



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 766 2012

Spårdjup och marktryck för skotare med  
och utan band samt styrbar boggi

Rut depth and ground pressure for forwarder  
with and without tracks

Björn Löfgren, Martin Englund, Petrus Jönsson,  
Iwan Wästerlund, SLU, Johan Arvidsson, SLU

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 766 2012

Arbetsrapporter publiceras av ett flertal skäl. De dokumenterar det forskningsarbete vi utför och är ett viktigt material för nuvarande och kommande FoU.

## Titel:

Spårdjup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi.

Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks.

## Bildtext:

Mätning av spårdjup, konmotstånd och marktryck vid spårdjupstesterna i Tierp 2011. Fotograf: KTH och Skogforsk.

## Ämnesord:

Spårdjup, marktryck, band.  
Rut depth, ground pressure, tracks  
Valmet 860.3, ECO-Track, EVO, Eco-Magnum, Rottne F13S, Trelleborg 710/45-26,5 T428

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2012

ISSN 1404-305X



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Björn Löfgren**, tekn.Dr. anställd på Skogforsk sedan 1981. Har arbetat med utveckling av morgondagens teknik på skogsmaskiner med fokus på allmän maskinutveckling och mer specifikt mot hydraulik, vibrationer, simulering, automation, autonomi, fordon-mark och HMI.



**Petrus Jönsson**, fil.mag. har tidigare arbetat som skogsmaskinförare i familjens egna företag. Anställd vid Skogforsk 2006 och arbetar i programmen Teknik, Virke och Logistik. Främsta arbetsuppgifter är granskning/utvärdering av tekniska komponenter, virkesskador och helkroppsvibrationer.



**Martin Englund**, civ.ing. har arbetat på Skogforsk inom programmet Teknik sedan 2009. Han forskar kring fysik ergonomi och människa-maskin-interaktion i skogsmaskiner.



**Iwan Wästerlund**, professor, Skoglig planering och teknologi vid SLU. Arbetat med fordon- och mark- frågor i skogsbruket sedan 80-talet, arbetar/forskar nu om fordon-mark frågor samt lagring av skogsbränsle samt om skogsbilvägar.



**Johan Arvidsson**, universitetslektor, Mark- och miljö, avd. för Jordbearbetning och Hydroteknik vid SLU. Jordpackning, reducerad jordbearbetning, markmekanik. Ämnesansvarig försöksverksamhet jordbearbetning.

## Abstract

Previously rut depth and soil compaction tests made have almost exclusively been done with only tires at no extra tire equipment such as tracks or chains. In order to see the difference in ground pressure and rut depth between forwarders with only tires and forwarders with tracks Skogforsk has performed a test on arable land. A new test was added where the ground pressure was added. At the tests Valmet 860.3 forwarder was used with and without tracks. With only tires three different tire pressures were tested. The tracks that were tested were Eco-Track, EVO and Eco-Magnum. Also the Rottne F13S forwarder with steerable bogie was tested. The tires were Trelleborg 710/45-26, 5 T428. Based on the tests one have a maximum ground pressure with forwarders with only tires, high air pressure in the tires, and minimum ground pressure with Eco-Magnum tracks. Ground pressures correspond directly with rut depths, which means that you could use only ground pressure measurements in future tests.

# Innehåll

Summary.....	2
Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Syfte.....	4
Genomförande .....	4
Mätning av fordonsvikt, spår djup, marktryck och markegenskaper .....	4
Resultat .....	8
Vägning.....	8
Luftryck .....	8
Spår djup .....	9
Rak bana .....	9
Slalomkörning.....	9
Marktryck .....	10
Markdata .....	11
Konpenetrometervärden.....	11
Fuktkvot .....	14
Diskussion .....	15
Spår djup .....	15
Rakt fram.....	15
Slalomkörning.....	15
Markdata .....	15
Spår djupstester .....	16

## Summary

Previously rut depth tests made have almost exclusively been done with only tires at no extra tire equipment such as tracks or chains. To get a picture of the differences in how the tires and tracks affects the ground Skogforsk have measured rut depth and soil compaction that occurs when driving on a homogeneous arable land. As reference machine Valmet 860.3 forwarder was used with and without tracks. The tracks that were tested were Eco-Track, EVO and Eco-Magnum. Also the Rottne F13S forwarder with steerable bogie was tested. The tires were Trelleborg 710/45-26, 5 T428. The tests took place in September 2011. The tests were made on a field with organogenic arable land about 7 km southeast of Tierp. The forwarders were driven at the same speed 10 times over a 30 m long straight test track. After the straight tests the forwarders were driven in a slalom tests track with 7 and 10 m port distance to mimic a curved strip road. The tests were made with no load and 75% of full load. During the tests, the possibility to measure ground pressure at three different depths by means of pressure sensors was tested.

When driving straight ahead, you have a clear relationship between rut depth and air pressure in the tires and the type of track. Tracks provide less rut depth than just the tires even if you have low tire air pressure. Between 860.3 Valmet high air pressure, and Valmet 860.3 with Eco Magnum tracks there is a reduction after 10 passes of the rut depth of approximately 70%.

In slalom tests the same difference between the bands, tires and turning bogie when driving straight ahead were not given. The difference was about 5-10%. The explanation is that forwarders with a bogie, regardless of band or not, get big rut depth is due to that the bogie shears the soil when the forwarder is turning. Magnum band had the slightest rut depth.

In comparison between the tests made in the years 2009 to 2011 the moisture contents and cone resistance for control points were fairly similar. This means that the test results from the different rut depth tests measurements are comparable.

The most interesting is to consider cone resistance at the straight test tracks since the ground is mainly affected by the load distribution over the ground. Unloaded forwarder gave resistance that did not differ significantly from the control points. The cone resistances at the control points were 1 MPa and loaded forwarder with no band were 1.1 to 1.3 MPa, indicating that the vehicle caused some packing of the ground. With ECO-Track there was no difference against the control.

It was the first time that the Skogforsk tried to measure the ground pressure during a forwarder driving in the terrain, and therefore it was interesting to see if there was a correlation between ground pressure and rut depth. Based on our tests we have a maximum ground pressure with forwarders with only tires, high air pressure in the tires, and minimum ground pressure with Eco-Magnum tracks. Ground pressures correspond directly with rut depths, which means that you could use only ground pressure measurements in future tests.

## Sammanfattning

Tidigare genomförda spårdjupsprov har nästan uteslutande gjorts med enbart däck utan någon extra däckutrustning som band eller kedjor. För att få en bild av skillnaderna på hur däck och band påverkar marken och spårbildningen har Skogforsk mätt spårdjup och kompaktering som uppstår vid körning på en homogen åkermark. Som referensskotare användes Valmet 860.3 som testades utan och med band. Banden som testades var Eco-Track, EVO och Eco-Magnum. Dessutom testades Rottne F13S med styrbar boggi. Däcken var Trelleborg 710/45–26,5 T428. Proven genomfördes under fem dagar i september 2011. Proven gjordes på en åker med organogen jord ca 7 km sydost om Tierp. Skotarna kördes med samma bestämda hastighet 10 gånger över en 30 m lång raksträcka. Därefter kördes skotaren i slalombana med 7 och 10 m portavstånd för att efterlikna en krokig stickväg. Proven genomfördes utan last och med 75 % av full last. Under testerna undersöktes möjligheten att mäta marktrycket på tre olika djup med hjälp av trycksensorer.

