

En jämförande kostnadsstudie mellan ETT-fordonet och konventionella grupp-bilar i Norrlands inland

A comparative cost study between the ETT vehicle and a conventional group truck in the inland areas of northern Sweden



Jonas Hamner

Arbetsrapport 30 2014
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Dag Fjeld

En jämförande kostnadsstudie mellan ETT-fordonet och konventionella grupp-bilar i Norrlands inland

A comparative cost study between the ETT vehicle and a conventional group truck in the inland areas of northern Sweden

Jonas Hamner

Nyckelord: Tunga transporter, Tidsstudie, Gille kalkyl, Körhastighet, Lastbil, Timmerbil

Arbetsrapport 30 2014

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E, Examensarbete vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Handledare: Dag Fjeld, SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Examinator: Dan Bergström, SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2014

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Förord

Detta är ett examensarbete i skogshushållning motsvarande 30 högskolepoäng vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sverige lantbruksuniversitet, SLU, Umeå.

Jag vill tacka alla som gjort detta examensarbete möjligt, framförallt uppdragsgivaren Sveaskog. Ett stort tack riktas även till handledaren på Sveaskog, Jeanette Edlund, som genom ett idogt och inspirationsfyllt arbete handledde mig i inledningsfasen av studien. Tack även till Henrik Englund vid Sveaskog som övertog handledarskapet mitt i studien.

Ett stort tack vill jag även rikta till Roland och Conrad vid R & C Johanssons Åkeri AB som både hjälpt mig med olika frågeställningar och låtit mig åka med i lastbilen under tidsstudiearbetet.

Ett varmt tack även till Anders och Ingrid Eklund vid Eklunds Åkeri i Moskosel AB som varit till stor hjälp under arbetets gång.

Även SCA genom Mattias Mörtberg skall ha ett stort tack som tillåtit denna studie inom grindarna till deras industri.

Jag vill även tacka min handledare vid SLU, Dag Fjeld, som med van hand handlett mig genom detta arbete.

Umeå 2014

Jonas Hamner

Sammanfattning

Transportarbetet är en av de tyngsta kostnadsposterna för Svensk skogsbruk, dessutom står dessa transporter för en stor del av näringens koldioxidutsläpp och utsläpp av andra emissioner. Utsläpp som Sverige förbundit sig att minska med 20 % till år 2020.

Sett till dessa problem och krav togs 2006 ett initiativ att söka utveckla transportarbetet genom att öka bruttovikterna per transport. Resultatet av detta initiativ blev ETT-fordonet, En Trave Till, en 30 meter lång fordonskombination med en totalvikt om 90 ton och en lastvikt om 66 ton.

Syftet med denna studie var att jämföra ETT-fordonet mot en konventionell gruppbil i en specifik geografi i norra Norrlands inland med avseende på transportkostnaden för rundvirke. Studien genomfördes enligt följande:

1. En tidsstudie på momenten lastning och lossning genomfördes
2. Faktisk körhastighet ett gruppfordon på valda väglklasser undersöktes
3. Relevanta kostnadsparametrar såsom investerings-, försäkrings-, däckskostnader etcetera uppdaterades.

Dessa data användes sedan för att uppdatera den modell som valts för att simulera kostnaderna: Gille kalkyl.

Resultatet från studien visar att det är 18 % billigare per ton att transportera rundvirke med ETT-fordonet än ett konventionellt gruppfordon vid en transportsträcka om 100 km.

Genomförd känslighetsanalys visar att körhastigheten på sämre väglklasser och möjligheten att nyttja full lastkapacitet är av stor betydelse för att kostnadsskillnaden till ETT-fordonets fördel skall bestå.

Rekommendationen till uppdragsgivaren, Sveaskog, blir att det är värt att satsa på virkesfordon med ökad lastvikt om man säkerställer tänkta rutters vägstandard så full lastkapacitet kan nyttjas och körhastigheten ej nämnvärt sjunker.

Nyckelord: Tunga transporter, Tidsstudie, Gille kalkyl, Körhastighet, Lastbil, Timmerbil

Summary

Transport is a major cost component for Swedish forestry. Transport also makes up a large part of the industry's carbon dioxide emissions, which Sweden is committed to reduce by 20% by 2020. These developments resulted in an initiative in 2006 to increase the gross vehicle weight for logging trucks. The result of this initiative was the ETT-vehicle (ETT: En Trave Till), a 30 meter long articulated vehicle with a gross vehicle weight of 90 tons and payload of 66 tons.

The purpose of this study was to compare the transport costs for an ETT-vehicle to a conventional group logging truck in a specific geography in the inland area of northern Sweden. The study had three parts:

1. A supplementary time study on the loading and unloading of the ETT-vehicle.
2. A supplementary speed study of a group vehicles on selected road classes.
3. Updating of relevant cost parameters such as investment-, operator-, and fuel costs.

The supplemented and updated data was then used to simulate transport costs in a currently available tariff-calculation model called Gille kalkyl.

Results from the study showed that it was 18 % cheaper per ton to transport round wood with ETT-vehicle than a conventional group vehicle at a transport distance of 100 km. A sensitivity analysis showed that travel speed on lower road classes and the ability to utilize the full capacity are key parameters for the difference in cost between the two truck types. The profitability of a transition from conventional 60-ton group trucks to high capacity vehicles such as ETT is dependent on ensuring that prospective routes allow the assumed travel speeds and full load capacity.

Keywords: HCV (High Capacity Vehicles), Time study, Gille kalkyl, driving speed, logging truck, truck

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Utveckling av ETT-fordonet	6
1.3 Teknisk specifikation av ETT-fordonet.....	7
1.3 Syfte.....	8
2. Material och metoder	9
2.1 Introduktion	9
2.2 Modell.....	9
2.3 Uppdatering av kostnadsparametrar	10
2.4 Upprättande av produktionsmodell	11
2.4.1 Tidsstudie lastning i Överkalix och lossning i Munksund.....	11
2.4.2 Ingående beskrivning och förklaring kring momenten i tidsstudien.....	12
2.4.3 Analys av körhastighet beroende på vägklass	13
2.5 Kostnadsmodellering med känslighetsanalys	17
2.6 Statistiska analyser	18
3. Resultat.....	19
3.1 Tidsåtgång för lastning och lossning av ETT-fordonet.....	19
3.2 Hastighet per vägklass	21
3.3 Transportkostnadsfunktioner och känslighetsanalys	23
4. Diskussion	26
4.1 Kritik av studien	26
4.1.1 Indatat	26
4.1.2 Gille kalkyl.....	27
4.2 Resultat	27
4.2.1 Tidsstudie lastning och lossning	27
4.2.2 Hastighet per vägklass	28
4.2.3 Känslighetsanalys	28
4.3 Slutsatser.....	29
Referenslista	31

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Transportarbetet är idag en av de tyngsta kostnadsposterna för Svenskt skogsbruk och står för totalt 25 % av skogsbrukets totala kostnader från stubbe till industri. Denna kostnad har dessutom under den senaste 10-årsperioden ökat med 1-2% per år (Löfroth & Svensson, 2010). Detta beror till största delen av ett ökat dieselpriis. Lastbilstransporterna av rundvirke står även för en stor del av skogsnäringens koldioxidutsläpp och utsläpp av andra emissioner och det är någonting som Sverige förbundit sig att minska med 20 % till år 2020 sett till 1990-års nivåer (Europeiska kommissionen, 2013).

Sett till dessa krav och problem togs år 2006 ett beslut av skogsnäringen och Skogforsk att utveckla transportarbetet genom att öka bruttovikterna per transport och på så sätt minska det totala antalet virkestransporter i landet (Löfroth & Svensson, 2012). Genom samarbete mellan skogsföretag, lastbilstillverkare, åkerier och myndigheter rullade år 2009 den första ETT-lastbilen ut på våra vägar. ETT står för En Trave Till och det är om denna lastbil detta arbete kommer att behandla.

Mellin och Ståhle (2010) har i en framtidsanalys kommit fram till att år 2030 är det ett troligt scenario att andelen långa och tunga transporter ökar och då bör skogsnäringen stå rustade inför detta med utstakade ruttor och väl utbyggt och underhållet eget skogsbilvägsnät som klarar den ökade belastningen.

1.2 Utveckling av ETT-fordonet

Konventionella virkesbilar består normalt av en basbil med tre axlar och ett släp med fyra axlar. Basbilen kan bära en trave rundvirke och släpet bär två travar. Totalt finns idag ca 2000 sådana virkesfordon i Sverige. Maxlängden för virkesfordon är idag 24 m, i vissa fall 25,25 m, och den maximalt tillåtna bruttovikten är 60 ton (Löfroth & Svensson, 2012).

För att kunna öka bruttovikten per transport för att i sin tur minska det totala bruttotransportarbetet krävdes ett gediget utvecklingsarbete. Skogforsk tog tidigt i projektet kontakt med Parator AB som fick i uppdrag att ta fram ritningar för ett fordon med fyra virkestravar. Efter noggranna teoretiska beräkningar på vändradie, vägslitage och andra parametrar ledde Volvo Lastvagnar byggnadsarbetet av lastbilen och i december 2008 stod ett 30 meter långt virkesfordon med en lastkapacitet på 65 ton och en bruttovikt på 90 ton färdigt (Löfroth & Svensson, 2012).

Både längd och vikt på ETT-fordonet överskrider de normalt tillåtna värdena varpå dåvarande Vägverket (idag Transportstyrelsen) utformande en föreskrift för att studier av fordonet i praktiskt arbete skulle vara möjliga att genomföra. Denna föreskrift reglerar bland annat med vilken hastighet och på vilka vägar ETT-fordonet får framföras.

