

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 585 2004



Bränslemätningar på skotare och skördare

Torbjörn Brunberg, Paul Granlund & Berndt Nördén

Ämnesord: Bränsleförbrukning, bränslemätning, skotare, skördare.

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, 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 tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. 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:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

| | |
|-----------------------------------|----|
| Sammanfattning..... | 2 |
| Bakgrund | 2 |
| Syfte | 3 |
| Studiemetod..... | 3 |
| Körning..... | 3 |
| Kranarbete..... | 4 |
| Matning och kapning..... | 4 |
| Bränslemättningsmetod | 5 |
| Bränsletal..... | 5 |
| Resultat | 6 |
| Skotare | 6 |
| Bränslestudier..... | 7 |
| Skördare | 9 |
| Bränslestudier..... | 10 |
| Diskussion..... | 12 |
| Värdering av Bränsleåtgången..... | 12 |
| Litteratur | 12 |

Sammanfattning

Bränslekostnaden hos en skotare eller skördare utgör 10–15 % av den totala timkostnaden för maskinen. Totalt sett förbrukas ca 100 miljoner liter dieselolja vid drivningen varför små procentuella förändringar får stora effekter, vilket kan minska såväl emissionerna och användningen av fossila bränslen som kostnaderna för brukarna av maskinerna.

Det finns emellertid inom skogsbruket inte någon metod som på ett standardiserat sätt beskriver bränsleförbrukningen. I det här arbetet beskrivs två metoder samt resultatet med några av dagens skotare och skördare.

Studiemetoderna utgår från de båda maskintypernas arbetsmoment, där bränsleförbrukningen mäts vid halvpraktisk körning. För att få ett bränsletal vägs delförbrukningarna ihop till en totalsumma vid vissa fixerade motorvarvtal. Den erhållna summan ger studievärden som för att beskriva den praktiska förbrukningen skall nivåläggas. Detta har gjorts genom resultat från praktisk körning i både drift och studier.

Översätts de presenterade bränsleåtgångsfunktionerna till storleksklasser hos maskinerna erhålls följande beräknade bränsleförbrukning.

| Maskinstorlek | Liten | Medel | Stor |
|-----------------|-------|-------|------|
| Motoreffekt, kW | 100 | 130 | 170 |
| Skotare, l/tim | 9,6 | 11 | 13 |
| Skördare, l/tim | 8,8 | 11,3 | 14,5 |

Bakgrund

Inom skogsbruket används avverkningsmaskiner och transportmaskiner för att avverka och transportera träden i skogen till avlägg vid bilväg. För detta arbete förbrukas ca 0,9 liter dieselolja per m³fub vid avverkningen och ca 0,6 liter vid terrängtransporten. Totalt avverkas ca 65 miljoner m³fub, vilket innebär att skogsbruket använder ca 100 miljoner liter dieselolja för drivningen av virket. Relativt små procentuella förändringar i förbrukningen får därför stora konsekvenser då det gäller antalet sparade liter, vilket minskar såväl emissionerna och användningen av fossila bränslen som kostnaden för brukarna av maskinerna. I dagsläget utgör dieselbränslets andel 10–15 % av drivningskostnaden. Det finns således många skäl som talar för att utveckla en metod för att mäta och deklarerar bränsleåtgången på ett standardiserat sätt.

Inom bilindustrin finns utvecklade metoder för att mäta och deklarerar bränsleförbrukningen. En potentiell köpare av en bil kan därför jämföra olika fabrikat med varandra och välja ett bränslesnålt alternativ. Inom skogsbruket finns f.n. inte någon metod som på ett standardiserat sätt beskriver bränsleförbrukningen hos olika arbetsmaskiner. Behovet är däremot stort.

Syfte

Syftet med att ta fram rekommendationer för bestämning av bränsletal för skotare och skördare är att återge bränsleåtgången enligt vissa tydligt specificerade förutsättningar och vars mätvärde är repeterbart.

