



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 870–2015

ETTaero

En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon

A pilot study of aerodynamic design of forest vehicles

Claes Löfroth och Olle Gelin



SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 870-2015

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

Titel:

ETTAero – En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon.

A pilot study of aerodynamic design of forest vehicles.

Bildtext:

Aerodynamisk test i vindtunnel på skalenlig (1:6) modell av virkesfordon.

Ämnesord:

Aerodynamik, bränsleförbrukning, luftmotstånd, vindtunnel, virkesfordon.

Aero dynamic, fuel consumption, wind tunnel, logging trucks, logging wheicle.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Claes Löfroth, ingenjör. Anställdes på Skogforsks föregångare Skogsarbeten, 1973. Claes expertområden innefattar skogliga transporter, vägar samt arbetsmiljö.



Olle Gelin, Civilingenjör maskinteknik. Arbetar på Skogforsk med frågor kring maskinutveckling för skonsamhet- och produktivitet i programmet Teknik och Virke.

Medförfattare

Matts Carlsson, Professor LIU.

Per Elofsson, Tekn Dr, Scania.

Petter Ekman, Doktorand LIU.

David Söderblom, Civ. ingenjör, Scania Senior Engineer, Aerodynamics at Scania.

Arvid Svenson, Studerande KTH.

Per-Åke Torlund, Civ. ingenjör Aviation & Aerospace Professional.

Abstract

Tests of forest vehicles in a wind tunnel show great potential for reducing fuel consumption through improved aerodynamics. A reduction in fuel consumption of up to 8-10% is possible.

Skogforsk has collaborated with Linköping University, Scania, MT i Eksjö, ExTe, Parator and Vemservice in a pilot study conducted at the STARCS wind tunnel in Bromma. The tests demonstrated examples of drag reductions of over 20%. For example, drag is increased by approximately 40% when the chip truck is driven through a wind tunnel without a cover on the containers. This corresponds to a difference in fuel consumption of approximately 15% compared with an empty vehicle.

The aim of this pilot study, which was funded by the Swedish Energy Agency, Skogforsk and the automotive industry, was to produce data that could form the basis of further studies. The study was carried out in the wind tunnel, in real-life situations, and using models.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Bakgrund	2
Syfte.....	3
Mål.....	3
Metod.....	3
Byggnation av skalenligt fordon	3
Vindtunnel	4
Teknisk beskrivning.....	4
Installation.....	4
Mätningar.	4
praktiska tester i vindtunnel.....	5
Beskrivning Konfigurationer	5
Aerodynamiska åtgärder för bättre aerodynamik	7
Resultat	9
Resultatsammanställning rundvirkesbil.	9
Resultatsammanställning Flisbil.....	12
Studier från simuleringsmodeller.....	15
Ekonomisk Potential.....	16
Diskussion.....	16
Bilaga 1. Ekonomisk kalkyl av nyttan med erodynamiska påbyggnationer	19
Bilaga 2. Rådata i tabellform	23

Sammanfattning

Tester av skogsfordon i vindtunnel visar på stor potential att kunna minska bränsleförbrukningen. Försöken visar på en möjlig minskning av bränsleförbrukningen med upp till 4–6 procent för 74 tons rundvirkesfordon och 3–8 procent för flisfordon. I en förstudie i Starcs vindtunnel i Bromma har Skogforsk tillsammans med Linköpings universitet, Scania, MT i Eksjö, ExTe, Parator och Vemservice visat exempel på minskningar av luftmotståndet på över 20 procent. Exempelvis så ökar luftmotståndet med cirka 40 procent då flisfordonet kördes i vindtunneln utan taktäckning av fliscontainrarna. Det motsvarar en skillnad på cirka 15 procent i bränsleförbrukning vid en jämförelse med ett tomt fordon. Avsikten med denna förstudie, som har finansierats av Energimyndigheten, Skogforsk och fordonsindustrin, var att ta fram underlag för ytterligare studier dels i vindtunnel, dels genom simuleringar för att sedan implementera de mest lovande koncepten ute i verkligheten.

Bakgrund

För att minska koldioxidutsläppen från transportsektorn krävs åtgärder som radikalt minskar bränsleförbrukningen. Inom skogsindustrin arbetar man med frågan på många olika sätt t.ex. genom förarutbildningar och miljövänligare drivmedel. Projektet En Trave Till (ETT) har visat på minskad drivmedelsförbrukning med upp till 20 procent vid transporter med 90-tonsfordon jämfört med 60-tonsfordon. Användning av ETT-fordon skulle möjliggöra en bort-rationalisering av vart tredje rundvirkesfordon med bibehållen förmåga till transportarbete. Att minska bränsleförbrukningen på skogsfordon med olika tekniska lösningar har stor potential. Luft- och rullmotstånd är de två viktigaste faktorerna. Lastbilstillverkarna lägger ner mycket arbete på att minska luftmotståndet med bättre design av hytt och chassi på basfordonet. Delar av det arbetet kan vara mer eller mindre bortkastat om inte de s.k. efterfordonen också är aerodynamiskt utformade. Därför är det en stor fördel om forskare, användare och tillverkare av lastbilsfordon gemensamt tittar på möjligheterna med att förbättra aerodynamiken på hela fordonet inklusive extrautrustning på lastbil/dragbil, släpvagn/link och trailer. Exempel från andra studier har visat goda möjligheter att minska luftmotstånd genom ett mindre mellanrum mellan bil och släp, genom att använda anpassade vindavvisare och ha koniskt avslut på trailern. Dessa och ytterligare åtgärder har utvärderats i denna vindtunnelstudie.

Syfte

Syftet med förstudien har varit att hitta aerodynamiska detaljer på fordonet som sänker luftmotståndet och därigenom minska bränsleförbrukningen. Dessutom ska förstudiens resultat ligga till grund för en större flerårig studie som inbegriper vindtunnel, simuleringar och praktiska prov.

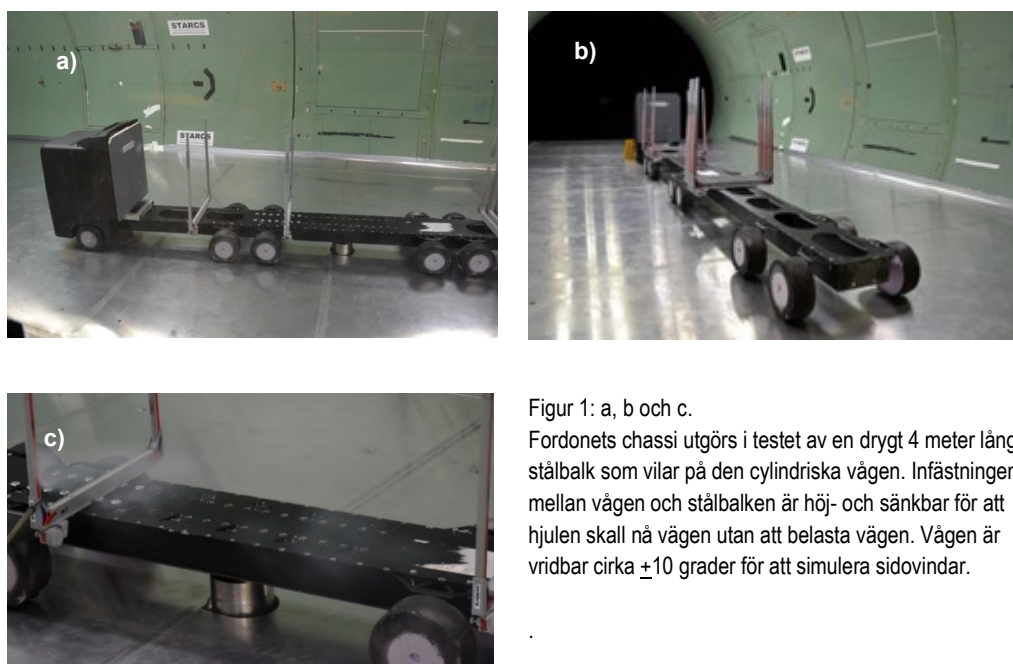
Mål

Målet på längre sikt är att kunna minska bränsleförbrukningen på rundvirkes- och flisfordon med upp till 15 procent.

