Utförande	Bränsle	Väder	Hastighet	Lastvikt	Bränsleförbrukning
1	1	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	66,1	42,8	20,7
2	1	ST	ST	RME	Klart	66,4	49,7	22,6
3	3	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	65,0	45,7	19,5
4	3	ST	ST	RME	Klart	68,4	50,2	23,5
5	4	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	70,4	38,7	25,8
6	4	ST	ST	RME	Klart	68,9	50,1	26,3
7	5	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	60,8	45,9	23,2
8	5	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	61,7	44,6	21,8
9	5	ST	ST	RME	Klart	73,2	52,1	23,8
11	6	ST	ST	Diesel	Klart	67,7	50,9	22,7
12	7	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	64,5	45,2	20,5
13	7	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	70,3	43,8	23,4
14	8	ST	ST	Diesel	Klart	73,2	50,7	21,7
16	10	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	69,4	45,7	20,6
16	10	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	69,4	45,7	20,1
16	10	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	69,4	43,5	21,1
16	10	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	69,4	43,5	22,0

Fortsättning på Tabell 2.

VändalD	Upprepning	Fordon	Utförande	Bränsle	Väder	Hastighet	Lastvikt	Bränsleförbrukning
17	10	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	70,0	39,9	24,2
17	10	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	70,0	39,9	24,4
18	10	ST	ST	RME	Klart	69,3	46,2	22,5
18	10	ST	ST	RME	Klart	69,3	46,2	23,0
18	10	ST	ST	RME	Klart	69,3	47,7	22,9
18	10	ST	ST	RME	Klart	69,3	47,7	24,1
19	11	Ref 2	Konv.	Diesel	Regn	66,2	44,8	21,1
19	11	Ref 2	Konv.	Diesel	Regn	66,2	44,8	22,2
20	11	ST	ST	Diesel	Regn	67,6	49,6	20,2
20	11	ST	ST	Diesel	Regn	67,6	49,6	22,3
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	66,3	43,7	20,6
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	66,3	43,7	21,6
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	67,8	46,0	20,0
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	67,8	46,0	21,2
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	67,8	43,5	19,0
21	12	Ref 1	Konv.	Diesel	Klart	67,8	43,5	21,1
22	12	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	68,8	44,3	22,3
22	12	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	68,8	44,3	21,7
22	12	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	68,8	44,2	20,2
22	12	Ref 2	Konv.	Diesel	Klart	68,8	44,2	22,0
24	12	ST	ST	Diesel	Klart	70,0	49,5	20,3
24	12	ST	ST	Diesel	Klart	70,0	49,5	20,3
24	12	ST	ST	Diesel	Klart	70,0	47,8	20,6
24	12	ST	ST	Diesel	Klart	70,0	47,8	22,6
25	13	Ref 1	Konv.	Diesel	–	–	44,5	21,3
25	13	Ref 1	Konv.	Diesel	–	–	45,4	20,1
26	13	Ref 2	Konv.	Diesel	–	–	44,7	20,6
27	13	ST	ST	RME	–	–	51,4	20,8
27	13	ST	ST	RME	–	–	48,9	23,3

Modell

Den statistiska analysen har gjorts i SAS. För att beräkna skillnaden i bränsleförbrukning mellan de olika variablerna har en blandad modell (PROC MIXED) använts.

Bränsleförbrukning l/km

Förklaring av bränsleförbrukning, l/km, har gjorts med modellen:

Bränsleförbrukning = Fordon × Typ × Lastvikt.

Bränsleförbrukning = Bränsle × Typ × Lastvikt.

Upprepning har varit en slumpmässig variabel. Väder och Hastighet har inte tagits med som en variabel då de ej haft någon effekt på modellen.

Följande hypoteser har testats:

- $H_{0,A}$: Bränsleförbrukningen för fordon Ref 1 med last och fordon ST med diesel med last var lika.
- $H_{0,B}$: Bränsleförbrukningen för fordon Ref 2 med last och fordon ST med diesel med last var lika.
- $H_{0,C}$: Bränsleförbrukningen för fordon Ref 1 utan last och fordon ST med diesel utan last var lika.
- $H_{0,D}$: Bränsleförbrukningen för fordon Ref 2 utan last och fordon ST med diesel utan last var lika.
- $H_{0,E}$: Bränsleförbrukningen för lastat ST-fordon med bränsle RME och diesel var lika.
- $H_{0,F}$: Bränsleförbrukningen för olastat ST-fordon med bränsle RME och diesel var lika.

