

Litteraturstudie TRANSMIT

– faktorer som påverkar en rundvirkeslastbils
bränsleförbrukning

Anders Jönsson



Ämnesord: Bränsleförbrukning, lastbil, förarbeteende, körsätt, vägar, däck, motor, aerodynamik

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Inledning.....	3
Bakgrund	3
Syfte.....	3
Avgränsning.....	3
Studiens disposition.....	4
Metod.....	4
Litteratursökning.....	4
VII	4
Scania och Volvo	4
Sveriges Lantbruksuniversitet	5
Intern sökning SkogForsk.....	5
Sökning på Internet.....	5
Kontakter med personer inom transportbranschen.....	5
Urval av litteratur	6
Resultat	6
Hur används bränslet?.....	6
Förarens och körsättets inverkan på bränsleförbrukningen	7
Litteraturstudie genomförd av Ecotrafic R&D	7
Övriga referenser inom området körsättets inverkan på bränsleförbrukningen.....	8
Effekter beroende på lastbilens utformning	9
Motor/Transmission.....	10
Däckval och axelkonfiguration.....	10
Aerodynamik.....	12
Vikt och volym.....	12
Den yttre miljöns inverkan på bränsleförbrukningen.....	12
Informationssystem med syfte att minska bränsleförbrukningen.....	14
Övriga faktorer som inverkar på bränsleförbrukningen	14
Diskussion	15
Förarens inverkan på bränsleförbrukningen via körsättet	15
Lastbilens utformning	16
Omvärldsfaktorer.....	16
Information.....	16
Slutsatser.....	17
Litteratur.....	17
Muntliga referenser.....	19

Inledning

Bakgrund

TRANSMIT är ett av NUTEK finansierat projekt med syfte att skapa ett informationssystem som medger mätning av bränsleförbrukning hos rundvirkestransporterande lastbilar kopplat till geografisk information. Genom att kontinuerligt hämta information från lastbilens CAN-bus¹ och en på lastbilen monterad GPS-utrustning, medges

- omfattande datafångst som, förutom en direkt information till föraren om aktuell bränsleförbrukning, kan resultera i kunskap om vilka vägvägnitt som är speciellt kostsamma att färdas på
- registrerade förarprestationer för uppföljning av ekonomiskt körsätt
- tillgång till ett omfattande datamaterial för användning vid optimering av rundvirkesflödet från skog till industri.

I TRANSMIT-projektet deltar följande företag och organisationer: Hogia Communications AB, Telia Mobile AB, JF Skogs AB, Holmen Skog AB, Södra Skogsägarna ek. för., Volvo TIS AB, Scania Infotronics AB och SkogForsk. NUTEK står som finansiär för hälften av de medel som projektet omfattar. Under de två år som projektet löper kommer fälttester att göras på två lastbilar hos vardera SÖDRA och Jämtfrakt.

Syfte

Föreliggande litteraturstudie syftar till att tjäna som grund för arbetet med att identifiera och specificera vilka faktorer som påverkar en lastbils bränsleförbrukning och därmed är nödvändiga och viktiga att ta hänsyn till vid utvecklingen av nämnda informationssystem. Vidare finns ett behov av att sammanfatta aktuell kunskap inom området på ett översiktligt sätt och därmed öka förståelsen för inom vilka områden framtida forskningsbehov finns.

Avgränsning

Då huvudsyftet med litteraturstudien är att identifiera det aktuella kunskapsläget vad avser faktorer som påverkar bränsleförbrukningen hos lastbilar, har studien begränsats till att omfatta undersökningar som är utförda inom detta ämnesområde. Fokus vid litteratursökningarna har legat på omvärldsfaktorer och förarens inverkan på bränsleförbrukningen. Dock påverkar också fordonstekniska detaljer energiförbrukningen. De uppgifter om dessa detaljer som redovisas i studien har dels hämtats via branschrepresentanter, dels från den litteratur som trots avgränsningen framkommit vid sökningarna. I denna studie tas inte upp vilka effekter en förändrad bränsleförbrukning kan få på den yttre miljön.

¹ CAN-bussen är en del av lastbilens interna informationsnätverk – Controller Area Network. Nätverket är uppbyggt av elektroniska styrenheter, s.k. CAN-noder för exempelvis lastbilens växellåda eller insprutning, som knyts samman av CAN-bussen, vilken är ledningen mellan de olika komponenterna. Dataöverföringen i nätverket sker enligt ett särskilt informationsprotokoll som är definierat i ISO-standarderna för CAN.

Studiens disposition

Litteraturstudien är disponerad så att de för TRANSMIT-projektet intressanta kunskapskällorna har knutits till olika ämnesområden, där de presenteras tillsammans med andra studier inom samma område. Studien avslutas med ett avsnitt där den presenterade litteraturen diskuteras och analyseras innan slutsatser dras om det aktuella kunskapsläget.

Metod

Litteratursökning

Litteratursökningen har skett med hjälp av Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) samt Scania, Volvo, Sveriges Lantbruksuniversitet och genom sökning på Internet. VTIs andel av resultatet är det mest omfattande, då deras bidrag skedde inom ramen för ett avtalat uppdrag.

VTI

Vid VTI genomfördes litteratursökningar i två databaser:

- IRRD, OECDs databas omfattande ca 300 000 poster inom allt från kollektivtrafik till fordonsteknik inklusive bränsleförbrukning, vägytor och vägforskning
- Roadline, VTIs interna databas omfattande ca 90 000 poster med likartad inriktning som IRRD, och som även täcker in andra transportsystem utöver vägtrafik

Sökningen genomfördes med tyngdpunkt på IRRD-databasen, och den söksyntax som användes var följande:

(Diesel engine + diesel) AND (driver behaviour + evenness + distress + roughness + evenness + gravel road + deterioration + tyre pressure + rolling resistance + surface texture + skidding resistance + slipperiness + weather + icy road + heavy rain m.fl. vädertermer + fuel consumption + energy consumption)

Från IRRD erhöles ca 500 träffar varav 26 bedömdes som relevanta av VTIs bibliotekarie och distribuerades till SkogForsk. Sökningen i Roadline gav 14 träffar.