Vid körning rakt fram har man ett klart samband mellan spårdjupet och lufttrycket i däcken och typen av band. Band ger mindre spårdjup än enbart däck även om man har lågt lufttryck i däcken. Mellan Valmet 860.3 med högt lufttryck och Valmet 860.3 med band Eco-Magnum får man en reduktion efter 10 överfarter av spårdjupet med ca 70 %.

Vid slalomkörning har man inte samma skillnad mellan band, däck och svängbar boggi som vid körning rakt fram. Differensen var ca 5–10 %. Förklaringen till att skotare med boggi, oavsett band eller inte, får så stora spårdjup är att en lång kontaktyta skjuvar jorden då skotaren svänger. Magnum band hade den minsta spårbildningen.

I jämförelse mellan åren 2009 till 2011 har fukthalter och konmotstånd för kontrollpunkter varit tämligen lika, d.v.s. testresultaten från de olika spårdjups-mätningarna bör vara jämförbara.

Det intressantaste är att betrakta konmotstånden vid körning rakt fram eftersom här är underlaget huvudsakligen påverkat av hur lasten fördelas på underlaget. Olstad skotare gav motstånd som inte skiljde sig nämnvärt från kontrollen. Kontrollen låg på 1 MPa konmotstånd och lastat fordon utan band på 1,1 – 1,3 MPa, vilket tyder på att fordonet medförde viss packning på underlaget. Med ECO-Track förelåg ingen skillnad mot kontrollen.

Det var första gången som Skogforsk provade att mäta marktrycket under en skotare i terräng, och därför var det intressant att se om det fanns en korrelation mellan marktryck och spårdjup. Enligt testerna har man högst marktryck med skotare med enbart däck och högt lufttryck i däcken och minst med Eco-Magnum band. Marktrycken korresponderar direkt mot spårdjupen, vilket innebär att man skulle kunna klara sig med att göra enbart marktrycksmätningar vid framtida tester.

## Inledning

Tidigare genomförda spårdjupsprov har uteslutande gjorts med enbart däck utan någon extra däckutrustning som band eller kedjor. Följande tester har utvärderat hur olika bandtyper och hur en styrbar boggi påverkar spårbildningen. För att få en bild av hur band och hur en styrbar boggi påverkar spårbildningen och marken mättes de spårdjup och den kompaktering som uppstod vid körning på en homogen åkermark. För att få en koppling till tidigare mätresultat på samma åkermark mättes även markens konmotstånd och fukthalt samt gjordes det en jämförelse med referensmaskinen Valmet 860.3, som har använts vid tidigare spårdjupstester.

## Syfte

Syftet med testerna var att:

- Bestämma spårdjupen och kompakteringen för skotare Komatsu 860.3 utan och med tre olika typer av band både lastad och olastad.
- Bestämma spårdjupen och kompakteringen för skotare Komatsu 860.3 med tre olika lufttryck i däcken både lastad och olastad.
- Bestämma spårdjupen och kompakteringen för skotare Rottne F13S utan extra däckutrustning både lastad och olastad.
- Testa och utvärdera möjligheterna att mäta marktrycket på olika djup i en organogen jord.

## Genomförande

Proven genomfördes under fem dagar i september 2011. Spårdjupsproven genomfördes på en åker med organogen jord (jord som huvudsakligen består av organiskt material, d.v.s. nedbrutna rester av växter och djur), belägen ca 7 km sydost om Tierp. Marken bestod av ca 25 cm välhumifierad torv på ett ca 10–15 cm tjockt lager av finsand och sedan lera i underlaget.

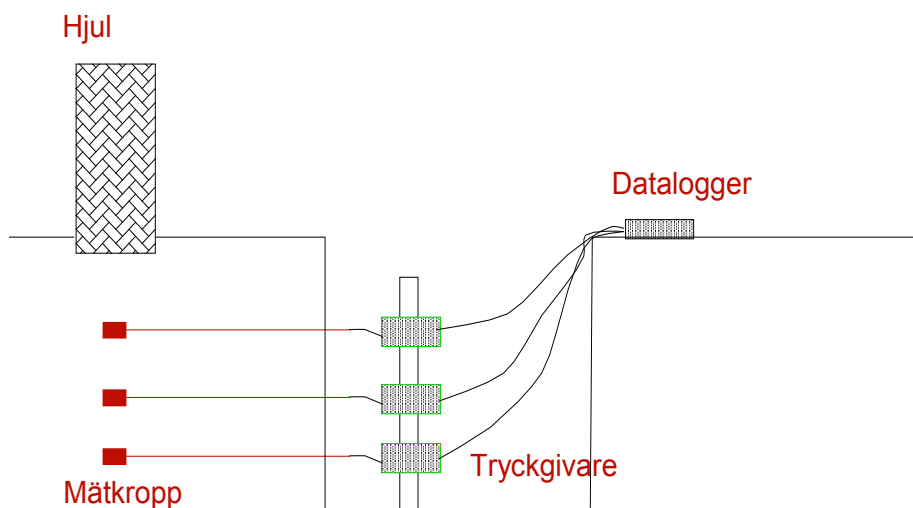
### Mätning av fordonsvikt, spårdjup, marktryck och markegenskaper

Maskinvikterna bestämdes med fordonsvågar. Först mättes spårdjupen på en rak bana. Skotarna kördes med en hastighet av 3–4 km/h 10 gånger över en 30 m lång raksträcka. Spårdjupen noterades efter varje passage i båda spåren med 2 m avstånd mellan punkterna.

Därefter kördes skotarna i en slalombana med 7 och 10 m portavstånd och ingen förskjutning i sidled, för att efterlikna en krokig stickväg. Vid rak bana noterades spårdjupen med hjälp av stort skjutmått efter varje passage under de fem första passagerna och därefter efter passage 8 och 10, i båda spåren med 2 m avstånd mellan punkterna. Vid slalombanan mättes spårdjupen med ett laserinstrument, Figur 4, Så att inte uppvallningarna skulle störa mätningarna.

Proven genomfördes både utan last och med 75 % av full last. Rottne 13S har en styrbar bakre boggi och i ett led provades den med utställd bakre boggi så att den gick vad vi kallade som en stövare, d.v.s. bakhjulen gick kant i kant med de främre hjulen.

