

# Skogsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner

En studie inom projekt EMMA

*Björn Löfgren*

## Ämnesord: Emissioner

---

### **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 produktions effektivitet. 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

Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Syfte.....	5
Genomförande .....	6
Kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner.....	6
Typiska körcyklers dynamiska karaktär .....	8
Mätning av reglerade och icke-reglerade emissioner .....	9
Mätning av emissioner vid olika arbetsoperationer .....	10
Åtgärder för att minska emissionerna.....	11
Skotare.....	11
Skördare .....	13
Resultat och diskussion .....	14
Analys av kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner .....	14
Bränsleförbrukning.....	14
Analys av typiska körcyklers dynamiska karaktär.....	15
Körning i terräng .....	15
Kranarbete .....	18
Aggregatarbete .....	20
Analys av reglerade och icke-reglerade emissioner .....	20
Reglerade emissioner.....	20
Icke-reglerade emissioner.....	21
Analys av emissioner vid olika arbetsoperationer .....	22
Analys av förluster i skogsmaskiner .....	23
Terrängkörning .....	23
Drivlina .....	23
Momentfördelning .....	24
Belysning.....	25
Hydraulförluster.....	25
Slutsatser.....	28
Referenser.....	29
Bilaga 1    Rapport avseende effekt, bränsleförbrukning och avgasemissioner enligt ISO 8178 på en dieselmotor körd på olika bränslen .....	31
Bilaga 2    Beskrivning av terrängbana .....	35



## Sammanfattning

Det finns i dag en allmänt accepterad uppfattning om att emissioner från förbränningsmotorer utgör ett mycket allvarligt miljöproblem. Detta gäller särskilt arbetsmaskiner på grund av att dessa inte varit underställda lagfästa avgasreningskrav.

Emissionsdata baseras i regel på laboratorieprov, där motorn körts på en chassidynamometer eller i en motortestbänk. Testerna utförs efter någon standardiserad körcykel. De emissionsvärden som sedan anges beräknas med användande av vägningsfaktorer för varje körcykel.

De vägningsfaktorer som används stämmer av allt att döma inte överens med de körprofiler som gäller för olika arbetsoperationer med arbetsmaskiner. Felen kan bli mycket stora och risken för att felaktiga slutsatser dras är avsevärd.

Syftet med projektet har varit att undersöka kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner, generera emissionsdata som underlag för beräkning av emissioner vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner, utveckla relevanta statistiska och dynamiska belastningscykler, genom emissionsmätningar och datasimuleringar fastställa emissionsfaktorer för olika arbetsoperationer samt föreslå åtgärder för att minska emissionerna.

För att kunna få fram underlag till att bedöma emissioner från skogsmaskiner har SkogForsk genomfört bränslestudier på olika skotare och skördare. Vidare har emissionsdata tagits fram för både statistiska och dynamiska förhållanden på en typ av dieselmotor dels i provbänk, dels på en skogsmaskin. Vidare har också ett alternativt syntetiskt bränsle, Eco-paraffin, studerats och jämförts med MK1 diesel med avseende på reglerade och icke-reglerade emissioner. En viktig parameter för att minska emissionerna är att minska energiförlusterna i skogsmaskiner. SkogForsk har lagt tonvikten på projektarbetet med att härleda var förlusterna uppstår.

Denna studie visar att man erhåller högre emissionsvärden vid de dynamiska förhållanden som råder ute i fält i jämförelse med den statistiska motorprovningscykeln ISO 8178. För kolmonoxid (CO) erhöles ca 30 % högre värde och för kväveoxider (NOx) ca 20 % högre värde.

Eco-paraffin har samma energiinnehåll, lika bränsleförbrukning samt lite lägre reglerade och icke-reglerade emissioner än MK1 diesel. För kolväten (HC) blev reduktionen drygt 8–15 %, för kväveoxider (NOx) blev reduktionen drygt 6–7 % samt för kolmonoxid (CO) 3–20 %.

På skördare uppstår de största energiförlusterna, ca 45 %, i hydraulsystemet ut till kran och aggregat, och då främst i aggregatet. På aggregatet är det framför allt matningen av stockar och kapningen de främsta anledningarna till förlusterna. På skotare är det främst drivlinan som genererar de största förlusterna. Förlusterna kan härledas till hydrostatpump och hydrostatmotor, friktionsförluster i alla växlar och differentier samt till viskösa förluster i boggilådor. Att lösa problemen med förlusterna kräver såväl nytänkande som tid och utvecklingsresurser.

## Inledning

Det finns i dag en allmänt accepterad uppfattning om att emissioner från förbränningsmotorer utgör ett mycket allvarligt miljöproblem. Detta gäller särskilt arbetsmaskiner på grund av att dessa inte varit underställda lagfästa avgasreningskrav.

Stora resurser satsas sedan åtskilliga år på att bestämma miljöbelastningen vid framställning av olika produkter. En form av analys som i detta sammanhang används är s.k. livscykelanalyser (LCA). En huvudanvändning för LCA är att vara ett hjälpmedel vid val av material eller processmetod för att framställa en produkt med så låg miljöbelastning som möjligt. Det är naturligtvis oerhört viktigt att de indata som används vid LCA stämmer överens med verkligheten. Hela metodiken har emellertid i en del fall ifrågasatts just beroende på osäkerheten i de indata som använts. En väsentlig del av miljöbelastningen utgörs av emissioner från arbetsmaskiner. *Mycket tyder på att just de emissionsdata som härvid används är behäftade med mycket stora fel.*

Emissionsdata baseras i regel på laboratorieprov där motorn körts på en chassidynamometer eller i en motortestbänk. Testerna utförs efter någon standardiserad körcykel. Vanliga körcykler är ECE R49 som är en 13-mode test och ISO 8178 som är en 8-mode test. De emissionsvärden som sedan anges beräknas med användande av vägningsfaktorer för varje mode.

De vägningsfaktorer som används stämmer av allt att döma inte överens med de körprofiler som gäller för olika arbetsoperationer med arbetsmaskiner. Det har i en pilotstudie visats att det för jordbrukstraktorer föreligger mycket stora skillnader i emissioner vid olika arbetsoperationer. När det gäller NO<sub>x</sub> var emissionerna exempelvis drygt 1,6 gånger större vid lastning än vid stubbbearbetning. *Att använda ett enda värde för allt traktorarbete leder därför till stora fel.* Den nämnda studien visar också att de nu vanligen använda LCA-indata, som anges i SOU 1992:17, ger emissionsvärden som för HC är 7–8 gånger för höga och för CO i extremfall 8 gånger för höga vid tunga arbeten som harvning. LCA-siffrorna för NO<sub>x</sub>-emissioner stämmer bättre, men även här ligger de i genomsnitt 50 % högre än vad studien visar. Felen kan alltså bli mycket stora och risken för att felaktiga slutsatser dras är avsevärd.

Även när det gäller andra arbetsmaskiner kan man misstänka att emissionsvärden baserade på de tidigare nämnda kör cyklerna inte är representativa för verkliga emissioner. Vid transportarbete med exempelvis skotare och dumprar ligger effektuttaget sannolikt högt under större delen av körningen, vilket starkt avviker från viktningsvärdena i kör cyklerna. I andra fall handlar det om transienta förlopp, exempelvis för skogsskördare, medan kör cyklerna tas fram vid statisk belastning för varje körpunkt.

Många LCA-analyser visar att utsläpp från arbetsmaskinernas förbränningsmotorer drivna med fossila bränslen står för en betydande del av miljöbelastningen. Enligt en utredning som gjorts för Naturvårdsverkets räkning utgör emissionerna från arbetsmaskinernas motorer ca 23 % av den totala mängden emissioner. I takt med att emissionerna från landsvägsfordonen minskar förändras storleken på andelen emissioner från arbetsmaskiner. Denna grupp av maskiner har därför stor betydelse i emissionssammanhang. Dessvärre tyder

emellertid en genomgång av använda emissionsdata på att beräkningsunderlaget i många fall kan vara behäftat med stora – i vissa fall mycket stora – fel. Detta innebär i sin tur att den angivna siffran i verkligheten kan vara både högre eller lägre.

Motorfabrikanterna optimerar naturligtvis sina motorer efter de gällande provmetoderna, vilket innebär att arbetsmaskinernas motorer kan vara optimerade för fel belastningsområde med onödigt höga emissioner som följd. Det kan även finnas stora skillnader mellan emissionerna vid arbetsoperationer där effektuttag och motorvarv är relativt konstanta och sådana där belastningen är dynamisk.

Det är mot denna bakgrund som projektet ”Utveckling av relevanta arbetscykler och emissionsfaktorer samt reducering av bränsleförbrukning för arbetsmaskiner” (projekt EMMA) genomförts.

Projekt Emma har genomförts av ett konsortium bestående av:

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik  
Institutionen för lantbruksteknik, SLU  
SkogForsk  
Svensk Maskinprovning AB  
Luleå tekniska universitet  
Vägverket Produktion

SkogForsk har ansvarat för utvärdering av skogsmaskinernas avgasemissioner och motorbelastning, vilket avhandlas i föreliggande rapport.

Projektet har finansierats av Kommunikationsforskningsberedningen (numera en del av VINNOVA), Energimyndigheten, Vägverket och LRF.

## Syfte

Syftet med delprojektet var att

1. Undersöka kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner.
2. Generera emissionsdata som underlag för beräkning av emissioner vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner.
3. Utveckla relevanta statiska och dynamiska belastningscykler.
4. Genom emissionsmätningar och datasimuleringar fastställa emissionsfaktorer för olika arbetsoperationer.
5. Föreslå åtgärder för att minska emissionerna. Dessa förslag kan vara ändrade metoder, kör- och belastningsmönster, rutiner etc.

# Genomförande

## ***Kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner***

Svenskt skogsbruk har sedan en lång tid tillbaka väl utvecklade studiemetoder för att kunna utvärdera prestationen på skogsmaskiner i olika tillämpningar. I studien beskrevs bestånds- och terrängfaktorer samt noterades vilka virkes-sortiment som togs ut.

Vid tidsstudier delades arbetet upp i mindre, väl avgränsade arbetsmoment för skotare och skördare, se tabellerna 1 och 2.

Tabell 1.  
Tidsmomentindelning skotare.