Metod

BYGGNATION AV SKALENLIGT FORDON

Fordonen byggdes upp i skala 1:6 där den totala fordonslängden var 4,2 meter, höjd 0,75 meter och bredd 0,43 meter. För byggnation av fordon och fordonsutrustning utnyttjades 3D-ritningar från Scania, MT och ExTe. Chassiet på fordonet utgjordes av en 4,2 meter lång stålbalk som vilade på en cylindrisk våg. Vågen, som mäter krafter i 6 riktningar, var tillverkad av Starcs. Hytt, hjulutrustning, flisskåp med mera byggdes i olika plastmaterial för att få ett så lätt fordon som möjligt. Flisskåpen utrustades med olika typer av hörn, skarpa respektive runda, för att testa olika aerodynamiska utformningar. För timmerbilen utnyttjades samma balk, men flislådorna ersattes av bankar och stöttor som ExTe tillverkat i en 3D-skrivare. Tre olika typer av stöttor testades (konventionella, vingformade respektive droppformade) och Vemservice tillverkade olika typer av framstammar i plywoodmaterial. Hjulaxlarna var flyttbar, för att simulera olika typer av fordon med bruttovikter på 60 respektive 74 ton.

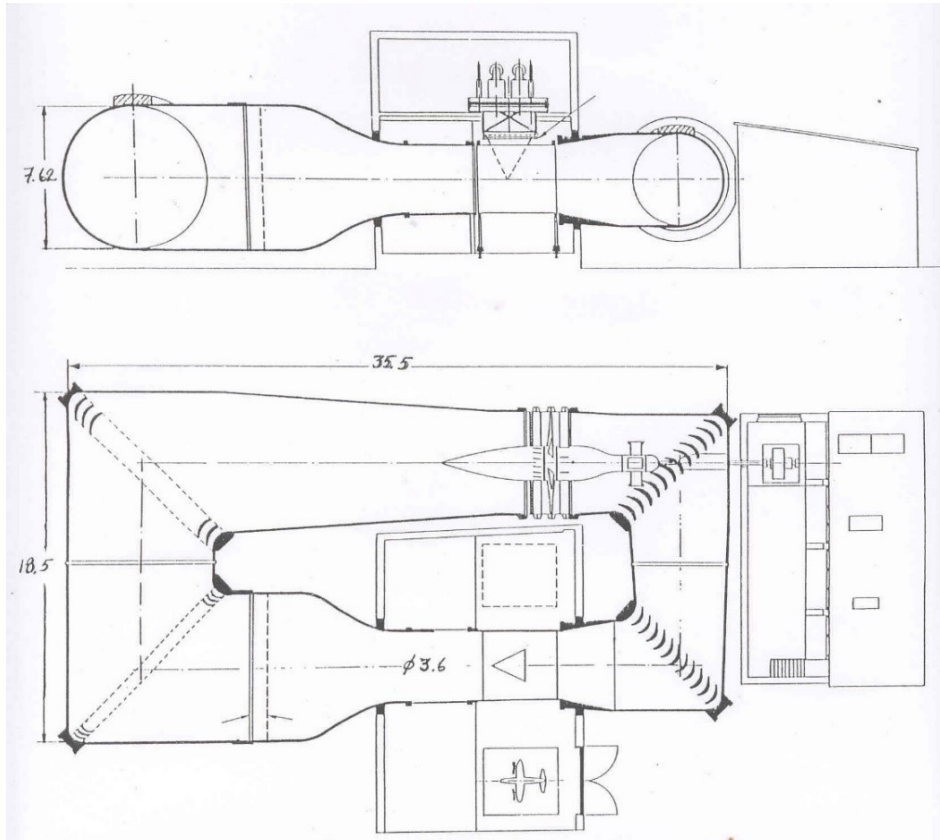


Figur 1: a, b och c.
Fordonets chassi utgörs i testet av en drygt 4 meter lång stålbalk som vilar på den cylindriska vågen. Infästningen mellan vågen och stålbalken är höj- och sänkbar för att hjulen skall nå vågen utan att belasta vågen. Vågen är vridbar cirka ± 10 grader för att simulera sidovindar.

VINDTUNNEL

Teknisk beskrivning

LT1 (Låghastighetsvindtunnel nummer 1) är en atmosfärisk låghastighetsvindtunnel med sluten krets, (Figur 2). Maximal vindhastighet är ca 85 m/s beroende på vad som installerats.



Figur 2.

Övre bild: Mätsträckan är 3,6 meter i diameter och 8 meter lång. Nedre bild; LT1 Vindtunnelkrets.

Installation

Ett markplan installerades i mätsträckan för att simulera körning på plan mark. Dess översida placerades 1,14 meter över ordinarie mätsträckas botten. Detta gav ett tvärsnitt, C över markplanet på 7,41 m².

Mätningar

Hastigheten kalibrerades med ett Prandtl-rör placerat 420 millimeter över markplanet och i vridningsaxeln för modellen.

Krafter och moment på modellen mättes med en vindtunnelvåg (I-691), d.v.s. en specialtillverkad kraftgivare som mäter tre krafter och tre moment. Vågens lastområde valdes, för att få maximal styvhet och för att få en rimlig storlek på egensvängningarnas amplitud och frekvens.

PRAKTISKA TESTER I VINDTUNNEL

Förarbetet var tidsödande och bestod i att bygga fordonmodeller och detaljer på fordonen. Även vindtunneln fick byggas om, bl.a. fick ett plant golv installeras för att simulera vägen. Anpassning av våginstrumentet till fordonet var arbetskrävande och flera olika företag var involverade i det arbetet.

Arbetet i vindtunneln bestod till stor del av att bygga de olika testfordonen, montera dem på våglänken och bygga om aerodynamiska detaljer. Körningarna, ”blåsningen”, gick snabbt och alla mätdata från vägen lagrades i en mät dator för senare utvärderingar. Vid körningarna så testades först fordonen, så att inga stockar eller aerodynamiska detaljer skulle blåsa bort. Vindhastigheten var då cirka 10 meter per sekund. Då det konstaterats att testfordonet med sina detaljer höll för vindens påtryckningar, ökades vindhastigheten till testhastigheten med cirka 50 meter per sekund. Testet ”blåsningen” genomfördes först med 0° vindriktning (rak motvind) och senare genom att vrida modellen så att motståndet kunde mätas vid olika graders sidovind 2,5°, 5,0° och 10,0° sidovind.

Totalt genomfördes drygt 30 olika mätningar med tre olika fordonstyper:

- Flisfordon (lastbil med släpvagn) 74 ton och nio axlar.
- Rundvirkesfordon (lastbil med släpvagn) 60 ton med sju axlar.
- Rundvirkesfordon (lastbil med släpvagn) 74 ton och nio axlar.

För att illustrera vindturbulensen runt fordonen användes en rökmaskin som producerade rök. Med hjälp av ett långt rör kunde röken riktas för att upptäcka de områden där kraftiga virvelströmmar uppstår. Den visuella effekten av turbulensen som röken gav genererade i flera aerodynamiskt förebyggande detaljer som byggdes på plats med tillgängligt material.

BESKRIVNING KONFIGURATIONER

Ett antal olika aerodynamiska detaljer testades och beskrivs närmare i listan nedan. Utöver de specialanpassade åtgärderna testades ett antal idag vanligt förekommande konfigurationer, t.ex. lastad/olastad, olika antal axlar med mera.



Figur 3.
Referens konfigurationen 74 tons flisbil med last.



Figur 4.
Referenskonfigurationen 74 tons rundvirkesbil. Högre travar och 9 hjulaxlar på fordonskombinationen.



Figur 5.
Referenskonfigurationen 60 tons rundvirkesbil. Lägre travar och 7 hjulaxlar på fordonskombinationen.



Figur 6.
Boat Tail på framstammen.

