



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Slutrapport Duo2-Trailer



Författare: Lennart Cider & Sara Ranäng

Datum: 2014-02-10

Delprogram: Transporteffektivitet

Projekt Duo Trailer

Projekt Duo2 - Energieffektiva fordonskombinationer

2010-02849

2010-01342

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	4
3. Syfte.....	6
4. Genomförande.....	6
5. Resultat	6
5.1 Bidrag till uppfyllelse av FFI-mål.....	6
5.2 Bränsleförbrukning	10
5.3 Viktuppföljning	11
5.4 Däckslitage.....	12
5.5 Incidentrapportering.....	13
5.5 Fordonsstabilitet.....	13
5.6 Logistikupplägg.....	13
5.7 Teknikutveckling.....	15
6. Spridning och publicering.....	16
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	16
6.2 Publikationer	16
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	16
8. Deltagande parter och kontaktpersoner.....	17

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

1. Sammanfattning

Godstransporter på väg står för en ökande andel¹ av utsläppen av växthusgasen CO₂. Sverige har förbundit² sig att minska utsläppen av CO₂. Målsättningen med projektet är att minska utsläppen av koldioxid i relativa tal genom att minska antalet fordon och att öka godsvolymen per fordon. I projektet har, med föreskrift och dispens från myndigheter, en fordonskombination med dragbil som drar två semitrailrar istället för endast en semitrailer tagits fram och körts under snart 18 månader. Målet om minskat utsläpp har uppnåtts. Projektet har visat på en minskning på 27% i både CO₂ och bränsle per transporterad godsmängd. Detta sker utan någon negativ påverkan på trafiksäkerhet, fordons eller infrastruktur. Vidare fungerar logistiken utmärkt då fordonskonceptet bygger på existerande transportenheter, s.k. moduler. Projektet kommer att fortsätta med ytterligare en etapp där den existerande kombinationen uppdateras samt en helt ny typ av fordonskombination. Visionen är att fordonskombinationer av typ Duo2 och andra hög kapacitets transporter (HCT) ska tillåtas i allmän trafik och på så sätt nå målet om kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser från vägtransporter. NVF rapporten³ 1/2013 sammanfattar att i stället för småskaliga försök med godkännande av varje enskild fordonskombination så bör framgångsreceptet snarast skalas upp i omfattning, eftersom ett större antal högkapacitetsfordon kan göra stor nytta för samhället.

De viktigaste slutsatserna är att Duo-trailer:

- kan ge kraftigt minskade utsläpp av CO₂ i relativa tal
- fungerar i praktiken då det bygger vidare på dagens moduler
- har inte visat på några negativa effekter på trafiksäkerhet
- tar upp mindre vägyta, mindre trängsel, för samma mängd transporterad last

1 (i) Kapacitetsutredning för transportsystemet <http://www.trafikverket.se/kapacitet>

2 (ii) Underlag till en svensk färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6487-7.pdf>

3 (iii) NVF rapport 1/2013, Högkapacitetsfordon, Infrastruktur och Trafiksäkerhet

2. Bakgrund

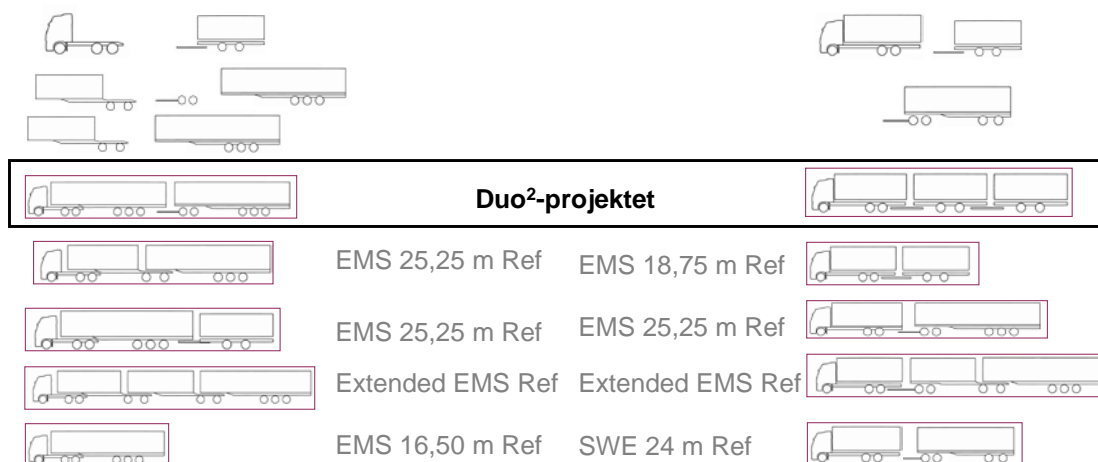
Sverige har förbundit sig att kraftigt minska utsläppen av CO₂. Transporter på väg står för ungefär 30% av Sveriges energiförbrukning och utsläpp av CO₂. Problemet är att denna andel är ökande och om vi ska nå våra utsläppsmål måste ett trendbrott till. Vidare är den största delen av bränslet som används framställt från fossila källor.

I större delen av EU är fordonskombinationer på 40 ton upp till max 18,75 m tillåtna. I Sverige och Finland tillåts fordon på upp till 60 ton och max 25,25 m. Även Holland och Danmark har 60 ton och max 25,25 m men på ett begränsat vägnät. Det är ett väl etablerad sakförhållande att fordonskombinationer som tillåter mer last ger lägre bränsleförbrukning per transporterad enhet. Australien är det land som gått längst och har fordonskombinationer på över 50 m och vikt överstigande 100 ton.

Finland har nyligen (2013-10-01) ökat högsta tillåtna vikt till 76 ton inom 25,25 m. Sverige undersöker en liknande förändring men begränsad till 74 ton inom 25.25 m.

I detta projekt undersöker vi fordonskombinationer på upp till 32 m och upp till 80 ton. Hypotesen är att HCT-fordon ska ytterligare minska bränsleförbrukningen.