Scania och Volvo

Vid Scania och Volvo kontaktades företagens koncernbibliotek samt personer som befanns insatta i området bränsleförbrukning och dess påverkande faktorer, för att få tillgång till icke publicerat material.

Vid Scania genomfördes litteratursökningar i två databaser utöver det material som finns i det egna biblioteket:

- SAE, Society of Automotive Engineers databas, omfattar ca 150 000 poster av hög kvalitet med inriktning mot enbart tekniskt material.
- TRIS, US Transportation Research Boards databas omfattar ca 500 000 poster med samma inriktning som IRRD, men täcker även in andra transportslag än vägfordon.

Vid sökningen användes samma sökord som den vid VTI genomförda litteratursökningen. Resultatet blev 18 nya sökträffar inom TRANSMIT's intresseområde.

Litteratursökningen via Volvos koncernbibliotek begränsades till att omfatta internt material i det egna biblioteket. Motsvarande sökord användes som vid VTIs sökning. Här blev resultatet 9 sökträffar.

Sveriges Lantbruksuniversitet

En enklare litteratursökning har genomförts i SLU-bibliotekens databas LUKAS. LUKAS innehåller ca 100 000 poster inom det område som SLU täcker. Här återfinns även skogligt relaterad litteratur. Sökorden som användes överensstämmer i stort med de som användes av VTI vid litteratursökningen där.

Vid sökningen erhöles tre träffar inom TRANSMIT's intresseområde.

Intern sökning SkogForsk

SkogForsks listor över interna och externa publikationer har genomsökts, vilket resulterat i ett fåtal träffar inom framför allt området virkesflöde, informationssystem och planering. Dessa redovisas under avsnittet ”Informationssystem med syfte att begränsa bränsleförbrukningen”.

Under 1993 diskuterades vid SkogForsk att starta ett projekt där bränsleförbrukningen hos rundvirkeslastbilar skulle mätas. Syftet var att datamaterialet skulle tjäna som underlag för utbildning av förare i ekonomiskt körsätt och för att påverka fordonstillverkarna att utveckla bränslesnålare motorer. Planerna resulterade inte i något projekt, men väl i att en litteratursökning genomfördes. Från den sökningen har det hämtats tre litteraturreferenser av intresse.

Sökning på Internet

Genom att söka på Internet har ett antal organisationers och myndigheters hemsidor genomsökts på information. Resultatet har dock inte varit alltför omfattande, även om ett par sökträffar erhöles och refereras nedan.

Kontakter med personer inom transportbranschen

Kontakter har tagits med personer inom transportbranschen framför allt på däcksidan. Dessa har givit synpunkter som har redovisas nedan.

Urval av litteratur

Resultatet av litteratursökningen vid VTI presenterades i form av en lista med titlar och abstracts på de litteraturkällor som överensstämde med sökkriterierna. Ur denna lista refereras sex referenser utifrån den information som erhöles via referensernas abstracts.

Från sökningen i Roadline bedömdes tre träffar som intressanta och beställdes från VTI för genomgång. Dessa referenser finns således i fullt format och refereras i studien.

Kontakterna med Scania och Volvo resulterade i totalt i 27 artiklar inom TRANSMIT's intresseområde, varav fyra innehåller information som är relevant för TRANSMIT och presenteras i denna studie.

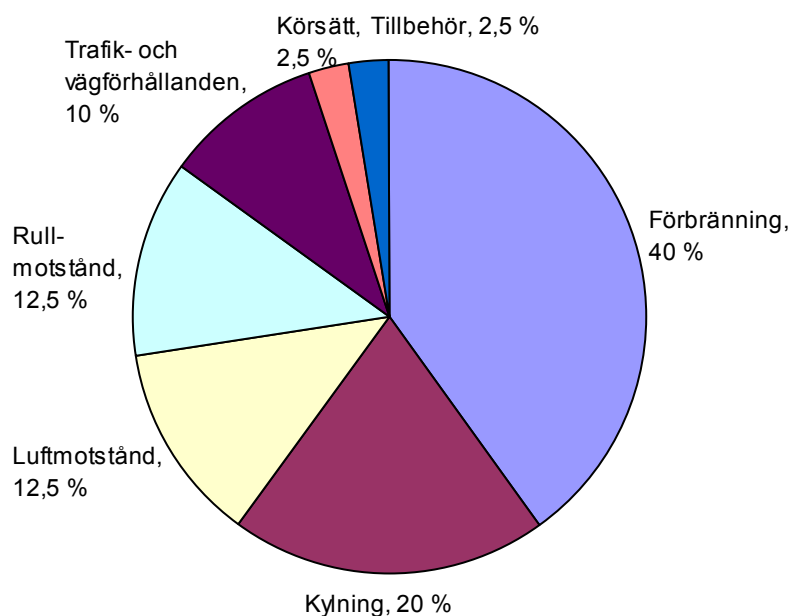
Av de sökträffar som erhöles vid litteratursökningen på SLU refereras två nedan.

Övriga litteraturreferenser är hämtade internt från SkogForsk, från Internet samt vid kontakter med personer verksamma inom fordonsbranschen.

Resultat

Vid genomgången av litteraturen har det, inte helt oväntat, visat sig att det finns ett stort antal faktorer som påverkar lastbilars bränsleförbrukningen. I följande avsnitt presenteras resultatet av litteratursökningen. För att erhålla en mer överskådlig struktur har materialet delats upp inom olika ämnesområden.

Hur används bränslet?



Figur 1.
Total bränsleförbrukning fördelat på förbrukande faktorer (Volvo, 1996).

En normal rundvirkeslastbil förbrukar runt 5,5 liter bränsle per mil (Löfroth, pers. komm.). Av den totala bränsleförbrukningen för en lastbil över ett år, är det dock mindre än hälften av bränslet som verkligen används för att driva fordonet framåt.

Enligt Volvo (1996) försvinner en så stor del som 60 % av energin i form av värme i avgaser och för kylning av motorn, figur 1. Detta gör att den del av bränsleförbrukningen som går att påverka genom ett förändrat körsätt, beroende på lastbilens utformning eller genom hänsyn till omvärldsfaktorer, utgör ungefär 50 % av den totala förbrukningen.