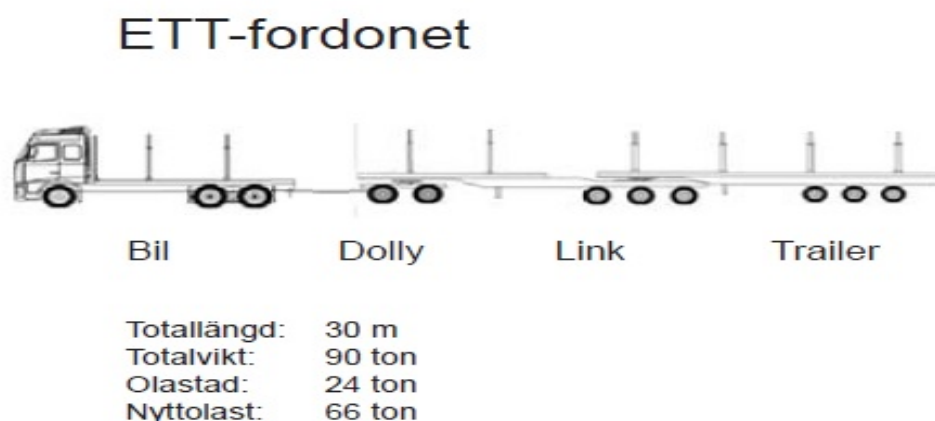
ETT-fordonet körs idag mellan en virkesterminal i Överkalix och SCAs industrier i Munksund, Piteå. Fordonet ägs av R & C Johanssons Åkeri AB i Överkalix och SCA AB är markvärd för hela projektet (Löfroth & Svensson, 2012).

1.3 Teknisk specifikation av ETT-fordonet

Dragbilen för ETT-fordonet är en Volvo FH16, 6x4 (6 hjul, 4 drivhjul). Motorn i lastbilen är en sexcylindrig dieselmotor med 660 hästkrafter (485 kW). Lastbilen är utrustad med Volvos I-shift växellåda vilket är en semiautomatisk växellåda som både kan växlas automatiskt och manuellt. Den automatiska växlingen anpassas efter rådande körförhållanden av växellådans och motorns elektronik. Detta borgar för en effektiv växling vilket i sin tur gynnar en lägre bränsleförbrukning. Lastbilen är även utrustad med ett webbaserat ledningssystem som heter Dynafleet och som administreras och ägs av Volvo Lastvagnar. Detta system gör det möjligt att i realtid följa fordonets körväg och det har bland annat hjälpt till vid uppföljningar kring chaufförernas olika körsätt, bränsleförbrukning, miljöpåverkan, tryck per hjulaxel, med mera. Hela ETT-fordonet är utrustat med en ny teknik som gör att samtliga hjul kan bromsas samtidigt: EBS (Electronic Brake System). Detta system säkerställer att ETT-fordonets bromssträcka inte överskrider ett vanligt 60-tons fordon. Fordonet har även ett vågsystem installerat som gör att föraren enkelt kan kontrollera att rätt totalvikt erhålls och att inte tillåtna axeltryck överskrider (Löfroth & Svensson, 2012).

Studier som tidigare utförts visar att ETT-fordonet i genomsnitt förbrukat 5,4 liter diesel per mil. I dessa siffror ingår både tomkörning och körning med last på sträckan Överkalix-Piteå tur och retur. I mars och juni 2009 samt i oktober 2010 byggdes ETT-fordonet tillfälligt om till ett virkesfordon med kapacitet att frakta tre travar om totalt 60 tons bruttovikt. Då var förbrukningen 4,3 liter diesel per mil. Slutsatsen från denna studie var att ETT-fordonet drar mer diesel än en konventionell virkesbil men att dieselförbrukningen per ton är väsentligt lägre. Om samma mängd virke som körts med ETT-fordonet istället körts med ett konventionellt fordon hade bränsleåtgången varit 20 % högre (Löfroth & Svensson, 2010). Det nya ETT-fordonet, som levereras under våren 2014, är utrustat med hydraulisk framhjulsdraft som automatiskt kopplas in vid behov. Det har en Euro5-motor på 750 hästkrafter och körs på supersingeldäck som är 22,5" vilket inte förväntas ge ökat slitage på befintligt vägnät (Thomas Asp, 2013, Trafikverket, pers. komm.).

De olika modulerna som bildar ETT-fordonet är dragbilen (Volvo FH16), dolly, link och trailer (Figur 1).



Figur 1: Volvo FH16, 6x4, med dolly, link och trailer, totalt en 30 meter lång fordonskombination. (Löfroth & Svensson, 2012).

Figure 1: Volvo FH16, 6x4, with dolly, link and trailer, a 30 meter long vehicle combination. (Löfroth & Svensson, 2012).

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att utföra en jämförande kostnadsstudie mellan ETT-fordonet och en konventionell gruppbil i en angiven geografi under fordonens förväntade livslängd.

Arbetet är uppdelat i tre olika delsyften där varje del är en naturlig följd av varandra och tillsammans skall de bidra till att det övergripande syftet uppfylls.

- I vald modell uppdatera relevanta kostnadsparametrar utifrån intervjuer med i branschen väl insatta personer.
- Upprätta en produktionsmodell genom att utföra tidsstudier på momenten lastning och lossning samt analysera virkesfordons körhastighet i given geografi på givna vägklasser.
- Ta fram kostnadsfunktioner med hjälp av känslighetsanalys och generera jämförande transportkostnadstariff för ETT-fordonet och konventionella gruppilar.

2. Material och metoder

2.1 Introduktion

Studiens genomförande planerades innan verkställandet, detta för att söka undanröja potentiella felkällor och för att arbetet sedermera skulle fortgå utan komplikationer. Upplägget blev sådant att först valdes en produktionsmodell som passade studiens syfte ut. Sedan identifierades vilka data som var väsentliga för vidare analys. Dessa data erhöles sedan antingen genom intervju (kostnadsparametrar) eller fältförsök (tidsstudie på momenten lastning och lossning samt analys av virkesfordonens körhastighet på olika väglklasser) och slutligen uppdaterades vald modell med dessa parametrar, en känslighetsanalys utfördes och resultat erhöles.

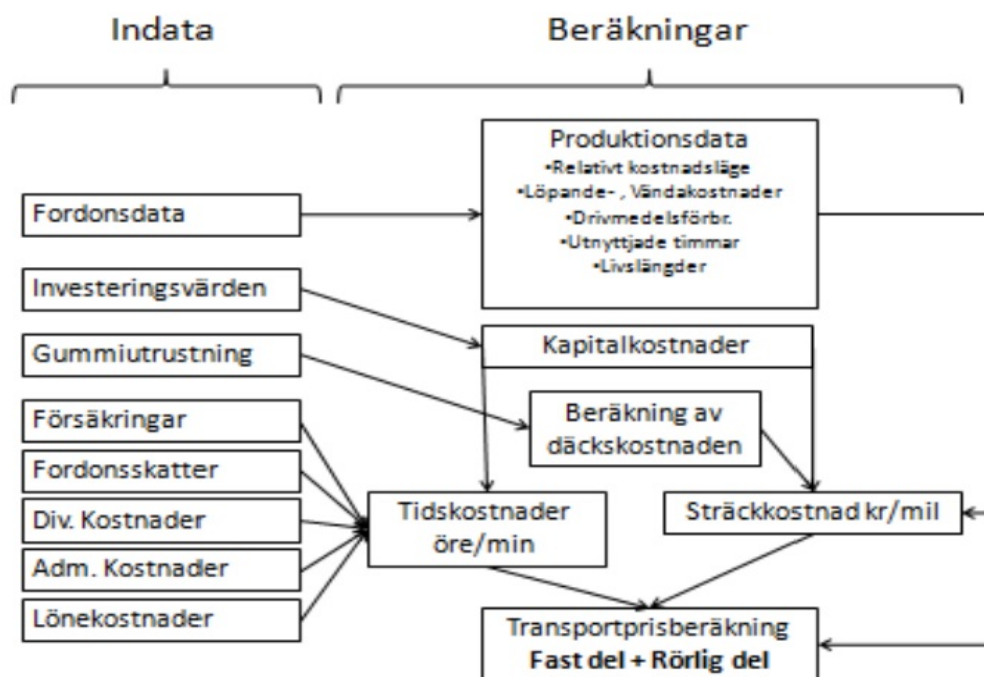
I känslighetsanalysen valdes initialt alla icke fordonsrelaterade kostnadsparametrar bort för att på ett så rättvist sätt som möjligt jämföra fordonstyperna. Med icke fordonsrelaterade kostnadsparametrar menas t.ex. väntetider och avbrott. Det resultat som genereras med dessa kostnader exkluderade är en transportkostnadsfunktion.

I ett senare skede av känslighetsanalysen gjordes även en jämförelse med faktiska vänte- och avbrottstider inkluderade. Denna jämförelse syftade till att söka komma så nära verkligheten som möjligt och resultatet med dessa kostnader inkluderade är en transportkostnadstariff.

2.2 Modell

Den modell som valdes som hjälpmedel för beräkningar/analyser i denna studie var Gille kalkyl. Den valdes på basis av att den på ett lättförståeligt sätt presenterar transportkostnadstariffer och att det är enkelt att på ett överskådligt sätt uppdatera de för studien relevanta parametrarna.

Gille kalkyl är ett kalkylhjälpmedel för lastbilstransporter som är baserat på Microsoft Excel. Kalkylbladet har ett antal huvudposter som fylls i och automatiska uträkningar utföres och resultat kan utläsas omgående (Figur 2, efter Magnusson, 2011).



Figur 2: Beskrivning av uppbyggnaden av Gilles kalkylblad. Uppgifter som matas in under ”indata” genererar ett slutligt transportpris (Magnusson, 2011).

Figure 2: An overview of Gille Kalkyl spreadsheet. Data entered under the “indata kolumn” generates a two-part transportation tariff (Magnusson, 2011).

För genererande av transportkostnadsstariffer (transportprisberäkning i figur 2) för de olika fordonen upprättades två kalkylblad i Excel. Det ena anpassades för ETT-fordonet och det andra för en konventionell gruppbil, posterna i kolumnen ”indata” i figur 2 var det som ändrades.

2.3 Uppdatering av kostnadsparametrar

För att få aktuella kostnader för de olika fordonstyperna gjordes flera intervjuer. Roland Johansson (2013, pers komm.) på R & C Johansson Åkeri AB var behjälplig med uppgifter kring investeringskostnad samt skatt och försäkring för ETT-fordonet och Inrid Eklund (2014, pers komm.) vid Eklunds Åkeri i Moskosel AB bistod med kostnadsparametrarna för en vanlig gruppbil (Tabell 1).