Två Volvo-ekipage utvecklas i DUO2 – projektet (dr nr 2010-01342) för att gå i fältförsök hos DB Schenker (Kallebäcks Transport). Proven skall pågå under ca 2 år på sträckan Göteborg-Malmö. Ingående Fordonsmoduler kommer även användas vid regional distribution kring knutpunkterna (Göteborg och Malmö). DUO – Trailer projektet har som mål att bygga de ingående semitrailers illustrerade till vänster i figur 1 nedan samt de ingående växelflaken till höger i samma bild och driva dem i fältförsök under två år.



Figur 1. Projekt fordon inkl referensfordon

Semitrailers som skall användas för fältförsöken levereras utrustade med den teknologi som krävs för DUO2 projektet samt förberedda för aerodynamikpaket för att i fältproven kunna testa olika lösningar för att minimera bränsleförbrukningen genom förbättrad aerodynamik. Till fältproven behövs totalt 4 semitrailer vilket ger två kompletta ekipage som förflyttas fram och tillbaka mellan Göteborg och Malmö med en dragbil. Genom att dubblera antalet semitrailrar skapades en fungerande tekniskt och logistiskt. Projektet utvärderar hur väl dessa ekipage fungerar i en verklig produktionsmiljö hos Schenker AB. I fältförsöken kommer minst två chaufförer vara delaktiga varje dygn. En chaufför kör nattrafiken och åtminstone en chaufför under dagtid. Utbildningsinsatser före och under fältproven kommer att behövas. Dessutom kommer utrustning att behöva intrimmas i provmiljö och ett flertal referenskörningar kommer att utföras under projektets gång med tomma trailers för att ta reda på var exempelvis bränsleförbrukning vid tomt ekipage ligger på för nivå. En doktorand inom Logistik & Transport på Chalmers Tekniska Högskola är knuten till projektet och kommer arbeta med uppföljning av logistiken och framtagandet av rapporter om projektet. En doktorand inom Aerodynamik på Chalmers Tekniska Högskola är knuten till projektet och kommer att arbeta med hur fordonskombinationerna kan utformas eller förbättras för att bli så bra som möjligt ut ett aerodynamiskt perspektiv. Projektplan för år 2011 och 2012, se nedan:

Plan för 2011

Färdigställa utrustning och genomföra fältprov

- Utnyttjande av forskningsplattformar för att möjliggöra extern forskning efter överenskommelse
- Studier av
 - Fordonens integration i trafikapparaten (exempelvis rondeller och korsningar)
 - Logistikutlägg
 - Ruttplanering, utvärdering och förbättring
 - Planering av logistiskt utlägg, terminal och kund, utvärdering och förbättring
 - Utvärdera hur olika typer av modulfordon kan kombineras för att underlätta den logistiska planeringen
- Plattform för Aerodynamik studier

Plan för 2012

Uppdatering av utrustning och fortsatta fältprov. För övrigt samma aktiviteter som år 2011 samt avslutning av projektet.

- Utnyttjande av forskningsplattformar för att möjliggöra extern forskning efter överenskommelse
- Studier av
 - Fordonens integration i trafikapparaten
 - Logistikutlägg
- Avslutning av fältprov under fjärde kvartalet
- Slutredovisning av projektet
 - Tillsammans med partners och intressenter sammanfatta vad projektet kan bidra med för att nå visionen -50% CO₂-utsläpp från vägtransporter fram till år 2020 skall kunna nås i Sverige.

Spridning av projektresultat genom publikationer och seminarier

3. Syfte

Att minska CO₂ utsläppen från godstransporter på väg i relativa tal.

4. Genomförande

Ta fram och testa fordonskombinationer med högre lastkapacitet.

I framtagningen har en uppsättning aspekter beaktats så som

- Fordonsstabilitet (speciell forskningsuppgift från Transportstyrelsen)
- Bränsleförbrukning
- Framkomlighet (rondell, filbyte, kurvtagning)
- Axel och Totalvikt

Föreskrift söktes från Transportstyrelsen via ett speciellt förfarande⁴. Vidare krävdes även dispens⁵ för hastighet eftersom denna fordonskombination har tre ledpunkter. Dispensen var den riktigt stora utmaningen då myndigheten hade höga krav på stabiliteten för fordonskombinationen innan de medgav tillstånd.

Fordonsstabiliteten har först beräknats via en datormodell. Efter det att fordonskombinationen byggts och kopplats samman har stabiliteten verifierats på en provbana. I det tredje steget körs kombinationen på väg med uppföljning av sensorer som mäter sidorörelser på bil och samtliga tre släp. Varje kvartal ställs data samman och skickas till fordonsenheten på transportstyrelsen.

Årligen sker genomgång av hela kombinationen där samtliga hårdvarutillverkare ingår. Bilen och släpen inspekteras varje månad av verkstäder.

Under projektet har ytterligare uppföljningar lagts till så som:

- Däcksslitage
- Däckstryck
- Bromsslitage

5. Resultat

5.1 Bidrag till uppfyllelse av FFI-mål

Målen omfattar bland annat:

⁴ Transportstyrelsens föreskrifter om färd med långa och tunga fordonståg mellan Malmö och Göteborg, TSFS 2012:3

⁵ Undantag från Trafikförordning SFS 1998:1276, TSV 2011-4273

- hur väl projektet fyller de målen som definierats inom transport-, energi samt miljöpolitiken – *projektet är helt i öka transporteffektiviteten och samtidigt minska utsläppen av växthusgaser*
- industrins möjlighet att på ett konkurrenskraftigt sätt bedriva kunskapsbaserad produktion i Sverige – *projektet ligger i framkant när det gäller kunskapsuppbyggnad avseende HCT, bygger på den svenska synen om högsta säkerhet.*
- medverka till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige – *Projektet bidrar absolut till detta mål.*
- genomföra industriellt relevanta utvecklingsåtgärder – *Projektet bidrar i högsta grad till detta mål.*
- leda till industriell teknik- och kompetensutveckling - *Ja*
- bidra till tryggad sysselsättning, tillväxt och stärkt FoU-verksamhet- *Stärker FoU-verksamhet, på sikt kan det bidra till tryggad sysselsättning och tillväxt. Lösningarna kan implementeras i Sverige, men det finns också internationell efterfrågan.*
- medverka till att konkreta produktionsförbättringar görs hos deltagande företag - *Absolut.*
- förstärka forskningsmiljöer kring utvalda och prioriterade forskningsområden inom produktionsteknik – *Projektet har medverkat till att ställa relevanta forskningsfrågor och fördelning av ansvar att driva och koordinera dessa har gjorts via CLOSER och gruppen runt HCT*
- stödja forsknings- och innovationsmiljöer - *Ja*
- verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar – *Ja, definitivt*
- effektivisera nyttiggörande av FoU-resultat så att konkreta produktionsförbättringar görs hos deltagande företag – *Jomervisst*
- öka kvaliteten på den produktionstekniska utbildningen - *Nej*
- stärka samverkan mellan fordonsindustrin och myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut – *Detta är precis så vi jobbat*
- verka för att den nationella kompetensförsörjningen tryggas samt att FoU med internationell konkurrenskraft etableras – *Ja*

