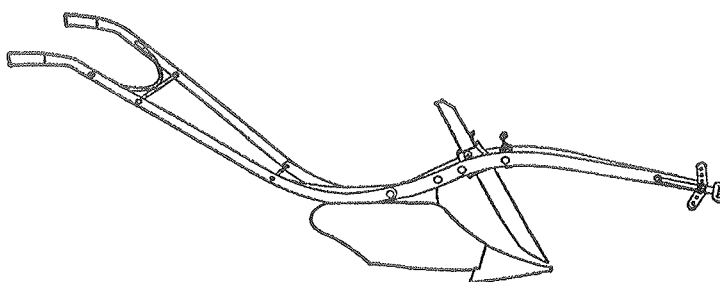




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 43

2003

Projektarbeten i kursen jordbearbetning och hydroteknik, maj 2003

*Project work in the course soil management and
hydrotechnics, May 2003*

ISSN 1102-6995
ISRN SLU-JB-M--43--SE

Innehåll

1. Dragkraftsbehov för tallriksredskap, Carrier, harv och Rapid på tre olika lerjordar
Marcus Magnusson, Daniel Jacobsson, Henrik Nätterlund
2. Mätning av såbäddsegenskaper i försök med grund vårbearbetning
Niklas Ingvarsson, Josefin Lysholm, Hugo Westlin
3. Mätning av tryck och deformation i marken vid olika hastigheter och ringtryck
Anders Kraftt, Anna Ingemarsson, Patrik Hjerth
4. Mekanisk alvluckring med ekoskär och biologisk alvluckring med lusern och rödklöver
Sam Forsberg, Mikael Jakobsson, Marcus Svensson

Ovanstående arbeten är utförda som projektarbeten i kursen MV 0060, jordbearbetning och hydroteknik, våren 2003. Arbetena är självständiga forskningsuppgifter, baserade på mätningar i pågående fältförsök, och har utförts med stort engagemang från studenternas sida.

Maj 2003

Johan Arvidsson, kursansvarig

Dragkraftsbehov för tallriksredskap, Carrier, harv och Rapid på tre olika lerjordar



Handledare:
Johan Arvidsson

Marcus Magnusson
Daniel Jakobsson
Henrik Nätterlund

Sammanfattning

För att få en god lönsamhet är det viktigt att hålla nere bränsleåtgången. Det är därför viktigt att jämföra hur dragkraftbehovet varierar för olika redskap för att kunna välja ett bearbetningssystem som minimerar bränsleåtgången.

Dragkraftbehovet påverkas av flera faktorer som jordart, vattenhalt, arbetsdjup, arbetsbredd mm. I denna undersökning gjordes mätningar på tre olika platser med varierande jordarter, från 20 % till 40 % ler.

I denna rapport presenteras mätningar av dragkraftbehov för olika bearbetningsredskap vid körning vid tiden för vårbruk. Dragkraftbehovet per meter arbetsbredd och det specifika dragkraftbehovet bestämdes för Carrier, tallriksredskap, harv och Rapid.

Resultaten är enligt följande:

- Högst dragkraft vid sådd krävdes vid direktsådd. Mellan de andra leden fanns det inga signifikant skillnader.
- För harvning krävdes lägst dragkraft efter tallriksredskap och högst efter höstplöjning.
- Andra överfarten med Carrier krävde betydligt mindre dragkraft än första körningen.
- Det specifika dragkraftsbehovet för Carrier var betydligt högre än för tallriksredskapet.
- Trots att kohesionen var störst på jorden med högst lerhalt var dragkraftbehovet inte större.
- Det bearbetningssystem som kräver minst total specifik dragkraft är det direktsådda

Systemet med en Carrierkörning kräver inte mycket mer dragkraft och diesel än det direktsådda, därför är detta system att föredra om man vill ha en mer jämn bearbetning av hela ytan och få en bättre ogräsbekämpning. Tidigare försök har visat att körning med Carrier på våren ger högre skörd än konventionell höstplöjning.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Inledning	4
Material och metod	4
Försöksled	4
Beskrivning av Väderstad Carrier med systemdisk	5
Traktor och mätutrustning.....	5
Beräkningsmetoder	6
Bestämning av bearbetningsdjup	6
Bestämning av såbäddsdjup.....	6
Uträkning av dieselåtgång.....	6
Bestämning av skjuvhållfastheten.....	7
Resultat.....	7
Verkligt bearbetningsdjup.....	7
Sådd.....	7
Harv.....	9
Carrier och tallriksredskap	10
Dieselåtgång.....	12
Skjuvhållfasthet.....	13
Diskussion.....	13
Referenser	16