Studiemetod

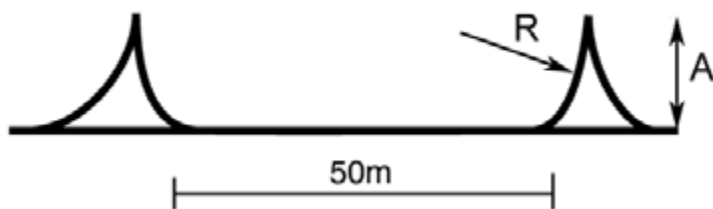
Bränsleförbrukningen hos skotare och skördare har tidigare mätts vid praktisk körning. Nackdelen med detta sätt att mäta är att förbrukningen är avhängig de förutsättningar under vilka mätningarna görs. Eftersom förutsättningarna aldrig är exakt lika blir de uppmätta värdena inte repeterbara. Inför utformningen av TSGs rekommendationer var behovet därför stort av ny studiemetodik. Försök med skotare påbörjades varvid olika former av konstgjorda hinder uteslöts för körmomentet. För både körningen och kranarbetet konstaterades också att skillnaden mellan att arbeta med och utan virke var liten, varför virke uteslöts. Körningen begränsades således till enbart körning med tom maskin på asfalt. Ett av huvudproblemen med kranarbetet var att få mätvärden som var jämförbara mellan olika förare. Lösningen blev att styra kranarbetet så att en krancykel skall göras på en viss tid. Jämförande försök mellan olika förare visade nämligen att bränsleåtgången blir densamma om kranarbetet styrs.

Efter det att metoden för skotare bestämts utformades metoden för skördarna. Körningen kunde göras på samma sätt som för skotarna liksom kranarbetet efter viss modifikation. De moment som lades till för skördarna var matning med matarvalsarna och kapning med sågen. Första försöken gjordes med en stock i aggregatet. Detta gav emellertid osäkra mätvärden varför stocken togs bort och aggregatet kördes tomt.

Metodförsöken resulterade i två TSG-rekommendationer varav den ena behandlar skotare och den andra skördare. Rekommendationerna heter ”TSG-rekommendation för bestämning av bränsletal för skotare” och ”TSG-rekommendation för bestämning av bränsletal för skördare”. Nedan återges en sammanfattning av de båda rekommendationerna.

KÖRNING

Körningen görs på samma sätt oavsett om det är en skotare eller skördare som skall testas (figur 1).