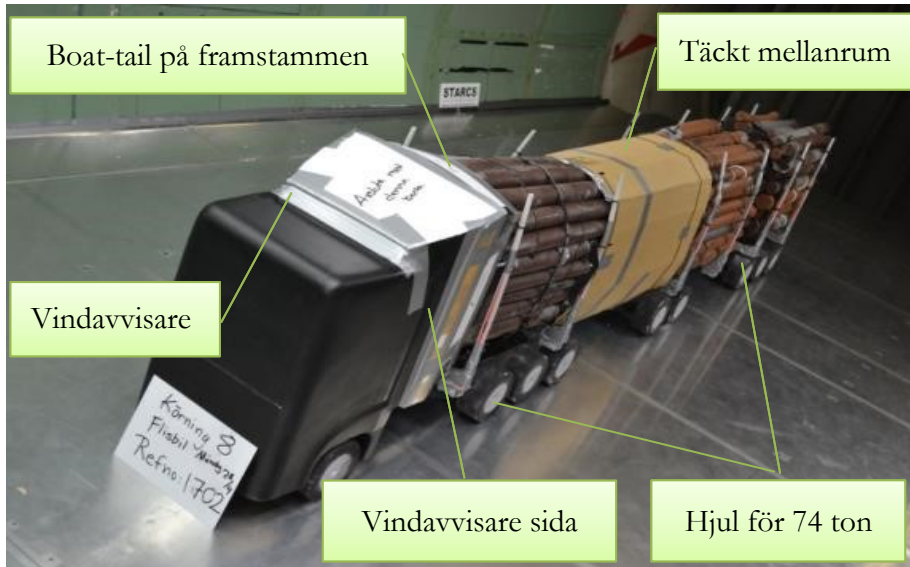
Aerodynamiska åtgärder för bättre aerodynamik

- Boat Tail (BT): Ett koniskt avslut för att minska det vakuum och drag som uppstår efter fordonet, (Figur 10).
- Boat Tail på framstammen (BT på FS) för att minimera turbulensen mellan framstammen och första traven, (Figur 6).
- Täckt mellanrum: Ett försök att helt eliminera den turbulens och drag som skapas mellan de olika lastdelarna, (Figur 10).
- Hajfena: En skiva som avgränsar möjligheten för luftturbulens mellan lastdelarna, (Figur 10).
- Vindavvisare (VA): Modellen var utrustad med en grund vindavvisare som användes i alla försöken. Vid vissa försök användes en extra vindavvisare som då betecknats med VA och sitter monterad på lastbilens hytt. En vidare utveckling var vindavvisare på sidorna (VA-sidor).
VA, VA-sidor och BT på FS har samma funktion som täckt mellanrum, fast mellan hytt och första lastdelen. (Figur 8).



Figur 7.
Kudde mellan T1 och T2.

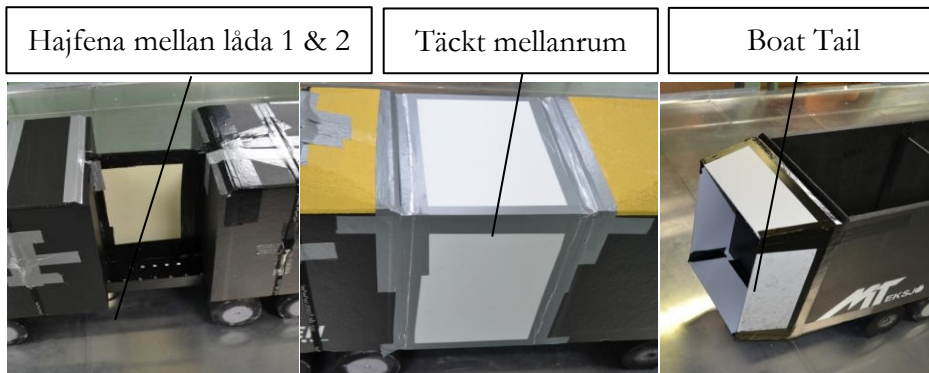
- Kudde: En ballong liknade del som placerades mellan *Trave 1 och 2* (T1 och T2) (Figur 7).
- Droppformade stakar: Idén bygger på att en vattendroppe som faller i luft antar en form för att minimera de krafter som påverkar den, genom ytspänningens elastiska förmåga att finna lägsta energinivån.
- Vingprofilerade stakar: Hypotesen var att en vingprofil på stakarna bör minska det drag som uppstår jämfört med en vanlig stake.



Figur 8.
 Fullt utrustad med alla aerodynamiska åtgärder konfiguration i 74-tonsutförande.



Figur 9.
 Från vänster med hopskjutna stakar, fällda stakar och inga stakar.



Figur 10.
 Beskrivning av olika aerodynamiska åtgärder. Hajfenans funktion är att förhindra turbulens mellan *Flislåda 1* och *2*. Täckt mellanrum eliminerar turbulensen mellan *Flislåda 1* och *2*. Boat-tail-funktionen är att lugna och på ett mer kontrollerat sätt sammanföra luftströmmen efter fordonet för att minska det vakuüm och drag som uppstår där.



Figur 11.
Från vänster; täckt, öppen och lastad konfiguration.



Figur 12.
Från vänster; tom 60 tons konfiguration, Droppformade stakar, Boat Tail på framstammen som går över virket.

Resultat

Studierna i vindtunneln visade flera energibesparande åtgärder på både timmerlastbilar och flisfordon. Scantias avdelning för aerodynamisk utveckling har granskat de uppmätta resultaten som redovisas i (Bilaga 2, Rådata i tabellform).

Genom jämförelse mellan fullskalig bil och skalmodellen har en korrigeringsfaktor beräknats. I Bilaga 2 redovisas den vindvägda luftmotståndskoefficienten (CDWA). Med dessa värden som grund har Scania bedömt resultaten som rimliga. Utifrån mätningarna och pålagda korrigeringar från fullskaliga mätningar har Scania uppskattat att en bränslebesparing på 4–6 procent för 74 tons rundvirkesfordon och 3–8 procent för flisfordonet är möjliga. Bränsleförbrukningen är en approximation (Pers.medd. David Söderblom, Scania) och räknas fram enligt formeln:

$$\Delta F = \frac{\Delta CD}{4}$$

ΔCD är skillnaden i luftmotståndskoefficient.

ΔF är skillnad i bränsleförbrukning.

RESULTATSAMMANSTÄLLNING RUNDVIRKESBIL

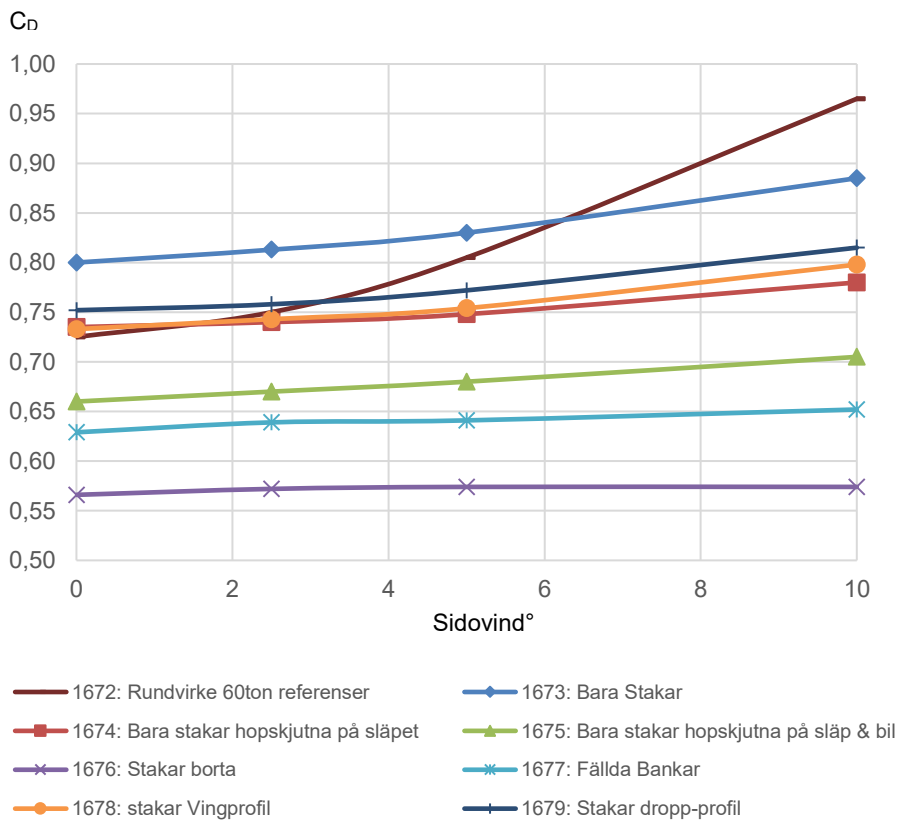
Bäst aerodynamik uppnåddes på 74-ton rundvirkesfordonet, då det var utrustat med en stor vindavvisare som täckte delar av första traven och där mellanrummet mellan travarna var täckta, (Figur 8). Luftmotståndet minskade då med cirka 26 procent jämfört mot 74 tons referens, vilket motsvarar en teoretisk bränslebesparing på 6,5 procent.