Inledning

För att uppnå god lönsamhet i jordbruket, med hög skörd och god kvalitet som mål, är det viktigt med ett bra jordbearbetningsresultat. Det finns många olika typer av bearbetningssystem för att uppnå bästa möjliga förutsättningar inför sådden som är grunden för en bra gröda. Eftersom dieselpriiset har gått upp de senaste åren, och utgör en stor utgiftspost för lantbruksföretaget, är det intressant att undersöka hur olika bearbetningssystem skiljer sig åt beträffande dragkraftsbehov och därmed dieselförbrukningen. Tidigare resultat visar att ett konventionellt bearbetningssystem kan förbruka 30 % mer bränsle än ett reducerat bearbetningssystem (utan plöjning) och närmare 90 % högre än ett direktsått system (Rydberg, 1991).

Dragkraftbehovet påverkas av redskapets utformning, bla bredd och bearbetningsdjup, men även av jordens egenskaper som t ex lerhalt, mullhalt och vattenhalt. Om jorden bearbetas under för torra förhållanden går det åt mer energi och strukturen blir ogynnsam. Är det för blött kan strukturen skadas och såbädden kan bli kokig (Dexter, 2000) De optimala förhållandena för bearbetning uppträder då vattenhalten är 90 % av plasticitetsgränsen. Denna generella regel gäller oavsett jordtyp (Dexter, 1988). Ju styvare en jord är desto större dragkraftsbehov krävs pga att kohesionskrafterna ökar. Det specifika dragkraftbehovet (dragkraftbehovet per tvärsnittsarea bearbetad jord) ökar generellt med bearbetningsdjupet, bla beroende på att trycket från ovanliggande jord ökar. Detta ökar jordens hållfasthet och ger därmed ett högre dragkraftbehov (Gustavson, 2002).

Tidigare har mätningar av dragkraftsbehovet utförts i jämförelse mellan plog och kultivator för olika djup och olika vattenhalter (Gustavsson, 2002). I dag finns det ett ökande intresse för grund bearbetning för att bevara naturliga strukturen och minska dragkraftsbehovet. Väderstad har utvecklat redskapet Carrier som bearbetar till ca 6 cm djup. (Arvidsson, 2001). Därför är det av intresse att jämföra dragkraftbehovet mellan Carrier och tallriksredskap som också bearbetar jorden grunt till ett djup av ca 10 cm. Dragkraftsmätning för Carrier har inte utförts i Sverige tidigare.

Syftet med denna undersökning var att bestämma och jämföra dragkraftbehovet för olika typer av bearbetningsredskap. De redskap som jämförts var Carrier, tallriksredskap, harv och såmaskin efter olika bearbetningsled samt direktsådd. För att kunna jämföra redskap som har olika arbetsbredd och arbetsdjup måste det specifika dragkraftbehovet användas (kN/m^2) eftersom hänsyn måste tas till den mängd jord som har bearbetats.

Material och metod

Försöksled

I undersökningen ingick tre jordar med varierande lerhalt på Säby. På de tre försöksplatserna var lerhalten 20,30 respektive 40 %. Varje försök är indelat i sex led med tre upprepningar. Dragkraftsmätningarna utfördes för olika bearbetningssystem enligt följande tabell:

Tabell 1. Dragkraftsmätningar utfördes för följande bearbetningssystem

<u>Led</u>	<u>Bearbetningssystem</u>	<u>Inställt arbetsdjup (cm)</u>
A	Höstplöjning + harvning	5
B	Vårplöjning + harvning	5
C	Carrier en gång	5-6
D	Carrier två gånger	5-6
E	Direktsådd	4
F	Tallriksredskap två gånger + harvning	10-12