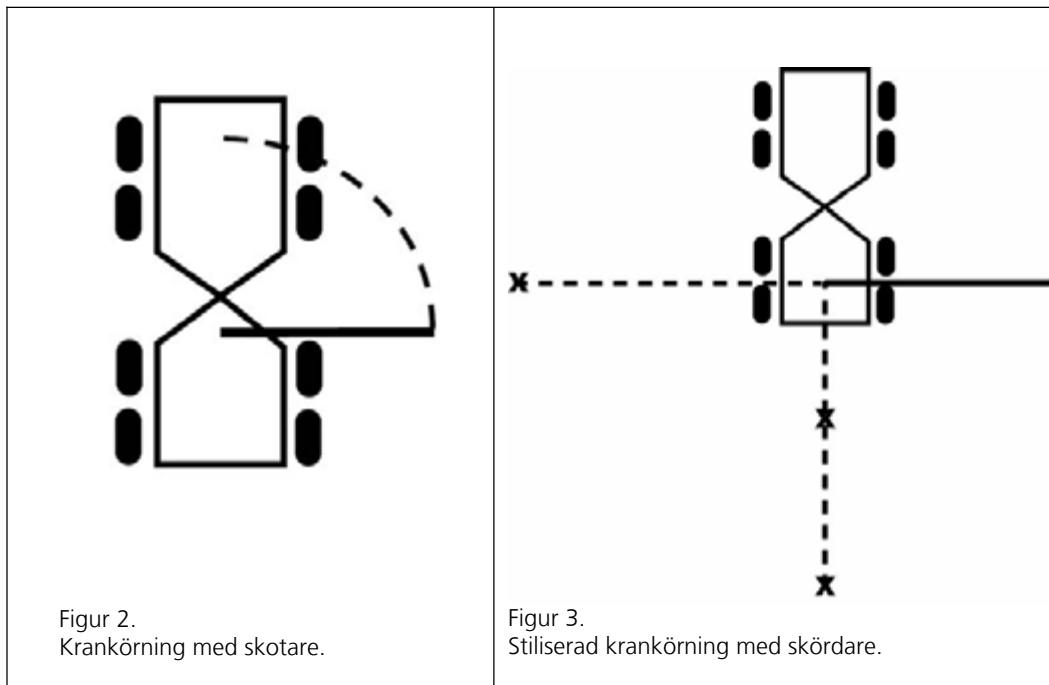


Figur 1.
Stiliserad bild av körning på bana.

Maskinen startas från ena änden av den 50 meter långa asfaltbanan. Då den kommit till andra änden utförs vändningen genom att köra till vänster eller höger tills maskinen kommer vinkelrätt mot den ursprungliga körriktningen. Därefter backas maskinen samtidigt som den svängs så att framändan pekar mot den utlagda banan.

KRANARBETE

Kranarbetet utförs på olika sätt beroende på om det är en skotare eller en skördare som skall studeras. Gemensamt är att arbetsmönstret i så hög grad som möjligt skall likna praktiskt arbete. I figur 2 beskrivs hur arbetet med skotaren görs.



Vid varje lyft skall kranen manövreras från en punkt på marken vinkelrät ut från maskinen över stakarna och in i lastutrymmets botten och därefter tillbaka samma väg. Tidsåtgången skall vara mindre än 30 sekunder per krancykel.

Manövreringen av skördarkranen skall göras enligt figur 3.

En krancykel erhålls genom att kranen manövreras från en punkt på marken strax framför maskinen till var och en av de tre markerade ytterpunkterna i kranens rörelseområde.

MATNING OCH KAPNING

Förutom körning och kranarbete tillkommer för skördaren matning och kapning. Matningen görs genom att matarvalsarna körs i matningsriktningen under 2 minuter. För kapningen gäller att 10 kap görs var 10e sekund.

Bränslemätningmetod

För att kunna beräkna bränsleåtgången skall till den tidigare beskrivna studiemetoden kopplas mätning av den mängd bränsle som går åt vid olika arbetsmoment. Historiskt har detta gjorts genom att mäta flödet i bränslesystemet. Moderna motorer använder emellertid bränslet för att kyla motorn, varvid stora bränslemängder pumpas genom ledningarna. Den gamla metodiken fungerade därför inte och en ny fick utvecklas. Lösningen blev att ersätta den ordinarie tanken med en yttre tank som placerades på en våg så att mängden bränsle kan avläsas före och efter ett arbetsmoment.



Figur 4.
Yttre tank samt vågutrustning.

Genom att beräkna den specifika vikten hos bränslet kan bränsleförbrukningen uttryckas i l/tim. Den nyutvecklade metoden har använts vid mätningarna av både skotarna och skördarna. Vågens lastcell och mätinstrument kommer från Svenska Våg AB, och har en noggrannhet på två gram.

Bränsletal

Som resultat från bränslemätningarna erhålls en bränsleåtgång per arbetsmoment. Det är emellertid svårt att få en överblick av samtliga värden om de skall jämföras var för sig. Genom att väga ihop de olika delmomenten kan ett bränsletal beräknas. Vikterna i en sådan sammanvägning utgörs av tidsåtgången vid arbete för de olika momenten för skotare och för skördare.