<b>Moment</b>	<b>%</b>	<b>Moment</b>	<b>%</b>
Körning		Tomkörning	
		Lastkörning	
Lastning		Kran ut	
		Gripning	
		Kran in	
		Släppning	
Körning under lastning		Körning under lastning	
Lossning		Gripning	
		Kran ut	
		Släppning	
		Kran in	
Övrig verktid		Övrig verktid	
Summa	100		100

Tabell 2.  
Tidsmomentindelning skördare.

<b>Moment</b>	<b>%</b>	<b>Moment</b>	<b>%</b>	<b>Moment</b>	<b>%</b>	<b>Moment</b>	<b>%</b>
Körning							
Upparbetning		Kran ut					
		Positionering och Fällning					
		Kran in					
		Kvist o Kap		Kvist			
				Kap		Start och stopp	
						Sågning	
Övrig verktid							



Vid utformning av bränslestudier gjordes momentindelningen på ett sådant sätt att det går att sortera ut kran-, aggregatarbete och körning, se tabellerna 3 och 4.

Tabell 3.  
Momentindelning vid bränslestudier av skotare.

	liter/h
Tomkörning	
Lastning	
Körning under lastning	
Lastkörning	
Lossning	
Avläggskörning	
Störning	

Tabell 4.  
Momentindelning vid bränslestudier av skördare.

	liter/h
Körning	
Kranarbete	
Aggregatarbete	
Övrig verktid	

### ***Bestånd och sortiment***

Beståndet var en del av ett större bestånd inom vilket ordinarie avverkning utfördes.

Avverkningen gjordes på normalt sätt och virket lades upp i sortimenten grovtimmer, klentimmer, granmassaved, tallmassaved och björkmassaved.

För att inte splittra sönder skotningen i alltför små sortiment slogs timret ihop till ett sortiment, liksom barrmassaveden. Björkmassaveden lämnades utanför skotningsstudien. I tabell 5 framgår några data om det studerade beståndet.

Tabell 5.  
Karakteristika hos det studerade beståndet.

<b>Medelstam, m<sup>3</sup>fub</b>	<b>0,14</b>
Ytans volym, m <sup>3</sup> fub	122,5
Areal, ha	0,63
Uttag, m <sup>3</sup> fub/ha	194
Volymfördelning (Tall, Gran)	75, 25
Massavedsandel, %	32
Ytstrukturklass	2
Lutningsklass	1
Terrängtransportavstånd, m	330–470

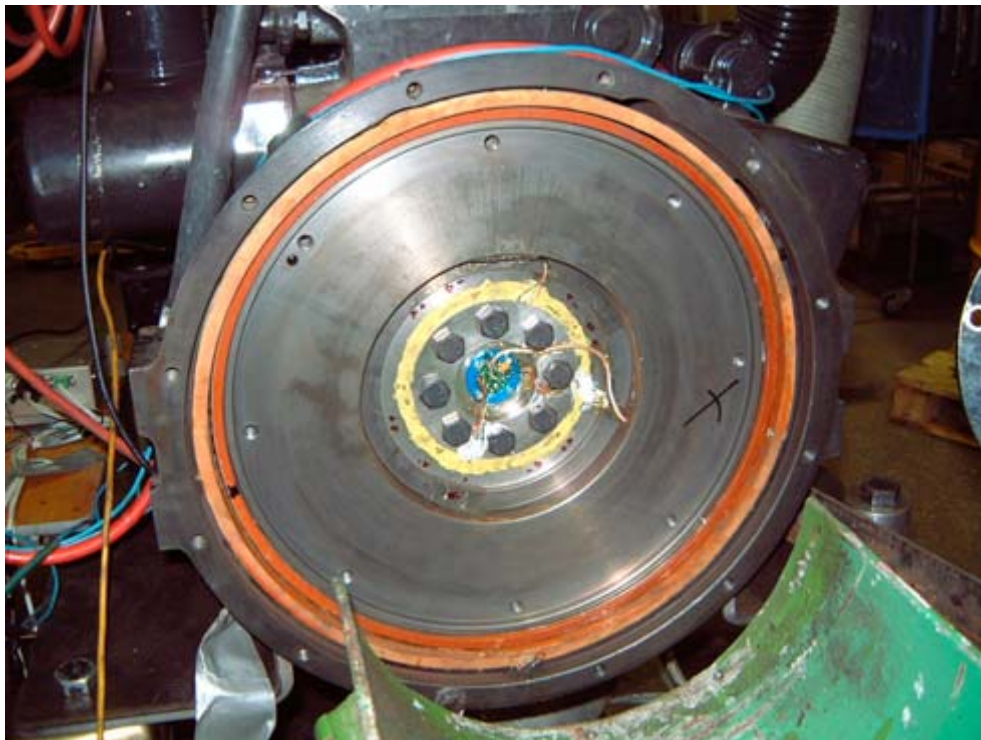
Som framgår av tabellen var beståndet relativt klen, med en stor andel tall. De angivna terrängförhållandena beskriver relativt väl även förutsättningarna vid terrängtransporten.

## **Typiska körcyklers dynamiska karaktär**

Effektuttaget och motorvarvtalet varierar mycket under olika skeden av arbetsoperationerna. En skördare har ett stort effektuttag under kvistnings- och kapningsmomentet, men ett lägre effektuttag under fällningsmomentet. Variationerna i effektuttag och motorvarv sker ofta med några sekunders mellanrum. Dynamiska belastningscykler finns för bl.a. lastbilsmotorer, men saknas helt för skogsmaskiner.

Avsikten var att samla in kördata i fält och utifrån dessa data utarbeta dynamiska belastningscykler. Insamlade data var representativa för de typiska transienta belastningar som den studerade skogsmaskinen utsattes för men de gäller även generellt. Vidare var avsikten att studera om de dynamiska förloppen har någon inverkan på emissionsmängden och i så fall hur. Vi har genomfört mätningarna på en skotare, Valmet 860, och en skördare; Valmet 911, tillsammans med Partek Forest AB.

För att få fram den dynamiska karaktären på de arbetsmoment som finns på en skogsmaskin monterades en momentgivare på motorns svänghjul, se figur 1, och momentgivare på respektive hjulaxel, se figur 2.



*Figur 1.  
Momentgivare på svänghjulet.*



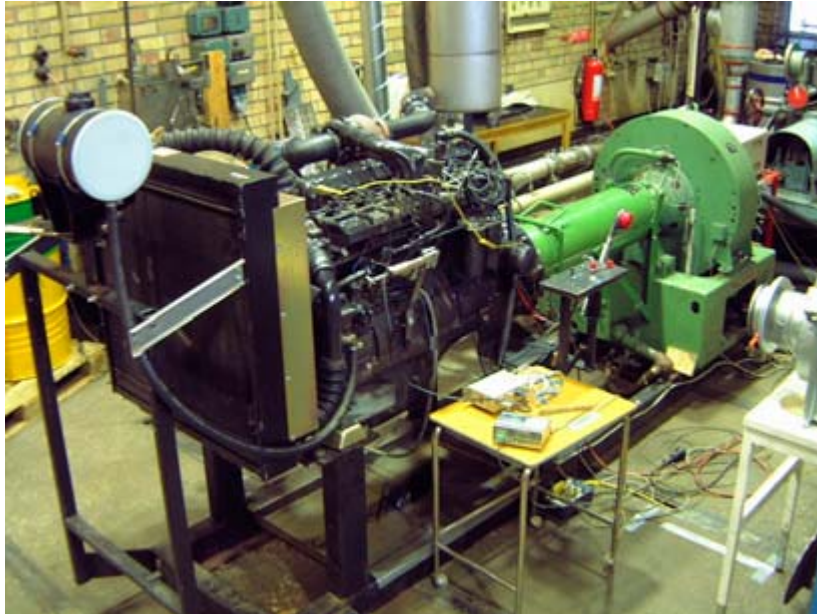
*Figur 2.  
Momentgivare på hjulaxel.*

Detta gav oss möjlighet till att se hur stora förluster det är i själva drivlinan. De arbetsmoment som vi har mätt är följande.

- Körning i terräng
- Kranarbete
  - Lastning
  - Lossning
- Aggregatarbete

### ***Mätning av reglerade och icke-reglerade emissioner***

Mätningarna gjordes i en motorprovbänk, se figur 3, vid SMP, Umeå. Analyserna gjordes av SMP och Luleå Tekniska Universitet. Partek Forest AB tillhandahöll en separat motor för testerna, vilket gjorde det möjligt att använda samma motor både vid de stationära mätningarna och i fält. De statistiska mätningarna har utförts dels med en 13-punkters, dels med en 22-punkters kör-cykel enligt ISO 8178.



*Figur 3.  
Motorprovbänk hos SMP i Umeå.*

Analysen av de reglerade emissionerna enligt 13-punkters körcykel har gjorts vid SMP, Umeå. Analysen av de reglerade emissionerna enligt 22-punkters kör- cykel samt analysen av de icke-reglerade emissionerna enligt 15-punkters kör- cykel har gjorts vid Luleå Tekniska Universitet (Nord & Haupt, 2002).

### ***Mätning av emissioner vid olika arbetsoperationer***

Erhållna data från de dynamiska karakteristika som uppmättes för de olika arbetsoperationerna användes för att beräkna sambandet mellan emissioner, uttagen effekt och varvtal. Avsikten var att om möjligt fastställa betydelsen av att inkludera de dynamiska förloppen vid beräkning av emissionerna från maskiner i fältarbete. Utifrån de olika arbetsoperationerna skapades en dynamisk testcykel som innehöll alla olika delmoment från en total skotarvända respektive skördarcykel.

Mätningarna av emissionerna gjordes, efter fälttesterna, i samma motorprov- bänk som tidigare. Mätningarna och analyserna gjordes av SMP, Umeå.

Vid jämförelse mellan den statiska och dynamiska körningen användes endast diesel av miljöklass 1, MK1.

För att kunna göra en jämförelse mellan statiska och dynamiska förhållanden användes för den statiska testen ISO 8178-4 Test cycle C1 ” Off-road vehicles, diesel powered off-road industrial equipment”. Körcykeln innehåller 8 mät- punkter enligt tabell 6.

Tabell 6.  
Provning vid fasta drivpunkter enligt ISO 8178-4, 1996.