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Bränsleförbrukning (ml/tonkm) vid jämförelse mellan utförande har förklarats med modellen:

Bränsleförbrukning = Utförande × Fordon × Hastighet

Vid jämförelsen mellan bränslen för ST-fordonet användes modellen:

Bränsleförbrukning = Bränsle

I båda beräkningarna har upprepning varit en slumpmässig variabel. Väder har inte tagits med som en variabel då den ej haft någon effekt på modellen.

Hastighet gav enbart utslag i jämförelsen mellan utförande.

Följande hypoteser har testats:

- $H_{0,A}$: Bränsleförbrukningen för fordon Ref 1 med last och fordon ST med diesel med last var lika.
- $H_{0,B}$: Bränsleförbrukningen för ST-fordonet med bränsle RME och Diesel var lika.

ANALYSRESULTAT

Bränsleförbrukning l/km

Medelbränsleförbrukningen för Referensfordon 1 (Ref1) och Referensfordon 2 (Ref2) var 0,48 l/km medan den var 0,52 l/km för ST-fordonet. ST-fordonet hade alltså en medelbränsleförbrukning som var 0,04 l/km (8 %) högre än referensfordonen.

Tabell 3.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Fordon	Typ	Estimate	Standard Error
Ref1	Last	0,59	0,01
Ref1	Tom	0,35	0,01
Ref2	Last	0,62	0,01
Ref2	Tom	0,35	0,01
ST	Last	0,67	0,01
ST	Tom	0,37	0,01

Tabell 4.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Typ	Fordon1	Fordon2	Estimate	Standard Error	Pr > t
	Last	Ref1	Ref2	-0,03	0,01	0,0322
$H_{0,A}$	Last	Ref1	ST	-0,07	0,02	<0,0001
	Tom	Ref1	Ref2	-0,01	0,02	0,6448
$H_{0,C}$	Tom	Ref1	ST	-0,02	0,02	0,2401
$H_{0,B}$	Last	Ref2	ST	-0,04	0,02	0,0159
$H_{0,D}$	Tom	Ref2	ST	-0,01	0,02	0,4967

Resultatet av analysen visade att nollhypoteserna $H_{0,A}$ och $H_{0,B}$ kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 2 %. Det fanns alltså en signifikant skillnad i bränsleförbrukning (l/km) i bränsleförbrukning mellan referensfordonen och ST-fordonet vid lastkörning. Däremot gick det inte att förkasta nollhypoteserna $H_{0,C}$ och $H_{0,D}$. ST-fordonet hade alltså ej signifikant högre bränsleförbrukning vid tomkörning än de båda referensfordonen.

I den statistiska analysen där bränslena diesel och RME jämfördes var medelbränsleförbrukningen för diesel 0,53 l/km och för RME 0,56 l/km. RME som bränsle ökade alltså förbrukningen med 0,03 l/km (6 %).

Tabell 5.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Typ	Bränsle	Estimate	Standard Error
Last	Diesel	0,68	0,01
Last	RME	0,70	0,02
Tom	Diesel	0,38	0,02
Tom	RME	0,42	0,01

Tabell 6.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Typ1	Bränsle1	Bränsle2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,E}	Last	Diesel	RME	-0,03	0,02	0,2258
H _{0,F}	Tom	Diesel	RME	-0,04	0,02	0,0699

Resultatet av analysen visade att ingen av nollhypoteserna H_{0,E} och H_{0,F} kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 5 %, dock var H_{0,F} nära 7 %. Det gick alltså inte att statistiskt säkerställa att ST-fordonet drog mer bränsle vid körning på RME än diesel, men resultatet indikerade starkt att så vore fallet.

Bränsleförbrukning ml/tonkm

Medelbränsleförbrukningen för ST-fordonet har varit 22,7 ml/tonkm medan den var 23,3 ml/tonkm för referensfordonen. ST-fordonet hade alltså 0,6 ml/tonkm (2,5 %) lägre bränsleförbrukning än referensfordonet.