Tabell 1.
Relativa vikter vid beräkning av bränsletal.

| Moment | Skotare | Skördare |
|---------------------|------------|------------|
| Körning | 42 | 12 |
| Kranarbete | 58 | 33 |
| Matning | – | 36 |
| Kapning-Avskiljning | – | 19 |
| Summa | 100 | 100 |

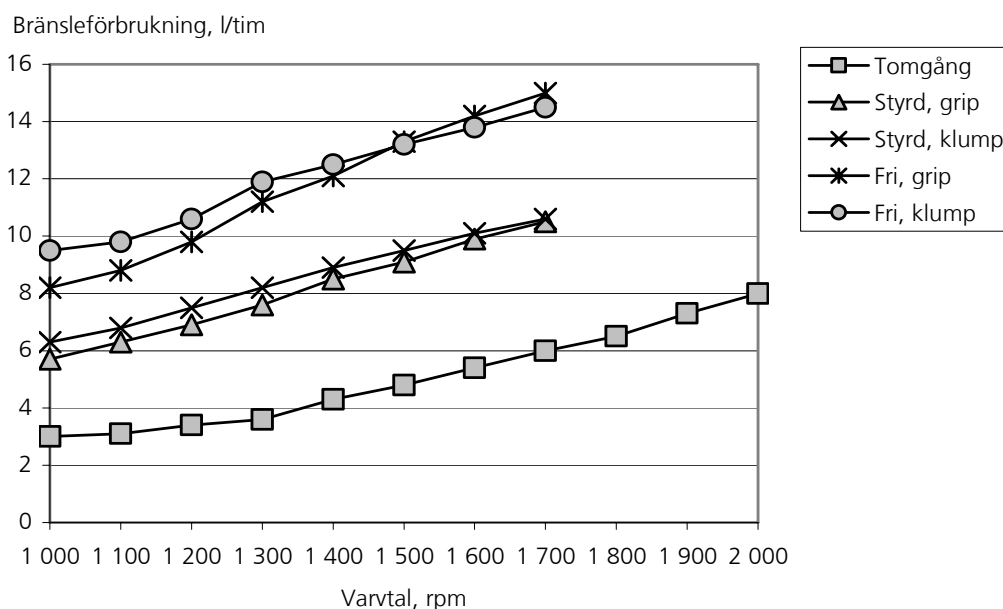
Som framgår av tabell 1 är vikterna olika, vilket beror på att de båda maskintypernas arbeten är olika.

Resultat

Eftersom resultatet från bränslemätningarna är olika beroende på om det är skotare eller skördare som studerats så redovisas de båda maskintyperna var för sig.

SKOTARE

Inledningsvis gjordes försök med Valmet 860.1 som underlag till utformningen av studiemetodiken. Förutom att ge svar på ett antal frågor om metoden så framgick också det tydliga sambandet med motorns varvtal. I figur 5 återges bränsleförbrukningen vid tomgång och krankörning. Kranarbetet är i sin tur uppdelad i med och utan vikt (cementtunna), samt ”styrd” och ”fri” krankörning. Begreppet styrd krankörning avser krankörning på en viss tid, medan fri manövrering görs i förarens egen takt.



Figur 5.
Bränsleåtgång vid olika varvtal med Valmet 860.1.

Som framgår av figuren är ett sätt att minska bränsleförbrukningen att köra med ett så lågt varvtal som möjligt.