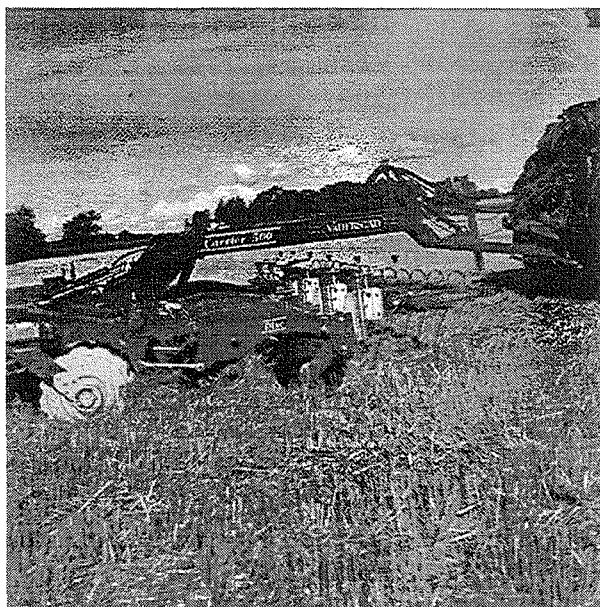
Samtliga led såddes med en 3 m Väderstad Rapid. I alla led (A-F) mättes dragkraftbehovet för såmaskinen. Både kraft per meter arbetsbredd och kraft per tvärsnittsarea av den bearbetade jorden bestämdes för samtliga bearbetningssystem enligt ovan.

Tabell 2. Försöksplatser

<u>Försöksplatser</u>	<u>Lerhalt</u>	<u>Vattenhalt</u>
Västra försöket	20%	24,41%
Mellan försöket	30%	22,87%
Östra försöket	40%	17,80%

Beskrivning av Väderstad Carrier med systemdisk

I leden C och D användes Väderstad Carrier med systemdisk. Carriern är ämnad för grund bearbetning och redskapet består av en tung vält och ett föredskap som kallas för systemdisk. Föredskapet består av skålade tallrikar tätt monterade i två rader. Det ekipage som användes i försöken var utrustat med en skalmharv framför diskarna (Arvidsson, 2001).



Figur 1. Carrier med system disc och halmharv.

Traktor och mätutrustning

Dragkraftsmätningarna utfördes med en MF Ferguson 6290 utrustad med en datalogger som registrerar bränsleförbrukning, hjulhastighet, verklig hastighet och effekt. Loggern registrerar värden kontinuerligt och tiden uppmättes manuellt genom att anteckna klockslagen för varje in och utfart i försöksrutorna för varje körning med de olika redskapen. Tiderna kunde sedan jämföras med de data som loggern registrerat. Dataloggern kopplades sedan till datahanteringsprogrammet Easyview där de uppmätta värdena utlästes och utvärderades i excel enligt beräkningar nedan.

Beräkningsmetoder

Från den uppmätta effekten drogs traktorns rullmotstånd bort. Rullmotståndet bestämdes med hjälp av traktorns vikt och hjulhastigheten enligt följande:

$$P_{\text{rull}} = G * f * V_H \text{ (saleque, 1990)}$$

Där: $f = 0,1$ är koefficient för rullmotstånd
 G är traktorns tyngd
 V_H är hjulhastigheten.

För att erhålla den totala dragkraften dividerades sedan effekten (kNm/s) med hjulhastigheten (m/s) som därefter dividerades med redskapsbredden för att erhålla dragkraftsbehovet per meter arbetsbredd.

Bestämning av bearbetningsdjup

För tallriks- och Carrierleden bestämdes även specifikt dragkraftsbehov. För att kunna beräkna detta bestämdes verkligt bearbetningsdjup genom att väga mängden lös jord inom en yta av $0,25 \text{ m}^2$. Skrymdensiteten antogs vara $1,5 \text{ g / cm}^3$ och bearbetningsdjupet kunde utifrån detta beräknas (se tabell 3). Utifrån det verkliga bearbetningsdjupet och dragkraftsmätningarna kunde det specifika dragkraftsbehovet (kN/m^2) beräknas.

Bestämning av såbäddsdjup

Såbäddsundersökning utfördes efter sådd i samtliga led för att kunna bestämma det verkliga bearbetningsdjupet för såmaskinen.

Uträkning av dieselåtgång

Utifrån dragkraftsbehovet per meter arbetsbredd kunde dieselåtgången beräknas med följande formel:

$$Q = ((P * A) / E) / v$$

Där: Q = bränsleåtgång per ha (l/ha)
 P = dragkraftsbehov per arbetsbredd (N/m)
 A = $10\,000 \text{ m}^2$
 E = energiinnehåll för diesel (40 MJ/l)
 v = verkningsgrad (21 %)