Bidrag till mål (taget ur programbeskrivning vid ansökningstillfället)

Vi bidrar primärt till följande effektmål för området transporteffektivitet (år för referens 2000)

- Ökade transportvolymerna med minimala miljöeffekter
 - In. Projektet ger möjlighet till ökade transportvolymerna med positiva miljöeffekter
 - Ut. Projektet har visat på att vi kan öka transportvolymerna och samtidigt minska miljöpåverkan

- Andel fordon i fordonsflottan som är ”uppkopplade” ökas till 50 % till 2020.
 - In. Projektets provfordon är ”uppkopplade” via trafikledningssystem
 - Ut. Vårat projektfordon med samtliga släp är uppkopplade för fjärravläsning.
- Nya affärsmöjligheter skapade
 - In. Nya produkter och tjänster för alla partners
 - Ut. Nya produkter och tjänster har skapats.
- Nya affärsmodeller skapade
 - In. Skapar ny transportlösningar
 - Ut. Vi har visat att fjärtrafiken kan effektiviserats med befintliga moduler. Inhämtning och distribution sker enligt normala rutiner.
- Reduktion av CO2 för godstransporter med 50 % till 2020 (baserat på samma transportvolym som år 2000)
 - In. Detta är det centrala målet i projektet. Vi har ett mål på 15% redan till 2012.
 - Ut. Vi har visat att vi kan minska CO2 utsläppen med 27% jämfört med transport med en semtrailer istället för två. Fortsatt reduktion är möjlig.
- Ökad trafikkapacitet i befintliga strukturer med 10 % i befintlig transportinfrastruktur till 2020
 - In. Minskning av antalet fordon med en tredjedel för en given transportuppgift
 - Ut. Att ersätta två singeltrailers med en duotrailer minskar behovet av vägyta med 40% för samma last.
- Färre antal olyckor och aktivt bidragande till Trafikverkets nollvision
 - In. Färre fordon för en given transportuppgift minskar antalet olyckor
 - Ut. Vi har absolut inte kunnat visa att fordonet i sig är farligare. Detta sammanvägt med att färre antal fordon krävs bör öka trafiksäkerheten.
- Förhöjd image, attraktionskraft och status för transportbranschen
 - In. Projektet tydliggör transportbranschens ansträngningar för minskad miljöbelastning
 - Ut. Projektet har tydligt belyst området och det har varit ett stort medialt intresse.
- Ökat samarbete med andra nationella forskningsprogram
 - In. KNEG, Projektet har jobbat med Gröna korridorer men vi är öppna för ytterligare samarbeten
 - Ut. Etablerat samarbete med CLOSER och HCT färdplan.
- Ökad systemsyn (Mega Cities, storstad, landsbygd och glesbygd)
 - In. Systemet fungera utmärkt i allt från glesbygd till distribution i tätbebyggt område
 - Ut. Med hänvisning till ovan så kan fjärtrafik och inhämtning distribution fungera med detta logistiska upplägg.
- Ökad kompetens inom området
 - In. Genom samarbetet kring nya teknologier och tillämpningar höjs kompetensen för samtliga partners.
 - Ut. Vi har byggt ny kunskap.

Vi har mött samtliga mål i sammanställningen ovan. De centrala målen har vi dessutom överträffat.

En industridoktorand, Fredrik Börjesson, har varit knuten till projektet under dess löptid. Vidare har vi haft ett flertal doktorander som har haft fordonskombinationen som utgångspunkt för Aerodynamik, Fordonsstabilitet samt backning av fordonskombinationer med 3 ledpunkter.

På grund av förseningar i tillståndsgivningen från myndigheter har starten av fältförsöken kraftigt försenats. Tester på väg kom igång den 2 februari 2012. Proven har sen dess gått nattligen i Schenkers flöde mellan Göteborg och Malmö. Fler än 500 enkelresor har utförts (250 T/R) utan några tillbud. En special dragbil, en dolly och fyra semitrailers har byggts eller anpassats för detta fältförsök. Fordonen har varit förberedda för aerodynamiktester och vi har förutom teoretiska studier även testat luftavriktare. Sammanfattningsvis kan vi säga att besparingspotentialen är större för ett långt fordon på grund återanslutning av luftströmningen.

Normalt är flera chaufförer inblandade vid körning på grund av inhämtning, fjärrkörning och distribution. Chaufförerna har fått specialutbildning för fordonskombinationen. Vidare har Anna Anund, forskare på VTI, haft djupgående utbildning och uppföljning då denna fjärrtrafik har hänvisats till nattkörning 19-06.

Sträckan Terminal Schenker Göteborg, Transportgatan 9-11 via E6 till Schenker Malmö, Kantyxegatan 22 har varit i stort sett problemfri med undantag för en rondell ut från Malmö. Den rondellen är enkel från Göteborg då man endast svänger 90° men svårare vid 270° från Malmö. Lösningar för detta kan vara ombyggnation av denna rondell som ligger i ett industriområde eller att vi får tillstånd att köra annan väganslutning till E6. E6 vid Örgryte i Göteborg får inte trafikeras då denna bro inte är designad för mer än 60 ton. Vi kör idag en omväg via söderleden. Här kan man fundera på att tillåta ekipaget att passera Örgryte då vi väger mindre än 60 ton.