Tabell 1: Specifikation av fasta kostnadsposter för ETT-fordonet och en gruppbil
Table 1: Specification of fixed cost items for the ETT-vehicle

Fasta fordonskostnader	ETT-fordonet (kr)	Gruppbil (kr)
Investeringskostnad	2 774 000	2 300 000
Fordonsskatt	26 401	21 332
Försäkringar, skador	84 000*	82 251**
Summa fasta fordonskostnader (kr)	2 884 401	2 403 583

*35 000 kr lastbil, 29 000 kr släpen, 20 000 kr i självrisk

**34 299 kr lastbil, 6 876 kr släp, 41 076 kr självrisk

För att få tillgång till de senaste siffrorna togs återigen hjälp av Ingrid Eklund, som uppdaterade alla lönekostnader, däckskostnader etcetera till 2014 års siffror. Posterna för

”diverse kostnader” och ”administrativa kostnader” i Gille kalkyl lämnades oförändrade (41 740 respektive 95 260 kr) då dessa bygger på schablonvärden vilka torde ge en mer rättvis jämförelse fordon emellan än att ange kostnaderna för ett specifikt åkeri.

2.4 Upprättande av produktionsmodell

För att på bästa sätt kunna nyttja Gille kalkyl och erhålla rättvisande kalkyler behövde många parametrar uppdateras. Två parametrar som ansågs viktiga att undersöka och uppdatera var hur lång tid det egentligen tar att lasta/lossa ett virkesfordon samt hur fort de i realiteten kör på vägar av olika standard. Det finns sedan tidigare endast några få, t.ex. Nurminen och Heinonen (2007), studier gjorda inom ämnet varför det bedömdes nödvändigt att undersöka detta själv för denna studie.

2.4.1 Tidsstudie lastning i Överkalix och lossning i Munksund

I december 2013 genomfördes en tidsstudie på lastning och lossning av ETT-fordonet. Den mjukvara som användes var en tidsstudiedator av märket Allegro MX med programvaran SDI (Skogforsk Data Information Collecting). Arbetsmoment som ansågs relevanta för studien identifierades och mättes. Tidsstudiemomenten mättes i centiminuter i G_0 -tid, där G_0 är arbetad tid utan avbrott. Centiminuter har räknats om till minuter för denna rapport.

För att få en korrekt jämförelse mellan ETT-fordonet och en konventionell gruppbil så var först syftet att tiden för sista traven vid lastning och kedjespänning inte skulle räknas med. Vid granskning av mätningssatser upptäcktes dock att sista traven alltid tog längre tid och detta beror sannolikt på att man lastar för att komma så nära den högsta tillåtna lastvikten som möjligt. För eliminera denna felkälla användes istället följande formel för att räkna ut medellastningstiden för ett gruppfordon (\overline{LAT}_{gr}):

$$\overline{LAT}_{gr} = 0,75(\sum lat_i)/N \text{ [min/gruppfordon]}$$

\overline{LAT}_{gr} = medellastningstid för gruppfordon i minuter

lat_i = total lastningstid för ETT-fordonet

N = antal upprepningar (10st)

Momentet flytt av separatlastaren \overline{FLS}_{gr} vid lastning av gruppfordon räknades ut enligt:

$$\overline{FLS}_{gr} = 0,67(\sum fls_i)/N \text{ [min/gruppfordon]}$$

\overline{FLS}_{gr} = medelflyttid för gruppfordon i minuter

fls_i = total tid för flytt av ETT-fordonet

N = antal upprepningar (10st)

Lossningsmomentet för gruppfordon räknades ut enligt:

$$\overline{LOT}_{gr} = 0,75(\sum lot_i)/N \text{ [min/gruppfordon]}$$

\overline{LOT}_{gr} = medellossningstid för gruppfordon i minuter

lot_i = total lossningstid för ETT-fordonet

N = antal upprepningar (10st)

Övriga tidsmoment bedömdes ej vara fordonsrelaterade utan dessa fick stå kvar oförändrade vid analyserna.

2.4.2 Ingående beskrivning och förklaring kring momenten i tidsstudien

Ankomst: Denna tidsparameter startades vid samma position vid varje upprepning. Vid industrin i Munksund startades tidtagningen då lastbilen passerade bommen och vid terminalen i Överkalix startades tidtagningen då lastbilen körde in på planen. I parametern ankomst ingår även det arbete som krävs för att göra lastbilen redo för lastning och lossning. Vid terminalen i Överkalix bestod enbart det arbetet i att placera lastbilen i rätt position. Vid varje upprepning var separatlastaren startad och operatören på plats och lastningen påbörjades i princip direkt då lastbilen stannades. Däremot i Munksund så bestod arbetet även i att lossa kedjorna och göra lastbilen redo för lossningen. Momentet avslutades då chauffören öppnade hyttddörren efter att ha lossat och hängt upp alla kedjor.

Väntetid: Tid där lastbilen är redo att antingen lastas eller lossas men där inget av momenten utförs av en eller annan anledning. I Överkalix inleddes momentet då lastbilen ställdes i position och handbromsen slogs i. I Munksund inleddes momentet då chauffören öppnade hyttddörren efter att ha gjort lastbilen redo att lossas.

Lastning: Momentet startades då kranen på separatlastaren började röras. Detta gällde vid lastning av den första traven, den som lastades på bilen. Då de andra tre travarna lastades startades tidtagningen då sista stödbenet på separatlastaren fälldes ner efter genomförd flytt.

Kedjespänning: Tiden i detta moment avser endast den tid det tog för separatlastaren att lyfta kedjorna över virkestraven. Själva spänningen utfördes av hjälpreda vid terminalen och påverkade inte själva lastningen mer än så. Chauffören tog ofta sin 30-minutersrast under tiden lastbilen lastades. Momentet startades då sista knippet på traven lades på och avslutades då kranen blev stilla och stödbenen började hissas upp.

Lossning: Momentet startades då virkestrucken hade sin grip ovanför traven. Momentet avslutades då sista knippet lyftes ovan stakarna.

Tankning: Momentet inleddes då lastbilen stannades vid dieselpump och avslutades då den började rulla därifrån. Momentet innefattar även en del pappersarbete då chauffören skulle fylla i hur många liter som tankades, all tid i detta moment är således inte påfyllning av bränsle.

Avbrott: Momentet inleddes om separatlastare eller virkestruck av någon anledning blev stillastående efter att de inlett sitt arbete.

Förflyttning: Momentet inleddes efter utförd kedjespänning och tiden började räknas då första stödbenet på separatlastaren hissades upp och avslutades då sista stödbenet fälldes ner igen. Vid varje lastning flyttades separatlastaren tre gånger.

Avslutning: Tiden för detta moment började räknas i Munksund då sista knippet lyfts ovan stakarna av virkestrucken. Det avslutades då lastbilen passerat bommen på väg ut från industri. I de fall fordonet skulle tankas så räknas tiden från lossningsplats till bränslepump och från bränslepump till bommen in i detta moment. I Överkalix startade denna tid då sista kedjan spänts runt sista knippet och avslutades då lastbilen passerade ut från terminalen. I momentet ingår pappersarbete i form av ifyllande av vikter samt en beskrivning av väderförhållanden i för dessa punkter avsedda blanketter.

Operatören som ingick i tidsstudien för lastningsmomentet är erfaren, han har arbetat som lastbilschaufför och separatlastaroperatör i över 30 år, och i lossningsmomentet var det blandad erfarenhet hos operatörerna där en var nyanställd och den andra arbetat som truckförare i över fem år (Tabell 2).

Tabell 2: Operatörsbeskrivning och maskintyp vid tidsstudien

Table 2: Description of machines and operators in the time study of loading/unloading

Fordon	Operatörserfarenhet	Antal operatörer	Moment
Volvo FH12, 460 hp separatlastare	+5 år i branschen	1	Lastning
Svetruck TMF	Blandad erfarenhet	2	Lossning

2.4.3 Analys av körhastighet beroende på vägklass

Gille kalkyl beskriver transportmiljön, vägarnas beskaffenhet, i fem klasser (Magnusson, 2011) (Tabell 3).

Tabell 3: Transportmiljön enligt Gille kalkyl (Magnusson, 2011)

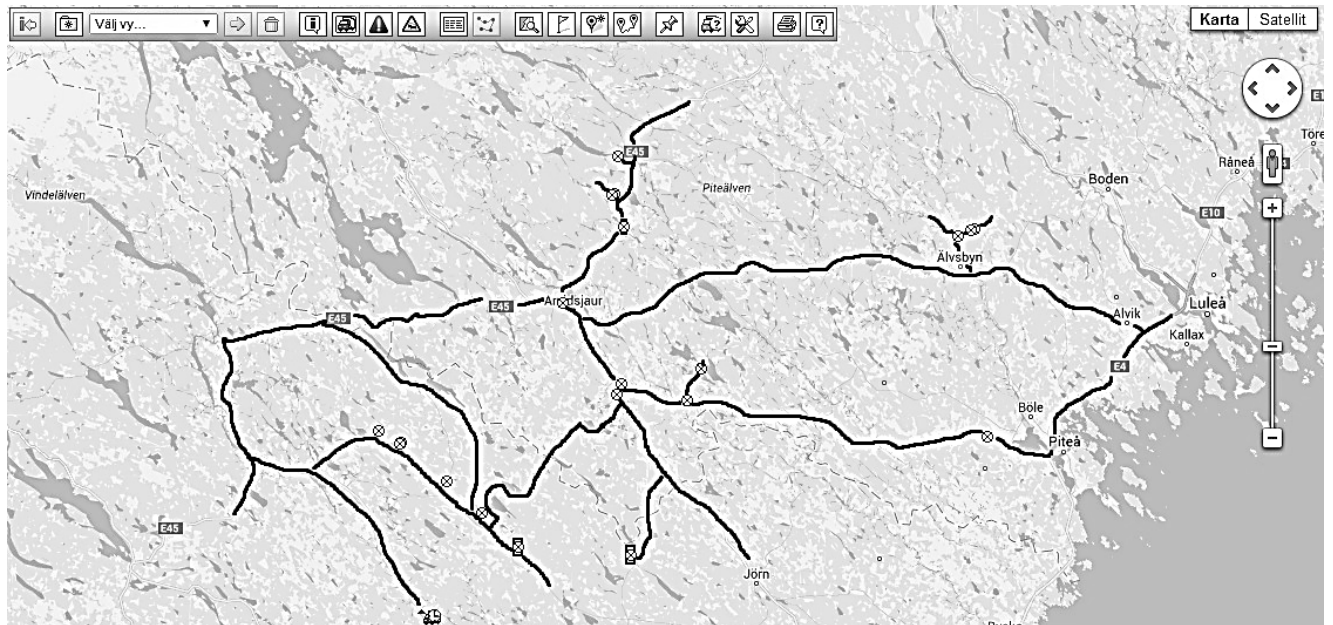
Table 3: Description of transport environments (road class) used in Gille kalkyl (Magnusson, 2011)

Väggklass	Beskrivning
1	Slät, jämn, rak, belagd väg, stigningar mindre än 3 %
2	Slät, jämn, rak, belagd väg, stigningar större än 3 %
3	Ojämn, kurvig, dålig eller ingen beläggning, stigningar mindre än 3 %
4	Ojämn, kurvig, dålig eller ingen beläggning, stigningar större än 3 %
5	Ojämn, kurvig, ingen beläggning, stigning i enstaka fall upp till 12 %. Vägen är ofta ej farbar under tjällossningsperioder (skogsbilväg).