Förarens och körsättets inverkan på bränsleförbrukningen

Litteraturstudie genomförd av Ecotraffic R&D

Konsultföretaget Ecotraffic R&D har under 1999 på Vägverkets uppdrag utfört ”Inverkan av körsätt på bränsleförbrukning och avgasemissioner, en litteraturstudie”. Litteratursökning har i stort sett genomförts via samma kanaler som föreliggande undersökning, dock med en något annorlunda inriktning.

Det Ecotraffic R&D fann, är att det finns många studier gjorda som visar på bränslebesparingar på grund av ett förändrat körsätt. Dock, menar man, saknas det inte sällan dokumentation som kan styrka trovärdigheten i undersökningarna. En undersökning genomförd av DaimlerChrysler visade att det är möjligt att sänka bränsleförbrukningen med ca 22 %, genom att förändra förarens körsätt till ett mer bränslebesparande, utan att sänka medelhastigheten.

En undersökning utförd av Isuzu refereras, vilken visade att den totala mängd energi för att driva fram fordonet är summan av energin för att övervinna färdmotståndet plus bromsenergin. Denna summa korrelerar i hög utsträckning med bränsleförbrukningen och visar på vikten av ett planerat körsätt med få inbromsningar. Vidare fann man att sambandet mellan bränsleförbrukning och motorvarvtal är starkt, vilket innebär att ett för högt varvtal medverkar till en hög förbrukning av bränsle.

I litteraturstudien behandlas den finska kampanjen EcoDriving². Kampanjen syftar till att utbilda bilförare att använda ett ekonomiskt körsätt och därmed spara både pengar och miljön. Bland annat fann man att de utvärderingar som genomförts visar på att deltagare i utbildningar för ett mer skonsamt och ekonomiskt körsätt behåller eller förstärker en positiv attityd två år efter utbildning. Vidare konstaterades det att de förare som har intentionen att köra ekonomiskt också kan göra det i praktiken.

Ecotraffic R&D har med ledning av insamlat material funnit att potentialen för minskad bränsleförbrukning, på grund av ett förändrat körsätt, för lastbilar ligger i intervallet 5–15 %.

² Se Internetsida med adress: <http://www.ecodriving.com/sve/index.html>

Övriga referenser inom området körsättets inverkan på bränsleförbrukningen

Ljubic, Nader och Provencher (1989) vid FERIC³ i Canada visade i en omfattande undersökning att vid körning med rundvirkeslastbil på en testbana, varierade bränsleförbrukningen med 25 % mellan den bästa och sämsta föraren inom en grupp av 35 chaufförer. Resultaten visade också att bränsleförbrukningen inte står i proportion till tidsåtgången för att köra en viss sträcka. Man konstaterade således att förarna har ett mycket stort inflytande på produktivitet och kostnader för ett transportföretag, och rekommenderade därför fortlöpande utbildning av förare inom området ekonomisk körning, kopplat till någon form av ekonomiska incitament.

Nader (1991) visade i en rapport att många av de egenskaper som kännetecknar ett dåligt körsätt leder till högre bränsleförbrukning. Vid en jämförelse av två förare med olika körsätt visade det sig att chauffören med ett mer forcerat körsätt, som inkluderade snabbare accelerationer, frekventa växlingar, fler inbromsningar och en varaktigare användning av låga växlar, bidrog till en bränsleförbrukning som var 11 % högre än kollegans. Samtidigt ökade tidsåtgången för att köra en bestämd teststräcka med 10 %. Rekommendationen för att minska bränsleförbrukningen är således att sträva efter en jämn hastighet, hålla varvtalet inom det optimala varvtalsregistret, använda alla växlar under accelerationer, undvika att ta ut max effekt ur motorn, minimera inbromsningar och undvika att skifta växel för ofta (Nader, 1991).

Ryder (1994) menade att bränsleeffektiv körning kan vara det som är skillnaden mellan ett positivt eller negativt resultat i ett transportföretag. Genom att använda bränslebesparande körteknik såsom att använda lämpligaste växel och köra i jämn hastighet kan en optimal bränsleeffektivitet erhållas. För att upprätthålla en hög genomsnittlig hastighet och därmed höja produktiviteten, konstaterades det, att det är viktigt att planera körningen med rutter, ta hänsyn till väderförhållandena samt göra goda vägval vid avsteg från planeringen.

Laurell (1985) presenterade resultaten av en undersökning baserad på tester med personbilar, som visade att det enbart genom att instruera testförarna att köra så snålt som möjligt gick det att reducera bränsleförbrukningen med 12 %. Efter undervisning i bränslebesparande körteknik kunde förbrukningen sänkas ytterligare 12 %. De faktorer som ansågs ha störst genomslag på energiåtgången var hastigheten och accelerationsnivåer. Ett högt motorvarvtal genom exempelvis hög hastighet på låg växel gav hög förbrukning, liksom ett ojämnt gaspådrag. Det bränslesnåla körsättet medförde även längre restider (Laurell, 1985).

Volvo (2000) gav i en informationsskrift rekommendationerna, utöver de ovan refererade, att bränsleekonomin kan förbättras genom att föraren strävar efter att hålla en så låg hastighet som möjligt, accelerera snabbt upp till önskad marschhastighet som sedan hålles konstant samt genom att undvika tomgångskörning. Genom att sänka hastigheten med 10 km/tim kan bränsleåtgången reduceras med ca 7 %.