Mätningarna med olika konfigurationer på tomkörning gav intressanta siffror. Vid testkörning utan last och med fällda bankar/stöttor uppmättes en minskning av luftmotståndet med 23 procent jämfört med en konventionell 60-tons bil utan last, (Figur 9).

Tabell 1.
Exempel på åtgärder för att minska bränsleförbrukning vid tomkörning.

1673: Tom bil med konventionellt utförande på stakar är referens	Skillnad i luftmotstånd, %	Teoretisk bränslebesparing, %
1674: Bara stakar hopskjutna på släpet.	-10	-2
1675: Bara stakar hopskjutna på släp och bil.	-18	-5
1676: Stakar borta.	-31	-8
1677: Fällda Bankar.	-23	-6
1678: Stakar Vingprofil.	-9	-2
1679: Stakar dropp-profil.	-7	-2

Det ger stor effekt att kunna fälla stöttor vid returkörning då stöttorna bidrar till stor turbulens och motstånd. Att köra tomt mot lastad bil ger ett ökat vindmotstånd med 3 procent jämfört med lastat fordon, (Figur 13) där tomt fordon med bara stakar har högst värde i luftmotstånd.



Figur 13.

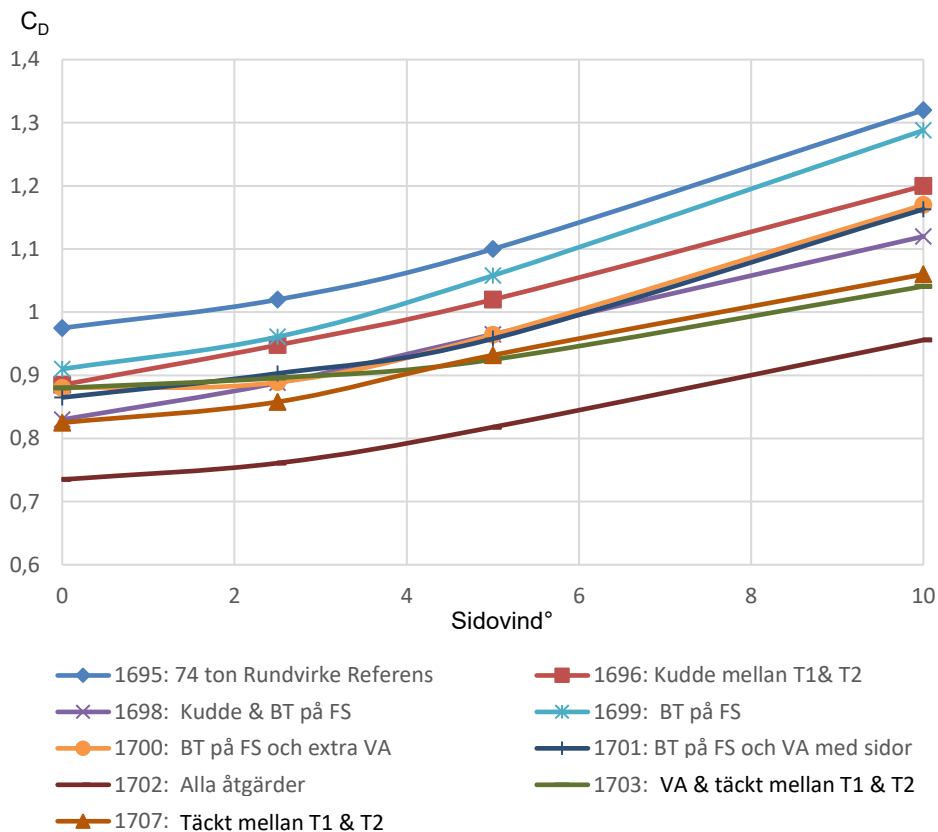
Sammanställning av rundvirkestransport med bruttovikt 60 ton. 1672 är referensmätning med last.

Intressant är att tom bil har högre luftmotstånd än lastad bil, vilket stämmer bra överens med teorin där korta föremål som färdas i luft, ger upphov till högre luftmotstånd än långa föremål. Det ger därför en betydande förbättring när stakarna antar en vingprofil som är en längre kropp och med avsmalning.

Tabell 2.

Procentuell beskrivning av resultatet med 74 tons lastad rundvirkesbil. Negativa siffror innebär en sänkning av luftmotståndet och bränsleförbrukningen mot referensen.

1695: 74 ton Rundvirke lastad är referens	Skillnad i luftmotstånd, %	Teoretisk bränslebesparing, %
1696: Kudde mellan T1 och T2.	-8	-2
1698: Kudde & BT på FS.	-13	-3
1699: BT på FS.	-4	-1
1700: BT på FS och extra VA.	-12	-3
1701: BT på FS och VA med sidor.	-13	-3
1702: Alla åtgärder.	-26	-6
1703: VA & täckt mellan T1 och T2.	-15	-4
1707: Täckt mellan T1 och T2.	-16	-4
1672: 60 ton Rundvirke.	-36	-9



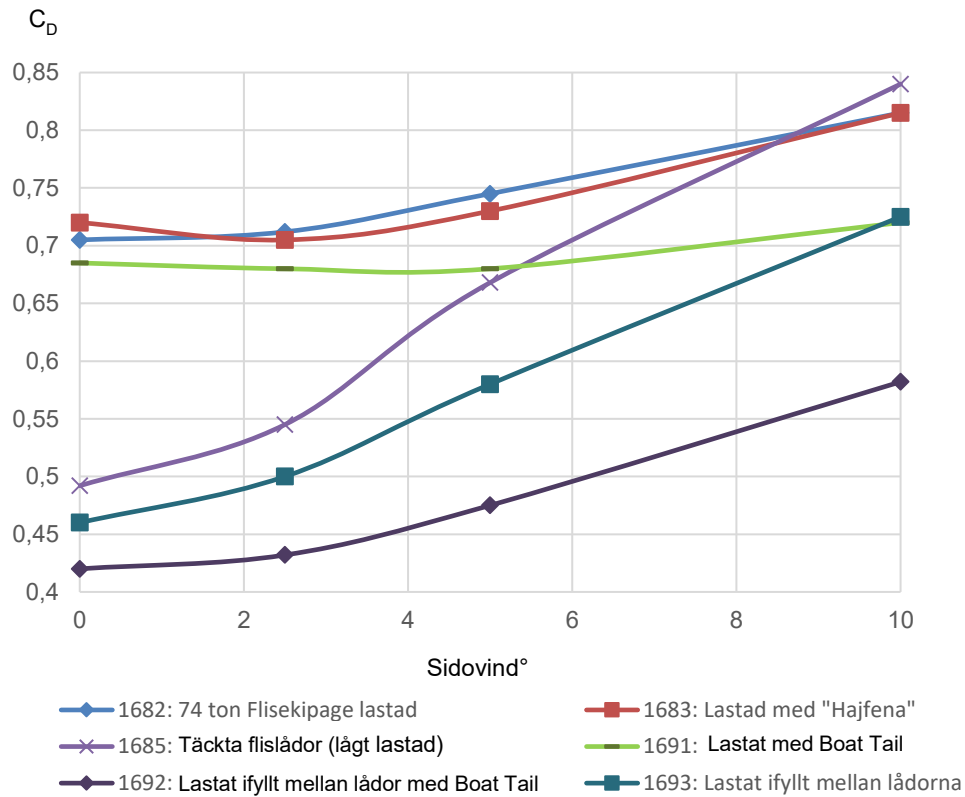
Figur 14.
Sammanställning av rundvirke 74 ton. 1695 är referens, (se Bilaga 2) för mer information.

En ökad lasthöjd medför ett kraftigt ökat luftmotstånd. Skillnaden mellan 60 tons- och 74 tons lasthöjd gav ett ökat luftmotstånd på 36 procent. Rätt anpassade vindavvisare som gärna täcker över virket, ger ett bra resultat. I denna studie gav det en reduktion av luftmotståndet med 13 procent, vilket är en bränslebesparing på cirka 3 procent.

RESULTATSAMMANSTÄLLNING FLISBIL

Tabell 3.
 Procentuell beskrivning av resultatet med överlastad flis bil som referens. Negativa siffror innebär en sänkning av luftmotståndet och bränsleförbrukningen.