De vägar som hastigheten analyserats på i denna studie ansågs motsvara Gilles vägklasser 1, 3 och 5. I detta arbete benämndes dessa som: asfalt, grusväg och skogsbilväg. Vid beräkningarna ändrades kilometerantalet på Gilles klass 2 och 4 till 0 i kalkylarken. För att kunna modellera kostnader var det viktigt att veta med vilken hastighet ett virkesfordon kan köra beroende på vägens beskaffenhet. Med hjälp av Volvos onlinesystem Dynafleet har detta kunnat låta sig göras. Dynafleet ger via en Telematics Gateway användaren möjligheter att i realtid följa och undersöka fordonens status då de är i produktion längs vägarna (Volvo Lastvagnar, 2014).

I detta försök har spårningsfunktionen i Dynafleet använts, dvs. geofences som är en koordinatsatt GPS-punkt med möjlighet att samla in olika data, placerades ut digitalt i Dynafleets karta efter valda vägsträckor i ett givet område och varje gång lastbilen passerat ett

sådant geofence har en klocka startat och gått tills nästa geofence passerats. Sträckan och tiden mellan geofences har då varit given och således har hastigheten, kilometer per timma, gått att beräkna. För att kunna göra mätningarna i aktuell geografi konsulterades en åkeriägare som är verksam i det aktuella området. Anders Eklund (2013, pers komm.) vid Eklunds Åkeri i Moskosel AB var behjälplig vid utplaceringen av geofences (Figur 3).



Figur 3: Cirklar med kryss i anger geofences. Bilden är ett screenshot från Dynafleet.

Figure 3: The location of the geofences (circles filled with an x) used in the study of driving speed (screenshot from Dynafleet).

Hastighetsmätningarna skedde under daglig produktion med hjälp av två konventionella virkesfordon från Eklunds Åkeri i Moskosel AB. Det är två likvärdiga fordon och anledningen till att två fordon nyttjades var dels att de är av samma fabrikat och modell, de arbetar i samma geografi och bedömningen gjordes att det skulle vara mer tidseffektivt att erhålla önskvärd datamängd med två fordon samtidigt i aktuellt vägnät.

Vägavsnitten mellan geofences delades in i tre väglklasser (Tabell 4). Asfalts- och grusvägar valdes ut på erfarenhetsmässig basis, det vill säga vägar som åkeriet historiskt vet att lastbilarna trafikerar frekvent. Skogsbilvägarna valdes ut genom att stora avlägg lokaliserades och geofences placerades ut på vägavsnitten strax innan avläggen, detta för att minimera risken att lastning skedde mellan två geofences och således radikalt ökade tidsåtgången för passage mellan dessa. En annan anledning till att stora avlägg valdes var även att det skulle generera fler passager per geofence och därmed mindre administrativt arbete att hitta nya avlägg och flytta geofences flera gånger.

Tabell 4: Beskrivning av de olika vägklasserna som användes för att kategorisera vägarna

Table 4: The road classes used with equivalent transport environments with corresponding transport environment (Gille kalkyl) and description

Använda vägklasser	Gille-klass	Typ	Kommentar
1	1-2	Asfaltsväg	Bra asfaltsvägar
2	3-4	Grusväg	Bra grusvägar, s.k. timmerleder
3	5	Skogsbilväg	Vanliga skogsbilvägar av skiftande kvalitet

För att med säkerhet för denna studie kunna räkna ut en medelhastighet bedömdes erfarenhetsmässigt att ett minimum om 30 observationer per vägklass skulle krävas. En observation definierades som då fordonet passerat mellan två geofences och mätresultat erhållits. Geofences nämndes i par eftersom det var tiden och sträckan mellan dem som mättes (Tabell 5).

Tabell 5: Specifikation av mätpunkterna (Geofences) för gruppfordon samt vilken vägklass de tillhör, längden mellan dem och antalet upprepningar per punkt

Table 5: Specification of Geofences used in the study of group truck driving speed with road segment name, class, length and number of observations per geofence

Geofence namn	Vägklass	Gille-klass	Sträcka (km)	Antal observationer
Malåvägen / RV95	1	2	52	33
Malåvägen/Malå				
Tväråsel/Vidspolen	1	2	124	4
Malåvägen/RV95				
RV373/Aborrträsk	1	2	4	10
Malåvägen/RV95				
Tväråsel/Juhlinsvägen	1	2	128	6
Malåvägen/RV95				
RV373/Abborrträsk	1	2	88	18
RV373/Piteå				
E45/Arvidsjaur E45/Lomträsk	1	2	24	11
E45/Arvidsjaur	1	2	25	6
Malåvägen/RV95				
Gråträsk/Byskeälv	2	3	9	2
Byskeälv/Gråträsk				
Malåvägen/RV95	2	3	67	5
Bockträskvägen				
Karolinelund/Bockträskvägen	2	4	15	10
Bockträskvägen				
Malåvägen/Malå	2	3	13	4
Bockträskvägen				
Moskosel/Dammen	2	3	61	14
Eggelats/Moskosel				
Tväråsel/Juhlinvägen	3	5	3	40
Tväråsel/Vidspolen				
Svartselevägen/Avlägg	3	5	6	15
Svartselevägen				
Stormyrtorp/Tjapps	3	5	1	2
Tjapps/Stormyrtorp				
Summa:				
Asfalt		7 fönster	445 km	88 st.
Grusväg		5 fönster	165 km	35 st.
Skogsbilväg		3 fönster	10 km	69 st.
Totalt:		15 fönster	620 km	192 st.

Mätdata i tabellen ovan är utskrivet från Dynafleet och avser transporter mellan 2013-12-05 och 2014-01-17, det vill säga på vinterväglag. Längden på respektive mätdata fördelades enligt följande för vidare analys:

- Asfalt motsvarar 72 % av totala kilometerantalet
- Grusväg motsvarar 26 % av totala kilometerantalet
- Skogsbilväg motsvarar 2 % av totala kilometerantalet.

ETT-fordonet körs endast på vägar som håller Gilles vägklass 1 (E4) och 2 (E10) men medelhastigheten för detta fordon och vägklass har tagit fram på samma sätt som för de konventionella gruppbilarna. Mätdata har däremot hämtats från ett snävare tidsintervall enbart för att mängden data icke blev hanterbar annars. Mätdata vad gäller ETT-fordonets hastighet är hämtat mellan 2013-12-05 och 2013-12-11 (Tabell 6)

Tabell 6: Specifikation av mätpunkterna (Geofences) för ETT-fordonet, vilken vägklass de tillhör, längden mellan dem och antalet upprepningar per punkt

Table 6: Specification of Geofences used in the study of ETT-vehicle's driving speed with road segment name, class, length and number of observations per geofence

Geofence namn	Vägklass	Gille-klass	Kilometer	Antal upprepningar
Överkalix 2/Räktforsen	1	2	20	27
Räktforsen/Töre N E10	1	2	29	28
Töre N E10/Töre	1	2	3	33
Töre/Töre S-E4	1	2	2	34
Töre S-E4/Luleå Notviken	1	1	46	33
Luleå Notviken/N Gäddvik	1	1	3	31
N Gäddvik/S Gäddvik	1	1	3	32
S/Gäddvik/Måttsund	1	1	5	33
Måttsund/Antnäs	1	1	3	33
Antnäs/Höglösmyran	1	1	8	32
Höglösmyran/Rosvik	1	1	6	32
Rosvik/Norrjärden	1	1	10	31
Norrjärden/Boviken	1	1	5	32
Boviken/Exit Piteå Södra	1	1	7	32
Totalt:			150 km	433 st.

Gilles transportmiljötabell ändrades så att längden på varje vägklass motsvarade det resultat som erhöles men det totala transportavståndet bibehölls (Tabell 7).

Tabell 7: Gilles transportmiljötabell i original med antal i kilometer per transportmiljö för att passa denna undersökning inom parentes

Table 7: Transport environment table according to Gille Kalkyl with the distribution of distance to suit this analysis in parentheses

	Totalt trp.avst. (km)					
	20	50	100	150	200	250
Väggklass 1 km.	5(14,4)	24(36)	54(72)	85(108)	111(144)	135(180)
Väggklass 2 km.	4(0)	10(0)	22(0)	33(0)	49(0)	66(0)
Väggklass 3 km.	4(5,2)	7(13)	14(26)	21(39)	28(52)	36(65)
Väggklass 4 km.	3(0)	4(0)	5(0)	6(0)	7(0)	8(0)
Väggklass 5 km.	4(0,4)	5(1)	5(2)	5(3)	5(4)	5(5)

Samtliga operatörer som ingick i studien av körhastigheten hade lång erfarenhet som yrkeschaufförer (Tabell 8).

Tabell 8: Beskrivning av fordon och operatörer i körhastighetsanalysen

Table 8: Description of vehicles and drivers for the study of driving speed

	ETT-fordonet	Konventionell 1	Konventionell 2
Specifikation	Volvo FH16, 660hp	Volvo FH16, 540hp	Volvo FH16, 540hp
Operatörer	2st, båda +5 år som chaufförer	2st, båda +5 år som chaufförer	2st, båda +5 år som chaufförer

2.5 Kostnadsmodellering med känslighetsanalys

För att på ett tydligare sätt åskådliggöra skillnader bestämdes att en känslighetsanalys skulle utföras. Parametrarna som ändrats är valda på grund av att det är troligt att någonting händer med dessa kostnader i framtiden om än kanske inte i samma omfattning som i denna analys. Tanken var dock att få en bra och överskådlig bild över vad som påverkar transportkostnaden mest.

Standardvärden: Den transportkostnad som blir med alla kostnadsparametrar oförändrade från ingångsvärdena. Används som referensvärde för att visa skillnader.

Ökat bränslepris 10 %: Ett troligt scenario är att bränslepriset höjs i framtiden.