³ Forest Engineering Research Institute of Canada

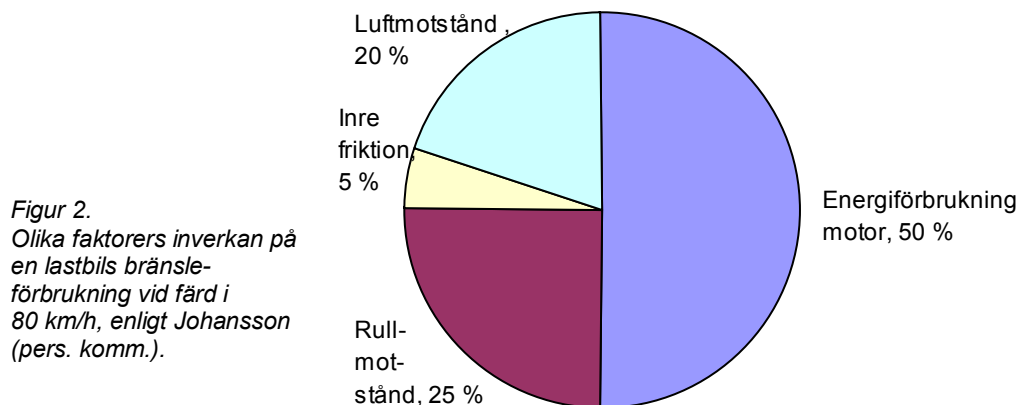
Utöver den finska kampanjen EcoDriving, som även spridits till Sverige, pågår bl.a. ett utbildningsprogram i Canada benämnt FleetSmart⁴. Programmet syftar till att hjälpa åkerier att höja energieffektiviteten och sänka bränslekostnaderna. Detta sker t.ex. genom att åkeripersonal under utbildningen arbetar med att utveckla strategier för att reducera bränsleförbrukning och emissioner. Ett effektivt energiutnyttjande är en nyckelfaktor för att kunna påverka det växande problemet med växthusgaser (Natural Resources Canada, 1998).

Effekter beroende på lastbilens utformning

Bertilsson (1992) konstaterade att bränsleförbrukningens storlek hos en lastbil till stor del bestäms av motorns egenskaper och anpassning till transport-uppgifterna. Dock är det fler tekniska faktorer än denna som inverkar på energiförbrukningen. Dessa är bland annat:

- rullmotstånd
- däcktryck
- luftmotstånd
- totalvikt
- tomvikt
- tillgänglig volym
- nyttolast per fordonskombination

Johansson (pers. komm.) menade att bränsleförbrukningen för en lastbil vid färd i 80 km/h på plan väg beror på faktorer enligt figur 2. Energiförbrukningen i motorn kan delas upp på värmeutveckling, kylsystem, ventilation och mekanisk friktion. Jämför med figur 1, vilken beskriver total bränsleförbrukning över ett år.



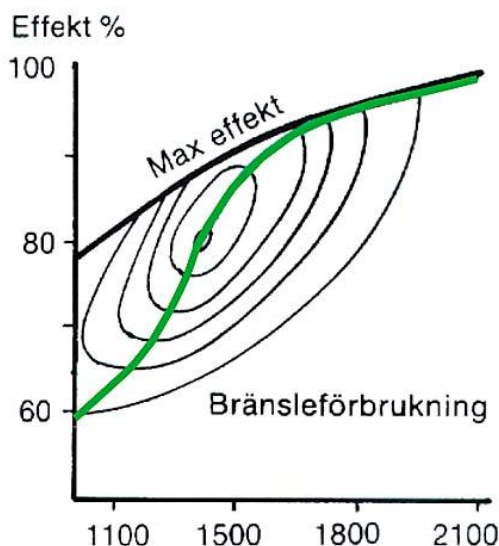
*Figur 2.
Olika faktorerars inverkan på en lastbils bränsleförbrukning vid färd i 80 km/h, enligt Johansson (pers. komm.).*

⁴ Se Internetsida med adress: http://ecoflotte.rncan.gc.ca/home_E.htm

Motor/Transmission

För att lastbilen skall prestera optimalt i olika situationer är det viktigt att olika motor- och transmissionsalternativ matchas på bästa sätt. Detta kan uppnås genom att använda optimeringsmodeller (Shen m.fl. 1999). Det som styr valet av motorstorlek och drivlina är tågvikten och körförhållandena inom det område där lastbilen kommer att användas. Ju svårare de topografiska förhållandena är, desto större blir prestandabehovet. Detta leder i sin tur till en större bränsleförbrukning. Genom att välja en motor med lägre prestanda kan därmed energiåtgången sänkas, men detta sker på bekostnad av t.ex. lägre medelhastighet (Volvo, 2000). Om inte medelhastigheten kan sänkas för att hålla nere bränsleförbrukningen, utan varvtalet höjs vid backtagning för att kompensera det större motståndet, kan en större motor vara fördelaktigare än en mindre. Detta menar Myhrman (2000) beror på att en mindre motor med högt varvtal och effektuttag förbrukar mer bränsle än en stor motor med lägre varvtal och mindre belastning.

Figur 3 beskriver bränsleförbrukningen vid olika varvtal och effektuttag.



Figur 3.
Effektuttag vid olika varvtal för att
erhålla en optimal bränsleförbrukning
(Myhrman, 2000).

De koncentriska kurvorna i figuren visar bränsleförbrukningen, med lägre förbrukning närmare centrum. Den grå kurvan anger den kombination av effektuttag och varvtal som ger lägst bränsleförbrukning. För den motor som beskrivs i figuren är det således mest gynnsamt att ta ut ca 80 % av maximal effekt vid ca 1 400 varv/min.

Däckval och axelkonfiguration⁵

Ett lämpligt däckval kan påverka rullmotståndet och därmed bränsleförbrukningen. Bunting (1996) visade att genom att välja ett däck med lägre rullmotstånd kan bränsleförbrukningen sänkas med ca 5 %. Denna siffra är dock beroende av bl.a. vägstandard. En annan komplikation i sammanhanget är att kostnaden för ett däck med lägre rullmotstånd är högre och måste därför vägas mot vinsterna, en kalkyl som Bunting (1996) konstaterade inte alltid är enkel att göra.

⁵ Hjulaxlarnas inbördes placering

Taylor (1990) visade i en jämförelse mellan olika däcktyper att det var möjligt att sänka bränsleförbrukningen med ca 4 % genom att använda singelmonterade hjul i stället för tvillingmonterade. Fördelen med singelmonterade hjul är att bredden mellan hjulen ökar, vilket kan påverka framkomligheten liksom stabiliteten, vidare är vikten per hjul lägre. Erfarenheter pekar dock på att vid en hög andel transporter på sämre vägar utsätts de singelmonterade hjulen för större slitage och slits fortare än de tvillingmonterade. Vid försöket konstaterades det att lågprofildäck inte medförde någon signifikant skillnad i bränsleförbrukning jämfört med de tvillingmonterade radialdäcken.