Detta logistikupplägg kan bidra till målet om att minska CO2-utsläppen med 50 % fram till år 2020. Det har inte potential att ensamt lösa detta problem men kan kraftigt bidra till att nå målet.

Utvärdering av olika modul kombinationer har inte kunnat göras under projektets gång på bland annat grund av att den andra kombinationen Duo-kärra inte ännu har fått tillstånd att köras. Duo-kärra byggnation har därför försenats i motsvarande utsträckning.

Patent har sökts för olika idéer som framkommit i projektet. Det visade sig att en av idéerna redan var skyddad av patent från en stor axeltillverkare. Projektet har då bjudit in dem till samarbete för att kunna testa och vidareutveckla denna idé tillsammans. Vidare har patent sökts inom aerodynamik, men det har inte gått att skydda. Däremot har 3 olika typer av luftriktare för minskat luftmotstånd tagits fram och testats.

5.2 Bränsleförbrukning

För att kunna följa lastbilarnas bränsleförbrukning så får förarna vid varje resa fylla i en reserapport (se bilaga 5.2). Ungefär 300 av 500 utförda resor har lämnat en rapport efter sig. När rapporterna sammanställts blir det lättare att jämföra resorna och då kan man tydligt se en variation i bränsleförbrukningen över tid. Kraftigt utstickande värden kan bero på extrema väderförhållanden såväl som mänskliga eller tekniska fel.

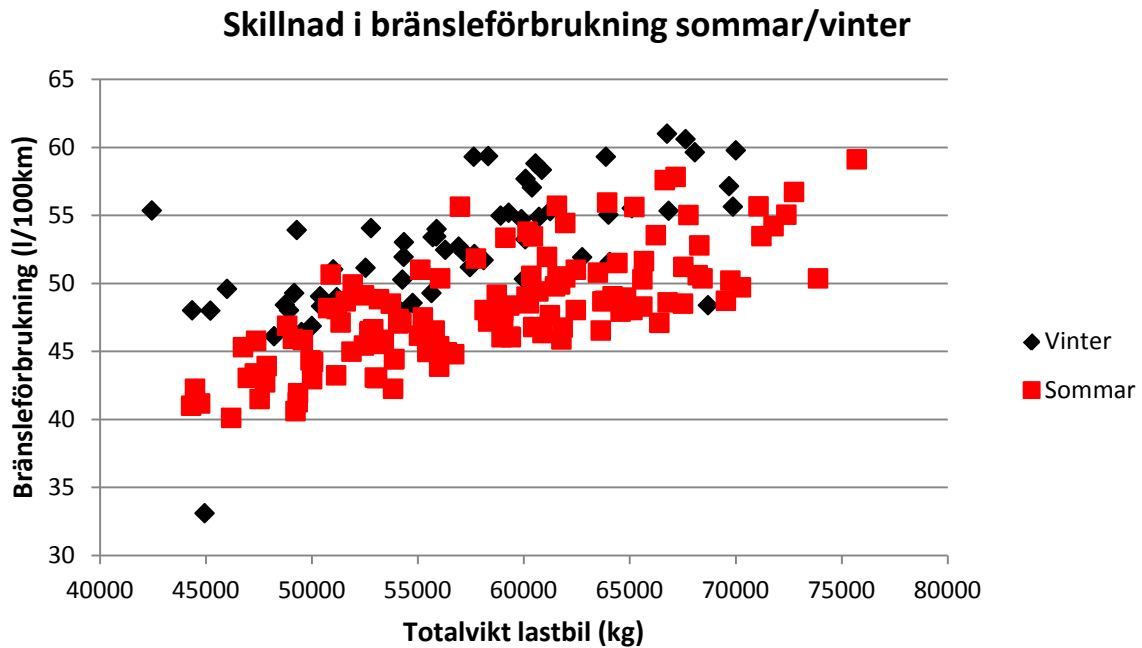


Diagram 1.1 Bränsleförbrukningens variation under sommar- och vinterhalvåren

Vid en närmare granskning så ser vi att bränsleförbrukningens variation följer en relativt jämn kurva under årets lopp.

Bränsleförbrukning under årets olika månader (beräknat på en genomsnittlig bruttovikt på 60 ton)

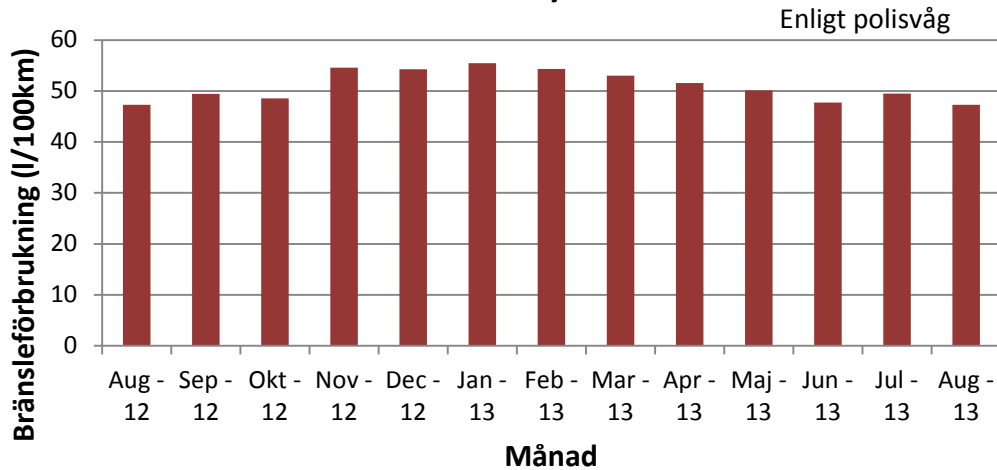


Diagram 1.2 Bränsleförbrukningens variation under årets olika månader

Genom en metod vi etablerat (se bilaga 5.2) kan vi även uttala oss om att vi får en sänkning av bränsleförbrukningen per transporterat ton gods med DUO²-trailern jämfört med en singeltrailer.