Ökad däckskostnad 10 %: Däckskostnaden är en stor kostnadspost för åkerier idag (Ingrid Eklund, 2014 pers. komm.) och därför är det intressant att se hur detta påverkar transportkostnaden

10 % lägre hastighet för ETT-fordonet på vägar i klass 3 och 5: ETT-fordonet har aldrig praktiskt testats i skarp produktion med körning på skogsbilvägar så detta är ett sätt att simulera vad som händer om det inte går att framföra i samma fart som en standard gruppbil.

72 tons totalvikt på ETT-fordonet (minskning med 20 %): En simulering för att undersöka vad som händer om broar etcetera inom arbetsområdet ej klarar av fordonets fulla vikt, 90 ton, så totalvikten måste sänkas.

60 tons totalvikt på ETT-fordonet (minskning med 33 %): En jämförelse för att se vilket betydelse den ökade lastvikten har för transportkostnaden.

Lastnings- och lossningstiderna för båda fordonstyperna ökar med 10 %: Syftar till att analysera om och i så fall hur mycket denna tid inverkar på transportkostnaden.

Ökade lönekostnader med 10 %: Lönerna är en stor kostnadspost för åkerier idag (Ingrid Eklund, 2014 pers. komm) och därför anses denna faktor vara av intresse för studien.

2.6 Statistiska analyser

För analys av insamlat data har Minitab 16 använts. För att tydligt åskådliggöra skillnader och spridning i insamlat data har Boxplot-diagram använts. Boxplot-diagrammen består av en central box som visar kvartilavståndet och ”morrhår” som visar datamängdens första och fjärde kvartil. I den centrala boxen redovisas både median- och medelvärdena för respektive dataset. Författaren har valt att i de allra flesta fall presentera båda dessa värden för att åskådliggöra om det förelåg några drastiska skillnader mellan dem. En stor skillnad mellan dessa värden kan indikera att det funnits många väldigt höga eller väldigt låga mätvärden, så kallade outliers, i datasetet. Medelvärdet påverkas av dessa outliers medan de inte alls påverkar medianvärdet.

I de fall där det var av intresse att presentera en standardavvikelse, s , för något moment har funktionen för basic statistics använts, denna analyserar datasetet och presenterar standardavvikelsen. Standardavvikelse är ett mått på hur mycket de olika värdena i ett dataset avviker från medelvärdet. Om värdena ligger samlade kring medelvärdet blir standardavvikelsen låg och om värdena är spridda, över och under medelvärdet, blir standardavvikelsen hög.

Ett specifikt resultat i tidsstudien föranledde en djupare analys och då gjordes ett One-way ANOVA test för att analysera hur mycket det momentet inverkar på den totala tiden. Ur detta test kan man sedan få ett P-värde och ett R^2 -värde. Ett lågt P-värde, t.ex. 0,01 %, indikerar att det är stor säkerhet i påståendet att sambandet mellan variablerna kan beskrivas rätlinjigt. R^2 -värdet, ofta kallad förklaringsgrad, är en koefficient som anger hur stor del av variationen i den beroende variabeln som kan förklaras av variationer i den oberoende variabeln. Ett R^2 -värde på 100 % indikerar att all påverkan på den beroende variabeln beror på variationerna i den oberoende variabeln.

3. Resultat

3.1 Tidsåtgång för lastning och lossning av ETT-fordonet

Tidsstudien av ETT-fordonet visade att den sista traven (Trave 4) alltid tog längst tid att lasta, i genomsnitt 18 % längre tid än de övriga. Inget mätvärde erhöles i momentet för flytt vid lastning av Trave 1 eftersom ETT-fordonet placerades i lastningsposition direkt (Tabell 9).

Tabell 9: Lastningstid (min) per trave för ETT-fordonet, tid för kedjespänning och tid för flytt angivet i medelvärde och standardavvikelse (s)

Table 9: Loading time per pile (min) for ETT-vehicle, time for chain tension and moving time reported in mean times and standard deviation (s)

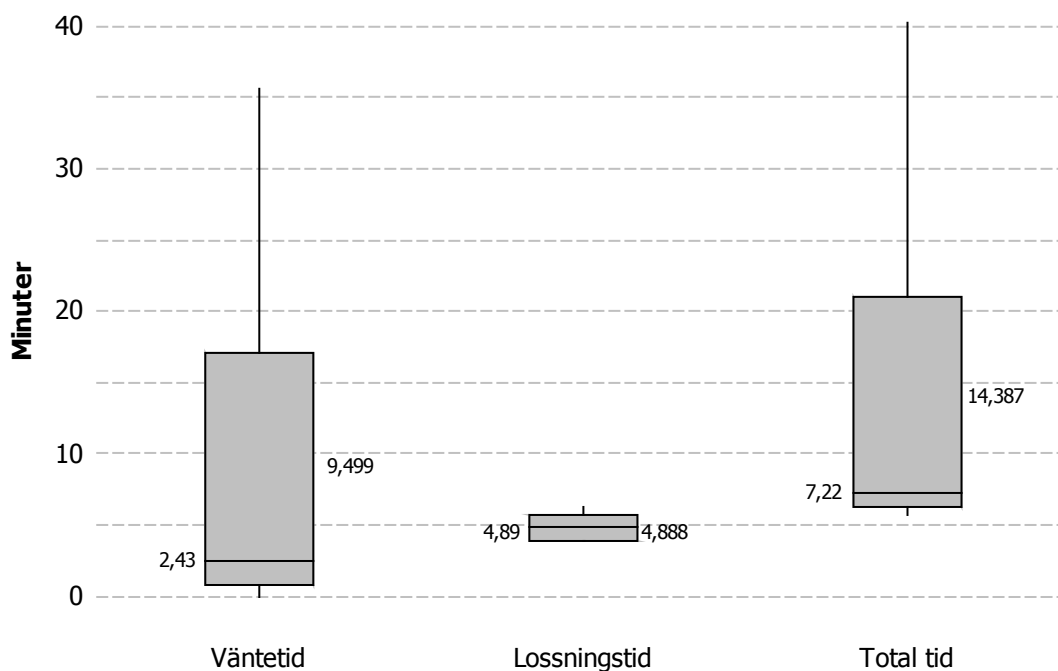
	Lastningstid (min)	s -lastning	Kedjespänning (min)	s -kedjespänning	Flytt (min)	s -flytt
Trave 1	4,15	0,82	0,66	0,33	0	0
Trave 2	4,49	1,36	0,82	0,19	0,52	0,12
Trave 3	4,73	1,64	0,90	0,31	0,60	0,10
Trave 4	5,40	0,79	1,73	1,23	0,59	0,06

Mätresultaten visade att det tar 4,03 minuter längre att lasta ETT-fordonet än ett gruppfordon. Detta innebär 21,5 % längre lastningstid. Lastningstiden per ton är relativt likartad för båda fordonstyperna, det tar bara 0,02 minuter längre tid per ton att lasta gruppfordonet. I procent innebär detta 6 % längre lastningstid (Tabell 10).

Tabell 10: Total lastningstid (min) per fordonstyp, tid för kedjespänning och tid för flytt angivet i medelvärde och standardavvikelse (s)

Table 10: Total loading time (min) per vehicle type with time for chain tensioning and moving time reported for both mean times and standard deviation (s)

	Lastningstid (min)	Kedjespänning (min)	Flytt (min)	s -lastning	Lastningstid/ton (min)
ETT-fordonet	18,77	4,11	1,71	3,35	0,30
Gruppfordon	14,74	2,64	1,14	2,88	0,32



Figur 4: Boxdiagram som visar väntetid, lossningstid och total tid för lossningsmomentet. Strecket i boxen är medianvärdet och det är även specificerat till vänster om respektive box. Till höger om varje box står medelvärde för respektive moment. Undre delen på respektive box är Q1 och övre delen är Q3, strecket är spridningen på observationerna.

Figure 4: Box plots showing the waiting time, unloading time and total time for the unloading operation. The line in the box is the median value, and it is also specified to the left of each box. To the right of each box is the mean value for each part. Lower part of each box is Q1 and the upper part is Q3, the dash is the spread of the observations.

Lossningsmomentet, Figur 4, analyserades sedan medelst ett One-way ANOVA test i MiniTab där syftet var se väntetidens påverkan på totaltiden. Analysen visade att 99,85 % av variationerna i den totala tiden för lossningsmomentet beror av väntetiden ($p=0,028$). Denna upptäckt föranledde att undersöka vilken tid på dygnet det tar längst tid, före eller efter 13:00 på dagen. Av 10 upprepningar så genomfördes sju stycken före 13:00 och tre stycken efter 13:00. Medelvärde av total lossningstid före 13:00 var 15,75 minuter jämfört med 11,21 minuter efter 13:00. Standardavvikelsen före 13:00 var 13,3 minuter jämfört med 7,26 minuter efter 13:00. Detta innebär att det tar 29 % längre tid att lossa före 13:00.

Som väntat tar det längre tid att lossa ETT-fordonet än gruppfordonet. Skillnaden i minuter är 1,22 vilket i uttryckt i procent blir 25. Lossningstiden per ton för båda fordonstyperna är likartad, det skiljer bara 6,7 % till ETT-fordonets fördel (Tabell 11).