Däcktrycket är en faktor som påverkar bränsleförbrukningen. Andersson & Löfroth (1993) refererade en amerikansk studie som visade att bränsleförbrukningen ökade med 3 % vid lågt tryck i däcken jämfört med ett högt tryck. Granlund och Andersson (1998) menade i sin studie av CTI-systemet⁶ att det inte ges några entydiga svar vad gäller relationen däcktryck och bränsleförbrukning. De refererade en kanadensisk undersökning som visade att bränsleförbrukningen vid färd på grusvägar ökade med 3 % vid ett lägre däcktryck. Dock insköt de att det även fanns studier som visade på ett motsatt förhållande.

Bengtsson (pers. komm.) refererade undersökningar gjorda av Michelin som visar att lågenergidäck (däck med lågt rullmotstånd) ger ca 20 % lägre rullmotstånd, jämfört med konventionella däck, vilket medför att bränsleförbrukningen sänks med ca 6 %. Dessa uppgifter bestrider dock Holmberg (pers. komm.), som dessutom menade att lågenergidäcken har kortare livslängd samt högre pris och därmed ger ett sämre totalekonomiskt resultat än konventionella däck. Bengtsson (pers. komm.) och Holmberg (pers. komm.) är dock överens om att lågenergidäck inte kan användas vid rundvirkestransporter som ställer betydligt högre krav på skydd mot skär- och stickskadorna än vad landsvägstransporter gör. Vidare menade de att kraven på livslängd är helt dominerande vid val av däck, vilket Johansson (pers. komm.) instämmer i genom att konstatera att ”det är en utopi att påverka bränsleförbrukningen genom däckval i skogen”.

En faktor som visat sig ha större inverkan på bränsleförbrukningen än själva valet av däck är axelkonfiguration och valet mellan singel- respektive tvillingmonterade hjul. Val av singelhjul medför att anläggningsytan mot marken sänks liksom den totala vikten, vilket ger en lägre energiåtgång. Vidare minskas antalet däck att deformera och därmed den knådningsenergi som åtgår. (Johansson, pers. komm.).

Holmberg (pers. komm.) menade att de enklaste däckrelaterade åtgärderna för att sänka bränsleförbrukningen, är att se till att lufttrycket i däcken är korrekt, att hjulinställningarna inte är skadade eller förändrade samt att axlarna på rundvirkesekipagets släp är absolut parallella. Volvo (2000) pekade på att en typisk felinställning av axelparallelismen leder till en ökad bränsleförbrukning om ca 3 %, utöver kostnaderna förenade med det högre däckslitaget.

⁶ Central Tyre Inflation, system för att förändra lufttrycket i däcken under färd, vilket medger användande av vägar med sämre bärighet

Aerodynamik

Luftmotståndet är enligt Bertilsson (1992) en parameter som genom enkla medel kan påverkas både till det bättre och sämre. Genom att inte placera ”Michelingubbar” på taket kan luftmotståndet sänkas ett par procent och därmed minska energiförbrukningen. Close (1989) visade i sin studie att lämpligt användande av olika aerodynamiska detaljer på lastbilshytten kan leda till stora bränslebesparingar.

Volvo (2000) menade att en komplett luftriktarutrustning för en lastbil med hög höjd, medverkar till att sänka bränsleförbrukningen vid marschhastighet med 10–12 % (40-tons fjärrekipage). Vidare kan en feljusterad luftriktare medföra onödiga bränsleförluster, vilket illustreras av att en 10 cm för lågt ställd takluftriktare kan medföra en merförbrukning på ca 1 l/100 km.

Beträffande rundvirkeslastbilar måste hänsyn även tas till om lastbilen är utrustad med kran samt hur denna är utformad. Det kan förmodas att en kran påverkar bränsleförbrukningen negativt (författarens anmärkning).

Vikt och volym

Lastbilens totalvikt begränsar mängden last som lastbilen kan föra med sig. Genom att använda hållfastare material samt lättare fälgar och däck har nyttolasten kunnat ökas vilket i sig ger en högre bränsleförbrukning, men ger räknat per tonkilometer en lägre förbrukning (Bertilsson, 1992).

Lastvolymen har en direkt inverkan på bränsleförbrukningen genom att luftmotståndet ökar med en större volym. Detta kan dock undvikas genom att lastbilen konstrueras med lägre ram, luftfjädring för konstant höjd och lågprofildäck (Bertilsson, 1992). Dessa faktorer ligger dock utanför det direkt påverkbara området för fordonsägaren.

Avslutningsvis konstaterade Bertilsson (1992) att de stora förändringarna vad avser minskad bränsleförbrukning, inte ligger inom fordonsutveckling utan snarare inom området för effektivisering av transporterna med bättre trafikstyrning, transportplanering och logistik.

Den yttre miljöns inverkan på bränsleförbrukningen

Den yttre miljöns påverkan på en lastbils bränsleförbrukning är svår att kvantifiera. Det som ligger närmast till hands att studera är vägarnas beskaffenhet, vilket Sandberg (1997) gjorde i sin studie om mätning av vägytans beskaffenhet. Han menar att den hittills genomförda forskningen relativt samstämmigt pekar på att en vägs textur leder till ett rullmotstånd som kan påverka bränsleförbrukningen med upp till 10 %. Clancy (1990) nämnde siffran 6 %. I och med detta har väghållaren att ta hänsyn till en effekt orsakad av valet av beläggningstyp som kan ha en stor miljömässig och ekonomisk betydelse på nationell nivå (Sandberg, 1997).

Vägytans textur påverkar, som ovan nämnts, möjligheterna att spara bränsle genom användning av däck med lågt rullmotstånd (Bunting, 1996). En ytterligare effekt av texturen är att däckslitage ökar med högre textur, vilket medför ytterligare effekter på fordonsökonomi. Å andra sidan är en hög textur önskvärd för att erhålla en god friktion mellan däck och vägbana (Sandberg, 1997).