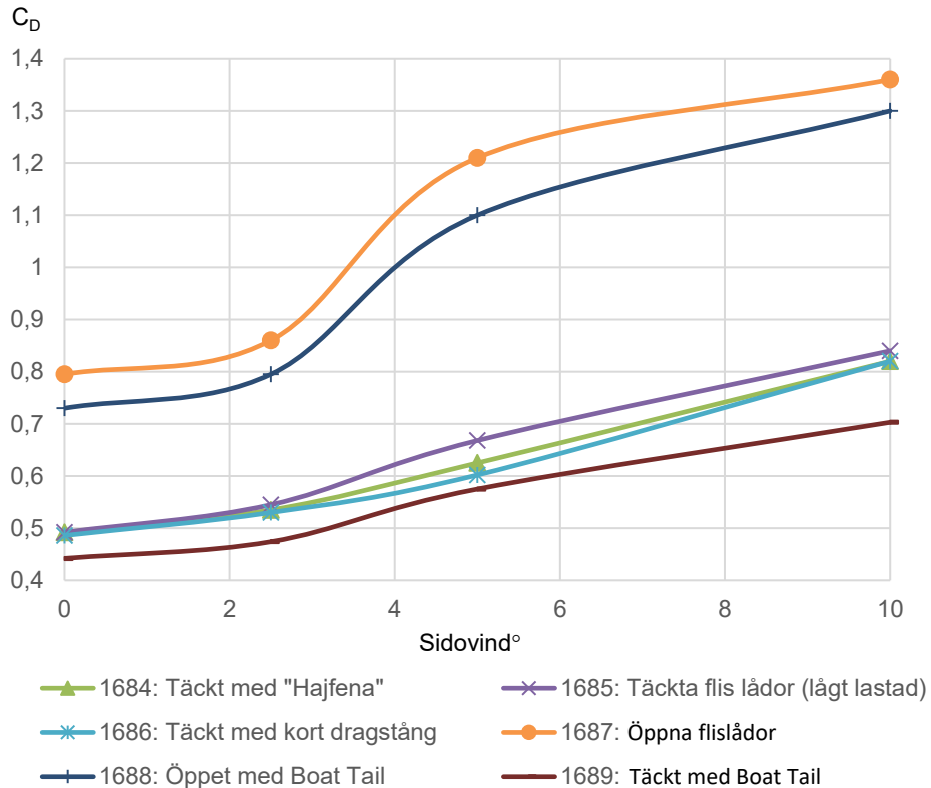
1682: 74 ton Flisekipage lastad är referens, = CDWA = 0,7544	Skillnad i luftmotstånd, %	Teoretisk bränslebesparing, %
1683: Lastad med "Hajfena".	-1	0
1691: Lastat med Boat Tail.	-8	-2
1693: Lastat ifyllt mellan lådorna.	-23	-6
1692: Lastat, ifyllt mellan lådorna, Boat Tail.	-36	-9
1685: Täckt slätt ovanpå ej lastat över kant.	-12	-3



Figur 15.
Flisbil 74T. Rundat tak "lastad". Diagram över lastad flisbil som då har ett rundat tak med de olika aerodynamiska detaljerna.

Tabell 4.
 Procentuell beskrivning av resultatet med täckta flislådor. Negativa siffror innebär en sänkning av luftmotståndet och bränsleförbrukningen. Öppna flislådor mot täckta gav en stor ökning vid sidovind vilket ska tolkas med vis försiktighet.

1685: 74 ton Flisekipage täckt är referens, CDWA = 0,6616	Skillnad i luftmotstånd, %	Teoretisk bränslebesparing, %
1684: Flislådor slät täckt med "Hajfena".	-5	-1
1686: Täckt kort dragstång.	-8	-2
1689: Täckt med Boat Tail.	-14	-3
1687: Flislådor utan täckning (öppet).	77	19



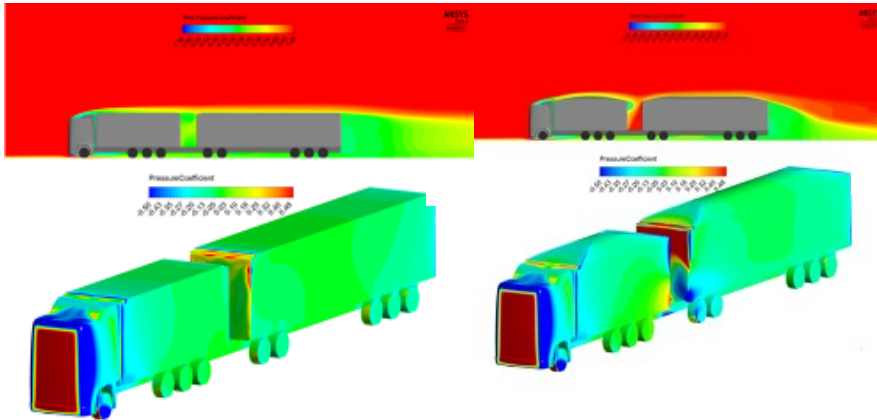
Figur 16.
Flisbil 74T tom eller lågt lastad. Sammanställning av flistransporter med bruttovikt 74 ton.

På flisfordonet ökade vindmotståndet markant då de två fliscontainrarna var tomma och utan taktäckning mot att ”täcka över” de tomma fliscontainrarna, en 44-procentig ökning av uppmätt vindmotstånd vid måttlig sidovind.

Med en konisk avlutning på fordonet så kallad ”Boat Tail” och täckning av mellanrummet mellan fliscontainrarna, så uppmättes en sänkning av luftmotståndet med 36 procent. Bara Boat Tail gav en minskning av luftmotståndet med 8 procent i försöken med ”lastad flisbil”.

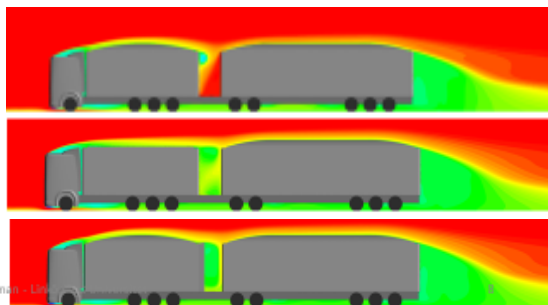
STUDIER FRÅN SIMULERINGSMODELLER

Vidare analyser gjordes av Peter Ekman på Linköpings Universitet som använde data från mätningarna för att validera simuleringsmodeller för flisbilskonfigurationen.



Figur 17.
Bilden illustrerar resultat som genererats från datorsimuleringarna.

Första lådan på den högra konfigurationen i (Figur 17) med rundat tak ”lastad” styr ner luften i mellanrummet och skapar en vak, den röda ytan på släpets framgavel. Det ger upphov till kraftigt ökat luftmotstånd. Vaken bakom fordonet är dock mindre för bil med rundat tak. Simuleringar visar att om bilen skulle ha platt tak på främre lastdelen och rundat på bakre, (Figur 18) mellersta bilden, skulle luftmotståndet minska med 58 procent som teoretiskt skulle leda till en minskning av bränsleförbrukningen på 14 procent. Ett alternativ till att inte fylla flis över lämmarna är att montera en spoiler för att mota upp luftströmmen och på så sätt hindra luften att gå ner i mellanrummet, (Figur 18) nedre bilden. Spoilern ger en simulerad minskning av luftmotståndet på 52 procent som innebär en minskad bränsleförbrukning på 13 procent. Slutsatser från simuleringarna är att platt tak eller spoiler på första lådan i kombination med rundat tak ”lastad” på sista lådan ger bra aerodynamiska egenskaper.



Figur 18.
Överst är referensen med rundat tak ”lastad”. I mitten har första flislådan platt tak för att undvika att luft går ner mellan lådorna. Den nedre bilden visar hur en spoiler på förstalåda kan hindra luften att gå ner i mellanrummet och på så vis minska luftmotståndet.

Mer om Linköpings universitets vidarestudier på data från vindtunneln går att finna i artikeln: Aerodynamics of Timber Trucks – a Wind Tunnel Investigation av Matts Karlsson, Roland Gårdhagen, Petter Ekman, David Söderblom och Claes Löfroth.

EKONOMISK POTENTIAL

För att åkarna skall installera aerodynamiska detaljer, så bör investeringarna vara lönsamma. En enkel jämförande kalkyl på ett rundvirkesfordon visas i (Bilaga 1).