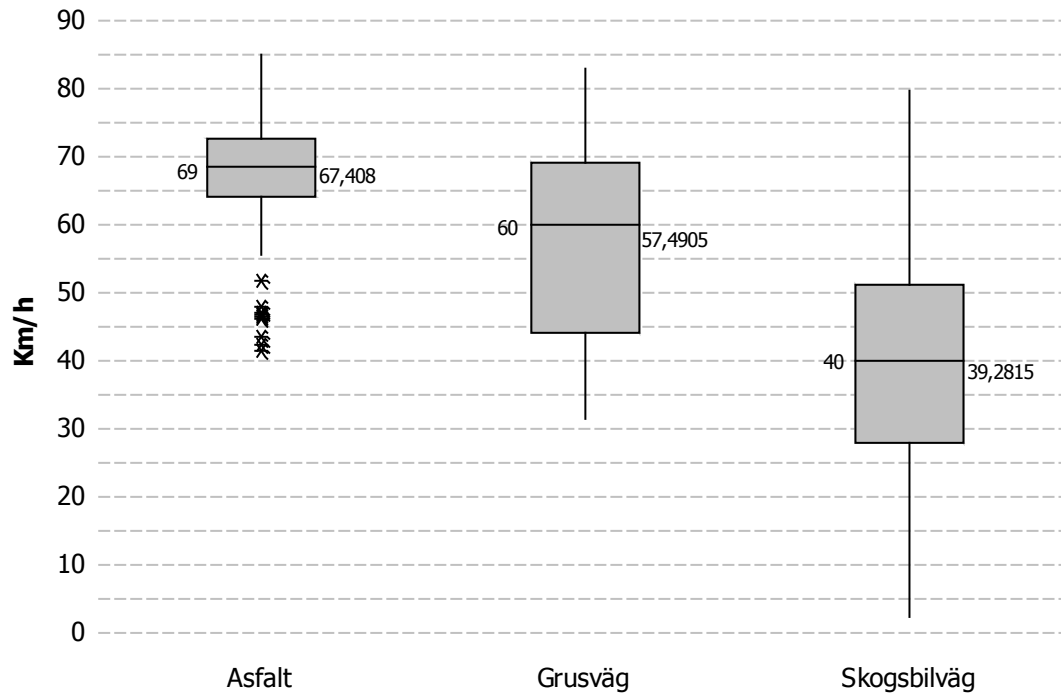
Tabell 11: Medellossningstid per fordonstyp (min), standardavvikelse och tid per ton

Table 11: Mean unloading time (min) per vehicle type, standard deviation and unloading time per ton

	Lossningstid (min/fordon)	s	Lossningstid (min/ton)
ETT-fordonet	4,89	0,892	0,075
Gruppfordon	3,67	0,669	0,080

3.2 Hastighet per vägklass

Medelhastigheten för båda gruppfordonen i studien är 67 km/h på asfalt, 57 km/h på grusväg och 39 km/h på skogsbilväg. Spridningen mellan observationerna är störst vid körning på skogsbilväg (Figur 5).

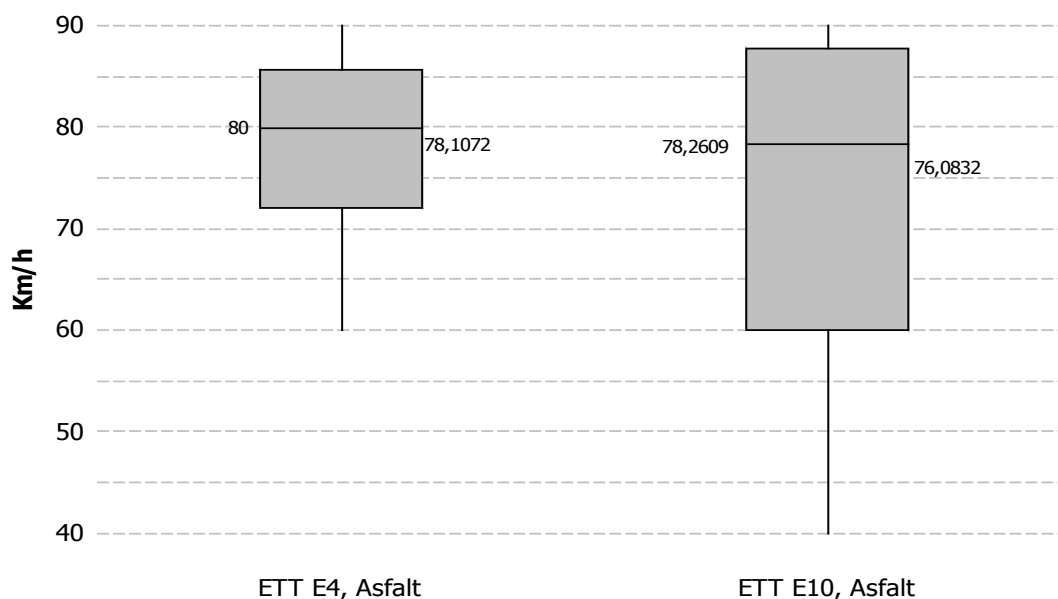


Figur 5: Boxdiagram som visar uppmätt hastighet per vägklass (asfalt= klass1, grusväg= klass 2, skogsbilväg=klass 3) för båda gruppfordonen i studien. Strecket i boxen är medianvärdet och det är även specificerat till vänster om respektive box. Till höger om varje box står medelvärdet för respektive moment. Undre delen på respektive box är Q1 och övre delen är Q3, strecket är spridningen på observationerna.

Figure 5: Box plots showing the measured speed per road class class (asfalt=class 1, grusväg=class 2, skogsbilväg= class 3) for group vehicles included in this study. The line in the box is the median value, and it is also specified to the left of each box. To the right of each box is the mean value for each part. Lower part of each box is Q1 and the upper part is Q3, the dash is the spread of the observations.

Resultaten från Figur 5 är logiska: Ju bättre väg desto högre hastighet och mindre differens mellan observationerna. Det utmärkande är dock att median- eller medelhastigheten ej når över 70 km/h på asfaltsvägarna. I jämförelse med ETT-fordonets hastighet i medeltal för körning på asfaltsväg är detta resultat 12,6 % lägre.

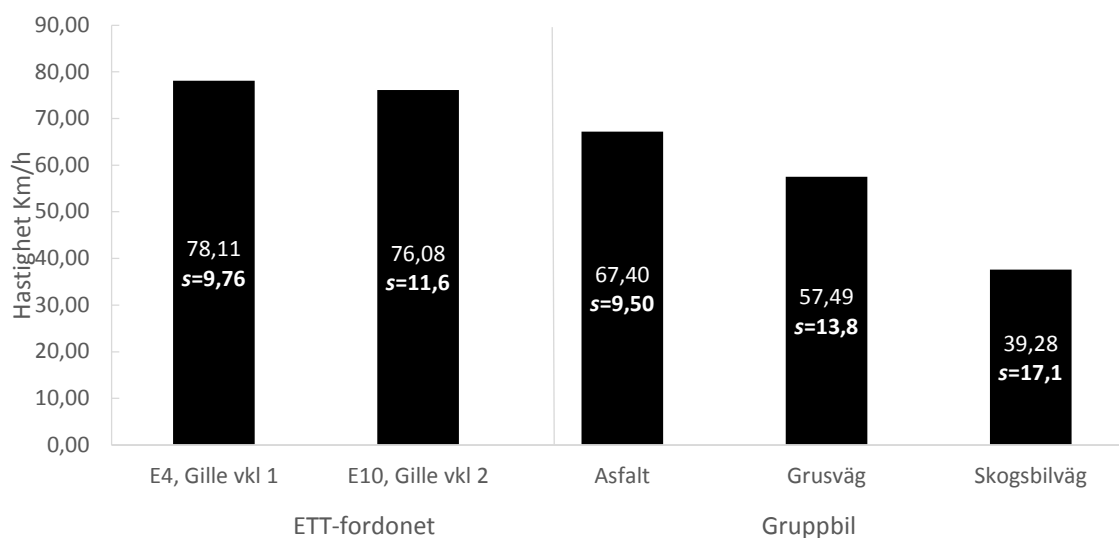
Hastigheten för ETT-fordonet (Figur 6) visas genom att observationerna för E10 (Gille vägklass 2) respektive E4 (Gille vägklass 1) särskiljs. Vägklass 2 visar sig i denna analys vara något långsammare, 2,6 %, men uppvisar framförallt en betydligt större spridning mellan observationerna, något som kan tyda på en sämre vägstandard eller geofences utplacerade på vägvagnsnitt med olika former av hinder (kurvor, branter, etcetera).



Figur 6: Boxdiagram som visar uppmätt hastighet för ETT-fordonet på asfaltsväg. Strecket i boxen är medianvärdet och det är även specificerat till vänster om respektive box. Till höger om varje box står medelvärde för respektive moment. Undre delen på respektive box är Q1 och övre delen är Q3, strecket är spridningen på observationerna.

Figure 6: Box plots showing the measured speed for the ETT-vehicle on asphalt roads. The line in the box is the median value, and it is also specified to the left of each box. To the right of each box is the mean value for each part. Lower part of each box is Q1 and the upper part is Q3, the dash is the spread of the observations.

Medelhastigheten för respektive vägklass och fordonstyp (Figur 7) visar att ETT-fordonet framförs med en högre hastighet än en konventionell gruppbil och ligger väldigt nära maxhastigheten om 80 km/h.



Figur 7: Medelhastigheten för alla fordonstyper per vägklass i km/h. För ETT-fordonet delas vägklass 1 upp efter mätningarna på E10 och E4 för att göra jämförelsen mer rättvis. I staplarna syns medelhastighet samt standardavvikelsen för observationerna.

Figure 7: The average speed for both vehicle types per road class in km/h. For the ETT-vehicle the road class 1 is shown for two roads (E10 and E4). Both mean speed and standard deviation are specified.

Figur 7 visar också att standardavvikelseerna för observationerna ökar då vägklassen blir sämre. Detta indikerar att det är svårare att hålla jämn och hög körhastighet om vägstandarderna är låga.

3.3 Transportkostnadsfunktioner och känslighetsanalys

Efter inmatning av de olika mätvärdena från hastighetsanalys och tidsstudie i Gille kalkyl genererades två transportkostnadsfunktioner som fick agera referensvärden vid senare känslighetsanalys. Kostnadsfunktionerna består av två delar: den första delen är en fast del och den andra är en rörlig del.

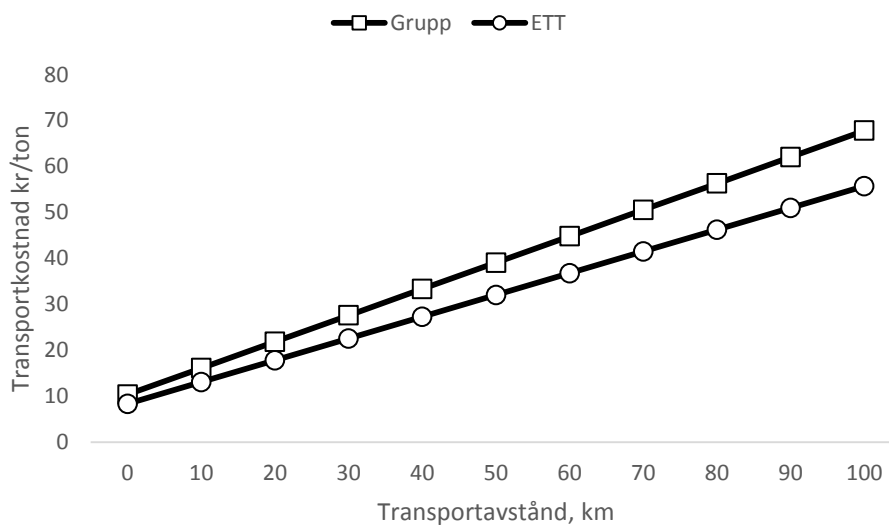
Gruppfordonets standard transportkostnadsfunktion såg ut såhär:

$$\frac{kr}{t} = 10,3714 + 0,57454 \times km [kr/ton]$$

ETT-fordonets standard transportkostnadsfunktion såg ut såhär:

$$\frac{kr}{t} = 8,3440 + 0,47394 \times km [kr/ton]$$

Vid ett transportavstånd om 0 km är skillnaden mellan fordonen 2,03 kr lägre, 20 %, till ETT-fordonets fördel. Vid 100 km transportavstånd är skillnaden mellan standardfunktionerna 12,13 kr lägre, 18 %, för ETT-fordonet (Figur 8).