Du Plessis & Schermers (1989) pekade på resultat från sin studie som visar att vid konstant hastighet på belagda vägar kan enbart vägarnas ytegenskaper påverka bränsleförbrukningen med upp till 20 %. Genom omfattande studier har man också funnit att en uppgradering av grusvägar till belagda vägar ger minskad energiförbrukning i samma storleksordning.

I en studie från Nya Zeeland visade Peiyu & O'Reilly (1987) att det fanns möjligheter att sänka bränsleförbrukningen genom att förbättra vägarna, både vad gäller beläggning och dragning. De pekade på ett antal faktorer som påverkar bränsleförbrukningen: vägens kurvatur, andelen uppförs- och nedförsbackar, håligheters antal och djup samt belägningens textur. Studien visade att genom att förbättra belägningen på olika sätt kunde en minskning av bränsleförbrukningen erhållas i storleksordningen 11 % (Peiyu & O'Reilly, 1987). Vidare konstaterades att genom att förbättra vägbeläggningar fanns en hög potential för att förbättra effektiviteten och prestationen hos en rundvirke-lastbil.

Filipsson & Jansson (1990) visade i en studie att vägens utformning och beskaffenhet påverkar medelhastigheten hos en rundvirkestransporterande lastbil i stor omfattning. Detta får effekter på den totala bränsleekonomin, men påverkar även effektiviteten. Johansson (1996) menade att sämre vägar medför ett högre slitage hos fordonen och en högre bränsleförbrukning. Genom att förändra antalet axlar och axelkonfigurationen hos fordonskombinationen kan vägslitaget minska och därmed indirekt påverka bränsleförbrukningen.

Sävenhed (1987) visade i en undersökning att förändringar i vägytans beskaffenhet har effekter på en personbils bränsleförbrukning. Bland annat fann han att en jämn grusväg efter en hyvling endast gav 1–3 % lägre bränsleförbrukning, jämfört med förbrukningen på vägen före hyvlingen. En sämre bundenhet hos vägmaterialet gav 3–5 % högre förbrukning. Tydligast var detta direkt efter hyvlingen då bränsleförbrukningen ökade med 10–15 %. Vidare hade andelen vatten i vägmaterialet och i hålor en tydlig inverkan på energiåtgången. Slutsatserna som dras är att vägbanans mjukhet påverkar bränsleförbrukningen negativt. Vidare konstaterades det att vid torrt väglag är det viktigare med ett bundet vägmateriale än med en jämn vägbanan.

Volvo (2000) pekade på väderleken som en yttre faktor, vilken inverkar på bränsleförbrukningen. Vatten, slask och snö på vägbanan leder till ett högre rullmotstånd, då det går åt energi för att pressa undan detta från vägytan. Kyla leder till en högre energiförbrukning då gummit i däcken blir styvare och slukar mer energi vid deformationen, genom att friktionen ökar i olika detaljer och p.g.a. att olika funktioner på lastbilen förbrukar mer ström. En förändring på 10 °C medför ca 4 % i förändrad bränsleförbrukning. Vindförhållandena kan ha stora effekter på bränsleåtgången då vindmotståndet ökar. Rak motvind med 10 m/s ger ca 18 % högre bränsleförbrukning än normalt. Däremot ger medvind inte samma effekter i positiv riktning (Volvo, 2000).

Informationssystem med syfte att minska bränsleförbrukningen

I takt med teknikutvecklingen ökar möjligheterna att skapa informationssystem med syfte att minska bränsleförbrukningen. Ecotraffic (1999) beskrev utvecklingen från enkla ekonometrar till moderna system för ruttplanering. Det konstaterades dock att utvecklingen ännu inte resulterat i några mer omfattande system, men man spådde att framtiden kommer att erbjuda stora möjligheter.

Dinovitser (1997) presenterade i en rapport en modell för lastbilars prestation. Modellen används för att simulera, analysera eller optimera bränsleförbrukning och ledtider i en större nätverksmodell för styrning av lastbilar i grustag, gruvdrift och inom entreprenadverksamhet. Hänsyn tas bland annat till transportavstånd, vägstandard och till parametrar kopplade till lastbilens utförande.

Modellen har ett strategiskt värde genom att den ger möjlighet att studera och utvärdera effekterna av olika strategier, och fungerar därmed som ett beslutstöd för optimala val snarare än ett verktyg för att operativt sänka bränsleförbrukningen.

I Sverige pågår arbetet på flera fronter med att skapa applikationer och system för beslutstöd och planering av transporter. Huvudsyftet med dessa är att höja rundvirkeslastbilarnas prestation och därmed minska den totala bränsleförbrukningen. Det är således inte bränsleförbrukningen i sig som förändras, utan den totala bränsleåtgången minskar som en effekt av en bättre planering. Carlsson & Arvidsson (1998) visade t.ex. i en studie att transportkostnaderna vid transport av rundvirke skulle kunna minska med i genomsnitt 3,6 % genom användning av ett beslutstöd för optimerade rutter.

Övriga faktorer som inverkar på bränsleförbrukningen

Arnäs & Eriksson (1994) frågade sig om det fanns skillnader i förbrukningen av bränsle beroende på miljöklass. Undersökningen som genomfördes visade att bränslets sammansättning kan påverka bränsleförbrukningen, dock inte i någon större utsträckning. De tyckte sig dock finna att miljöklass 1 diesel, trots sin lägre densitet, ger en något lägre bränsleförbrukning än miljöklass 2 diesel. Vidare konstaterades det att det inte bara är densiteten hos bränslet som kan ha betydelse för bränsleförbrukningen, utan även andra faktorer såsom viskositet, energivärde och cetantal inverkar. Förarens körsätt betyder också mycket för bränsleåtgången (Arnäs & Eriksson, 1994).