Körpunkt	Motorvarvtal	Belastning %	Vägningsfaktor
1	Nominellt	100	0,15
2	Nominellt	75	0,15
3	Nominellt	50	0,15
4	Nominellt	10	0,10
5	Mellan	100	0,10
6	Mellan	75	0,10
7	Mellan	50	0,10
8	Tomgång	0	0,15

## **Åtgärder för att minska emissionerna**

Det har under senare år provats olika alternativa bränslen för dieselmotorer där avsikten har varit att minska de skadliga emissionerna från dieselmotorer. På senare tid har ett nytt bränsle, Eco-Par<sup>TM</sup>, kommit fram som baserar sig på Fischer-Tropsch-metoden. Med denna metod skapar man ett syntetiskt bränsle ur t.ex. sopor, lut, naturgas etc. Metoden utvecklades i Tyskland på 1920-talet och har vidareutvecklats i Sydafrika. Processen är i dag mycket enklare att kontrollera och därmed är det lättare att producera bränsle. Metoden innebär att man på kemisk väg skapar olika kolbindningar för att få önskvärda bränslen.

Vi har analyserat Eco-Par<sup>TM</sup> vad gäller reglerade och icke-reglerade emissioner. De bränslen vi har studerat är Eco-Par<sup>TM</sup> och MK 1. Emissionerna har mätts under både statiska och dynamiska förhållanden. De statiska mätningarna har utförts enligt ISO 8178 dels med en 13-punkters, dels med en 22-punkters kör-cykel. De dynamiska mätningarna är gjorda efter de kör-cykler som bestämdes i fälttesterna. De dynamiska mätningarna är endast körda med bränsle MK 1.

Det bästa sättet att minska emissionerna, förutom att ha renare bränsle och effektivare motorer, är att minska förlusterna på dagens skogsmaskiner. Det innebär att man behöver öka verkningsgraden hos de olika delsystem som finns på skogsmaskiner som hydraulsystem, luftkonditionering, lampor och drivlina. Rent generellt gäller det att minska motorvarvtalet under olika arbetsoperationer: Ju lägre varvtal man har på motorn, desto lägre blir bränsleförbrukningen och därmed minskas emissionerna.

För att kartlägga hur stora olika typer av förluster är, har vi mätt på en skotare och en skördare.

### **Skotare**

Av bränslemätningarna i ovanstående studie framgår det att körning i terräng har en stor tidsandel under en skotarvända. Det innebär att drivlinan har stor inverkan på förlusterna och därmed bränsleförbrukningen.

Vi har mätt på en skotare Valmet 890 vid körning på en speciell testbana och med skotaren placerad på bockar. Vi har också mätt hur stor del av motor-momentet, som förloras ut till hjulaxlarna i form av olika transmissionsförluster på en skotare, Valmet 860.

### ***Terrängkörning***

Körningen i terräng gjordes på en bana utlagd på ett några år gammalt hygge, se bilaga 2. Vid terrängkörningen mättes tidsåtgång och bränsleförbrukning för att köra hela banan.

### ***Drivlina***

Förlusterna i skotarens drivlina provades genom att palla upp skotaren, på bockar se figur 13, så att hjulen kunde rotera fritt. Bränsleförbrukningen och överförd effekt i hydrostaten mättes vid olika motorvarvtal.

Skotaren fick ”köra”, snurra på däcken motsvarande hastigheterna 1,5, 3 och 6 km/h vid motorvarvtalen 1 500 och 2 000 rpm.

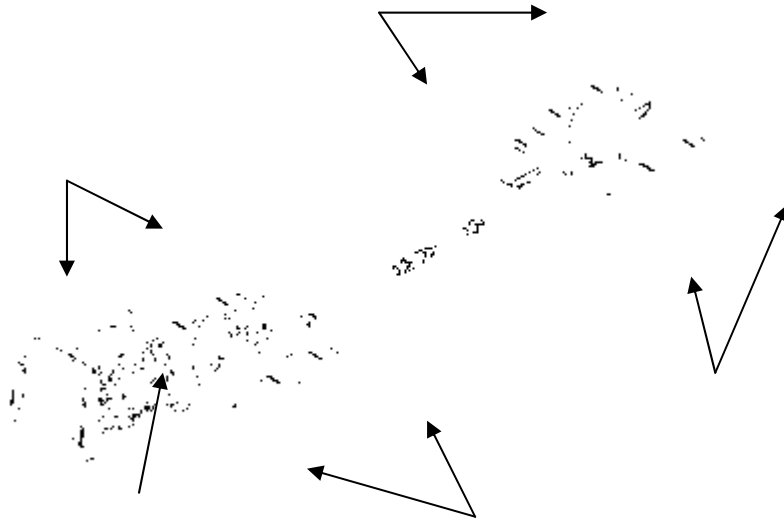


*Figur 4.*  
*Uppallning av skotare.*

### ***Momentfördelning***

Vi har mätt hur stor del av motormomentet som kommer ut från motoraxeln på respektive hjulaxel. Vi har genomfört mätningarna på en Valmet 860 med samma motor som vi utnyttjat vi körningarna i provbänken hos SMP.

Givarna placerades enligt figur 5.



Figur 5.  
Placering av momentgivare på Valmet 860.

### Belysning

Belysningen är en förluskälla, om ändock liten, som ökar belastningen på motorn och därmed ökad bränsleförbrukning. Vi har jämfört bränsleförbrukningen vid olika tomgångsvarvtal med och utan belysning. Belysningen bestod av vanliga halogenlampor.

### Skördare

Den engreppsskördare som vi har mätt på och analyserat var en Valmet 911 och försedd med aggregatet Valmet 965. Engreppsskördaren är avsedd för slutavverkning och grövre gallring. Mätningarna gjordes i en normal slutavverkning och bränsleförbrukningen blev i medeltal 12,6 l/h. Medelmotorvarvtalet var 1 635 rpm och maxvarvtalet 1 857 rpm.

Vid avverkningen av ett träd arbetade föraren med kranen ca 10–20 % och resterande tid med aggregatet. Det innebär att aggregatet är den del av maskinen som utnyttjas mest och det är därför mest angeläget att reducera förlusterna på aggregatet.

### Hydraulförluster

Skördaren har ett hydrauliskt tvåkretssystem, en separat sluten krets för den hydrostatiska transmissionen och en öppen för aggregat och kran.

Skördarens arbete delas in i fem huvudmoment:

- |    |  |                 |
|----|--|-----------------|
| 1. | Förflyttning av maskin.                      | Körning         |
| 2. | Enbart arbete med kran                       | Kran            |
| 3. | Enbart arbete med aggregat.                  | Aggregat        |
| 4. | Arbete med både aggregat och kran samtidigt. | Kran & Aggregat |
| 5. | Risning av väg                               | Övrigt          |

Aggregatets hydraulsystem är ett avlastat konstanttrycksystem, vilket innebär att när aggregat och kran arbetar samtidigt så får kran och aggregat samma tryck. Aggregatets arbete kan delas upp i tre moment:

1. Såg. Används för att kapa ned trädet samt kapa trädet i stockar med lämplig längd. När sågen är i arbete används normalt inga andra hydrauliska funktioner.
2. Matning. Matarvalsarna driver fram trädet. Kranen används vid upparbetning och ofta samtidigt som matningen.
3. Annat. De övriga funktionerna som att öppna och stänga kvistknivar ingår i momentet.

Mätningarna har bestått i att vi har mätt upp aggregatets hydraulfunktioner under upparbetning. Följande funktioner har mätts:

- Tryckfall över matarrullarnas hydraulmotorer
- Tryckfall över sågmotor
- Kvistknivarnas ansättningstryck under matning
- Matarrullarnas ansättningstryck under matning
- Tryckfall över aggregatets huvudventil
- Flöde till aggregat vid kapning och matning

Med hjälp av dessa mätpunkter har vi gjort en djupare analys av var och hur stora förlusterna är på de olika delsystemen på aggregatet.

## Resultat och diskussion

### ***Analys av kör-/belastningsmönster vid olika arbetsoperationer för skogsmaskiner***

#### **Bränsleförbrukning**

Som framgår av tabell 7 var den uppmätta bränsleförbrukningen relativt låg vid kranarbetet i förhållande till körningen.

Tabell 7.  
Bränsleförbrukning per moment enligt studie.

	liter/h
Tomkörning	11,2
Lastning	5,8
Körning under lastning	7,8
Lastkörning	11,6
Lossning	6,5
Avläggskörning	11,4
Störning	2,4

#### ***Bränsleförbrukning per m<sup>3</sup>fub***

I tabell 8 återges tiden som åtgick för skotningsarbetet, denna liksom en beräkning av bränsleförbrukningen uttryckt i liter/m<sup>3</sup>fub och grundat på värdena i tabell 7. I medeltal åtgick 0,436 liter per m<sup>3</sup>fub.

Beräkningen grundar sig på en prestation av 17,2 m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-h.



Tabell 8.  
Tidsåtgång och bränsleförbrukning per m<sup>3</sup>fub.

	Min/m <sup>3</sup> fub	Liter/m <sup>3</sup> fub
Tomkörning	0,47	0,088
Lastning	1,14	0,110
Körning under lastning	0,37	0,048
Lastkörning	0,58	0,112
Lossning	0,34	0,037
Avläggskörning	0,12	0,023
Störning	0,46	0,018
Summa	3,48	0,436

### ***Normerad tidsåtgång och bränsleförbrukning***

I förhållande till normal skotning var den uppmätta tidsåtgången för körning och störning något hög. I det förra fallet beror det på att köravståndet var ca 390 meter och i det senare på att i den uppmätta störningstiden ingår tid som orsakats av studien.

Korrigeras körningen till ett 300 m köravstånd och störningstiden till att motsvara 8 procent ökning av G<sub>0</sub>-tiden erhålls den tidsåtgång och bränsleförbrukning som redovisas i tabell 9. Tidsåtgången motsvarar en prestation på 20,2 m<sup>3</sup>fub per G<sub>15</sub>-h.

Tabell 9.  
Normerad tidsåtgång och bränsleförbrukning.