5.3 Viktuppföljning

Genom reserapporten görs även en viktuppföljning där vikten på varje axel av fordonet förs in i en tabell. Sedan jämförs vikten som polisvågen visar med vikten som fordonsdatorn visar. Mellan dessa får differensen inte vara för stor; maxgränsen är satt vid 200kg per axel. Vid en överskridning av restriktionerna märks värdena med rött för att sedan diskuteras på kommande möten där åtgärder planeras.

Fram	Boggie	Trailer 1	Dolly	Trailer 2
-1	-210	240	-80	-559
61	-175	1001	-100	-78
-8	-109	-139	-100	-379
29	-200	-119	40	-380

Figur 2. Exempel på hur viktuppföljningen ser ut där för höga viktöverträdelser markeras med rött

Vid en närmare titt på alla de resor som lämnat rapporter efter sig och som har antecknat vikter från både fordonsdator och polisvåg så syns det tydligt att det oftast är Trailer 1 som överskrider toleranserna. Detta gäller oavsett vilket trailerpar som används. Varför det är så är ännu oklart; det kan vara så att vägningsprincipen att mäta varje fordonsdel för sig inte ger en rättvis bild då fordonet flyttas och står i olika lägen hela tiden vilket gör att momentet skiftar under vägningen.

5.4 Däckslitage

Varje månad får åkerierna lämna in en rapport över däckslitage. Mönsterdjupet får aldrig bli mindre än 5mm under vinterdäcksanvändandet, i så fall måste däckerna bytas ut. Vid somraddäcksanvändande måste mönsterdjupet vara minst 1,6mm.

Vid en närmare granskning av däckslitage kan man hos dollyn se tendenser på att kanterna slits ut snabbare än centrum, men det är väldigt vagt. Det verkar varken på semitrailer 1 eller dragbilen vara märkbart olika slitage inbördes mellan däckerna, däremot syns det en stor skillnad hos semitrailer 2. Där har det mittersta däckparet slitits ut betydligt långsammare än det främsta och det bakersta. Detta kan förklaras med att en större del av vridmomentet sker vid mittdäcken vid en sväng än hos fram- och bakdäcken vid en sväng. Svängen blir även större för den bakre trailern än för den främre, därav blir även däckslitage större på andratrailern än på förstatrailern.

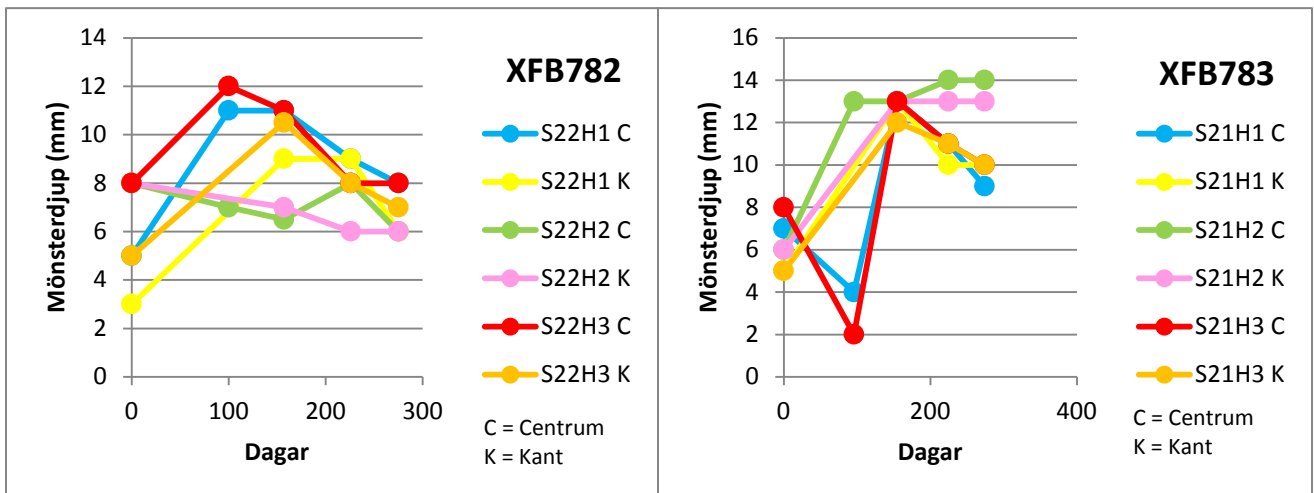


Diagram 1.3 Däckslitage på semitrailer 2, högersidan. Mittparen är märkta i grönt och rosa.

Om man sedan tittar på däckstrycket så ser man istället att resultaten är mycket jämnare. Det finns vissa resultat som tyder på att vissa däck tycks tappa i tryck i en något snabbare takt än andra men skillnaden är för liten för att kunna göra något uttalande om det

5.5 Incidentrapportering

I projektet har säkerhet och avvikelser hanterats med stor aktsamhet. Förarna har fått specialutbildning där bland annat VTI, Volvo, Schenker, Wabco med flera deltagit. Vidare har de förutsedda problemen hanterats och i görligaste mån avhjälppts. För att fånga upp oförutsedda problem har ett system för avvikelse och incidentrapportering upprättats. Dessutom har en krisgrupp upprättats om det skulle inträffa en allvarlig olycka.

På de mer än fem hundra resor som har utförts har en enda incident skett. Den 21 januari 2013 fick DUO-trailer ett oförutsett stopp då fläktremmen gick sönder. Detta ledde till följdproblem som tvingade föraren att stoppa på vägrenen vid Glumslövs backar utanför Landskrona. Polis och bärgare tillkallades. Ekipaget kopplades isär. Duo dragaren togs till serviceverkstad. Resterande fordonsdelar fortsatte resan till Göteborg dragna av två andra standardlastbilar.