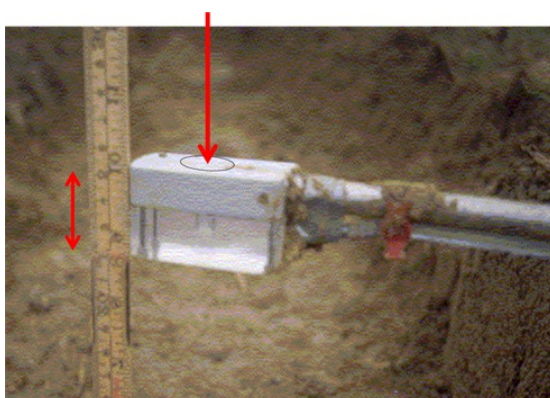
Mätning av trycket i marken och markens vertikala rörelse gjordes med mät-sensorer installerade från en grävd grop. En principskiss över metoden, mät-sonden och ett exempel på mätning visas i Figureerna 1–3. Metoden har utvecklats vid SLU i Uppsala.



Figur 1.  
Principskiss för mätning av tryck och rörelse.

Trycket i marken mäts med en lastcell (våg). Den vertikala markrörelsen mäts genom att sensorerna (mätkropparna) innehåller en vätska som är ansluten till en tryckgivare i gropen. En höjdförändring registreras som en tryckförändring i vätskan.

Markrörelsen är till viss del elastisk, till viss del plastisk (kvarstående). En plastisk deformation innebär att marken packats.



Figur 2.  
Mätkropp. Pilen pekar på lastcellen med vätska som mäter trycket.

När sönerna installerats i marken kördes samtliga typer av däck och bandkonstellationer man ville testa bredvid själva gropen. Varje konstellation testades två gånger. Tyvärr gick marken sönder vid de sista körningarna varför lufttryck 2,7 bar inte kunde mätas.



Figur 3.  
Mätning av tryck och rörelse i fält.

Mätning av markens konmotstånd och fukthalt genomfördes. Konmotståndet mättes med en Eijkelkamp registrerande penetrologer med en standard ASAE kona, d.v.s. en 30° kona med basen 2,1 cm i diameter och penetreringshastighet ca 3 cm per sekund. Konmotståndet mättes på varannan mätpunkt för spår djup i båda spåren, d.v.s. 8 värden per överfart ner till ett djup där motståndet översteg ca 1,5 MPa. Två kontroller gjordes tvärs över mitten av området för körning rakt spår, en Dag 1 och en Dag 3. Fukthalten mättes i jorden på 10 cm djup genom att torka jordprovet i 100° C till torrhet i ugn. Fuktprover togs Dag 1 tvärs över området för raka spår och sedan Dag 3 på nära samma ställen som första dagen. Spridningen mellan mätvärden var i regel ca 0,1, vilket innebär att en skillnad mellan resor eller fordon med 0,2 MPa är signifikant.





Figur 4.  
Mätning av spårdjup i slalomkurva.



Figur 5.  
Mätning av konmotstånd med hjälp  
konpenetrometer.

## Resultat

Nedan redovisas resultaten för spårdjup och vibrationer för Rottne F13S och Valmet 860.3. Skotarna var försedda med däck Trelleborg 710/45-26,5 T428 163A8 och banden var Olofsfors Eco-Track, EVO och Eco-Magnum.

### Vägning

Skotarna vägdes med full tank och med föraren i hytten med hjälp av Skogforsks vågar.

Rottne F13S vägde 19 520 kilo. Eftersom skotaren lastar 13 000 kg lastades den med 9 750 kg, vilket är 75 % av max last. Den totala vikten med last var 29 270 kg.

Valmet 860.3 vägde 19 170 kilo. Eftersom skotaren lastar 14 000 kg lastades den med 10 500 kg, vilket är 75 % av max last. Den totala vikten med last var 30 210 kg.

Valmet 860.3 vägde 22 390 kilo med Eco-Track band. ECO-Track är både ett dragande och bärande band.

Valmet 860.3 vägde 22 590 kilo med Evo-band. Evo är ett dragande band.

Valmet 860.3 vägde 22 710 kilo med Eco-Magnum band. ECO-Magnum är ett bärande band.

Anledningen till att skotarna lastades med 75 % av maximal last är för att få en bättre viktfordelning mellan fram och bakaxel och för att man ska kunna jämföra med gamla tester som är utförda på samma åkermark.

### Luftryck

Följande luftryck användes vid körning med och utan band:

Tabell 1.  
Lyfttrycket för däcken i främre boggi och bakre boggi.

	Med band bar	Högt tryck bar	Normalt tryck bar	Lågt tryck bar
Främre boggi	6,0	6,0	3,2	1,6
Bakre boggi	6,0	6,0	4,0	2,7

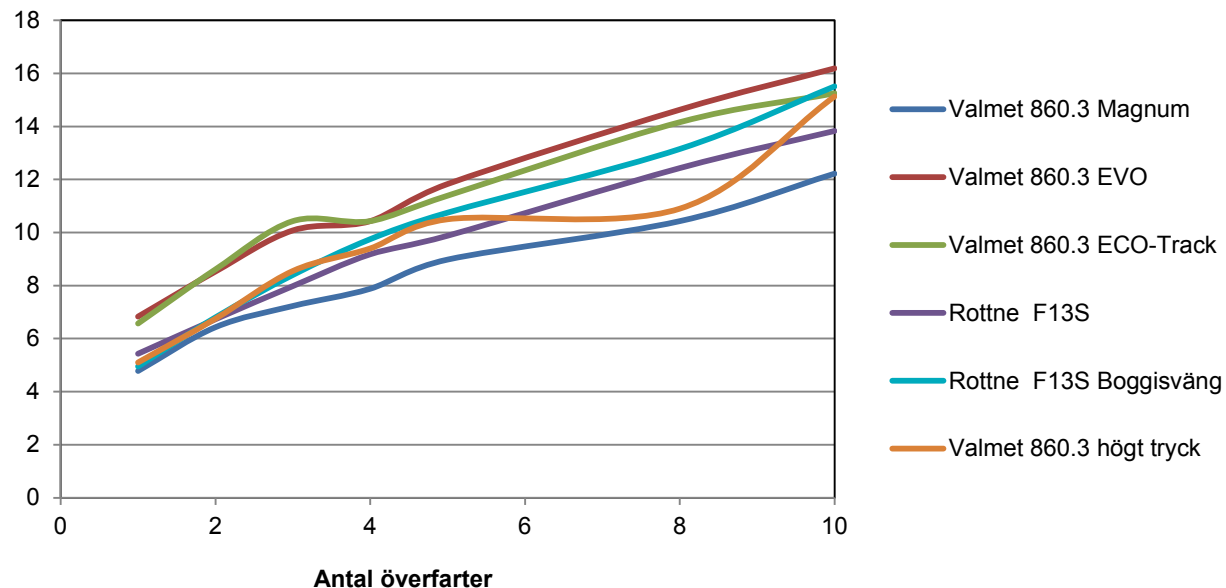
## SPÅRDJUP

Spårdjupen i nedanstående figurer är medelvärden för vänster och höger spår.