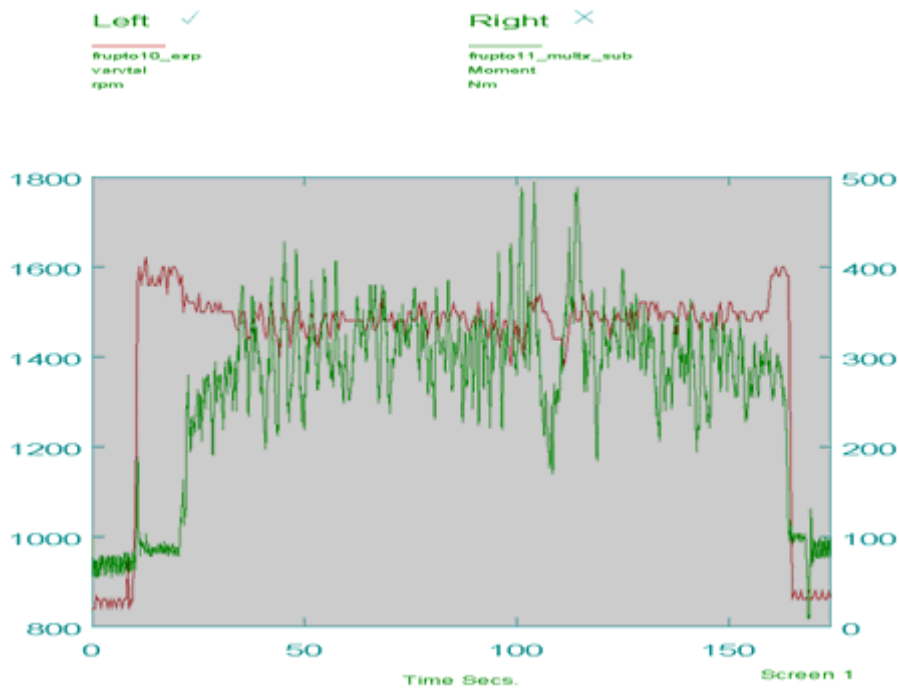
	Min/m <sup>3</sup> fub	Andel, %	Liter/m <sup>3</sup> fub	Andel, %
Tomkörning	0,34	11	0,064	17
Lastning	1,14	38	0,110	29
Körning under lastning	0,37	13	0,048	13
Lastkörning	0,44	15	0,085	23
Lossning	0,34	12	0,037	10
Avläggskörning	0,12	4	0,023	6
Störning	0,22	7	0,009	2
Summa	2,97	100	0,376	100

Summeras bränsleförbrukningen för kranarbetet och sätts i relation till den totala bränsleförbrukningen utgör denna del 39 %. Utifrån tabell 9 och tabell 10 är det möjligt att beräkna den normerade bränsleförbrukningen, vilken blev 0,756 liter/m<sup>3</sup>fub eller 7,6 liter/h.

## ***Analys av typiska körcyklars dynamiska karaktär***

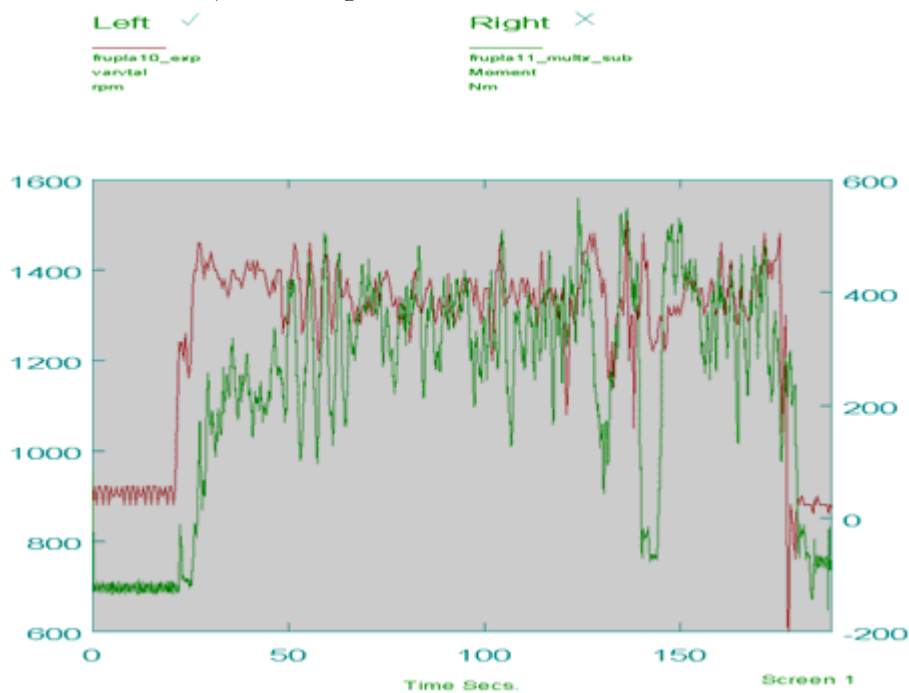
### **Körning i terräng**

I figur 6 kan man se att både momentet och varvtalet håller sig relativt konstanta under körningen. Det beror på att lutningen är konstant, terrängen är relativt lika under hela körsträckan och föraren kör med konstant hastighet. De största variationerna förelåg vid start och stopp.



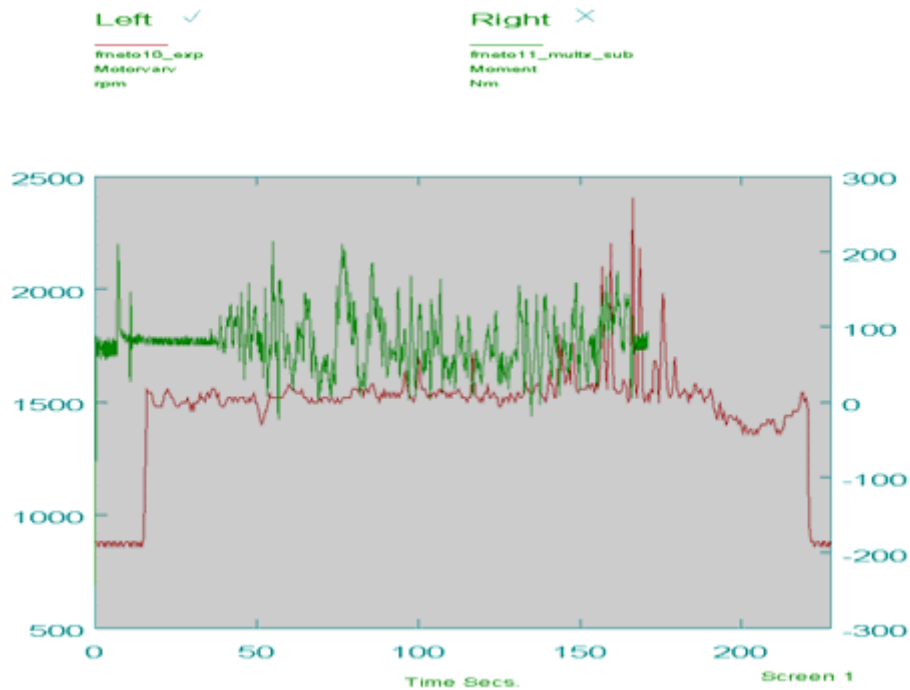
Figur 6.  
Motorvarv och moment vid körning olastad uppför.

I figur 7 kan man se att momentet och varvtalet varierar betydligt mer än för det olastade förhållandet. Det beror på att skotaren är mer känslig för ojämnheter i terrängen vid ett lastat än för olastat förhållande. Därmed är det även svårare att hålla jämn hastighet.



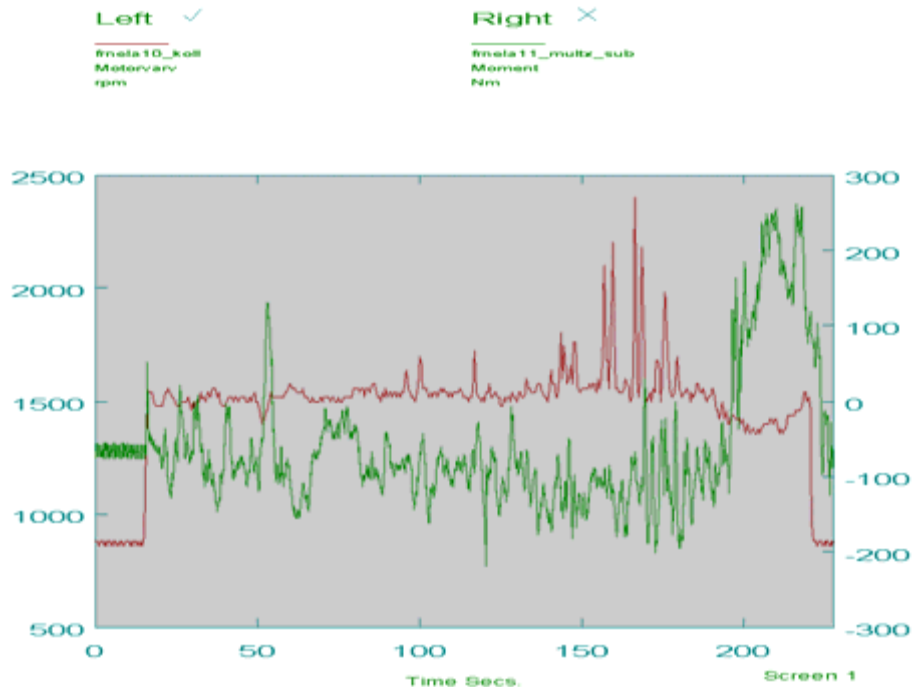
Figur 7.  
Motorvarv och moment vid körning lastad uppför.

I figur 8 kan man se att både momentet och varvtalet håller sig mycket konstanta under körning nedför. Det beror på att motorn fungerar som broms och att det inte krävs något större moment för att bromsa skotaren.