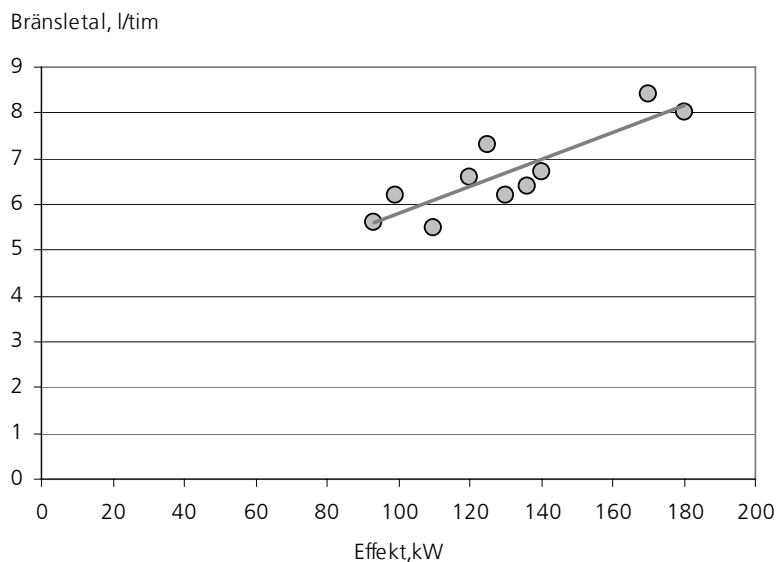
Bränslestudier

Under 2003 och 2004 genomfördes studier av 10 skotare enligt den utarbetade metodiken. Resultatet från mätningarna redovisas i tabell 2 som återger det sammanvägda bränsletalet för kranarbete och körning vid varvtalet 1 300 respektive 1 500 rpm.

Tabell 2.
Beräknat bränsletal och motorstyrka.

| Maskinbeteckning | Bränsletal, l/tim | Motorstyrka, kW |
|-------------------|-------------------|-----------------|
| Gremo 950 R | 5,5 | 110 |
| Ponsse Buffalo | 8,0 | 180 |
| Ponsse Wisent | 6,2 | 130 |
| Rottne F 9 | 5,6 | 93 |
| Timberjack 1110 D | 6,6 | 120 |
| Timberjack 1410 D | 6,4 | 136 |
| Valmet 830 | 6,2 | 99 |
| Valmet 840 | 7,3 | 125 |
| Valmet 860 | 6,7 | 140 |
| Valmet 890 | 8,4 | 170 |

En närmare granskning av studiematerialet visar att bränsletalet beror av motorns effekt enligt figur 6.



Figur 6.
Sambandet mellan bränsleförbrukningen och motorns effekt.

Linjen i figuren beskrivs av regressionssambandet:

$$F = 0,030 \times E + 2,8$$

där

F = Bränsleförbrukningen i l/tim

E = Motoreffekten i kW

Som framgår av figur 6 är bränsleåtgången förhållandevis låg i jämförelse med de värden som uppmätts vid praktisk körning. Uppföljningar och studier som gjorts i Finland och Sverige och återges i tabell 3.

Tabell 3.
Bränsleförbrukning och motorstyrka vid praktisk körning.

| Studie | Bränsleåtgång, l/tim | Motorstyrka, kW |
|------------------------------|----------------------|-----------------|
| Finland | 10,5 | 125 |
| Sverige, mellanstora skotare | 10,1 | 107 |
| Sverige, stora skotare | 11,5 | 136 |

Även dessa data uppvisar ett samband med motoreffekten, vilket kan beskrivas med formeln:

$$F = 0,046 \times E + 5,09$$

där

F = Bränsleförbrukningen i l/tim

E = Motoreffekten i kW

Jämförs funktionen för praktisk körning med studierna framgår att de har ett multiplikativt samband. Den beräknade faktorn är 1,66, vilket skulle ge en nivålagd studiefunktion enligt följande:

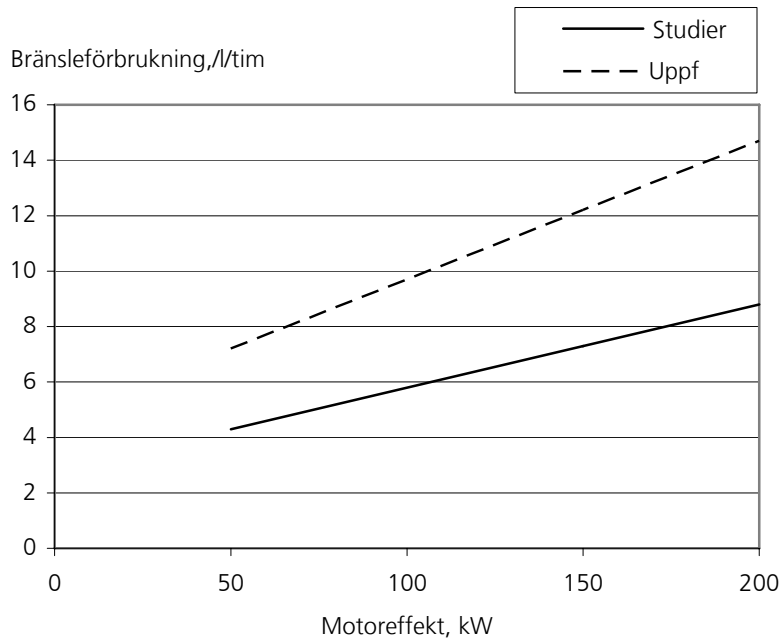
$$F = 0,050 \times E + 4,7$$

där

F = Bränsleförbrukningen i l/tim

E = Motoreffekten i kW

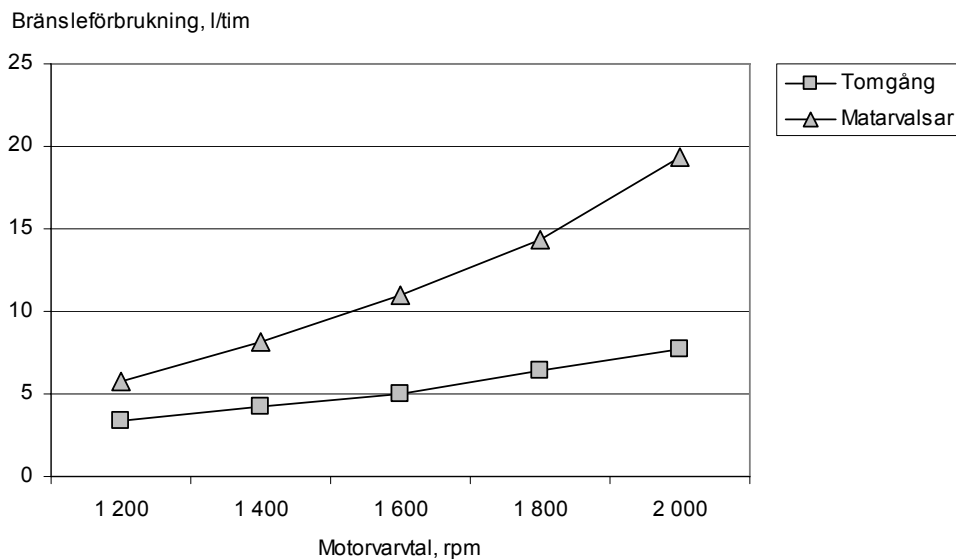
Läggs dessa resultat in i en figur tillsammans med motoreffekten erhålls figur 7.



Figur 7.
Bränsleförbrukning enligt studier och uppföljningar.

SKÖRDARE

Metodstudien av skördare gjordes under 2003. Huvudsyftet var att belägga att ”styrd” krankörning gav samma bränsleförbrukning oavsett förare. Detta blev också resultatet från undersökningen. Förutom de vanliga momenten, körning och kranarbete mättes även bränsleförbrukningen med matarvalsarna i arbete. I figur 8 återges denna förbrukning samt tomgång.



Figur 8.
Bränsleförbrukning vid tomgång och matarvalsar för 1070 D.

Som framgår av figur 8 finns ett samband med motorns varvtal. Ganska rakt för tomgången och mera progressivt för matarvalsarna.