### Rak bana

Slalom, Lastad

cm



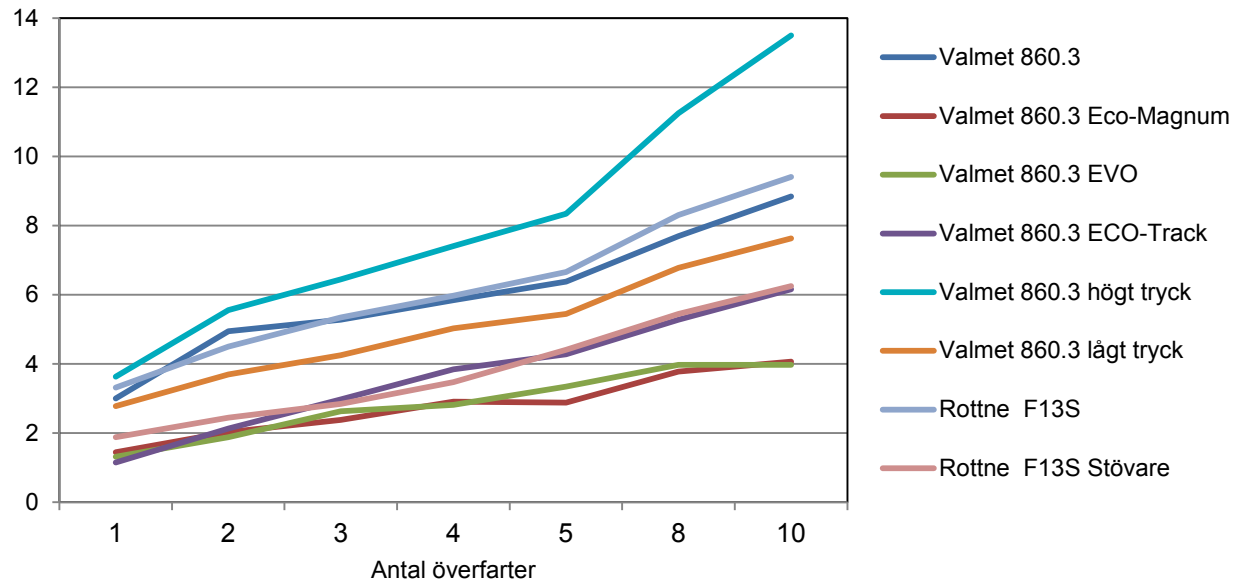
Figur 6.

Spårdjup Rottne F13S och Valmet 860.3 utan och med olika band lastade. Körning rakt fram, medelvärden för höger och vänster spår.

### Slalomkörning

Rakt fram, Lastad

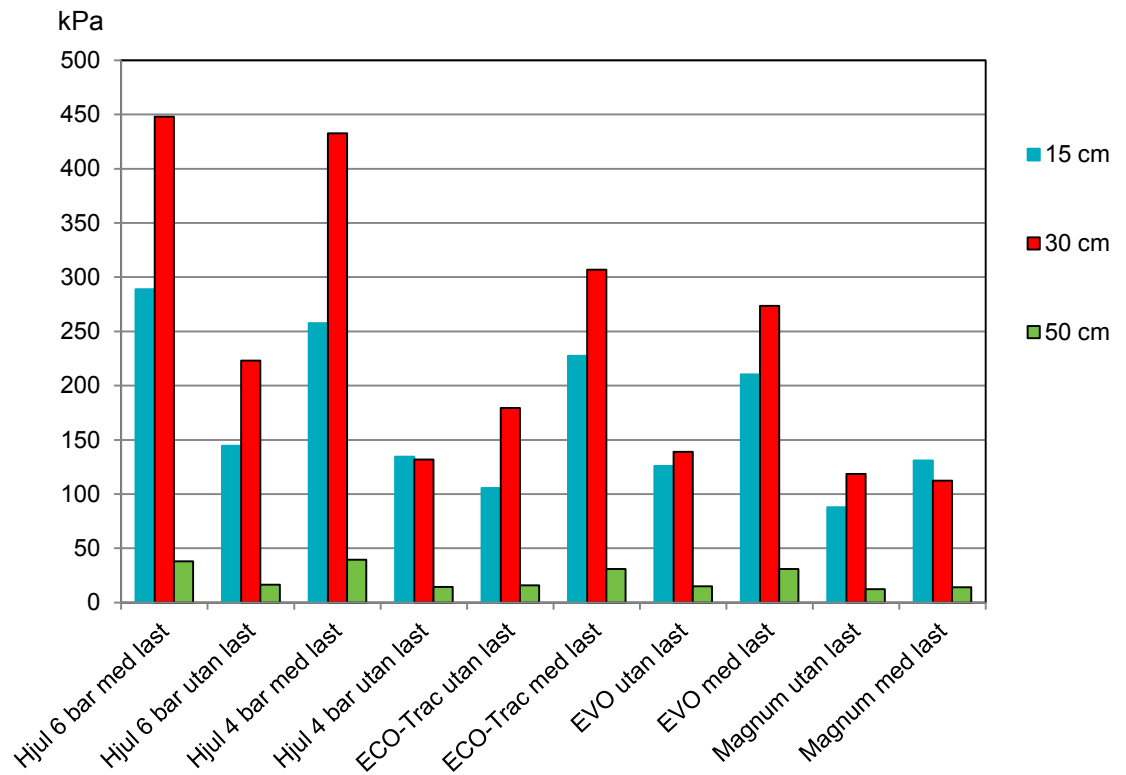
cm



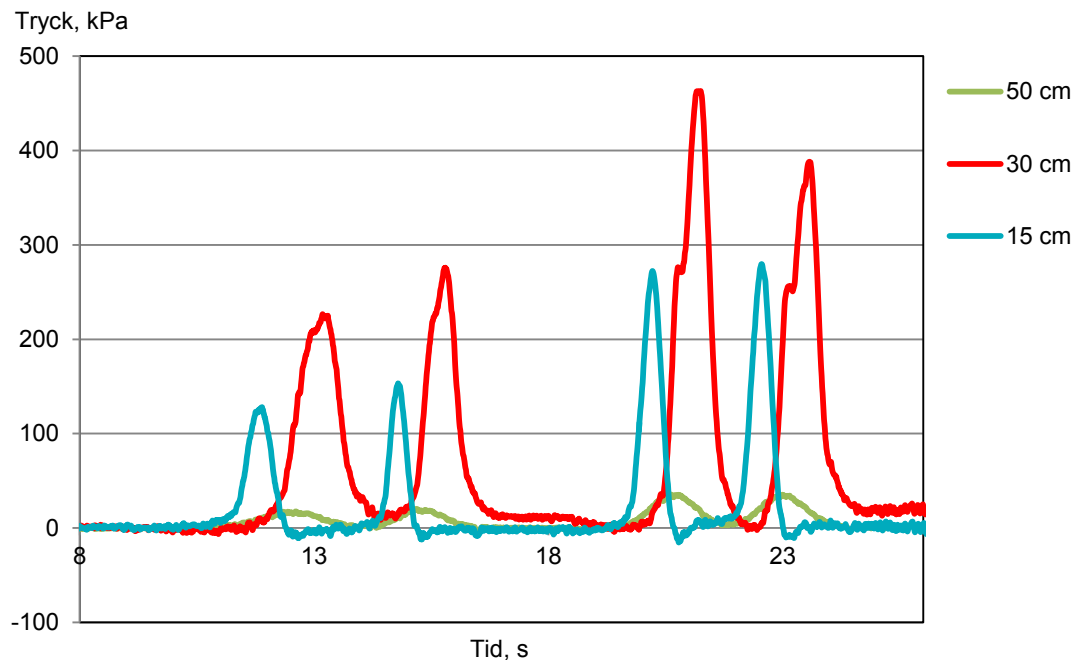
Figur 7.