5.5 Fordonsstabilitet

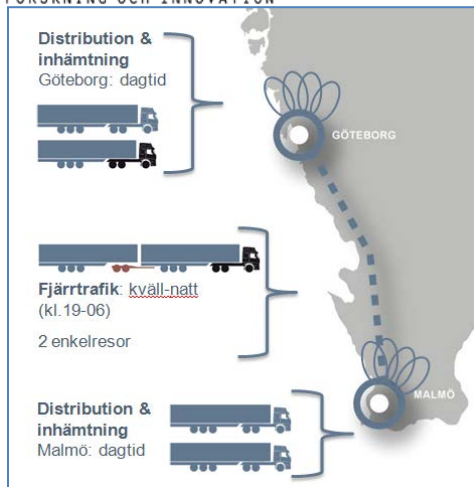
I enlighet med krav i dispensgivningen för att framföra fordonskombinationen i upp till 80 km/h har sidorörelser vid samtliga mer än 500 resor registrerats. Dessa uppgifter sammanställs kvartalsvis och skickas till fordonsenheten vid Transportstyrelsen. Inte vid något tillfälle har sidoaccelerationen överstigit det gränsvärde på 3 m/s^2 .

Förarna upplever kombinationen som mycket stabil. Vi även har haft personer som deltagit vid medåkningar i fler än 20 tillfällen. Samtliga instämmer i att ekipaget är mycket stabilt. Förklaringen ligger i hur placering av axlar och kopplingspunkter samverkar.

5.6 Logistikupplägg

Kombinationen DUO²-fordon har testats i Schenkers ordinarie inrikesnätverk, av Kallebäcks åkeri, med start i februari 2012 och pågår med daglig (nattlig) trafik.

På fjärrsträckan Göteborg-Malmö är det fordonskombinationen DUO² som använts och dessa har haft ett tidsfönster mellan 19.00 och 6.00. Startpunkt för körningarna har under försöksperioden alternerat mellan Göteborg och Malmö.



Figur 3. Logistikutplägg med fjärrtrafik samt inhämtnings- och distributionstrafik på respektive ort

Under dagtid används dragbil samt trailers i normal inhämtnings- och distributionstrafik på respektive ort, se figur ovan. Då har även andra dragbilar använts i den trafiken. I försöket har en specialutrustad dragbil, en specialutrustad dolly samt två stycken ”Trailer 1” samt två stycken ”Trailer 2” använts. Innan avfärd kopplas ekipaget ihop på terminalområdet i t.ex. Bäckebo, vid ankomst till Malmöterminalen kopplas de två dragna trailers bort och skiftas till de lastade trailers som står och väntar på terminalområdet, returfärd sker sedan.

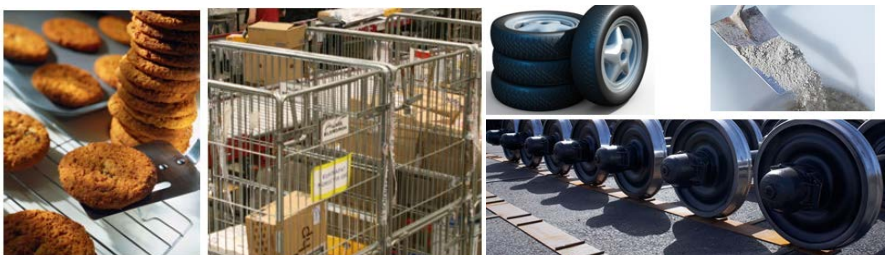
Godsstrukturen har varit mycket varierad för DUO²- ekipaget precis som i Schenkers nätverk i stort. Det som främst transporteras med DUO² på denna sträckning idag är:

- Terminalbehandlat inrikes gods och paket
- Partigods (direktinhämtat)
- Importgods



Figur 4. Godsstrukturen är mycket varierad

I fordonen samlas många olika produkter, se figur nedan, t.ex. livsmedel, däck, hjulaxlar, paketburar, tompallar, förpackningsmaterial, fix och fog, cement, silikon.



Figur 5. Exempel på olika produkter som samlastas i DUO²- ekipaget

Utvecklingsmöjligheter

Logistikupplägget har som helhet fungerat mycket bra under testperioden. Det finns några förbättringsområden som skulle göra att DUO²- ekipaget skulle kunna utnyttjas ännu effektivare och det är främst dessa:

- Möjlighet att köra under hela dygnet
- Fler godkända vägar & alternativa rutter vid störningar i vägnätet

Tidsfönstret medger dock bara en tur och retur resa i dagsläget. Om tidsfönstret skulle utökas så att DUO²- ekipaget får köra under hela dygnet skulle fordonet kunna användas ännu effektivare.

Ett annat problem som upplevts är att vid trafikarbeten eller trafikolyckor är det störningskänsligt att inte ha alternativa körvägar. När t.ex. Gnistängstunneln i Göteborg är avstängd innebär det att DUO²- ekipaget inte kan användas för fjärrtransport den natten. Om fler vägar godkändes för DUO²- ekipaget skulle det öppna möjligheter att effektivisera fler flöden t.ex. mellan olika terminaler i ett transportnätverk eller flöden till och från stora kunder.

Vid varje tur vägs ekipaget i Helsingborg på polisvågen om möjligt. Ett upplevt problem har varit att vågen ibland varit blockerad av parkerade fordon nattetid och det har då varit svårt att komma till och få vägt fordonet. För att förbättra uppföljningen och samla kunskap vore det önskvärt att öka tillgängligheten till vågen.

För att fullt ut få effekt av denna fordonskombination är förbättrade möjligheter för intermodalitet ett område som är mycket intressant.



Figur 6. DUO² ekipage på terminalområde samt exempel omlastning väg-järnväg

5.7 Teknikutveckling

Flera nya tekniska lösningar och modifieringar har krävts för att få fordonskombinationerna att fungera på bästa sätt. Alla deltagande parter har tillhandahållit material och/eller specialkompetens till projektet. Kärrorna har specialsytt

för att optimera kombinationen med dubbla kärror, t.ex. vad gäller axelavstånd, kopplingspunkter, kopplingshöjd och chassihöjd. Några av de tekniska lösningar som utvecklats till kärrorna har varit dragstång, reglerbara front- stopp och egen utrustning för styrning av växelflaksskåp. Dragstången har varit den mest omfattande av dessa, se bilaga 5.7. Vindavvisarna på lastbilarna har anpassats för att minska luftmotståndet och därmed bränsleförbrukningen.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Vilka förändringskrafter i projektets omvärld kan påskynda spridningen av projektresultaten? Kopplingar till andra interna/externa projekt som kan påskynda introduktion eller ge större genomslag? Projektresultaten ligger som bas i diskussionen om HCT i Sverige⁶.