Volvo (2000) pekade på vikten av regelbunden service och underhåll för att bibehålla en normal bränsleförbrukning. Vid allvarigare fel i luft-, kyl- och bränslesystem kan bränsleförbrukningen stiga med över 10 %. Vidare menade man att det är viktigt att använda dieselbränsle och smörjoljor av god kvalitet. En dålig smörjolja leder till friktionsförluster och därmed en sämre effekt på drivhjulen.

Under en ny lastbils inkörsperiod är bränsleförbrukningen högre p.g.a. att alla rörliga delar inte har slitit in sig och därmed orsakar en högre friktion. Volvo (2000) menade att under de 3 000 första milen kommer förbrukningen att ligga ca 10 % högre än vad som kommer att vara den normala för lastbilen.

Diskussion

Det kan konstateras med ledning av föreliggande litteraturstudie, att det inte genomförts någon publicerad undersökning av det slag som planeras inom ramen för TRANSMIT-projektet, åtminstone inte med spridning till etablerade databaser inom området. Vidare tyder sökresultaten på att bränsleförbrukning under senare år varit ett mindre prioriterat forskningsområde. Sökresultaten visar på flest träffar under senare delen av 1980-talet till tidigare delen av 1990-talet. Detta bekräftas vid kontakter med forskare inom området (Roth, pers. komm.).

Som Ecotrafic R&D (1999) antydde, är det svårt att verifiera kvaliteten på de undersökningar som gjorts inom området bränsleförbrukning och bränslepåverkande faktorer. Många av träffarna i litteratursökningen är artiklar från facktidskrifter eller kortare PM av karaktären arbetsrapport. En hel del saknar referenser och dokumentation.

Resultatet från litteraturstudien visar att det finns ett stort antal faktorer som påverkar bränsleförbrukningen hos en lastbil. I en undersökning av det slag som TRANSMIT-projektet representerar måste dessa identifieras och tas hänsyn till, för att jämförelser av olika mätresultat skall kunna göras. Nedan sammanfattas ett antal av dessa faktorer genom att redovisa hur lastbilsföraren kan sänka bränsleförbrukningen, hur lastbilens utformning kan påverka bränsleförbrukningen, vilka olika omvärldsfaktorer som inverkar samt hur en förbättrad information kan leda till en lägre bränsleförbrukning.

Förarens inverkan på bränsleförbrukningen via körsättet

Det sammantagna resultatet från de i litteraturstudien refererade källorna pekar på att det genom att förändra en förarens körsätt går att påverka bränsleförbrukningen i storleksordningen 10–15 %. För att sänka bränsleförbrukningen bör föraren sträva mot att

- använda ett planerat körsätt och därmed undvika onödiga accelerationer och inbromsningar
- accelerera snabbt upp till marschhastighet och sedan sträva mot att hålla en så konstant hastighet som möjligt
- hålla en så låg marschhastighet som möjligt inom ramen för arbetsuppgiften
- hålla varvtalet inom det optimala varvtalsområdet och undvika höga varvtal genom att använda så hög växel som möjligt
- undvika att ta ut maximal effekt ur motorn
- minimera tomgångskörningen.

Genom att på olika sätt motivera förarna går det, visar litteraturen, att bibehålla kunskaper i praktiskt utnyttjande av ett ekonomiskt körsätt.

Lastbilens utformning

Lastbilens utformning har stor inverkan på bränsleförbrukningen. För att kunna göra jämförelser av olika lastbilars bränsleförbrukning finns ett stort antal variabler att ta hänsyn till. Några av dessa är

- kombinationen av olika komponenter i motor och transmission
- axelkonfiguration, axelparallellitet och hjulinställning
- singel- eller tvillingmonterade hjul
- däckval, däckslitage, däcktryck
- aerodynamiska detaljer
- totalvikt, tjänstevikt samt lastvikt och lastvolym
- kranutformning, vilket påverkar både vikt och aerodynamiken

Utöver ovan nämnda faktorer vilka till stor del specificeras vid köp av lastbilen, finns det ett antal andra att ta hänsyn till. Regelbunden service, användning av rätt bränsle och smörjmedel samt god däckkondition bör ge signifikanta effekter på bränsleförbrukningen och därmed totalekonomin.

Omvärldsfaktorer

Av litteraturen framgår det att finns ett mycket stort antal faktorer som påverkar bränsleförbrukningen hos lastbilen utan att för den skull vara knutna till vare sig fordonet eller föraren. Några av de viktigaste är

- vägarnas beskaffenhet i fråga om beläggning, textur, håligheter samt vägmaterialets bundenhet och vattenhållande förmåga
- vägarnas horisontella och vertikala variation beroende på topografiska förhållanden
- väderlek; temperatur, vindförhållanden och nederbörd.

Omvärldsfaktorerna är förmodligen de svåraste att beakta vid mätning av bränsleförbrukning.

Information

Det kan förmodas att bränsleförbrukningen påverkas av vilka informations-system lastbilen är utrustad med. Vidare bör förarens kännedom om olika förhållanden längs en tänkt rutt påverka prestationen. Det är också troligt att förare påverkas på olika sätt av att delta i ett bränslemätningförsök. Alla dessa förhållanden påverkar resultaten av bränslemätningen och därmed utfallet av TRANSMIT-projektet.

Slutsatser

Det finns ett mycket stort antal parametrar att ta hänsyn till vid mätning av en lastbils bränsleförbrukning. Detta ställer höga krav på dokumentation av ingående variabler i form av specifikation av lastbilens utformning, förarinstruktioner och val av testområde samt försöksuppläggning.

Litteraturen visar en stor spridning vad gäller möjligheterna att påverka en lastbils bränsleförbrukning. Det kan förmodas att möjligheterna att göra rättvisa jämförelser med tidigare resultat är mycket små. Detta påpekade Laurell (1985) när han menade att ”genom att forskningen inom området till övervägande del gjorts i USA, med ett transportsystem som i många avseenden skiljer sig från svenska trafikförhållanden är det svårt att överföra kunskaperna”. Risken finns att möjligheterna att göra signifikanta jämförelser av försöksresultat begränsas till resultaten av starkt avgränsade kontrollerade tester. Dock bör det inom TRANSMIT-projektet ges stora möjligheter att samla relevanta data för att dra generella slutsatser om olika vägegenskapers inverkan på bränsleförbrukningen och hur olika förare påverkar bränsleekonomin.