Figur 8: Jämförelse mellan fordonstypernas standard transportkostnadsfunktioner och transportkostnadens utveckling (kr/ton) under ett ökat transportavstånd (km).

Figure 8: Comparison of the standard transport cost functions for the two vehicle types with transport cost development (kr/t) over varying transport distances (km).

Känslighetsanalysen visade sedan att vid ett ökat bränslepris om 10 % blev det 12,55 kr/ton billigare att köra rundvirke med ETT-fordonet. Det är en skillnad på 3,46 %.

Om man antog att ETT-fordonet körde 10 % långsammare än en gruppbil på vägklass 3 och 5 visade känslighetsanalysen att det kostade 11,49 kr/ton vilket är en skillnad på 5,2 % jämfört mot standardvärdet.

När totalvikterna för ETT-fordonet ändrades till 72 respektive 60 ton märktes den största

skillnaden i transportkostnaden. Vid en totalvikt om 72 ton blev det 2,99 kr/ton dyrare att transportera rundvirke med ETT-fordonet och vid en totalvikt om 60 ton blev det hela 21,99 kr/ton dyrare. Detta motsvarar en 24,65 respektive 181,29 % dyrare transport än med en konventionell gruppbil.

Avslutningsvis så gjordes en jämförelse där alla parametrar från tidsstudien, utom tankningsmomentet, inkluderas i Gille-kalkyl för båda fordonstyperna för att få en jämförelse så nära verkligheten som möjligt. Denna jämförelse visade att ETT-fordonet var 15,93 kr billigare per transporterat ton vilket ger en 31,33 % billigare transport (Tabell 12).

Tabell 12: Kostnadsfunktionen för respektive fordon med känslighetsanalys för att visa skillnader mellan fordonen och vilka faktorer som påverkar transportkostnadsfunktionen mest. Alla kostnader är räknade på ett köravstånd om 100 km

Table 12: Cost functions for each vehicle type and sensitivity analysis to show differences between the vehicles and the factors that affect transportation cost funktion the most. All costs are calculated on a driving distance of 100 km

Indata	Konventionell gruppbil kr/t	ETT-fordonet kr/t	Skillnad kr/t	Relativ skillnad %	Funktion gruppbil kr/t	Funktion ETT-fordon kr/t
Standardvärden	67,97	55,84	12,13	100 %	10,3714+0,57454km	8,3440+0,47394km
Ökat bränslepris 10 %	70,23	57,68	12,55	103,46 %	10,6099+0,59475km	8,5117+0,49064km
Ökad däckskostnad 10 %	68,05	55,94	12,11	99,84 %	10,3692+0,57538km	8,3411+0,47495km
10 % lägre hastighet för ETT-fordonet på vägklass 3 och 5	67,97	56,48	11,49	94,72 %	10,3714+0,57454km	8,3561+0,48013km
72 ton totalvikt på ETT-fordonet	67,97	70,96	-2,99	-24,65 %	10,3714+0,57454km	11,3016+0,59518km
60 ton totalvikt på ETT-fordonet	67,97	89,96	-21,99	-181,29 %	10,3714+0,57454km	15,0155+0,74764km
Ökad tid för lastning och lossning med 10 %	68,26	56,12	12,14	100,08 %	10,6684+0,57449km	8,6309+0,47389km
Ökade lönekostnader med 10 %	70,07	57,37	12,70	104,70 %	10,7807+0,59134km	8,6814+0,48575km
Alla parametrar i tidsstudien inkluderade	74,90	58,97	15,93	131,33 %	15,4665+0,56201km	11,5350+0,47335x

4. Diskussion

4.1 Kritik av studien

Syftet med denna studie var att analysera hur ETT-fordonet, rent ekonomisk, presterade i daglig produktion jämfört med ett konventionellt virkesfordon som körs i grupp. Eftersom ETT-fordonet i dagsläget inte får avvika från sin förutbestämda rutt mellan virkesterminalen i Överkalix och industrin i Piteå så var en stor del av indata tvunget att simuleras baserat på parametrar tagna från vanliga virkesfordon. Det mest önskvärda hade naturligtvis varit att kunna jämföra fordonen i praktisk drift i den miljö man nu önskar undersöka. Detta hade drastiskt minimerat risken för eventuella felkällor.

Studiens upplägg fick revideras efter några månaders arbete vilket medförde vissa förseningar och problem. Det initiala studieupplägget var att göra en tidsstudie på det nya ETT-fordonet som skulle ha levererats under tidig höst 2013 samt ett följefordon bestående av den Volvo FH16 som idag drar dolly, link och trailer och istället låta den dra ett fyraxligt gruppbilssläp. Om det varit genomförbart hade tidsstudien gått att göra på båda fordonstyperna parallellt vilket hade medfört att studien haft tillgång till mätdata gällande lastning och lossning för båda fordonstyperna.

Även analysen av körhastighet hade blivit mer tillförlitlig då båda fordonen hade anslutits till Dynafleet och körts på samma vägsträcka och passerat samma geofences. Då hade det varit möjligt att få en mer exakt skillnad i körhastighet fordonen emellan.

Eftersom inte det nya ETT-fordonet levererades i utsatt tid fick arbetsgången revideras och en stor del av indata fick simuleras och baseras på antaganden. Detta kan ha haft inverkan på resultatens precision.

4.1.1 Indatat

Kvaliteten på det indata som används i studien får anses som god vad gäller tidsstudien på lastning och lossning för ETT-fordonet. Momenten i tidsstudien var väl avgränsade och det uppstod aldrig några komplikationer under tidsstudien som ledde till handhavandefel, t.ex. feltryckningar, vid användandet av tidsstudiedatorn. Däremot så kanske de simulerade tiderna för gruppfordonet blev något schablonmässiga då de räknats ut enligt formler som ger 75 % tid för momenten lastning, lossning och flytt (avsnitt 2.4.1). Dock bör inte tillvägagångssättet leda till direkta felaktigheter eftersom det är tre istället för fyra travar som lastas och momenttiden var relativt likartad. Resultatet visar även att dessa formler är användbara eftersom de gav nära 22 % snabbare tid vid lastning eftersom det var tre travar istället för fyra som lastas. En tid som kan anses vara rimlig.

Vad gäller lossningen så sker denna med en stor virkestruck som lyfter av en trave åt gången. Att här använda samma formel, som ger 75 % tid för momentet, torde komma relativt nära sanningen för tiden det tar att lossa ett gruppfordon eftersom lossningsmomentet för varje trave var likartat och formeln syftar till att räkna på lossningstid för tre istället för fyra travar. Momentet flytt vid simuleringen av lastning av gruppfordon simulerade med en formel som gav 67 % av flytt-tiden vid lastning av ETT-fordonet. Denna formel användes för att separatlastaren enbart behöver flyttas två gånger vid lastning av tre travar medan den måste flyttas tre gånger för att lasta fyra travar. Lastning av första traven renderade aldrig i en flytt. Även denna formel får anses ge godtagbart data.

Mätningarna av körhastigheten på olika väglklasser får ses som något av ett pilotprojekt, det har inte gått att hitta en studie som gjorts på liknande vis. För ETT-fordonet torde hastigheterna vara väldigt nära sanningen eftersom detta fordon inte får avvika från förutbestämd rutt. För de konventionella virkesfordonen är situationen annorlunda och väldigt många fullständigt orimliga hastigheter erhöles, t.ex. att det skulle ta 23 timmar att köra 2 km. Då har helt enkelt chaufförerna valt en annan väg och bara passerat en mätpunkt. Men vid granskning av hela datasetet var dessa avvikande värden lätta att hitta och eliminera, detta var möjligt eftersom så pass många upprepningar per geofönster gjordes så tendenserna per vägvagnsnitt utkristalliserades på ett bra sätt.

Valet av vägvagnsnitten som skulle ingå i studien skedde enbart erfarenhetsmässigt och inomhus. Ett mer korrekt förfarande hade kanske varit att åka runt och verkligen vara mån om att vägvagnsnitten ligger inom de ramar som Gille kalkyl anger i tabellen för vägstandarder. Eftersom vägvagnsnitten ej besökts finns risken att det är betydligt backigare och kurvigare än vad klassificeringen i denna studie antyder. Här finns stora utrymmen för vidare undersökningar vad gäller lastbilstransporter av virke.

Uppdateringen av olika kostnadsposter är gjorda med dagsaktuella siffror erhållna från i branschen väl insatta personer och får anses vara av god kvalitet.

4.1.2 Gille kalkyl

Att uppdatera olika kostnadsposter i Gille kalkyl innebär inga problem. Att däremot ändra i produktionsmodellerna är betydligt mer förenat med osäkerhet. T.ex. gick det inte ändra bränsleförbrukningen på ett enkelt sätt utan det i sin tur är funktion av vikt och andra parametrar. I samråd med handledare bedömdes vilka poster som skulle ändras och vilka som fick stå kvar oförändrade. Alla övriga kostnadsparametrar som rör uppställningsplats, motorvärmare, marknadsföring, etcetera är oförändrade ingångsvärden.

De poster som rör tidsåtgång för lastning och lossning var oproblematisks att ändra. Den tid som angavs där är den faktiska tiden för momenten - inte totaltiden. Detta för att bedömningen gjordes att väntetid och diverse administrativa uppgifter ej är av intresse då syftet var att jämföra två fordonstyper. Dock gjordes en analys med alla tidsparametrar inkluderade, exklusive tankning, för att söka komma så nära verklig en transportkostnadstariiff som möjligt. Resultatet från denna analys syns som sista rad i Tabell 12.