6.2 Publikationer

Spridning av projektresultat har skett genom ett flertal seminarier och föredrag och artiklar ett axplock ur detta är:

- Seminarium, Godsdistribution och lokalisering, NVF (Nordiskt vägforum) 27/10 2011
- Seminarium, Logistik och Transportmässan, 22/5 2012
- Seminarium, Elmia Lastbil 23/8 2012
- China Ministry of Transport, besök Volvo Arendal 25/10 2012
- Seminarium, Transporteffektivitetsdagarna 28/8 2013
- Tidningsartikel i finska tidningen: Auto-teknikka-ja-kuljetus-nr3-2012
- Deutsche Logistik Zeitung nr 79, 3/7 2012
- Artikel i Godset, Trafikverket nr2 2012
- Intervju P4, PL Lena Larsson, 29/5 2012
- Rapportinslag 2/4 2012
- Artikel Sydsvenska 27/11 2012

7. Slutsatser och fortsatt forskning

De viktigaste slutsatserna är att Duotrailer:

- kan ge kraftigt minskade utsläpp av CO₂ i relativa tal
- fungerar i praktiken då det bygger vidare på dagens moduler
- har inte visat på några negativa effekter på trafiksäkerhet
- tar upp mindre vägyta, mindre trängsel, för samma mängd transporterad last

⁶ http://transportinnovation.se/sites/default/files/dokument/fardplan_for_hct_vag.pdf

Fortsatt forskning projektgruppen runt Volvo och Schenker är på gång med nästa steg – Duo-kärra. Denna kombination ger erfarenheter från ytterligare en fordonskombination.

Vi kommer att byta ut den första Duo-trailer kombinationen för att ta med ny teknik och mer anpassade lösningar som krävs. Den första var en kompromiss i vissa avseenden. Den nya kommer bland annat få lämpligare axelavstånd och anpassas för ny emissionslagstiftning.

Projektresultaten ligger som bas i diskussionen om HCT i Sverige⁶.

Transportstyrelsens instruktioner om hur man söker tillstånd finns på finns beskrivna på deras hemsida⁷:

<http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Forsok-med-langa-ocheller-tunga-transporter/>

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Följande parter är deltagare i projektet: CLOSER, Kallebäcks Transport, Parator, Schenker, SKAB, SSAB, Sveriges Åkeriföretag, Trafikverket, WABCO, VBG, Volvo,



⁷ <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Forsok-med-langa-ocheller-tunga-transporter/>

Styrgruppens sammansättning:

Jerker Sjögren Closer, chairman	jerker.sjogren@lindholmen.se
Anders Berndtsson, Swedish Transport Administration	Anders.berndtsson@trafikverket.se
Bo Hedberg, VBG group	bo.hedberg@vbggroup.com
Rustan Eliasson, Schenker group	Rustan.Eliasson@dbschenker.com
Lennart Pilskog, Volvo	Lennart.Pilskog@volvo.com
Per-Axel Olsson, ÅF	Per-Axel.Ohlsson@afconsult.com
Secretary: Bolennarth Svensson VBG	bolennarth.svensson@vbggroup.com
Reporting: Lena Larsson DUO2 + project group	

Projektgruppens nuvarande sammansättning:

Namn	Företag	E-post	tele
Heléne Jarlsson	ÅF	helene.jarlsson@afconsult.com	+46730364989
Mikael Carlsson	Kallebäck's Transport	mikael@kalleback.se	+46 709525244
Per Olsson	Parator	p.olsson@parator.com	+4670-6676745
Bengt Karlsson	SKAB	bengt@specialkarosser.se	+46706760267
Börje Sundell	SSAB	Borje.Sundell@ssab.com	+4670-5415544
Joakim Jönsson	WABCO	Joakim.Jonsson@wabco-auto.com	+46 31 578848
Niclas Karlsson	Volvo	niclas.nk.karlsson@volvo.com	+46 739 026095
Lennart Cider	Volvo	lennart.cider@volvo.com	+4631-3223792
Martin Sternbåge	Volvo	martin.sternbage@volvo.com	+46 31 3225310
Sandra Lövgren	Volvo	sandra.lovgren@volvo.com	+46707691819
Jan Stigborg	JOST	Jan.Stigborg@jost-world.com	+46731-511162
Dennis Persson	ÅF	dennis.persson.2@consultant.volvo.com	+46105050676
Calle Ivarsson	Trailerfixarna	calle@trailerfixarna.se	+46707716504
Christian Funk	jltmobile	christian.funk@jltmobile.com	+46705567047
Martin Johansson	Volvo	martin.johansson.9@volvo.com	+46313236852
Lena Larsson	Volvo	Lena.Larsson@volvo.com	+4631-3221754
Tomas Asp	Trafikverket	thomas.asp@trafikverket.se	+46705-635085
Bolennarth Svensson	VGB	bolennarth.svensson@vbggroup.com	+46 706 177217
Linus Hjelm	Volvo	linus.hjelm@volvo.com	+46313229138
Erik Helldin	WABCO	Erik.Helldin@wabco-auto.com	+46 31 57 88 35
Sara Ranäng	Schenker	sara.ranang@dbschenker.com	+46722402515

Bilaga 5.2

1. Metoder

1.1 Reserapporten

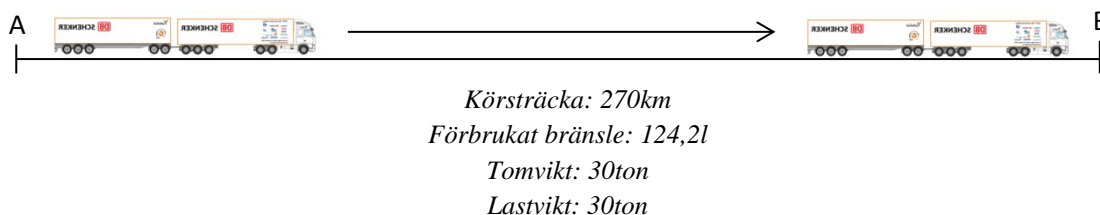
Vid varje utförd resa ska föraren skriva en reserapport. Reserapporten innehåller information om riktning på resan, datum, förare, vilka trailers som har använts, vikter på varje axel, bälgtryck, mätarställning samt väder och vägslag utmed hela sträckan. Det finns även ett särskilt fält som förarna får fylla i när de passerar Hallandsåsen där de antecknar väder, lägsta hastighet och växel, hur många procent av vikten som ligger på drivaxlarna, tidpunkt och eventuellt hjulspinn. Utöver detta finns ett fält för egna anteckningar, där förarna får fylla i om det är någon särskild information de vill förmedla.