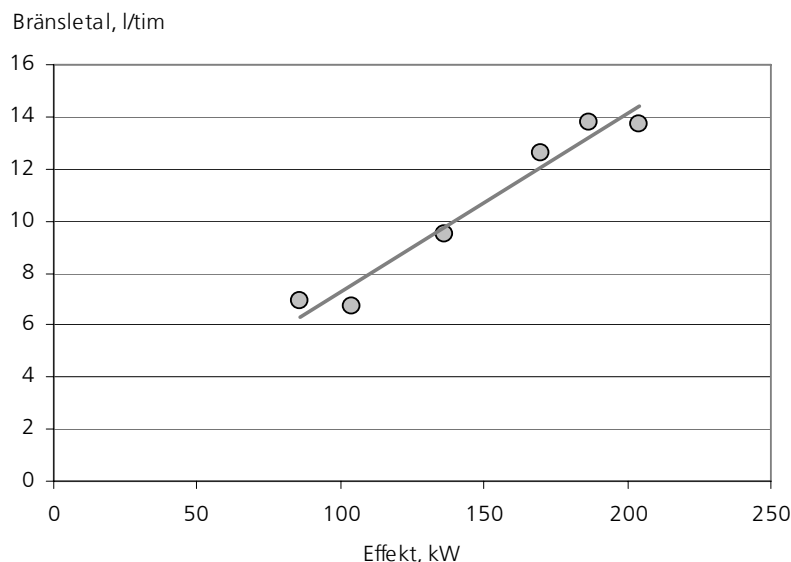
Bränslestudier

Alla bränslestudier av skördarna förutom en har gjorts under hösten 2004. Tabell 4 beskriver motorstyrkan och det beräknade bränsletalet för maskinerna. Beräkningarna är gjorda för motorvarvtalet 1 600 rpm.

Tabell 4.
Beräknat bränsletal och motorstyrka.

| Maskinbeteckning | Bränsletal, l/tim | Motorstyrka, kW |
|------------------|-------------------|-----------------|
| Rottne H-8 | 6,7 | 104 |
| Rottne H-20 | 13,8 | 187 |
| Timberjack 770 | 6,9 | 86 |
| Timberjack 1070 | 9,5 | 136 |
| Valmet 911 | 12,6 | 170 |
| Valmet 941 | 13,7 | 204 |

Liksom för skotarna finns det ett samband mellan motorstyrkan hos maskinen och det beräknade bränsletalet, vilket beskrivs i figur 9. I figuren utgör den heldragna linjen regressionsvärdena för datamaterialet.



Figur 9.
Bränsletalets samband med motorstyrkan för skördare.

Regressionssambandet beskrivs med funktionen:

$$F = 0,068 \times E + 0,4$$

där

F = Förbrukningen, l/tim

E = Motoreffekten, kW

Funktionen ger en lägre bränsleförbrukning än praktisk drift men ligger närmare än skotarna. Tyvärr är uppföljningsmaterialet för skördarna begränsat till en studie i Finland. Denna gav en förbrukning om 12, 2 l/tim vid motorstyrkan 141 kW. Eftersom uppföljningsmaterialet är begränsat till endast en punkt är det svårt att avgöra på vilket sätt praktisk förbrukning förhåller sig till studierna vid olika motorstyrka. Vid konstruktionen av en funktion för praktisk förbrukning har emellertid antagits att den är multiplikativ i förhållande till studierna, liksom hos skotarna. Den nivålagda funktionen beskrivs av följande uttryck:

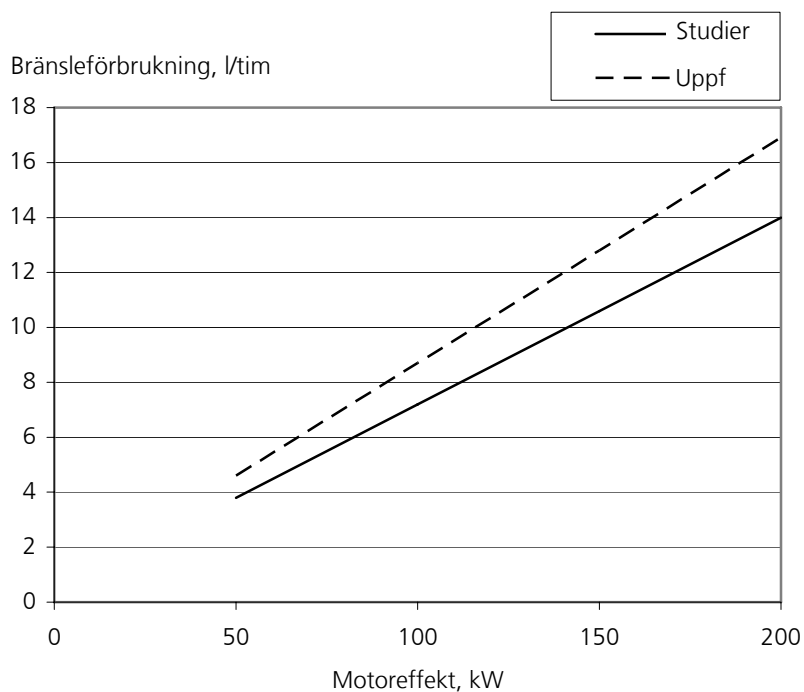
$$F = 0,082 \times E + 0,5$$

där

F = Förbrukningen, l/tim

E = Motoreffekten, kW

Läggs funktionen för studieresultaten in i en figur tillsammans med den nivålagda funktionen erhålls figur 10.



Figur 10.
Bränsleförbrukning enligt studier och praktisk körning för skördarna.

Diskussion

Ambitionen vid inledningen av studierna var att få med de vanligaste medelstora skotarna. Målsättningen kompletterades i ett senare skede med att även innefatta ytterligare några små och stora maskiner. Skälet var att få ett stabilt samband mellan motoreffekt och bränsleförbrukning. Målet vid valet av skördarna var det samma som för skotarna d.v.s. att få en jämn spridning över storleksklasserna. Eftersom alla modeller uppgår till ca 20 stycken och vi inte hade möjlighet att studera alla, begränsades antalet skördare till ett stickprov om sex stycken. De flesta maskiner som har studerats har varit "råa" d.v.s. kommit direkt från fabriken. Maskiner som gått några hundra timmar hade varit bättre men detta gick inte att uppnå praktiskt. Avsaknaden av inkörda maskiner tillsammans med att de är "individer" kan vara bra att ha i åtanke om mätvärdena jämförs med varandra.

VÄRDERING AV BRÄNSLEÅTGÅNGEN

Som tidigare påpekats ger studierna en låg bränsleförbrukning p.g.a. att belastningen vid de studerade momenten är låg. Detta är nackdelen med att få mätningarna repeterbara. Skall ett bränslevärde erhållas som är praktiskt är man också hänvisad till att köra praktiskt.

Vid tolkningen av bränsletalen bör det uppmärksammas att jämförelsen är gjord vid samma varvtal. I praktisk drift kan det vara så att en stor motor inte körs på samma varvtal som en mindre, vilket utjämnar skillnaden. Ett annat förhållande att ta hänsyn till är att tillverkarna inte rekommenderar exakt samma varvtal vid drift.

Vid bestämning av den praktiska bränsleförbrukningen har antagits att kurvan över motoreffekten är multiplikativ med det samband som uppmäts i studierna. Denna förutsättning är inte självklar men den bästa i brist på mer detaljerad uppföljning.

Litteratur

- Brunberg, T. & Granlund, P. 2001. Bränslemätningar på Valmet 860.1 hos Partek Forest AB. Skogforsk. Stencil 2001-10-29.
- Brunberg, T. & Granlund, P. 2002 Bränslemätningar på Timberjack 1110 C. Skogforsk. Stencil 2002-06-03.
- Brunberg, T., Granlund, P. & Norden, B. 2003. Metodstudie av bränsleförbrukningen hos skördaren 1070 D. Skogforsk. Stencil 2003-10-01.
- Brunberg, T., Granlund, P. & Norden, B. 2003. Studier av bränsleförbrukningen hos skotare hösten 2003. Skogforsk. Stencil 2003-12-08.
- Brunberg, T. & Granlund, P. 2003. TSGs rekommendation för bestämning av bränsletal för skotare. Skogforsk. Stencil 2003-02-19.
- Brunberg, T. & Granlund, P. 2003. TSGs rekommendation för bestämning av bränsletal för skördare. Skogforsk. Stencil 2003-06-26.
- Anon. 2003. Fuel consumption of forest machines and timber trucks. Metsäteho 2003.