4.2 Resultat

4.2.1 Tidsstudie lastning och lossning

Resultaten från tidsstudien är de förväntade: Det tar längre tid att lasta och lossa ETT-fordonet än en konventionell gruppbil. Att den fjärde och sista traven tar längre tid att lasta än de föregående tre bör gå härleda till att man vid lastning av den sista på marginalen vill balansera totalvikten så nära den högsta tillåtna som möjligt varpå man lastar stock för stock på slutet för att komma så nära som möjligt, något som naturligtvis tar lite extra tid. Lastningstiden i denna studie är längre än den som Nurminen och Heinonen (2007) kommit fram till, de har en total lastningstid på 11,3 minuter för en kranbil och denna studie presenterar ett resultat på 14,7 minuter för ett gruppfordon. Nurminen och Heinonen (2007) har dessutom med fler parametrar i sin tidsstudie än vad som ingår i denna. Bland de moment

som skiljer sig åt kan nämnas ”körning utan last”, ”körning mellan planer”, ”körning med full last”, ”annan körning” och ”förseningar”. De har även delat in själva lastningsmomentet i flera parametrar, bland andra ”förberedelse” och ”datakommunikationer och pappersarbete”. Man kan anta att Nurminen och Heinonens (2007) tidsstudie är mer exakt än vad tidsstudien utförd inom ramarna för denna studie är eftersom att de har mer parametrar och således är det möjligt att på ett mer noggrant vis sortera ut exakt det data man är intresserad av att för stunden analysera.

Vad gäller lossningen så kan man utan att tveka säga att väntetiden är vad som har störst betydelse för den totala tiden av momentet. Själva lossningsmomentet sker med en stor truck som lyfter hela virkestraven och detta moment skiljde sig väldigt lite åt i de 10 upprepningarna. Det som fick tidsåtgången att variera var väntetiden samt om tankning skedde eller ej. Dock har tankningsmomentet utelämnats helt ur denna studie då det inte bedömdes som intressant och tidsåtgången är väldigt beroende av tankstorlek, utformning på tankstället, etcetera. I jämförelsen mellan fordonen har även väntetiden exkluderats och motiveringen till detta är att det är två fordon som skall jämföras och väntetiden är beroende av utomstående faktorer vilka får anses relativt slumpartade (t.ex. virkestrucksoperatörens matrast eller eventuell köbildning). Att väntetiden vid lossning har betydelse tar även Nurminen och Heinonen (2007) upp i diskussionen i deras studie. De resultat som framkommit gällande väntetiden bör kunna ligga till grund för att arbetet att minimera denna intensifieras.

4.2.2 Hastighet per vägklass

Här kom det mest oväntade resultatet i undersökningen. Att snitthastigheten på vägklass 1 i den valda geografien för ett konventionellt virkesfordon visade sig vara nästan 10 km/h lägre än för ETT-fordonet. Detta tyder på att de valda vägarna i klass 1 mest troligt är väsentligt sämre än den klassificering de fått. Vad gäller ETT-fordonets hastigheter så bedömer författaren subjektivt att E10 är betydligt sämre än E4 men ändå var skillnaden i körhastighet mellan dessa vägar endast 2 km/h i medeltal till E4:as förmån. Att genomsnittshastigheten ligger så nära maxhastigheten på 80 km/h indikerar att vägstandarden är god och att vägen är fri från hinder.

I Gille kalkyl användes enbart siffrorna från de konventionella virkesfordonen och i ursprungsläget angavs samma körhastighet för båda fordonstyperna. Vid jämförelse med Nurminen och Heinonen (2007) så visar det sig att båda studierna har samma klassificering av vägarna (asfalt, grusväg och skogsbilväg) men denna studie har kommit fram till en betydligt högre körhastighet för respektive klass: 1,22 km/h högre för asfaltväg, 30,49 km/h högre för grusväg och 30,28 km/h högre för skogsbilväg. Det man då skall ta i beaktande är att denna studie inte har gjort skillnad på körning med eller utan last vilket Nurminen och Heinonen (2007) gjort, något som förvisso hade varit intressant att veta, men en grov uppskattning är att 50 % av körningarna sker med full last eftersom geofences är lokaliserade på sådant vis att de skall passeras med både tomt och lastat fordon. En anledning till dessa skillnader kan vara bättre vägar i den geografi där denna studie ägt rum.

4.2.3 Känslighetsanalys

Hela studien syftade till att presentera ett resultat i form av transportkostnadsfunktioner som jämförelse mellan fordonstyperna. För att än tydligare visa eventuella skillnader utfördes en känslighetsanalys och denna visade att ETT-fordonet är billigare än en konventionell gruppbil per transporterat ton. Den enskilt viktigaste faktorn för detta resultat är den större lastvikten.

När parametrarna som styrde högsta tillåtna bruttovikt ändrades så blev resultatet ett helt annat nämligen att det blev 2,99 kr/ton dyrare att köra med ETT-fordonet om dess högsta tillåtna bruttovikt ändrades till 72 ton. Ändrade man till samma bruttovikt, 60 ton, för båda fordonstyperna blev det 21,99 kr/ton dyrare att transportera rundvirke med ETT-fordonet. Detta finner man stöd för även i andra undersökningar, bland annat har Gröndahl (2012, sid 39-41) gjort en liknande jämförelse där resultatet överensstämmer med resultatet i denna studie. Körhastigheten för ETT-fordonet på vägklass 3 och 5 var den faktor förutom totalvikten som påverkade transportkostnaderna mest, 5,28 % relativt sett. Då kostnadsposterna ändrades lika mycket för varje fordonstyp blev skillnaderna per transporterat ton i princip konstanta.

En analys gjordes dock där alla parametrar i tidsstudien inkluderas i Gille-kalkyl. Detta för att söka komma så nära verkligheten som möjligt. När väntetid med mera hade inkluderats uppvisades ett resultat som säger att ETT-fordonet är 15,93 kr/ton eller 31,33 % billigare vid ett transportavstånd om 100 km.

Det man måste ta i beaktande är att transportkostnadsfunktionerna är lägre i denna studie än vad de skulle varit om samtliga parametrar utformats utifrån ett prispförhandlingsperspektiv. Som exempel kan nämnas schablonkostnaderna för uppställningsplats och att tiderna som avser lastning och lossning endast inkluderar den faktiskt arbetade tiden och inte väntetiden. Att dessa terminaltider är relativt låga jämfört med ingångsvärdena hade stor inverkan på transportkostnadsstariffen, vilket också syns i Tabell 12. Transportkostnadsstarifferna sjönk drastiskt från utgångsvärdet även av det faktum att andelen skogsbilväg (vägklass 5) och grusväg (vägklass 3) är betydligt mindre i denna studie än i originalutförandet av Gille kalkyl. Även körhastigheten på de sämre vägklasserna är högre i denna studie vilket också bidrog till att tarifferna blev låga.

4.3 Slutsatser

ETT-fordonet är mer ekonomiskt fördelaktigt att använda än en konventionell gruppbil om man säkerställer att den fulla lastkapaciteten kan nyttjas. Lastning och lossning tar i medeltal 21,5 respektive 25 % längre tid för ETT-fordonet, detta till trots visar analysen att kostnaden per transporterat ton blir 18 % lägre. Däremot sjunker lönsamheten radikalt om maximal bruttovikt ändras till t.ex. 72 ton för ETT-fordonet.

Studien visar även att uppmätta körhastigheter skilde sig från de ingångsvärden som finns i Gille kalkyl. Körhastigheten på asfalt var i denna studie 14 % lägre, för grusväg var hastigheten 7 % lägre medan resultatet för körning på skogsbilväg gav 25 % högre hastighet. Detta beror sannolikt på att vägurvalet i denna studie inte varit tillräckligt noggrant eller så måste vägklasserna i Gillekalkyl uppdateras.

Ytterligare studier på både ETT-fordonets men även konventionella virkesfordons körhastighet på vägar av olika klassning är en förutsättning för att framtida analyser skall kunna utföras med en högre precision.

Rekommendationen till Sveaskog blir att satsa på längre och tyngre fordon för virkestransporter med tanke på den lägre transportkostnaden (31,33 % med alla parametrar

inräknade) som erhålls. Innan eventuell investering görs så måste dock tänkt geografi noga analyseras med avseende på vägarnas beskaffenhet. Detta så den högre nyttolastvikten dessa fordon kan bära verkligen utnyttjas samt att vägarnas standard inte medför att körhastigheten menligt minskar då även detta visat sig vara av betydelse för transportkostnaden.

Referenslista

Europeiska kommissionen. 2013. EU överväger tuffare utsläppsmål. Tillgänglig:

http://ec.europa.eu/news/environment/100527_sv.htm 2013-09-19

Gröndahl, T. 2012. High Capacity Transports. Fallstudier: Ekonomiska och miljömässiga jämförelser mellan HCT, konventionell lastbil och järnväg. KTH, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad (ABE), Transportvetenskap, Trafik och logistik.

Löfroth, C. Svensson, G. 2012. ETT – modulsystem för skogstransporter – En Trave Till (ETT) och Större Travar (ST). Skogforsk, Arbetsrapport nr. 758. Uppsala.

Löfroth, C. Svensson, G. 2010. Två år med ETT: mindre CO₂-utsläpp och färre virkesfordon på vägarna. Resultat Skogforsk nr. 17. Uppsala

Magnusson, A. 2011. Ekonomisk värdering av användandet av underbett på timmerbilar. SLU. Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport nr: 338 2011.

Mellin, A. Stähle, J. 2010. Omvärlds och framtidsanalys – längre och tyngre väg- och järnvägsfordon. VTI Rapport 676.

Nurminen, T. Heinonen, J. 2007. Characteristics and Time Consumption of Timber Trucking in Finland. Silva Fennica 41 (3): 471-487

Volvo Lastvagnar. 2014. Ett komplett system – oavsett lastbil. Tillgänglig:

<http://www.volvotrucks.com/trucks/sweden-market/sv-se/services/dynafleet/Pages/Howitworks.aspx> 2014-02-03.

Personlig kommunikation

Asp Thomas, Trafikverket. 2013-10-30.

Cider Lennart, Volvo lastvagnar. 2013-10-01.

Eklund Anders, Eklunds Åkeri i Moskosel AB. 2013-12-12

Eklund Ingrid, Eklunds Åkeri i Moskosel AB. 2014-02-17

Johansson Roland, R&C Johanssons Åkeri. 2013-12-12