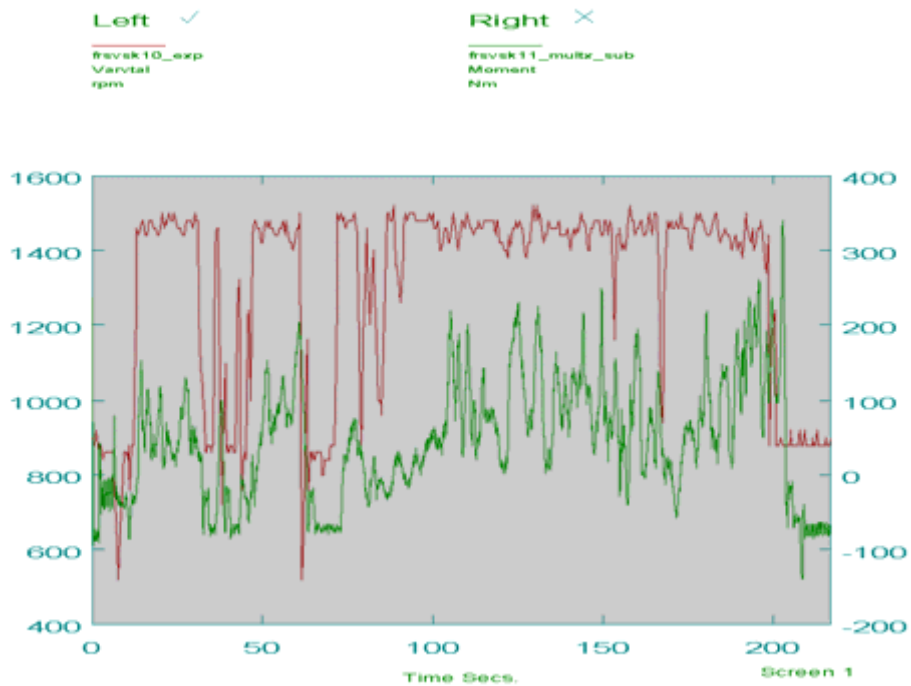
Figur 8.  
Motorvarv och moment vid körning olastad nedför.

I figur 9 kan man se att momentet varierar mer än olastat förhållande och att varvtalet håller sig mycket konstant under körningen nedför med last. Det beror på att motorn fungerar som broms och att det krävs ett större och negativt moment för att bromsa skotaren.



Figur 9.  
Motorvarv och moment vid körning lastad nedför.

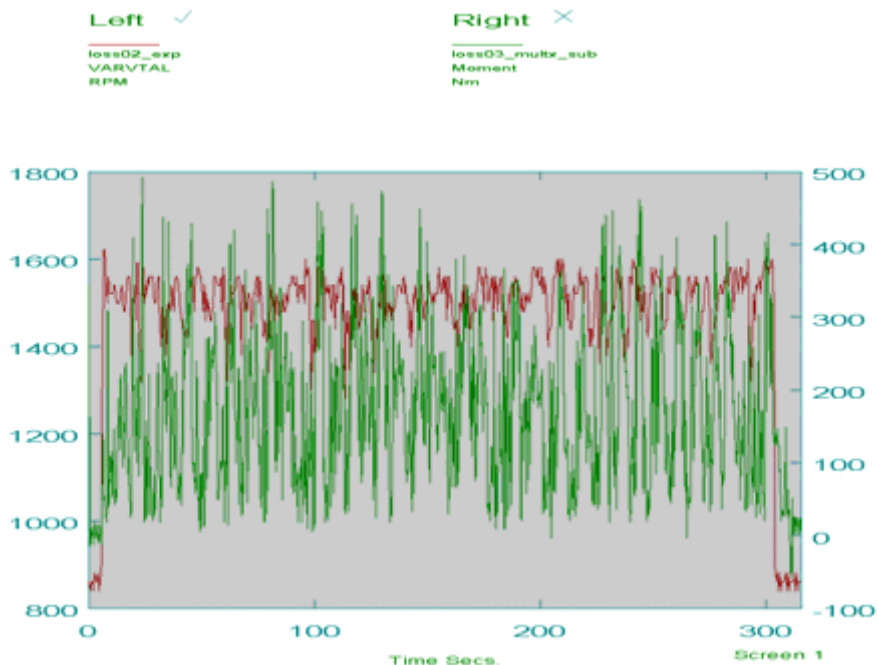
I figur 10 kan man se att momentet och varvtalet varierar högst betydligt under körningen vid sväng. Det beror på att föraren sänker varvtalet vid själva svängningen och att det är svårt att hålla konstant hastighet.



Figur 10.  
Motorvarv och moment vid svängning.

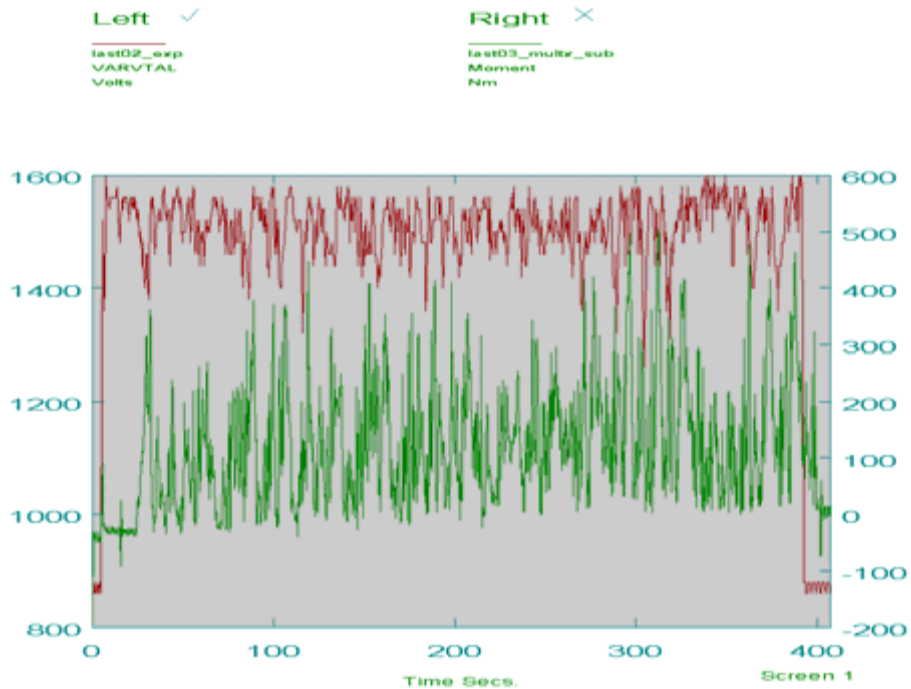
### Kranarbete

I figur 11 kan man se att momentet varierar högst betydligt och varvtalet håller sig relativt konstant under lossningen. Fluktuationen i momentet beror på att man har både last och icke-last i kranens grip. Skotaren står still.



Figur 11.  
Motorvarv och moment vid lossning.

I figur 12 kan man se att momentet och varvtalet håller sig relativt konstant under körningen. Det beror på att lutningen är konstant, terrängen är relativt lika under hela körsträckan och föraren kör med konstant hastighet.



Figur 12.  
Motorvarv och moment vid lastning.

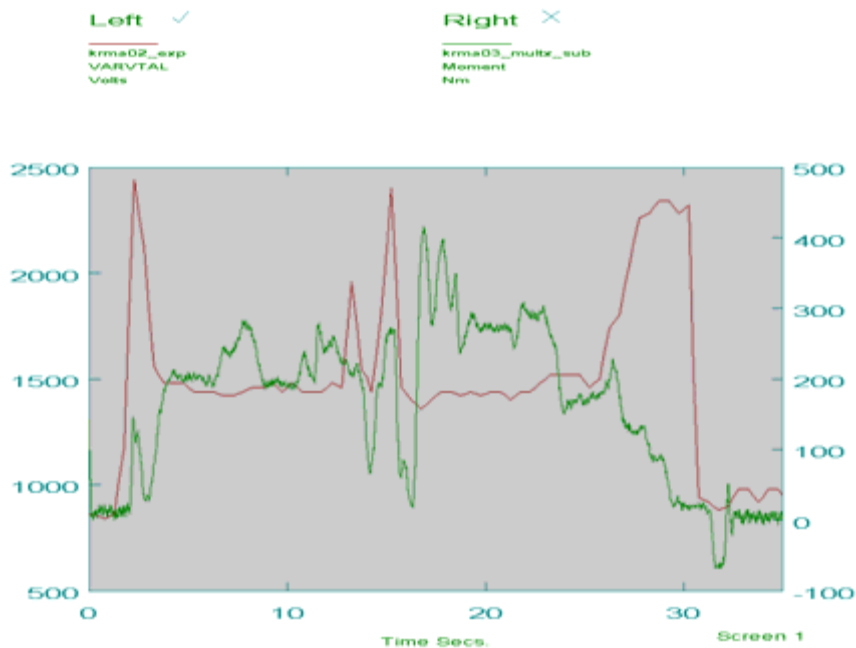
I figur 13 kan man se att både momentet och varvtalet håller varierar högst betydligt. Det beror på att man har en kombination av körning och lastning. Från lastnings- och lossningsdiagrammen har vi sett att momentet varierar starkt.



Figur 13.  
Motorvarv och moment vid körning under lastning.

## Aggregatarbete

I figur 14 kan man se att momentet och varvtalet varierar ordentligt vid själva matningen och kapförloppet, vilket är logiskt, eftersom man har de största uttagen av effekt vid de två momenten.



Figur 14.  
Motorvarv och moment vid körning med aggregat.

## Analys av reglerade och icke-reglerade emissioner

### Reglerade emissioner

Resultaten av mätningen av de reglerade emissioner enligt 13-punkters mätcykeltest återfinns i bilaga 1.

En sammanvägning av resultaten enligt ISO 8178-4:1996, Test Cycle A, ger följande resultat, se tabell 10.

Tabell 10.  
Sammanvägning av 13-punkters testcykel, reglerade emissioner.

Bränsle	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	CO (g/kWh)
Mk 1	0,12	10,3	3,4
Eco-Par	0,11	9,7	2,7

En sammanvägning av resultaten enligt ISO 8178, gav resultat enligt tabell 11.

Tabell 11.  
Sammanvägning av 22-punkters testcykel, reglerade emissioner.

Bränsle	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	CO (g/kWh)
MK 1	0,13	11,2	2,9
Eco-Par	0,11	10,4	2,8

Det är samma ursprungsdata som ligger till grund för båda resultaten och den skillnad som finns beror på olika viktsfaktorer och ett större antal testpunkter i 22-punkters cykeln.

Som framgår av tabell 10 och 11 minskade utsläppen av reglerade emissioner med Eco-Par. För kolväten (HC) blev reduktionen drygt 8–15%, för kväve-xider blev reduktionen drygt 6–7% samt för kolmonoxid 3–20 %.