I kalkylen så har ett transportavstånd på 12 mil antagits. Detta är cirka 3 mil längre än nuvarande medeltransportavstånd för svenska rundvirkesfordon. Fordon som kör långa sträckor med hög hastighet, har större möjligheter att ekonomiskt försvara aerodynamiska byggnationer. Kostnaden för den aerodynamiska extra utrustningen har bedömts vara 100 000 kronor och väga cirka 100 kilo. Lastvikten har därför minskats med 100 kilo. Bränslebesparingen har bedömts vara 8 procent. Denna bedömning kan anses vara hög men vid testerna i vindtunneln redovisades potentialen på ca 4–6 procent med en större vindavvisare från hytten till första traven. Utrustas fordonet med vikbara stöttor (cirka 10 procent besparing vid körning utan last) så blir den totala besparingspotentialen >8 procent. Kostnaden för diesel är satt till 11 kronor per liter. Med dessa kalkylförändringar blir det en årlig kostnadsänkning för åkaren nära 80 000 kronor.

Diskussion

Inget av de företagen som deltagit i projektet hade några tidigare erfarenheter av att köra hela skogsfordon i en vindtunnel, även om Scania och Linköpings universitet har stor kompetens inom aerodynamik och vindtunneltester i övrigt. Därför ser de resultaten som intressanta, relevanta och fullt möjliga att praktiskt testa på fullskaliga skogsfordon. Tillverkarna MT Eksjö, Parator, ExTe och Vemservice fick möjlighet att testa prototyper av aerodynamiska detaljer som diskuteras fram med intresserade åkare för att sänka bränsleförbrukningen. Den begränsade tid som var tillgänglig för test i vindtunneln gjorde att några av de önskade försöken inte kunde genomföras och att andra kunde haft större omfattning, men totalt gjordes flera mycket intressanta observationer under studierna i vindtunneln.

Resultaten från lastbilsmodellen i vindtunneln är kontrollerade och validerade mot fullskalig vindtunneltester gjorda av Scania. Trots god korrelation mot verkligheten så finns det alltid osäkerheter med skalmodeller som gör att resultaten bör tolkas med viss försiktighet. Faktorer som skulle ökat resultatens kvalitet är rullande markplan och hjul, då turbulens skapas mot ytan, vilket i verkligheten normalt inte är fallet. Det hade även varit önskvärt att kunna blåsa med högre hastigheter för ett ökat Reynoldstal, vilket är en viktig faktor för att kompensera för skalfaktorn.

Då mest kunskap finns på bil med skåp gjordes många intressanta observationer med kommentarer på de konfigurationerna. Bland annat det utstickande resultatet med kraftigt ökande C_d för öppna flislådor mellan $2,5^\circ - 5,0^\circ$ vindvinkel. Per-Åke Torlund, expert på vindtunnelförsök, förklarar det med att en virvel runt lovartskanten på den tomma flislådan länkar ner strömningen i lådan så att den träffar lådans bakgavel. Boat Tail gav mest nytta för öppna lådor och minst nytta vid rundat tak. Den enklare aerodynamiska detaljen som Boat Tail gjorde ändå stor nytta för alla konfigurationer med en teoretisk bänksänkning på 2,0 – 3,4 procent.

Fortsatta studier bör inriktas emot mellanrummet mellan bil och släp, som har stor betydelse för luftmotståndet. För varje 0,25 meter (över 0,45 meters avstånd mellan bil och släp) ökar luftmotståndet med två procent enligt National Research Council Canadas studie Review of Aerodynamic Drag Reduction Devices for Heavy Trucks and Buses. Det finns i dag tekniker för att flytta dragpunkten framåt för att på så vis minska mellanrummet mellan trailer och hytt vid höga hastigheter, tekniken ska ge en bränslebesparing på cirka två procent. I vindtunneln gjordes några mätningar med utfyllt mellanrum mellan bil och släp, genom att täcka mellanrummet med skivor vilket gav en teoretisk bränslebesparing på sex procent på flisbilen. Det skulle därför vara intressant att göra ytterligare studier på att bygga bort eller minska tomrummet mellan lådorna respektive travarna. Konstruktionen av Boat Tail och vindavvisare gjordes efter bästa förmåga med tillgängligt material där utformningen höftades fram, ändå gav de detaljerna märkbara effekter på de aerodynamiska egenskaperna. Med mer optimerade vindavvisare och Boat Tail från simuleringar och med andra aerodynamiska förbättringsåtgärder som ”sidokjolar” skulle ännu bättre resultat uppnås. Därför behövs aerodynamiken på skogsbilstransporter studeras vidare.

Andra intressanta aerodynamiska effekter är bland annat att backspeglarna på tunga fordon ökar luftmotståndet med cirka 2 procent, vilket är väl dokumenterat i flera undersökningar. Så kallad platooning, där flera lastbilar kör tätt efter varandra, kan ge en bränslebesparing från 9 till 25 procent på grund av minskat luftmotstånd. Värt att notera är att frontarean på tunga fordon utgör det dominerande källan till luftmotstånd, vilken ej påverkas av efterfordonets konstruktion.

Studier på fullskaliga fordon är planerade. Därvid kommer luftmotståndets beroende av yttre faktorer att beaktas. Unikt i denna studie var möjligheten att studera sidovindar, som ett exempel på yttrefaktorer, som gav en markant ökning av luftmotståndet. En annan faktor att ta hänsyn till är lufttemperaturen, som vintertid kan öka luftmotståndet med 20 procent jämfört med standardbetingelser, på grund av luftens högre densitet. Hänsyn till dessa faktorer måste tas vid jämförelse mellan olika konfigurationer i praktisk drift under framtida projekt.

Bilaga 1.

Ekonomisk kalkyl av nyttan med aerodynamiska påbyggnationer

Ekonomisk bedömning av nyttan med aerodynamiska påbyggnationer.

Tabell 1.

Ekonomiska kalkyler för timmerfordon utrustade med aerodynamiska påbyggnationer. Indata till kalkylprogrammet TRANSAM.

Indata			
Fordonstyp	ETTAero		
Ränta, %	4,5	Årligt utnyttjande, tim/år	4 000
Rörelsekapital, kr	100 000	Laststorlek, ton	44,00
Rörelsekapitalets ränta, %	7,0	Rådensitet, kg/m ³ f	900
Övriga tidkostnader, kr/år	70 000	Bränslepris, kr/liter	11,00
Lönekostnader, kr/år	1 200 000		
	Bil	Släp	Kran
Investering exkl däck, kr	1 300 000	600 000	
Avskrivningstid, år	5	5	
Restvärde, % av investeringen	15	15	
Service och reparation, % av investeringen	40	40	
Avskrivning som belastar tidkostnader, %	25	25	
Investering i däck, kr	40 000	48 000	
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000	
Fordonsskatt, kr/år	12 522	14 305	
Kilometerskatt, kr/km			
Försäkringar, kr/år	40 000	20 000	
Bränsleförbrukning kran, liter/lass			
Transportavstånd, km	100 km	120 km	150 km
Körhastighet, km/tim	65	75	78
Terminaltid, min/lass	40	40	40
Avbrottstid, min/lass	5	5	5
Lastkörningsgrad, %	50%	50%	50%
Bränsleförbrukning, liter/km	0,52	0,50	0,48
Smörjoljekostnad, kr/km	0,10	0,10	0,10

Fortsättning på Tabell 1.

Fordonstyp ETTAero			
Resultat			
Tidkostnad, kr/tim	374,00	Årlig tidkostnad, kr/år	1 496 017
Transportavstånd	100 km	120 km	150 km
Sträckkostnad, kr/km	8,20	7,71	7,38
Årlig körsträcka, km	209 045	243 038	261 088
Årlig sträckkostnad, kr/år	1 714 559	1 874 640	1 926 623
Antal vändor per år	1 045	1 013	870
Vändatid, timmar/vända	3,8	4,0	4,6
Total vändakostnad, kr/vända	3 072	3 329	3 933
Årlig transportkostnad, kr/år	3 210 575	3 370 657	3 422 640
Total transportkostnad, kr/ton	69,81	75,65	89,38
Total transportkostnad, kr/m ³ f	62,83	68,08	80,44
Transportkostnadsfunktion, kr/ton =	29,36	+ 0,397	· km
Transportkostnadsfunktion, kr/m ³ f =	26,42	+ 0,357	· km
Kostnadsfördelning			
Transportavstånd	100 km	120 km	150 km
Tidkostnader Fast avskrivning	1,76	1,81	2,11
kr/ton Räntor	1,27	1,31	1,53
Fordonsskatt	0,58	0,60	0,70
Försäkring	1,30	1,35	1,57
Lönekostnader	26,09	26,93	31,34
Övriga tidkostnader	1,52	1,57	1,83
Summa tidkostnader, kr/ton	32,53	33,58	39,07
Sträckkostn. Rörlig avskrivning	5,27	5,44	6,33
kr/ton Kilometerskatt	0,00	0,00	0,00
Däcksutrustning	2,10	2,52	3,15
Bränsle och smörjolja	26,45	30,55	36,68
Service och reparation	3,46	3,57	4,15
Summa sträckkostnader, kr/ton	37,28	42,07	50,31
Totalt, kr/ton	69,81	75,65	89,38
Total årlig transport ton	45 990	44 557	38 293
m ³ f	51 100	49 508	42 548

Tabell 2.