Spårdjup för Rottne F13S och Valmet 860.3 utan och med olika band lastade. Slalomkörning, medelvärden för höger och vänster spår.

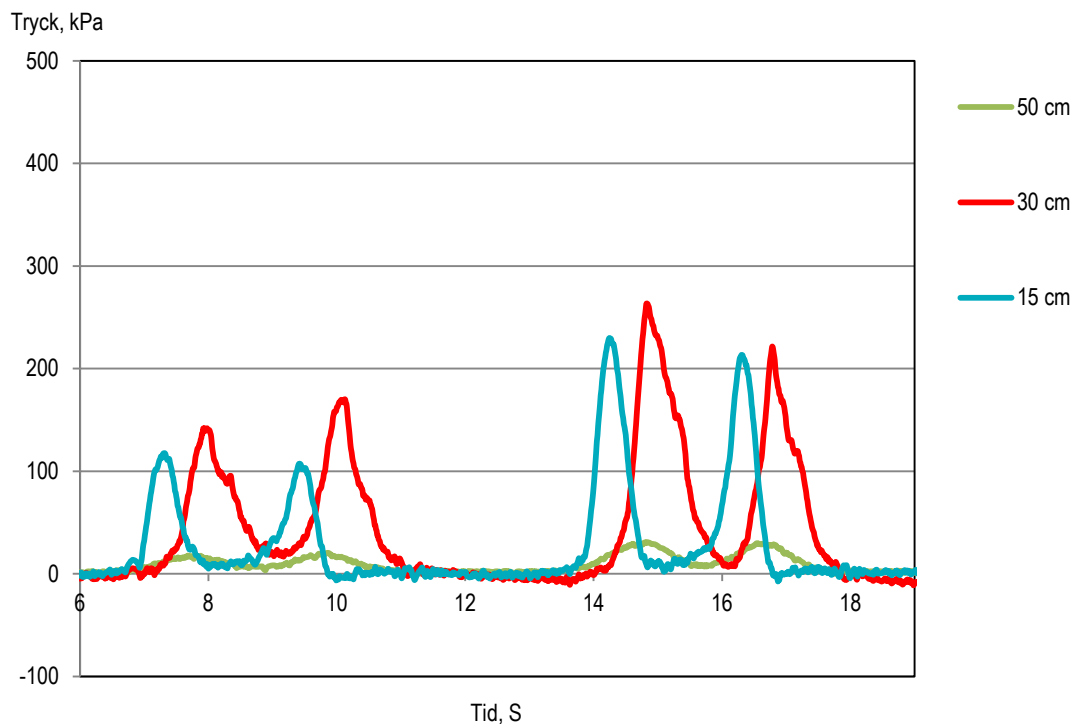
## MARKTRYCK



Figur 8.  
Marktrycket vid 15, 30 och 50 cm djup i marken.



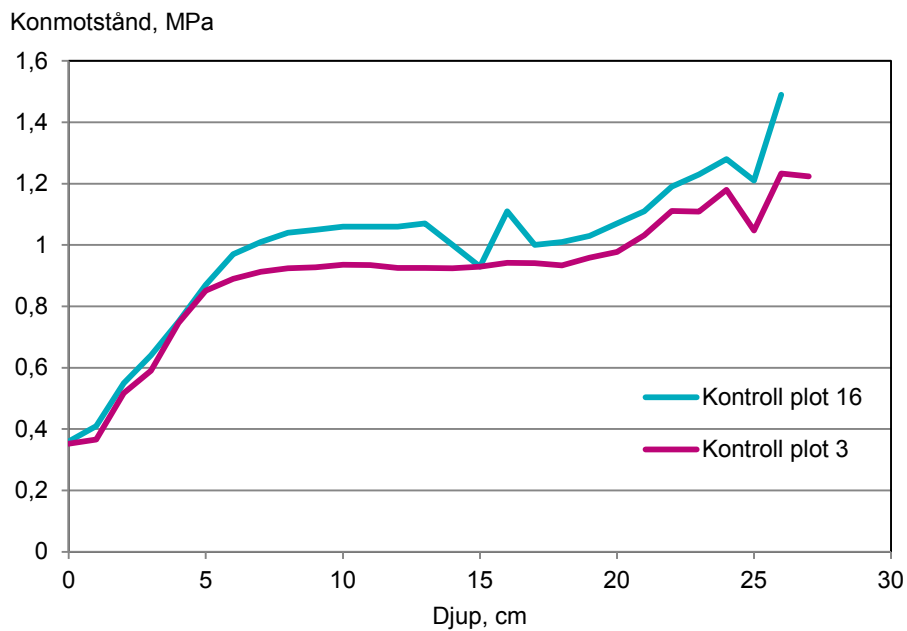
Figur 9.  
Tryckfördelning under körning med Valmet 860.3 med 6 bars lufttryck lastad.



Figur 10.  
Tryckfördelning under körning med Valmet 860.3 med EVO band lastad.