Tabell 7.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Utförande	Estimate	Standard Error
Konv.	0,0228	0,0010
ST	0,0227	0,0010

Tabell 8.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Utförande1	Utförande2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,A}	Konv.	ST	0,0006	0,0006	0,3591

Resultatet av analysen visade att nollhypotesen H_{0,A} ej kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 5 %. Det fanns alltså ingen signifikant skillnad i bränsleförbrukning (ml/tonkm) mellan ST-fordonet och referensfordonen.

När ST-fordonet körde på diesel så var bränsleförbrukningen 22,6 ml/tonkm medan den vid körning på RME var 24,2 ml/tonkm, vilket är en höjning på 1,6 ml/tonkm (7 %).

Tabell 9.

Respektive fordons medelbränsleförbrukning (Estimate) och medelfel (Standard Error).

Bränsle	Estimate	Standard Error
Diesel	0,0226	0,0008
RME	0,0242	0,0007

Tabell 10.

Skillnad i bränsleförbrukning och hypotestest.

Hypotes	Bränsle1	Bränsle2	Estimate	Standard Error	Pr > t
H _{0,B}	Diesel	RME	-0,0016	0,0006	0,0147

Resultatet av analysen visade att nollhypotesen H_{0,B} kunde förkastas på en signifikansnivå mindre än 2 %. Det fanns alltså en signifikant skillnad i bränsleförbrukning (ml/tonkm) för ST fordonet kört på RME i stället för diesel:

SLUTSATS

- Det var ingen signifikant skillnad i bränsleförbrukning vid tomtransport mellan ST-fordonet och referensfordonen.
- Trots låga lastvikter hade ST-fordonet lägre bränsleförbrukning än referensfordonen, skillnaden var dock ej signifikant.
- ST-fordonet har en signifikant skillnad i bränsleförbrukning mellan RME och diesel. I medeltal förbrukade (ml/tonkm) ST-fordonet 7 % mer med RME som bränsle.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2014

2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2014. Lastindikatorer och lastbärarvågar. 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden. – Utvärdering av skattningar för enskilda träd baserade på markbaserad laserskanning i Sverige. 32 s.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping

- Nr 834 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
- Nr 835 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400. – Chipping of stem wood and partly delimbed energy wood using a large drum chipper, CBI 6400, at a terminal. 12 s.
- Nr 836 Johansson, F., Grönlund, Ö., Von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
- Nr 837 Rytter, L. 2014. Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion. – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
- Nr 838 Skutin, S.-G., Mörk, A., Jönsson, P. & Jonsson, R. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling. – Harwarder with automatic loading and new method of working. 19 s.
- Nr 839 Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. s. 8.
- Nr 840 Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag. – Weight study Part 2. Weighing for transport remuneration.
- Nr 841 Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. – Opsel 1.0: Dataprogram för optimalt urval i skogsträdsförädlingen s. 20.
- Nr 842 Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projektrapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. – Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine. 12 s.
- Nr 843 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – Kunskap slägoch material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materials. 55 s.
- Nr 844 Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubbskörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
- Nr 845 Pettersson, F. 2014. Röjnings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. – Effects of spacing (pre-commercial thinning and thinning) and fertilisation regime (unfertilised/fertilised) on production and economy in Scots pine forest. 69 s.
- Nr 846 Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillsförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. – Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil. 32 s.
- Nr 847 Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? – Larger fuel chips an impossibility. – Biomass Harvest and Drying Training Seminar Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. s. 16.
- Nr 848 Johannesson, T. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. 13 s.

- Nr 849 Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. – Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis. s 10.
- Nr 850 Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut – En studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska. – Information, structure and decisions – a study of the work done by thinning harvesters and combine harvesters.
- Nr 851 Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. Plantval – manual med implementeringsteknisk bakgrund. – Plantval – manual and background to technical implementation. 57 s.
- Nr 852 Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitets-egenskaper – Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
- Nr 853 Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggregat. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvester 10 s.
- Nr 854 Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. Nya produkter från skogsråvara- En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
- Nr 855 Willén, E. & Fridh, L. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 34 s.

2015

- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddeklar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.
- Nr 858 Frisk, M., Rönnqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägrust – Projektrapport. 2015. – Vägrust – Project Report. 54 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Focus Weeks 2014. Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2. 42 s.

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.

Från Skogforsk nr. 859–2015



www.skogforsk.se