Känslighetsanalysen visar på en årlig kostnadsänkning med 1 613 kr per ton, då laststorleken sänks med 100 kilo och investeringskostnaden ökas med 100 000 kronor samt att bränsleförbrukningen minskar med 8 procent.

Fordonstyp ETTaero										
Base values										
Ränta, %	4,5			Change in %				Ajusted values		
Övriga tidskostn, kr/år	70000									
Lönekostnader, kr/år	1 200 000									
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000									
Laststorlek, ton	44,00							43,90		
Bränslepris, kr/liter	11,00									
	Bil	Släp	Kran		Bil	Släp	Kran			
Investering exkl däck, kr	1 300 000	600 000	0		1 400 000					
Avskrivningstid, år	5	5	0							
Restvärde, %	15	15	0							
Service & reparation, %	40	40	0							
Investering i däck, kr	40 000	48 000								
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000								
Kilometerskatt, kr/km	0	0								
Transportavstånd	100 km	120 km	150 km		100 km	120 km	150 km			
Bränsleförbrukning, l/km	0,52	0,50	0,48	-8,0%						
Terminaltid, min/lass	40	40	40							
Avbrottstid, min/lass	5	5	5							
Körhastighet, km/tim	65	75	78							
Results										
	100 km	120 km	150 km		100 km	120 km	150 km			
Kostnad, kr/ton	69,81	75,65	89,38		68,49	74,04	87,42			
Årlig kostnad, kr/år	3 210 575	3 370 657	3 422 640		3 142 503	3 291 308	3 339 944			
				Ändring transportavstånd						
				Ändrad kostnad, kr/ton	-1,324	-1,613	-1,961			
				Årlig förändring, kr/år	-60 775	-71 689	-74 917			
				Årlig kostnad, kr/år	-68 072	-79 349	-82 696			

Bilaga 2.

Rådata i tabellform

Resultat ETTaero april 2014, Vindhastighet var 50 meter per sekund. LT1Log (står för Låghastighetstunnel 1 och nummer på mätlogg), CD (0°) (Luftmotståndskoefficient vid 0 graders vridning så att luftströmmen kommer rakt framifrån mot testobjekt), CD (2,5° – 10,0°) (Luftmotståndskoefficienten vid 2,5 – 10,0 graders vridning på testobjekt som då simulerar en sidovind på olika anfallsvinklar), CDWA (Den vägda luftmotståndskoefficienten), Δ CDWA (skillnaden mellan referensen och aktuella mätningen. Ref. (Referensmätning)).

60 tons rundvirkesbils konfiguration.

LT1Log	Konfiguration	CD(0°)	Cd(2.5°)	CD5°)	CD(10°)	CDWA	Δ CDWA	Ref.	Kommentar
1672	Referens med last, 1.	0,725	0,75	0,805	0,965	0,815			
1673	Ingen last. Bara stakar, 2.	0,8	0,813	0,83	0,885	0,842	27	1672	
1674	Ingen last. bara stakar, hopskjutna på släpet, 3A.	0,735	0,74	0,748	0,78	0,76	-55	1672	Stakar grupperade framåt på släpet.
1675	Ingen last. Bara stakar hopskjutna på släp och bil 3B.	0,66	0,67	0,68	0,705	0,689	-126	1672	Stakar grupperade framåt på släpet och bilen.
1676	Ingen last. Stakar och bankar borta, 4A.	0,566	0,572	0,574	0,574	0,582	-233	1672	
1677	Ingen last. Fällda bankar, 4B.	0,629	0,639	0,641	0,652	0,65	-165	1672	
1678	Ingen last. Stakar med vingprofil 5A.	0,733	0,743	0,754	0,798	0,765	-49	1672	
1679	Ingen last. Stakar med droppprofil 6.	0,752	0,758	0,772	0,815	0,784	-31	1672	

74-tons flisbil konfiguration.

LT1Log	Konfiguration	CD(0°)	Cd(2.5°)	CD5°	CD(10°)	CDWA	ΔCDWA	Ref.	Kommentar
1682	Referens. Rundat tak (lastad).	0,705	0,712	0,745	0,815	0,754			
1683	Rundat tak (lastad) med hajfena.	0,72	0,705	0,73	0,815	0,744	-10	1682	Med "Hajfena".
1684	Platt tak (Täckta lådor) med hajfena.	0,492	0,535	0,625	0,82	0,626	-36	1685	Med "Hajfena".
1685	Referens. Platt tak (Täckta lådor).	0,492	0,545	0,668	0,84	0,662	-93	1682	Utan "Hajfena".
1686	Platt tak (Täckta lådor) med kort dragstång.	0,486	0,53	0,602	0,82	0,607	-55	1685	Kort dragstång.
1687	Öppna flis lådor.	0,795	0,86	1,21	1,36	1,172	418	1682	
1688	Öppna flis lådor med Boat Tail.	0,73	0,795	1,1	1,3	1,071	-101	1687	Med Boat Tail. L = 165 millimeter, cirka 12°.
1689	Platt tak (Täckta lådor) med Boat Tail.	0,442	0,474	0,575	0,703	0,571	-91	1685	Med Boat Tail = 165 millimeter, cirka 12°.
1691	Rundat tak (lastad) med Boat Tail.	0,685	0,68	0,68	0,702	0,694	-61	1682	Med Boat Tail = 165 millimeter, ca 12°.
1692	Rundat tak (lastad) ifyllt mellan lådorna och Boat Tail.	0,42	0,432	0,475	0,582	0,48	-274	1682	Med Boat Tail = 165 millimeter, ca 12° och ifyllt mellan lådorna.
1693	Rundat tak (lastad) ifyllt mellan lådorna.	0,46	0,5	0,58	0,725	0,579	-175	1682	Ifyllt mellan lådorna.

74-tons rundvirkesbils konfiguration (Alla) konfigurationer är lastade på samma sätt.