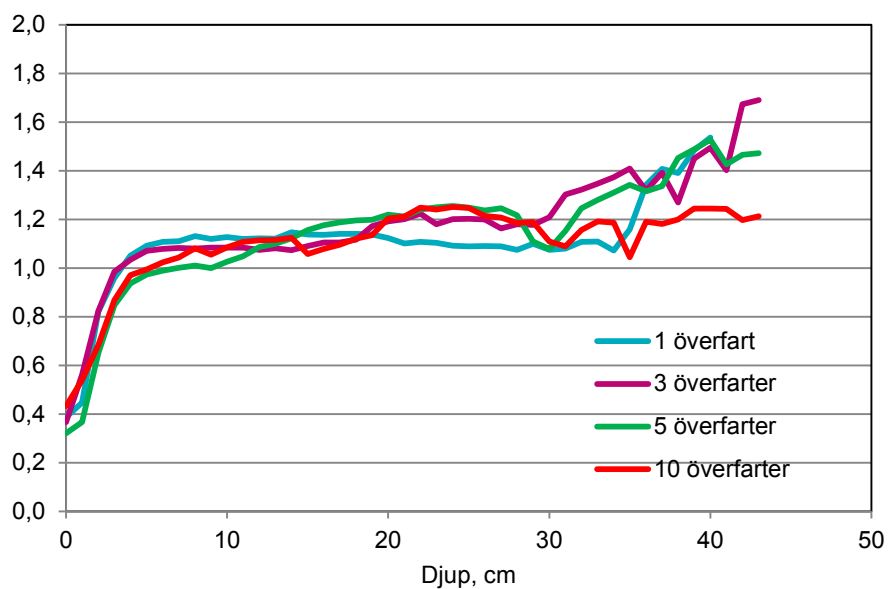
## MARKDATA

### Konpenetrometervärden



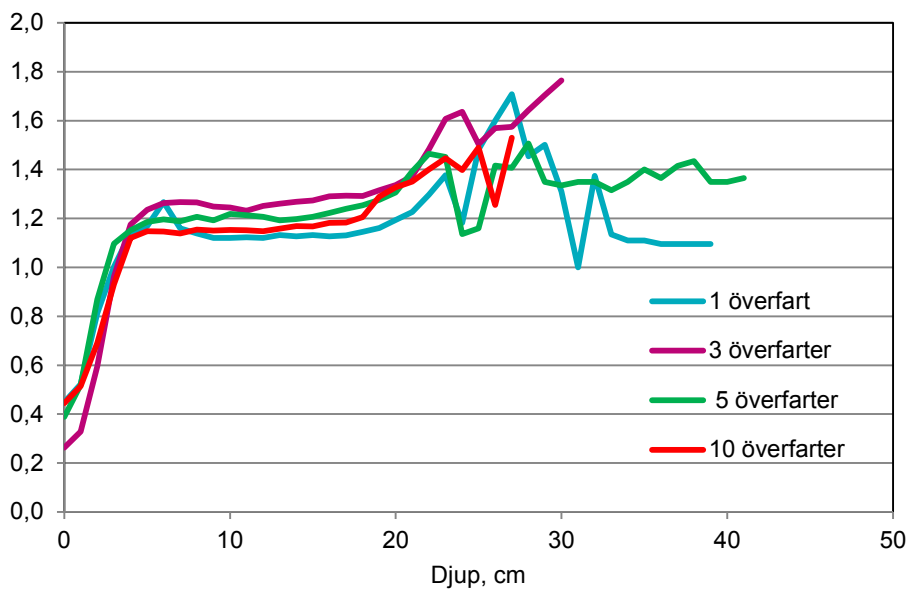
Figur 11.  
Kontroll av konmotstånd i spåren 1 till 17 mätt i vart tredje spår, rak bana dag 1 (3) och dag 3 (16).

Konmotstånd, MPa



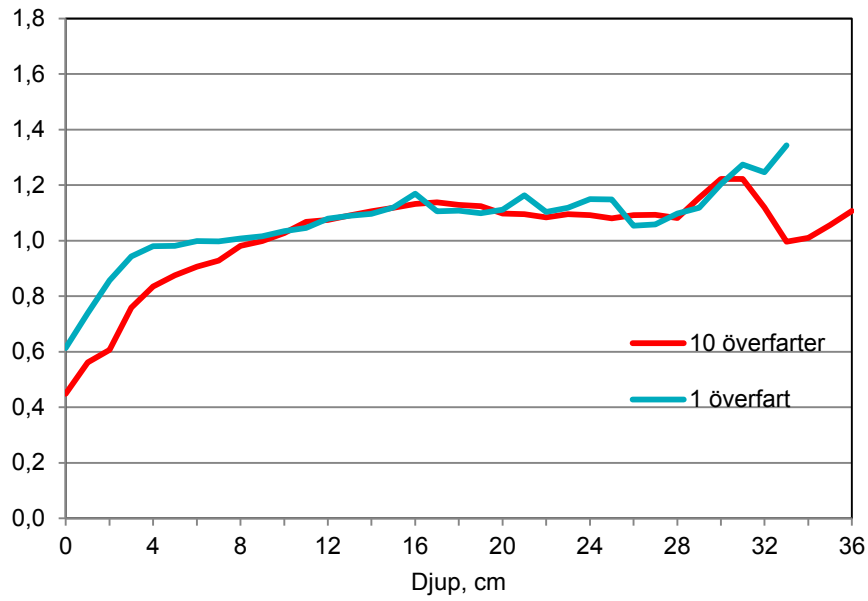
Figur 12.  
Konmotstånd i spåren efter Valmet 860.3, 6 bars lufttryck i däcken vid rak bana och lastad.

Konmotstånd, MPa



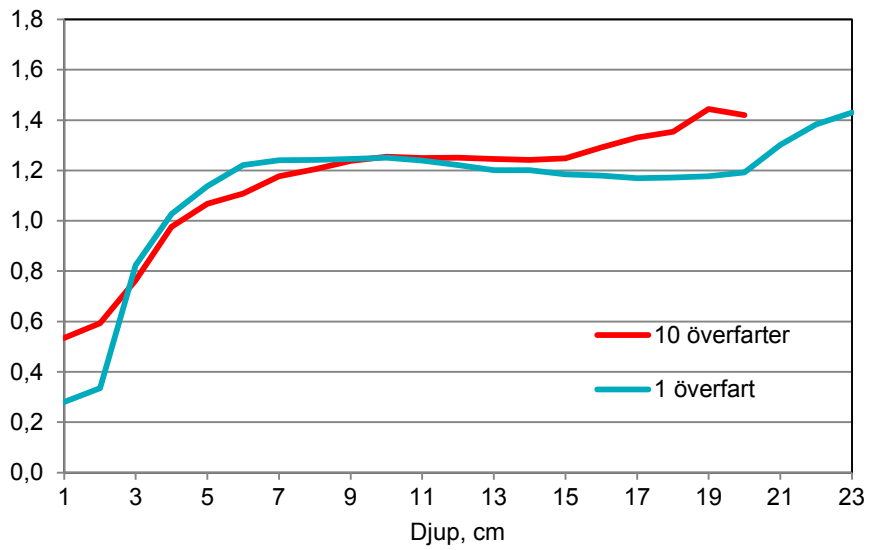
Figur 13.  
Konmotstånd i spåren efter Rottne F13S, rak bana lastad.