Trots skillnader mellan analysmetoderna förelåg entydigt en reduktion av de reglerade emissionerna för Eco-Par i jämförelse med MK 1.

### Icke-reglerade emissioner

Ca 15 flyktiga organiska kolväten analyserades i avgaserna, se tabell 12 nedan.

Tabell 12.  
Sammanvägning av 13-punkters testcykel, icke-reglerade emissioner.  
(Tabell från Nord & Haupt).

Förening	MK 1 (mg/kWh)	Eco-Par™ (mg/kWh)
Form aldehyd	0,47	0,46
Acet aldehyd	1,4	0,41
Acrolein	0,06	0,01
Benz aldehyd	0,22	0,07
Etan	0,69	0,47
Eten	55,4	33,2
Acetylen	10,4	4,4
Propan	0,57	0,32
Propen	32,3	17,7
Propyne	1,7	0,89
Propadien	1,2	0,43
Isobutane	0,32	0,25
Isobutene	12,7	7,5
1-buten	0,79	0,63
1,3-Butadien	0,35	0,025
Benzen	1,91	0,49
Toluen	1,06	0,36
O-Xylen	0,46	0,08
M- Xylen	0,22	0,10

Emissionerna reducerades med ca 20–93 % med Eco-Par i jämförelse med MK 1. Även om resultaten visar på att emissionerna av ett flertal föreningar minskade med Eco-Par så finns det fortfarande en hel del komponenter som inte har analyserats, t.ex. tryck och flöden i drivlinans slutna hydraulsystem.

## Analys av emissioner vid olika arbetsoperationer

Följande resultat erhöles för de reglerade emissionerna vid test i motorprov-bänk, se tabell 13.

För den dynamiska körningen var medelvarvtalet 1 517 rpm.

Tabell 13.  
Resultat med Sisu-Diesel 620 DWRE.

	ISO 8178, 8 stationära punkter (sammanvägda)	Mätning av dynamiska förlopp med utjämnare
Medelvarvtal (rpm)	–	1 517
Medeleffekt (kW)	62,6	46,5
Specifik bränsleförbrukning (kg/kWh)	0,261	0,261
Specifik CO (g/kWh)	2,054	0,823
Specifik NOx (g/kWh)	8,724	7,767
Specifik THC (g/kWh)	0,297	0,142

I tabell 14 redovisas var och en av de 8 punkterna.

Tabell 14.  
De olika punkterna enligt ISO 8178.

Mät-punkt Nr	Varv-tal rpm	Belastning %	Axel-effekt kW	Specifik bänsle-förbrukning Kg/kWh	Specifik CO g/kWh	Specifik NO- g/kWhx	Specifik HC g/kWh
1	2 200	100	108,3	0,266	3,359	9,855	0,342
2	2 200	75	83,8	0,280	2,341	8,379	0,273
3	2 200	50	71,3	0,249	1,898	6,543	0,273
4	2 200	10	13,5	0,696	4,344	16,910	1,285
5	1 500	100	96,3	0,220	0,886	10,032	0,135
6	1 500	75	71,5	0,229	0,569	8,233	0,177
7	1 500	50	47,9	0,201	0,700	5,876	0,292
8	910	0	0	–	–	–	–

Man finner att den punkt i 8-punktestesten som närmast motsvarar det dynamiska förloppet när det gäller varvtal och effekt är punkt nr 7. De båda jämförs i tabell 15.

Tabell 15.  
Resultat med motor Sisu-Diesel 620 DWRE.

	ISO 8178 mätpunkt nr7	Mätning av dynamiska förlopp med utjämnare
Medelvarvtal (rpm)	1 500	1 517
Medeleffekt (kW)	47,9	46,5
Specifik bränsleförbrukning (kg/kWh)	0,201	0,261
Specifik CO (g/kWh)	0,700	0,823
Specifik NOx (g/kWh)	5,876	7,767
Specifik THC (g/kWh)	0,292	0,142



## Analys av förluster i skogsmaskiner

### Terrängkörning

Vid terrängkörningen mättes den tidsåtgång som krävdes för att köra hela banan. Här har emellertid även beaktats hur lång sträcka som kördes genom att uttrycka resultaten som hastighet.

Tabell 16.  
Uppmätt körhastighet.

	<b>Valmet 890</b>
Lastkörning, m/min	31,7
Tomkörning, m/min	42,6
Lastkörning + tomkörning, m/min	36,4

Korrigeras för laststorleken erhålls nedanstående resultat.

Tabell 17.  
Uppmätt tidsåtgång i cmin/m<sup>3</sup>fub för lastkörning.

	<b>Valmet 890</b>
Total tidsåtgång, cmin	2 130
Laststorlek, m <sup>3</sup> fub	18,3
<b>Tidsåtgång, cmin/m<sup>3</sup>fub</b>	<b>116</b>

Provbanans olika delsträckor hade olika terräng, vilket medförde att hastigheten varierade. Sorterad över ytstrukturen och lutningen erhålls tabell 18.

Tabell 18.  
Hastighetens (m/min) beroende av terrängen.

	<b>Ytstrukturklass</b>				
	1	2	3	4	
Lutnings-	1	48	43	38	30
klass	2	–	41	–	28

Ytstrukturen hade stor inverkan på hastigheten medan lutningen påverkade mindre.

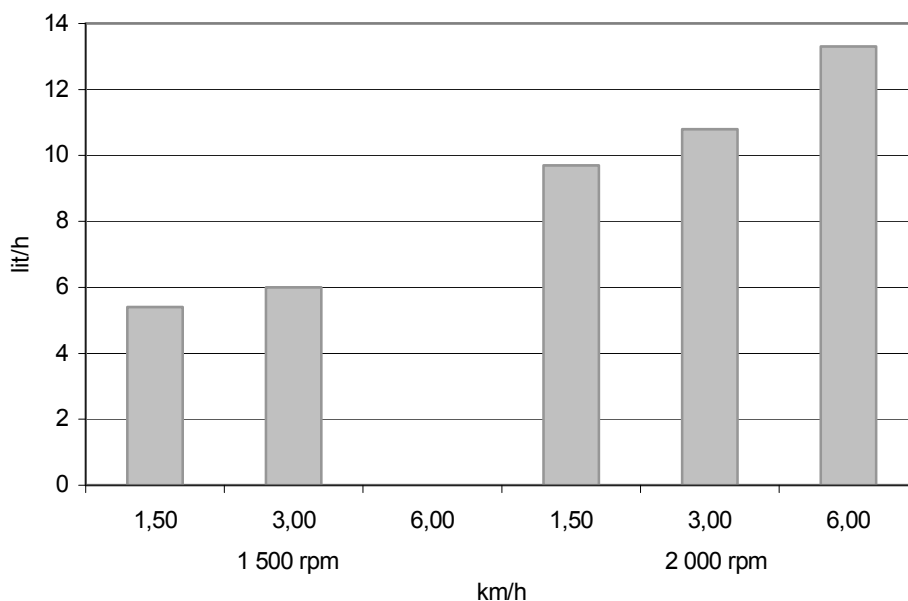
Vid terrängkörningen mättes bränsleförbrukningen vilken återges i tabell 19.

Tabell 19.  
Uppmätt bränsleförbrukning vid terrängkörning

	<b>Valmet 890</b>	
	<b>Lastad</b>	<b>Olastad</b>
Bränsleförbrukning, l/h	12,3	8,9

### Drivlina

Resultaten visar på att vi får en relativt hög bränsleförbrukning enbart genom att snurra på hjulen. Det visar också på att förlusterna är mycket varvtalsberoende. Skotaren kom inte upp i 6 km/h vid motorvarvtalet 1 500 rpm. Skotaren använde lågväxeln vid alla hastigheter och motorvarvtal.



Figur 15.  
Bränsleförbrukning med uppallad skotare.

Ovanstående resultat kan jämföras med de resultat som erhöles vid körning i terräng. Skotaren körde med ett medelvarvtal på 1 470 rpm vid körning i terräng och med en hastighet av ca 3 km/h vid olastat förhållande.

Tabell 20.  
Jämförelse mellan terrängkörning och uppallad.

	1 500 rpm	
	Uppallad	Terräng
Bränsleförbrukning, l/h	6	8,9

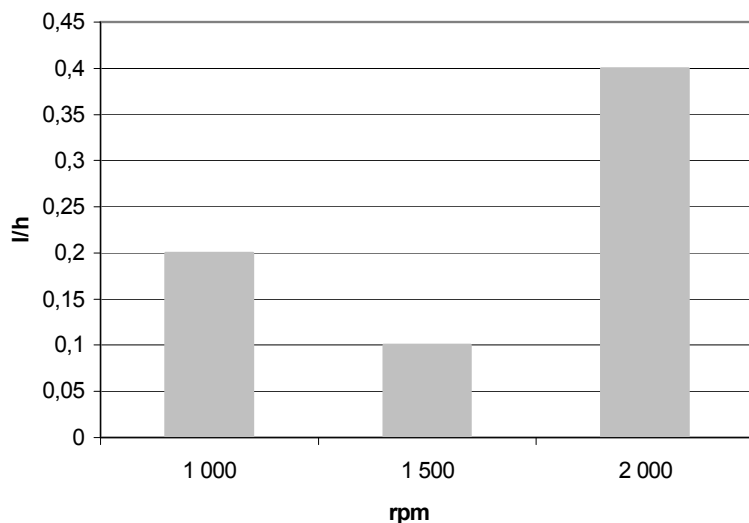
Detta prov visar att förlusterna i drivlinan är mycket höga utan att något nyttigt arbete uträttas. I och med att skotarna är uppallade uppstår inga inspänningar i drivlinan. Troligtvis skulle bränsleförbrukningen vara högre om ett liknande prov utfördes på en plan, torr asfalt. Förlusterna kan härledas till hydrostatpump och hydrostatmotor, friktionsförluster i alla växlar och differentier samt till viskösa förluster i boggilådor.

### Momentfördelning

Resultaten från mätningarna av momenten i drivlinan är i dagsläget inte kompletta. Mätningarna behöver kompletteras med mätningar av förlusterna i hydrostatpump och hydrostatmotor. De genomförda testerna kommer även att kompletteras med körningar under olika körförhållanden som snö, mjuka marker samt med kedjor och band på hjulen. Dessa kompletterande mätningar kommer att genomföras under 2003.