LT1Log	Konfiguration	CD(0°)	Cd(2.5°)	CD5°	CD(10°)	CDWA	ΔCDWA	Ref.	Kommentar
1695	Referens.	0,975	1,02	1,1	1,32	1,111			En stock böjdes upp på slutet.
1696	Kudde mellan <i>Trave 1 och trave 2.</i>	0,885	0,948	1,02	1,2	1,027	-84	1695	Sopsäck med lätt skräp fyller ut akter 1a <i>Trave 1.</i>
1697	Kudde mellan <i>Trave 1 och trave 2.</i>	0,885	0,95	1,02	1,2	1,027	-84	1695	Om kör.p.g.a. påse olika bullig V. H. Sned stock längst upp bak.
1698	Kudde mellan <i>Trave 1 och 2</i> samt Boat tail på framstammen.	0,83	0,888	0,965	1,12	0,969	-142	1695	"Boat tail" akter framstam.
1699	Boat tail på framstammen.	0,91	0,961	1,058	1,288	1,066	-46	1695	"Boat tail" akter framstam.
1700	Boat tail på framstammen och förbättrad vindavvisare.	0,88	0,889	0,964	1,17	0,977	-134	1695	"Boat tail" akter framstam + vindavvisare. Hyttak till framstam.
1701	Boat tail på framstammen och förbättrad vindavvisare även på sidorna.	0,865	0,903	0,958	1,163	0,971	-140	1695	"Boat Tail" akter framstam. + vindavvisare. Hyttak till framstam även på sidorna. Täckning av wellpapp mellan <i>Trave 1 och 2.</i>
1702	Boat tail på framstammen, förbättrad vindavvisare även på sidorna och täckning mellan <i>Trave 1 och 2.</i> (Alla åtgärder).	0,735	0,761	0,818	0,956	0,826	-285	1695	"Boat Tail" akter framstam. + vindavvisare. Hyttak till framstam även på sidorna. Täckning av wellpapp mellan <i>Trave 1 och 2.</i>
1703	Förbättrad vindavvisare även på sidorna och täckning mellan <i>Trave 1 och 2.</i>	0,88	0,896	0,925	1,041	0,939	-172	1695	Vindavvisare. Hyttak till framstam även på sidorna. Täckning av wellpapp mellan <i>Trave 1 och 2</i> (Boat Tail). (Aktuell Framstam borttagen).
1704	Förbättrad vindavvisare även på sidorna och täckning mellan <i>Trave 1 och 2.</i>	0,81	0,853	0,872	1,02	0,886	-225	1695	Vindavvisare. Hyttak till framstam även på sidorna. Täckning av wellpapp mellan <i>Trave 1 och 2</i> (Täckning mellan <i>Trave 1 och 2</i> uppstyvad).
1706	Förbättrad vindavvisare även på sidorna och täckning mellan <i>Trave 1 och 2.</i>	0,812	0,833	0,877	1,01	0,889	-223	1695	Som 1704 med omvänt Betasvep.
1707	Täckning mellan <i>Trave 1 och 2.</i>	0,825	0,858	0,932	1,06	0,938	-174	1695	Som 1695 + Täckning av wellpapp mellan <i>Trave 1 och 2</i> (Täckning mellan <i>Trave 1 och 2</i> uppstyvad).
1708	Täckning mellan <i>Trave 1 och 2</i> med turbulens-anvisningar på hytt.	0,805	0,85	0,92	1,092	0,927	-184	1695	Med turbulensanvisningar på hytt.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2015

År 2015

- Nr 856 Widinhoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddeklar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning. 56 s.
- Nr 858 Frisk, M., Rönnqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägerust – Projektrapport. 2015. – Vägerust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Johannesson, T. 2015. Ny teknik för askåterföring i skogsmark. – New technology for ash recycling on forest floor. 14 s.
- Nr 861 Asmoarp, V., Nordström, M. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolumerna? – En fallstudie inom projektet "Skogsbrukets digitala kedja". – "Are roadside stock volumes correct? – A case study in the Digital Chains in Forestry project. 17 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. – Development and test of decision-support tool for automated monitoring of thinning 38 s.
- Nr 863 Jonsson, R. 2015. Prestation och kvalitet i blädning med skördare och skotare. – Performance and costs in selective harvesting with harvesters and forwarders. 27 s.
- Nr 864 Englund, M., Adolfsson, Niklas, Mörk, A., & Jönsson, P. 2015. Distribuerad arbetsbelysning – LED öppnar nya möjligheter för belysning hos arbetsmaskiner. – Distributed work lighting – LED lamps improve lighting on forest and agricultural machines. 20 s.
- Nr 865 Hofsten von, H. & Funck, J. 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. – HCT, heavier vehicle, truck design, ST, ETT. 28 s.
- Nr 866 Fridh, L. 2015. Utvärdering av fukthaltsmätare PREDIKTOR Spektron Biomass. – Evaluation of the Prediktor Spektron Biomass moisture content analyser. 10 s.
- Nr 867 Fridh, L. & Öhgren, J. 2015. Förstudie Automatisk skäppmätning av flis med laser. 20 s.
- Nr 868 Eriksson, A., Hofsten von, H. & Eliasson, L. 2015. Systemkostnader, logistik och kvalitetsaspekter för sju försörjningskedjor för stubbränslen. – System costs, logistics and quality aspects relating to seven supply chains for stump fuel. 29 s.
- Nr 869 Englund, M., Lundström, H., Brunberg T. och Löfgren, B. Utvärdering av Head up-display för visning av apteringsinformation i slutavverkning. 15 s.
- Nr 870 Löfroth, C. 2015. ETTaero – En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon. – A pilot study of aerodynamic design of forest vehicles 32 s.
- Nr 871 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Hjerpe, T. och Sonesson, J. 2015. Skadeförekomst efter tidig gallring. – Damage after early thinning. 14 s.
- Nr 872 Fogdestam, N. & Löfroth, C. 2015 ETTdemo, demonstration av ETT- och ST-fordon. – ETTdemo, demonstration of ETT- and ST-vehicles. 34 s.
- Nr 873 Fridh, L. 2015. Produkttegenskaper för skogsbränsle. – Förslag till indelning, struktur och definitioner. – Forest fuel product characteristics- proposal for categories, structure and definitions. 46 s.

- Nr 874 Enström, J. 2015. Möjligheter till inrikes sjötransporter av skogsbränsle. – Possibilities for coastal maritime transport of forest fuel in Sweden. 22 s.
- Nr 875 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av låg skärmar av björk. – Harvest of forest fuel when birch shelterwoods are removed. 15 s.
- Nr 876 Jacobson, S. 2015. Lågskärm av björk på granmark – Modellering av beståndsutveckling och ekonomisk analys. – The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands – Modelling stand development and economic outcome. 39 s.
- Nr 877 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Englund, M. & Ekelund, F. 2015. Sektionsgallring en arbetmetod för täta klena gallringar. – Thinning in Sections – a work method for small-tree harvest. 17 s.
- Nr 878 Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av GROT direkt efter avverkning eller efter hygge slagring. – Forwarding of logging residue immediately after felling or after stor age on the clear-cut. – Effects on nutrient extraction, needle shedding, and moisture content. 10 s.
- Nr 879 Eriksson, B., Widinghoff, J., Norin K. & Eliasson, L. 2015. Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. – Process mapping – a tool for improving supply chains. 46 s.
- Nr 880 Möller, J.J., Nordström, M. & Arlinger, J. 2015. Förbättrade utbytesprognoser. – En förstudie genomförd hos SCA, Sveaskog och Södra. – Improved yield forecasts – a pilot study by SCA, Sveaskog and Södra. 14 s.
- Nr 881 von Hofsten, H. 2015. Vägning med hjälp av inbyggda vågar i fjädringen på lastbilar. – Payload weighing using onboard scales connected to the air suspension of trucks. 10 s.
- Nr 882 Rosvall, O., Kroon, J. & Mullin, T.J. 2015. Optimized breeding strategies at equivalent levels of population diversity. 61 s.
- Nr 883 Andersson, G. & Frisk, M. 2015. Jämförelse av prioriterat funktionellt vägnät och skogsbrukets faktiska transporter. 49 s.
- Nr 884 Hannrup, B., Andersson, M., Henriksen, F., Högdahl, A., Jönsson, P. & Löfgren, B. 2015. Utvärdering av V-Cut – en innovation med potential att minska förekomsten av kapsprickor. – Evaluation of V-Cut – an innovative saw bar with potential to reduce the occurrence of bucking splits. 32 s.
- Nr 885 Willén E. & Andersson, G. 2015. Drivningsplanering. En jämförelse mellan sju skogsföretag – A comparison of seven forest companies 2015. 31 s. + Bilaga 2-8.
- Nr 886 Johansson, F. 2015. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon 2014. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST vehicles 21 s.
- Nr 887 Högberg, K.A. 2015. Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes. – Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce. 11 s.
- Nr 888 Enström, J. & von Hofsten, H. 2015. ETT-Chips 74-tonne trucks – Three 74-tonne chip trucks monitored in operation over one year. 23 s.
- Nr 889 Rytter, L., Stener, L.G. 2015. Gråal och hybrid alder.-En potential för ökad energi i riktad produktion i Sverige. – Grey alder and hybrid alder-Potentials for increased biomass production for energy in Sweden. 28 s.
- Nr 890 Asmoarp, V. & Enström, J. 2015. Fokusveckor 2015-Bränsleuppföljning för ETT 74 tons flisfordon inom projektet ETT-Flis. – Focus Weeks 2015 Monitoring fuel consumption of a 74-tonne chip truck in the ETT project. 25 s.
- Nr 891 Johannesson, T., Enström J. & Ohls, J. 2015. Test av paraffinolja för att motverka fastfrysning av flis i containrar. – Test of paraffin oil to prevent wood chips freezing onto surfaces in steel containers. 5 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 870–2015



www.skogforsk.se