Konmotstånd, MPa

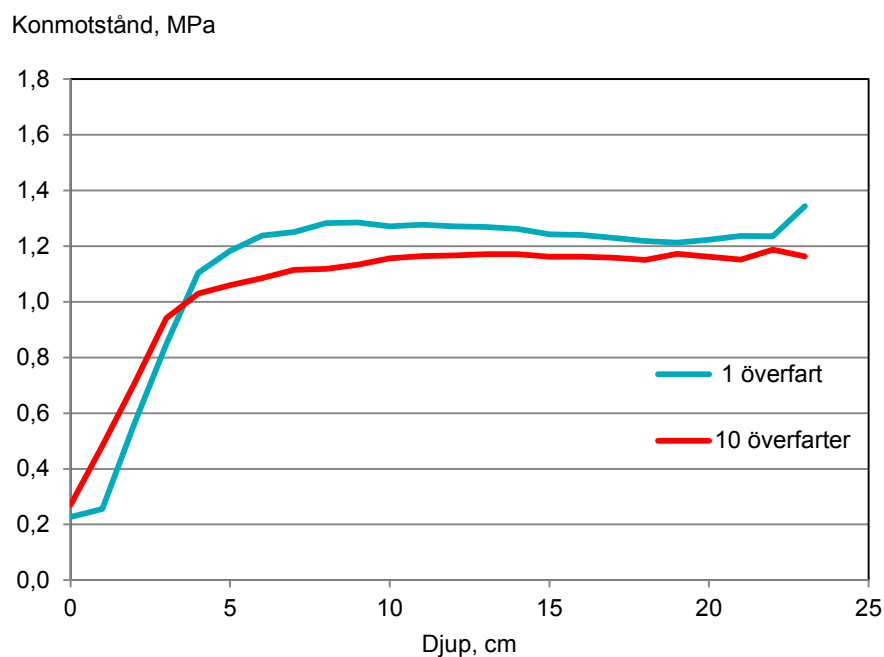


Figur 14.  
Konmotstånd i spåren efter V860.3 och ECO-Track, rak bana lastad.

Konmotstånd, MPa



Figur 15.  
Konmotstånd i spåren efter V860.3 och EVO, rak bana lastad.



Figur 16.  
Konmotstånd i spåren efter V860.3 och ECO-Magnum, rak bana lastad.

## Fuktkvot

Tabell 2.  
Fukthalten och fuktkvot i jorden vid mätningarna för rak bana. Prover tagna den 26 september.

Beteckning	Fuktkvot	Fukthalt
Spår 1	100,6	50,1
Spår 4	96,4	49,1
Spår 8	90,9	47,6
Spår 12	137,1	57,8
Spår 17	141,7	58,6
Medel	113,3	52,7

Tabell 3.  
Fukthalten och fuktkvot i jorden vid mätningarna för rak bana. Prover tagna den 29 september.

Beteckning	Fuktkvot	Fukthalt
Spår 2	72,7	42,1
Spår 5	80,8	44,7
Spår 8	108,9	52,1
Spår 12	126,1	55,8
Spår 17	183,4	64,7
Medel	114,4	51,9

Fuktkvoten är beräknad på torrvikten och fukthalten på våtvikten, d.v.s. samma vatteninnehåll beräknad på två olika sätt. Värdena i Tabell 2 och 3 visar att fukthalten var nära densamma mellan Dag 1 och Dag 3 och med ganska små variationer mellan banans start och slut, men med en liten trend mot ökad fukthalt mot slutet av banan (spår 17).



## Diskussion

Nedan kommenteras skillnaderna mellan de tre skotarkoncepten.

### SPÅRDJUP

De siffror som redovisas för spårdjupen är medelvärden och det kan finnas resultat inom samma överfart som är både högre och lägre. Nedan redovisas endast testerna med last då spårdjupen var så pass små att det inte går att dra några direkta slutsatser avseende skillnaderna i spårdjup vid olastade skotare.

### Rakt fram

I Figur 6 kan man se ett klart samband mellan spårdjupet och lufttrycket i däcken och typen av band. Band ger mindre spårdjup än enbart däck även om man har lågt lufttryck i däcken. Mellan Valmet 860.3 med högt lufttryck och Valmet 860.3 med band Eco-Magnum får man en reduktion efter 10 överfarter av spårdjupet med ca 70 %.

Skotare med band har mindre spårdjup trots att de är mycket tyngre men samtidigt har de en mycket större kontaktyta. Den stora skillnaden mellan däck och band är att däcken "skjuter jorden" framför sig medan banden går ovanpå jorden.

### Slalomkörning

Enligt Figur 7 kan man se att man inte har samma skillnad mellan band, däck och svängbar boggi som vid körning rakt fram. Differensen är ca 5–10 %. Förklaringen till att skotare med boggi, oavsett band eller inte, får så stora spårdjup är att boggin skjuvar jorden då skotaren svänger. Magnum band har den minsta spårbildningen.

### MARKDATA

Eftersom jorden är en organogen jord, är den elastisk och inte så lätt att packa. Det innebär att den är tämligen rättvis för bedömning av spårdjup, medan mer svår för bedömning av jordpackning. Vidare måste jordpackningen även bedömas jämfört med kontrollmätning utanför spår eftersom jordens tyngd ökar med djupet. Sammanlagt gjordes 8 mätningar per mätsträcka efter en, fem och 10 överfarter för att få ett relativt gott medelvärde, och dessutom gjordes separata mätningar mellan banor som var kontroll. I samtliga övriga fall gjordes mätningarna i spåren efter just avslutad körning. I jämförelse mellan åren 2009 till 2011 har faktiskt fukthalter och konmotstånd för kontrollen varit tämligen lika, d.v.s. testresultaten bör vara jämförbara.

Mest intressant är att betrakta konmotstånden vid körning rakt fram eftersom här är underlaget huvudsakligen påverkat av hur lasten fördelas på underlaget. Olastad skotare gav motstånd som inte skiljde sig nämnvärt från kontrollen. Kontrollen låg på 1 MPa konmotstånd och lastat fordon utan band på 1,1 – 1,3, vilket tyder på att fordonet medförde viss packning på underlaget. Med ECO-Track förelåg ingen skillnad mot kontrollen enligt Figur 11–14.

Valmet 860.3 olastad, hade en viss jordpackning och lastad hade den en viss packning första överfarten och därefter bildades en bogvåg framför däckets och det syntes klart vid körning på den raka banan. Torvmark har generellt låg konduktivitet, d.v.s. på grund av för få grova porer hinner vattnet inte rinna undan sidledes, utan beter sig som en hydraulslang och fjädrar tillbaka. Däremot kan en del vatten tryckas neråt och därigenom bidra till en viss luckring nedåt i marken. Detta uppstår när marken har viss fukthalt och lasten lagom stor. Överstiger lasten och fukthalten den nivån tvingas vattnet ut, marken går sönder och det blir geggigt, samt stora spårdjup. Detta händer främst på torvmarker och inte i normalfuktig mineraljord där porerna hinner forsla bort vatten och det blir i stället en jordpackning.

## Marktryck

Marktrycket blev lägre vid 15 cm djup än vid 30 cm djup. Det borde vara tvärt om. En förklaring är att ned till 15 cm har man organogen jord med speciella mekaniska egenskaper som gör att den inte är så lätt att packa och därmed blir det svårt att mäta till skillnad från djup 0 och 30 cm där man har mineraljord.