## Belysning

Belysningen förbrukar upp till 0,4 l bränsle per timme (figur 16).



Figur 16.  
Differens i bränsleförbrukning vid olika tomgångsvarvtal med och utan belysning.

Genom att minska antal lampor och samtidigt utnyttja lampor, gasurladdningslampor, med lägre effektbehov kan man reducera bränsleförbrukningen.

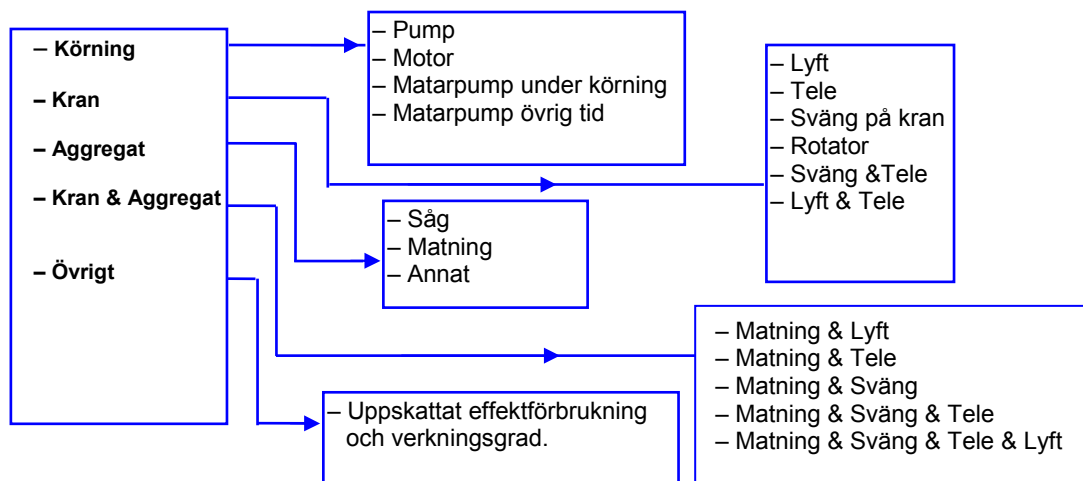
## Hydraulförluster

Från mätningarna under praktiskt arbete erhöll vi följande tidsåtgång för skördarens olika arbetsmoment, tabell 21.

Tabell 21.  
Tidsåtgång för respektive arbetsmoment.

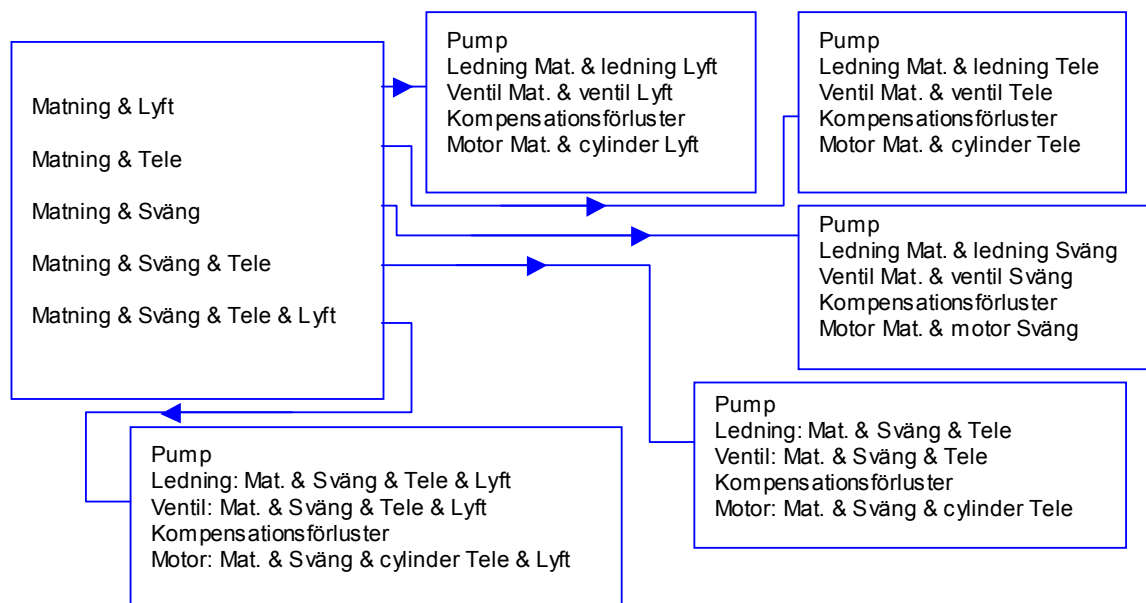
Moment	Andel i %	Tid [s]
Körning	14	5
Kran	26	10
Aggregat	39	14
Kran + Aggregat	18	7
Övrigt	3	1
Totalt	100	37

Varje huvudmoment utgör en förlustgrupp med olika funktioner. Funktionerna inom momenten Körning och Övrigt är mer eller mindre oberoende av typ av skördare. Däremot inverkar systemlösningen innehållet för momenten Kran, Kran & Aggregat samt Aggregat. Figur 17 åskådliggör antagna modellen för de förlustgrupper som är relevanta för en skördare.



Figur 17.  
Modell för uppdelning arbetscykeln i förlustgrupper.

På en engreppsskördare är förlusterna för kran och aggregat mest angelägna att analysera. Man kan på liknande sätt dela upp förlusterna för kran och aggregat enligt figur 18.



Figur 18.  
Uppdelning av kran- och aggregatförluster.

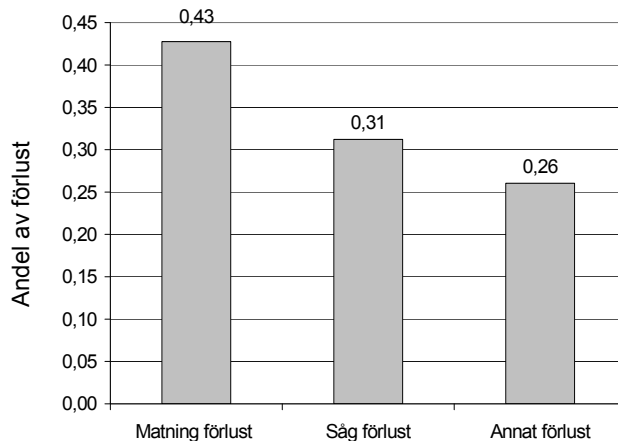
Den hydrauliska komponent som bidrar mest till förlusterna är pumpen. Vid stora effekter är verkningsgraden ca 0,9, men vid låga effekter kan verkningsgraden sjunka under 0,4.

Delsystemens förluster indelas i grupper enligt tabell 22. Delsystemet som bidrar mest till förlusterna är aggregatet.

Tabell 22.  
Andel och energimängd av förluster/avgiven energi.

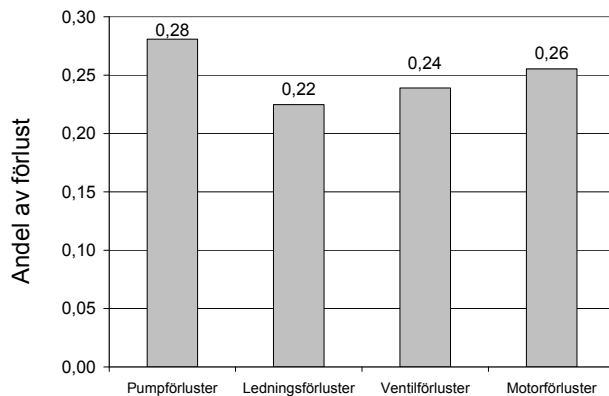
Grupp	Andel av tillförd energi i %	Energimängd (kJ)
Aggregatförluster	26	572
Kranförluster	14	303
Transmissionsförluster	6	128
Kylningsförluster	–	–
Övriga förluster	1	16
Avgiven energi	53	1 148

På aggregatet är det matningen som står för större delen av förlusterna, se figurerna 19 och 20.



Figur 19.  
Fördelningen av skördaraggregatets förluster.

Verkningsgraden för matningen är ca 66 % för båda systemen. Tillförd medel-effekt är 78 kW respektive 100 kW för tvåkretssystemet respektive trekrets-systemet. Effekterna baserar sig på arbete i ett slutavverkningsbestånd.



Figur 20.  
Fördelningen av matningens förluster på komponenter.

En annan förlust som förekommer vid matning som inte har tagits hänsyn till här är den energi som avges från hydraulsystemet och kan hänföras till slirning. Aggregatet har upp till 30 % slirning av matarvalsarna vid maximal matningskraft.

Lednings- och ventilförluster är för aggregatet en stor del av förlusten. Ett sätt att reducera dessa är att minska flödet och samtidigt öka trycket för att bibehålla produktiviteten. Detta låter sig göras genom att införa en separat högtryckskrets för matning och såg.

### ***Verkningsgrad***

Tillförd energi är den energi som hydraulpump (-arna) erhåller från dieselmotorn eller via en växellåda. Avgiven energi är den energi som hydraulmotorer och hydraulcylindrar avger till t.ex. sågkedja och matningsvalsar. Totalverkningsgraden är den totala verkningsgraden för hydraulsystemet.

Effekt som tillförs hydraulsystemet och dess delar finns i tabell 23. Totalverkningsgraden är ca 53 %.

Tabell 23.  
Effekt till hydraulsystemet.

<b>System del</b>	<b>Effekt [kW]</b>
Medeleffekt totalt	58
Medeleffekt till aggregatet	59
Medeleffekt till kran	37
Medeleffekt till transmission*	39
Avgiven effekt	31

\* avser tid som transmissionen är i drift.

## **Slutsatser**

Denna studie visar att det är stor skillnad i motorbelastningsmönster för skotare och skördare för olika arbetsoperationer. Det kan skilja mycket för en och samma maskin beroende på yttre faktorer, arbetsuppgifter och förare. Att uttrycka emissionsfaktorer generellt för skogsmaskiner baserat på den statiska motorprovningssyckeln ISO 8178 eller någon annan körcykel förfaller inte vara möjligt. Emissionsfaktorerna bör basera sig på enskilda arbetsoperationer kombinerat med bränsleförbrukningssiffror för att kunna ge acceptabla svar.