Litteraturen uppvisar tro på framtida möjligheter med en förfinad informationsteknologi. Detta leder till slutsatsen att TRANSMIT-projektet ligger rätt i tiden.

Med utgångspunkt i den litteratur som studerats kommer projektet att kunna tillföra en vidare kunskap inom området.

Litteratur

- Arnäs, J.-O. & Eriksson, L. 1994. Test dieselförbrukning miljöklass 1 – miljöklass 2. Transportörbränsle AB, Volvo, Teknisk utveckling, TRB, Kungsbacka.
- Bunting, A. 1996. Why tyre cost management has become an energetic exercise, *Transport Engineer* (januari 1996) ISSN: 0020–3122. Institute of Road Transport Engineers, London, Storbritannien.
- Carlsson, D. & Arvidsson, P.-Å. 1998. Optimerade rutter – bra för både ekonomi och miljö. Resultat nr 23, 1998. SkogForsk. Uppsala.
- Clancy, S. 1990. Vehicle-road interactions. *Transport Engineer* (mars 1990) ISSN: 0020-3122. Institute of Road Transport Engineers, London, Storbritannien.
- Clos, W. H. 1989. Heavy truck fuel consumption study. National energy research development and demonstration program; end of grant report, ISSN: 0811-9570. Australian Department of Primary Industries and Energy. Canberra, Australien.
- Dinoviteser, A. 1997. Haulage truck performance and fuel consumption model. 21st Australian transport research forum (ATRF). Adelaide, South Australia, vol. 21, part 2 (1997). University of South Australia, Transport Systems Centre, Adelaide, Australien.
- Du Plessis, H. W. & Schermers, G. 1989. Fuel savings for commercial vehicles as a result of improvements to road surface conditions, 5th conference on asphalt pavements for southern Africa (CAPSA 89). In: ISBN: 0-620-14395-9. CAPSA, Manzini, Swaziland.

- Ecotraffic R&D. 1999. Inverkan av körsätt på bränsleförbrukning och avgas-emissioner, en litteraturstudie. Ecotraffic R&D. Stockholm.
- Filipsson, S. & Jansson, K.-J. 1990. Vägklassen och lastens inverkan på körhastigheten vid rundvirkestransport med lastbil – en pilotstudie. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, Uppsatser och Resultat nr 171, 1990, SLU, Garpenberg.
- Granlund, P. & Andersson, G. 1998. Möt våren med CTI, Studier av virkesfordon utrustade med CTI våren 1997. Redogörelse nr 2, 1998, SkogForsk. Uppsala.
- Johansson, A. 1996. Vagnät för skogstransporter. Skog & Forskning nr 4/1996. Sveriges Skogsvårdsförbund, Stockholm.
- Laurell, H. 1985. Körsättets betydelse för bränsleförbrukningen. VTI rapport 298. 1985. Väg- och Transportforskningsinstitutet, Linköping.
- Ljubic, D. A., Nader, J. & Provencher, Y. 1989. Energy consumption of heavy road vehicles: Field parameter measurements and cross impact analysis – summary report. Transport Canada, Transport Development Centre, Montreal, Canada.
- Myhrman, D. 2000. Teknik för stora engreppsskördare – basmaskinen. SkogForsk Resultat nr 2, 2000, SkogForsk. Uppsala.
- Nader, J. 1991. Measurement of the impact of driving technique on fuel consumption: preliminary results. Technical Note, TN-172 December 1991, Roads & Transportation, Forest Engineering Research Institute of Canada. Québec, Canada.
- Natural Resources Canada. 1998. SmartDriver program for heavy vehicles, the latest in fuel-efficiency for drivers, NRC News Release 98101, Ottawa, Canada, (2000-01-25, url: <http://www.nrcan.gc.ca/css/imb/hqlib/98101.htm>).
- Peiyu, L. & O'Reilly, R. 1987. Improving road pavement – how will it improve truck performance. Technical Release, no 6, vol 9. 1987. New Zealand Logging Industry Research Association, Rotorua, New Zealand.
- Ryder, A. 1994. Fuel efficient driving: the basics, Heavy Duty Trucking (juli 1994) volym 73, nr 7, ISSN: 0017-9434. Newport Publications, Newport, USA.
- Sandberg, U. 1997. Influence of road surface texture on traffic characteristics related to environment, economy and safety, a state-of-the-art study regarding measures and measuring methods. VTI notat 53A-1997. Väg- och Transportforskningsinstitutet, Linköping.
- Shen, S., Tanaka, H. & Sato, Y. 1999. Fuel consumption simulation and analysis for the diesel engine powered vehicle. Society of Automotive Engineers of Japan. JSAE Technical Paper no 9935969, Tokyo, Japan.
- Sävenhed, H. 1987. Samband mellan vägyta och bränsleförbrukning på grusvägar. VTI rapport 235, 1987, Väg- och Transportforskningsinstitutet, Linköping.
- Taylor, P. 1990. The relative fuel efficiency of super-single, low profile and standard tyres on logging trailers. New Zealand Logging Industry Research Association. Report 15, 1990, LIRA, Rotorua, New Zealand.
- Volvo. 1996. Fuel Economy Seminar, Waddinxveen 1996-09-16. Volvo Truck Parts Corporation, Product Training, Holland.
- Volvo. 2000. Bästa bränsleekonomi – utnyttja energin maximalt. Volvo Truck Corporation. Göteborg.

Muntliga referenser

Bengtsson, Göran. Michelin, telefonsamtal 2000-02-01.

Holmberg, Sten. Bridgestone/Firestone Sweden AB, telefonsamtal 2000-02-01.

Johansson, Torsten. STRO Swedish Tyre and Rim Organisation, telefonsamtal 2000-01-31.

Löfroth, Claes. SkogForsk, samtal 2000-02-21.

Roth, Anders. Doktorand vid Institutionen för Transportteknik vid Chalmers tekniska högskola, telefonsamtal 2000-01-21.