Det var första gången som Skogforsk provade att mäta marktrycket under en skotare i terräng och därför var det intressant att se om det fanns en korrelation mellan marktryck och spårdjup. Enligt Figur 8 har man högst marktryck med skotare med enbart däck och högt lufttryck i däcken och minst med Magnum band. Marktrycken korresponderar direkt mot spårdjupen, vilket innebär att man skulle kunna klara sig med att göra enbart marktrycksmätningar.

## SPÅRDJUPSTESTER

Skogforsk/Skogsarbeten har genomfört en hel del tester avseende spårdjup under de senaste 30 åren, vilket har lett till användningen av bredare däck. Vidare har man gått från 6-hjuliga till 8-hjuliga skogsmaskiner. Däcksbredden har ökat från 400 mm på 1970-talet till dagens 750 mm breda däck. Samtidigt som däcken blivit bredare och fler har också maskinernas vikt ökat, vilket inneburit att marktrycken inte minskat i samma utsträckning som däcksbredden har ökat.

Skogforsk har också genomfört tester med skogsmaskiner försedda med band. Till skillnad från tidigare spårdjupsmätningar gjorda 1970–2000 har också mätningar genomförts med avseende på markdata som konmotstånd, fukthalt och fuktkvot för att skapa ett bättre underlag för att kunna göra prediktioner av spårdjup för olika skogsmaskiner. Dessa teoretiska data har använts och kommer att användas för att utveckla teoretiska däck-mark modeller som i sin tur kommer att kunna användas för att bestämma spårdjup och marktryck.

Spårdjupstesterna har under årens lopp skapat en förståelse för behovet av bredare däck, betydelsen av lufttrycket i däcken och olika bands betydelse för de skogsmaskiner vi har idag. Spårdjupstesterna fram till idag får anses så kompletta att några fler tester inte behöver göras om inte det dyker upp nytt maskinkoncept som är helt unikt.

## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2011

2011

- Nr 733 Rytter, L., Johansson, T. Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.
- Nr 734 Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.
- Nr 735 Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.
- Nr 736 Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.
- Nr 737 Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010. 8 s.
- Nr 738 Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. s.
- Nr 739 Enström, J. & Røhfors, G. 2011. Effektivare järnvägstransporter med större fordon – En förstudie. 28 s.
- Nr 740 Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 36 s.
- Nr 741 Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.
- Nr 742 Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J. & Skog, J. 2011. Vinnova\_Slutrapport\_P34138-1\_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s.
- Nr 743 Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.
- Nr 744 Cheng, C. 2011. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort a Forwarder. 93 s.
- Nr 745 Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.
- Nr 746 Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.
- Nr 747 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller JJ. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträd shanterande skördaraggregat. 34 s.
- Nr 748 Brunberg, T. & Hagos Lundström. 2011. Studier av TimBear Lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011. 9 s.
- Nr 749 Eliasson, L., Granlund, P., Johannesson, T. & Nati, 2011. Prestation och bränsleförbrukning för tre flishuggar. 15 s.
- Nr 750 Wilhelmsson, L., Arlinger, J., Hannrup, B. & Nordström, M. m.fl. 2011. D3.5-Methods and models for relating wood properties and storage conditions to process efficiency and product quality. 67 s.

- Nr 751 Mohtashami, S. 2011. Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques – A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden. Bättre planering av avverkning vägar med GIS. 39 p.
- Nr 752 Bergkvist, I. & Fogdestam, N. 2011. Slutrapport – Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. 26 s.
- Nr 753 Westlund, K., Jönsson, P., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2011. Skotningsplanering – SPORRE- och GROT-sporreprojektet. 23 s.
- Nr 754 Sjöström, L. 2011. Fukthaltsmätning av skogsbränsle – Genomgång av tekniska principer och översikt av marknadsförda utrustningar. 25 s.
- Nr 755 Eliasson, L. & Lundström, H. 2011. Skotning av färsk och hyggestorkad grot variabelt lastutrymme. 10 s.
- Nr 756 Möller, J. J., Arlinger, J., Barth, A., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2011. Ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. 56 s.
- Nr 757 Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J.J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördar baserad information till skogliga register och planeringssystem. 72 s.
- 2012**
- Nr 758 Löfroth, C. & Svenson, G. 2012. ETT – Modulsystem för skogstransporter – En trave Till (ETT) och Större Travar (ST). 151 s. ETT – Modular system for timber transport One More Stack (ETT) and Bigger Stacks (ST). p. 156.
- Nr 759 von Hofsten, H., Johannesson, T. & Aneryd, E. 2012. Effekter på stubbskördens produktivitet beroende på klippningsgraden. Impact of stump splitting on harvest productivity 22 s.
- Nr 760 Jönsson, P. & Englund, M. 2012. Air-Hawk-luftkudde. Ergonomiskt hjälpmedel för skogs- och jordbruksmaskiner. Airhawk Seat Cushion – Ergonomic aid for forestry and agricultural machinery. 24 s.
- Nr 761 Rosvall, O. & Lindgren, D. 2012. Inbreeding depression in seedling seed orchards. Under bearbetning.
- Nr 762 Hannrup, B. & Lundgren, C. 2012. Utvärdering av Skogforsks nya barkfunktioner för tall och gran – En uppföljande studie. – Evaluation of Skogforsk's new bark equations for Scots pine and Norway spruce 26 s.
- Nr 763 Englund, M. 2012. LED-ljus i aggregatet – En pilotstudie. LED lighting on harvester head. A pilot study. 6 s.
- Nr 764 Bhuiyan, N., Arlinger J. & Möller, J.J. 2012. Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. – Map support for forwarding of logging residues through export of shape files. 22 s.
- Nr 765 Brunberg, T. 2012. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 70E hos Holmen Skog vintern 2012. – Study of multiple tree handling in clear cutting with John Deere 1170E together with Holmen Skog in the winter of 2012. 7 s.
- Nr 766 Löfgren, B., Englund, M., Jönsson, P., Wästerlund, I. & Arvidsson, J. 2012. Spårdjup och marktryck för skotare med och utan band samt styrbar boggi. – Rut depth and ground pressure for forwarder with and without tracks. 16 s.
- Nr 767 Eriksson, B. 2012. Utveckling i outsourcad skogsvård. Improving productivity and quality in out sourced silviculture 14 s.

- Nr 768 Fogdestam, N., Granlund, P. & Eliasson, L. 2012. Grovkrossning och sällning av stubbar på terminal. Coarse grinding of stumps and sieving of the produced hog fuel. 9 s.
- Nr 769 Hannerz, M. 2012. Arbetsrapport: Vem besöker Kunskap Direkt och vad tycker de? – Who visits Knowledge Direct (Kunskap Direkt) and what do they think of it? 38 s.
- Nr 770 Iwarsson-Wide, M., Jönsson, P. 2012. Utvärdering av kranhängda vågsystem.
- Nr 771 Skutin, S.-G. 2012. Lönsamhet för CTI på virkesfordon. – Cost-benefit analysis of using CTI on roundwood haulage vehicles 25 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. 766 2012



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)