Denna studie visar att många arbetsoperationer är att betrakta som statiska, dock finns vissa arbetsoperationer som visar starkt transienta inslag. Dessa operationer ger betydligt sämre värden i bränsleutnyttjande och även sämre emissionsvärden.

Verkningsgraden på dagens moderna motorer ligger på en hög nivå och kan endast höjas marginellt. Reduceringen av bränsleförbrukningen och därmed emissionsutsläppen sker lämpligast genom att minska förlusterna på olika delsystem. Den största potentialen att minska förlusterna är på drivlinan och hydraulsystemen.

Föraren och metodvalet påverkar bränsleförbrukningen kraftigt.

För att nå lägre emissioner bör renare motorteknik kombineras med effektivare driv- och hydraulsystem som minimerar dynamiken och transienter i motorbelastningen.

Genom att använda syntetisk diesel, Eco-Par, kan man erhålla lägre avgas-emissioner. Försök har gjorts på skogsmaskiner och fler försök kommer att göras för att testa bränslet under kalla förhållanden. Problemet i dag är att bränslet ej räknas som miljödiesel och har därmed en hög beskattning. Kostnaden är ca 2 gånger högre än för miljödiesel. Det positiva är att man kan framställa syntetisk diesel ur förnyelsebara råvaror.

En angivelse av emissionsutsläppen i t.ex. enheten gram per avverkad/uttransporterad kubikmeter kan många gånger vara intressant, då enheten g/kWh inte säger något om verkningsgraden efter motorn, t.ex. förluster i drivlina och hydraulsystem. Det är dock svårt att göra sådana jämförelser med full rättvisa på grund av varierande yttre förutsättningar.

## Referenser

Nord, K. & Haupt, D. 2002. Evaluating a Fischer-Tropsch Fuel, Eco-Par, in Valmet Diesel Engine. 2002. SAE 2002-01-2726.





**Rapport avseende effekt, bränsleförbrukning och avgas-  
emissioner enligt ISO 8178 på en dieselmotor körd på olika  
bränslen**

2001-09-14 PU 6204/01

sid 1(3)

**Uppdragsgivare:** *SkogForsk*

*Uppsala Science Park  
751 83 Uppsala  
Att: Björn Löfgren*

**Provningsobjekt:**

**Bränslen:** *ECO-paraffin resp. dieselbränslet  
Preem MK1*

**Urvalsmetod:** Beställaren tillhandahöll bränslet  
ECO-paraffin,  
SMP tillhandahöll dieselbränslet,  
Preem MK1.

**Provningsutförd:** *2001-06-27 hos SMP Umeå, av  
Kjell Holmgren, och Jan-Eric Forssén*

**Provningsobjektets (ECO-paraffinets) ankomstdatum:** *2001-06-26*

**Provningsmetod:**

Mätningarna har skett enligt ISO 8178-1:1996 och med 13-punkts körcykel enligt ISO 8178-4:1996, Test cycle type A. Mätningarna har gjorts med motorn i bromsbänk ansluten till SMPs motorbroms Schenk W 400.

**Mätutrustning:**

SMPs avgasanalytutrustning levererad av BOO instruments 1996 bestående av följande huvudkomponenter;

- Flamjonisationsdetektor (FID) för kolväten (THC), (Jum instruments)
- Heated chemiluminescens detector (HCLD) för kväveoxider NO/NO<sub>x</sub> (ECO Physics).
- Non dispersive infrared absorption (NDIR) för kolmonoxid och koldioxid, CO/CO<sub>2</sub>,
- hög koncentration, Multor 610 (Maihak)
- Non dispersive infrared absorption (NDIR) för kolmonoxid, CO låg koncentration, Unor 610 (Maihak)

Mätningarna genomfördes med en dieselmotor avsedd för en skotare enligt följande:

Motor fabrikat:	<i>Valmet</i>
Beteckning:	<i>620 DWRE</i>
Typ:	<i>Sexcylindrig fyrtakts turboöverladdad dieselmotor</i>
Slagvolym:	<i>6,6 dm<sup>3</sup></i>

**Mätförhållanden:**

Mätningen utförd i provhall inomhus.

Temperatur, °C : 25

Luftryck, kPa: 101,8

Rel. Luftfuktighet, %: 35

**Provningresultat**

I första tabellen på nästa sida redovisas mätresultaten för de båda bränslena för var och en av de 13 mätpunkterna. Dieselbränslet Preem MK1 benämns i tabellen endast "MK1" och ECO-paraffinet endast "ECO".

2001-09-14

P

U 36204/01

sid 3(3)

Mät- pkt	Varv- tal r/m	Axel- eff. kW	Bränsle- förbrukn. g/kWh		THC ppm		NO <sub>x</sub> ppm		CO ppm		CO <sub>2</sub> %	
			MK1	ECO	MK1	ECO	MK1	ECO	MK1	ECO	MK1	ECO
			1	830	0	–	–	21,8	18,3	120	107	149
2	1 100	7,5	410	406	18,9	16,5	337	271	196	196	2,61	2,52
3	1 100	19,9	261	261	19,3	16,2	496	420	183	183	4,43	4,39
4	1 100	38,7	232	229	24,9	22,1	726	671	144	144	7,00	6,88
5	1 100	58,2	228	221	31,9	34,3	1 178	1 090	224	219	9,20	8,95
6	1 100		223	224							11,4	
		78,6			37,6	37,3	1 607	1 536	917	669	0	11,18
7	830	0	-	-	24,7	19,4	101	95	145	126	1,39	1,37
8	2 050	113,3	252	246	37,2	30,7	923	878	709	578	8,24	8,09
9	2 050	80,5	281	275	33,3	27,7	637	564	299	313	6,73	6,74
10	2 050	54,2	318	316	27,8	23,5	338	337	196	210	5,56	5,49
11	2 050	26,3	435	424	25,6	18	376	281	177	181	4,26	4,27
12	2 050	11,5	739	731	25,4	17,7	221	208	161	163	3,28	3,31
13	830	0	–	–	25,0	17,6	108	107	146	136	1,44	1,40

I nedanstående tabell redovisas resultaten i sammanställd form. Mätresultaten från de 13 mätpunkterna är i tabellen sammanvägda enligt ISO 8178-4:1996, Test cycle type A.

Bränsle		ECO- paraffin	Diesel/ MK1
Specifik bränsleförbrukning	(g/kWh)	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>
Specifik CO	(g/kWh)	<b>2,7</b>	<b>3,4</b>
Specifik NO <sub>x</sub>	(g/kWh)	<b>9,7</b>	<b>10,3</b>
Specifik THC	(g/kWh)	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>

Provningsresultaten avser endast den till Maskinprovningarna inskickade bränslekvaliteten vad avser ECO-paraffinet.

## SMP Svensk Maskinprovning AB

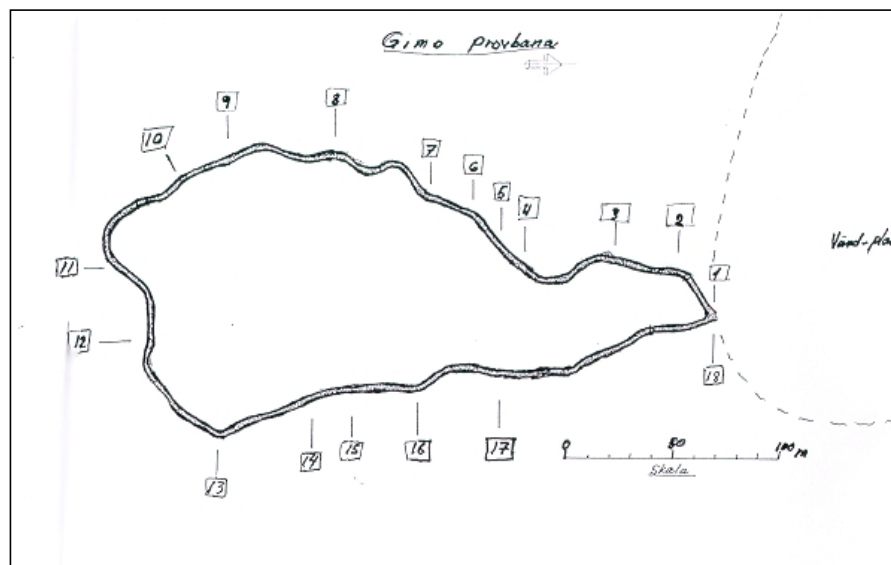
Provning, Umeå

Kjell Holmgren  
Provningsledare



## Beskrivning av terrängbana

### Klassning av terrängkörningsbana i Gimo 980914



Delyta	Grundförh Klass 1-5	Ytstruktur Klass 1-5		Lutning Klass 1-5	Lutning %	Lutning Grader	Längd m	Anm.
		Start	Slut					
1	1	1-----1		1	5	3	31	Motlut
2	1	2-----2		1	-7	-4	29	Utför
3	1	3-----3		1	0,5	0	46	
4	4	2-----2		1	0	0	18	"Sumpen"
5	1	3-----3		1	4	2	17	13 % på 2/3 av str.
6	4	1-----1		1	-3	-2	21	"Surhållet"
7	1	4-----4		2	15	8	23	"Stenskravlet"
8	1	4-----4		1	2	1	54	"Bäckaret"
9	1	3-----3		1	-9	-5	49	"Stupet" ca 20 %
10	1	2-----2		1	-5	-3	40	
11	3	1-----1		1	1	1	48	
12	2	2-----2		1	2	1	61	Svagt uppför
13	2	3-----3		1	4	2	46	
14	1	2-----2		1	10	6	19	
15	1	3-----3		1	4	2	39	
16	1	2-----2		2	-13	-8	35	"Etterstupet"
17	3	3-----4		1	0	0	100	"Finalen"
Total:							676	

Lutningen är uppmätt med lutningsmätare från delsträckans början till dess slut. d.v.s. det förekommer ner och uppförsbackar inom en provsträcka.

Massavedsbitar är i lagda i början på sträcka 17.

Banan preparerades med en Valmet 820 skotare 8 hjuling med 700 däck. 3 varv kördes.

På sista provsträckan förändrades ytstrukturen under körningen. Från klass 3 till klass 4. På övriga provsträckor inga förändringar.