Chaufför Namn	Riktning <input type="checkbox"/> Söder <input type="checkbox"/> Norr	Datum	Trailer 1 registr	Trailer 2 registr
OBS! Stå minst 90 sekunder innan avläsning av Trailer 1 <i>Släppt P-broms vid Viktläsning!</i> Rev: 13828				
Vägning & Framkomlighet	dator [kg]	vågstation [kg]	antal axlar i marken	bälgtryck enligt bord-kolar i
Framaxel 	fram	total	1	↓ ↑
Boggie Bil 	fr/axel	total	2	
Trailer 1 	fr/axel*	total	3	
Dolly 	fr/axel	total	2	
Trailer 2 	fr/axel	total	3	
Mätarställning vid vägning				
Dessa fält är enbart för Hallandsåsen <small>Släppa hastighet & växel, tidpunkt, temperatur °C</small>		Största hastighet km/h	växel	tidpunkt
<small>% vikt på drivaxeln under backkörningen antal axlar i bakken på första trailern (2 eller 3) * eventuellt hjulspinn</small>		Styrning del före vägning	Släpp drivaxlar	antal axlar trailer 1
Väder och Vägslag utmed hela sträckan <small>Vägslag: Lapskatta andel av vägsträckan i % 10 km - 3%, 50 km - 15%, 100 km - 30%</small>		terr	vät	anlag
<small>Vind: Sält kryss (X)</small>		lugnt	ringa	mätlig
<small>Nederbörd: Sält kryss (X)</small>		ingen	ringa	mätlig
Övriga noteringar:				

Figur 1.1 Reserapporten

1.2 ABba-metoden

När informationen från reserapporterna har sammanställts så finns det uppgifter om körd sträcka, förbrukat bränsle samt fraktat ton gods för varje resa. Då bränsleförbrukningen ofta kan ge en väldigt missvisande bild om bilens effektivitet så används istället ABba-metoden. Genom att ta fram genomsnittliga siffror för en resa tar vi reda på hur många liter bränsle det går åt för att frakta ett ton gods en kilometer.



Figur 1.2 Modell över en DUO²-trailers körning

Formeln för att ta reda på hur mycket bränsle det går åt för att frakta ett ton gods en kilometer är $\frac{\text{liter}}{\text{ton} \cdot \text{km}}$. Om vi för in all data från figur 1.2 i formeln så får vi följande ekvation: $\frac{124,2}{(30 \cdot 270)}$, vilken ger oss svaret 0,015333. Det krävs alltså endast 15,3ml bränsle för att frakta ett ton gods en kilometer.

Dessa siffror kan vi jämföra med en singeltrailers körning. Eftersom att den bara kan ta halva lasten så får den köra två gånger istället. Från tidigare resor tar vi fram

följande genomsnittliga siffror:



Figur 1.3 Modell över en singeltrailers körningar

Genom att använda samma formel som innan kan följande ekvation ställas upp:

$\frac{(89,1+89,1)}{(15*270)+(15*270)}$, kvoten blir då 0,022. Vid körning med singeltrailern blir alltså förbrukningen istället 22ml bränsle för att frakta ett ton gods en kilometer.

Bilaga 5.7

Dragstången

Dragstången har varit den enskilt mest omfattande komponenten som konstruerats i detta projekt. Största anledningen till att utveckla en egen dragstång var att den då kunde skräddarsys efter karrans layout, fordonskombinationens totallängd och höjd. En annan anledning var att vi kunde känna oss bekväma i att ta ett totalt ansvar för hela fordonskombinationen om vi även tog ansvar för denna viktiga komponent. SSAB tog fram ett grundkoncept på dragstången, ÅF tog sedan vid och förfinade, beräknade och ansvarade för byggnationen. Endast höghållfasta stål från SSAB har använts till dragstången (Domex 700, Domex 960 och Hardox 450). Den färdiga dragstången kan ses i figur 1 nedan.



Figur 1: Färdig dragstång

Som grund vid konstruerandet låg EG:s kopplingsdirektiv 94/20/EG, direktivet gäller vid typgodkännande av kopplingsanordningar. Flera tunga beräkningar gjordes i omgångar, efter en beräkning modifierades dragstången utgående från resultaten i analysen, sedan gjordes en ny analys på den modifierade dragstången osv. Det var viktigt att förvissa sig om att spänningen inte blev för hög i något utav skruv- eller nitförbanden, därför lades ett stort jobb ner i utformningen av dessa, se figur 2 nedan. Spänningen som kunde tillåtas i förbanden justerades genom att flytta positionen av hålen och variera typen av förband; nitförband eller skruvförband.



Figur 2: De specialutformade skruvförbanden

Ambitionen under konstruerandet var också att använda så få svetsförband som möjligt för att inte förstöra de höghållfasta stålsens materialegenskaper. Det största svetsförbandet återfinns på det avlånga fyrkantiga röret och det sammanfogar två u-formade plåtar och bildar en svagt konisk dragstång, se figur 3 nedan. Svetsförband bör alltid placeras där de lägsta spänningarna uppkommer och därför placerades denna svets i dragstångens neutrallager.



Figur 3: Inringat återfinns svetsfogen som sammanfogar två u-formade plåtar

Figur 3 visar också arbetet vid slutmonteringen av dragstången. Dragstången byggdes i flera etapper, först provmonterades den för att verifiera att viktiga mått stämde, sedan demonterades den och grundlackerades, efter det så slutmonterades dragstången och alla nit- och skruvförband sattes på plats och till sist slutlackerades hela kärnan inklusive dragstång. Figur 4 nedan visar hur det såg ut vid provmonteringen av dragstången.



Figur 4: Dragstång provmonterad på kärna