Bestämning av skjuvhållfastheten

Jordens skjuvhållfasthet bestämdes med hjälp av en vingborr på vilken vridmomentet (T) kunde avläsas. Fem stick togs i det led som hade minst bearbetad jord, d v s det direktsådda ledet. Proven togs i två av de tre blocken i de tre försöken på 20 cm djup. Skjuvhållfastheten ger ett ungefärligt mått på kohesionen om normalkraften försummas, vilket den kan göras i detta fall eftersom inget vertikalt tryck verkade på borren. Cylinderns radie är 0,025 m och höjden 0,1 m. Skjuvhållfastheten (τ_f) beräknades med formeln:

$$\tau_f = T/2\pi r^2 (2/3*r + h)$$

Där r = radien på cylindern som skjuvas

h = höjden på cylindern

Resultat

Verkligt bearbetningsdjup

Det verkliga bearbetningsdjupet som användes för de olika bearbetningssystemen visas i tabell 3.

Tabell 3. Bearbetningsdjup

<u>Bearbetningssystem</u>	<u>Verkligt bearbetningsdjup (cm)</u>
A Höstplöjning + harvning	ca: 5,0
B Vårplöjning + harvning	ca: 5,0
C Carrier en gång	2,5
D Carrier två gånger	Ej uppmätt
E Direktsådd	-
F Tallriksredskap	5,0

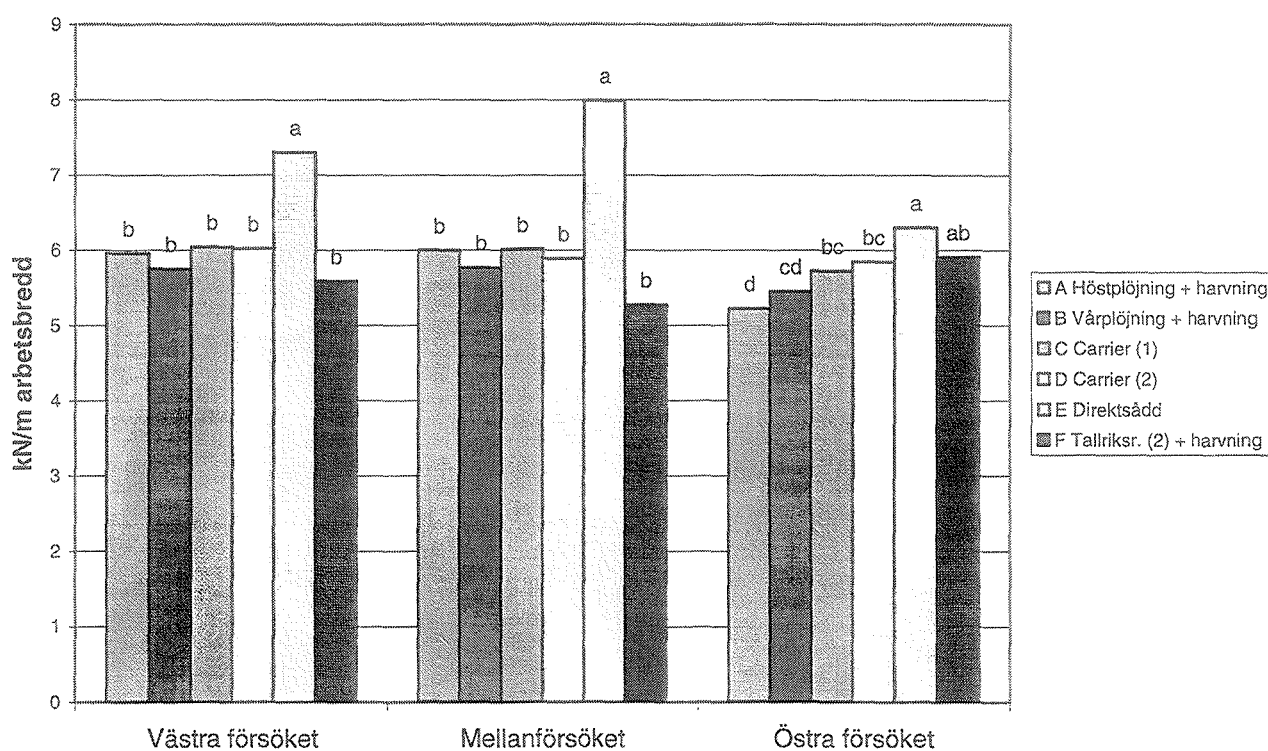
Sådd

Resultatet för dragkraftsmätningarna (visas i figur 1 och 2) visar på signifikanta skillnader ($p < 0,05$) mellan det direktsådda ledet (F) och övriga led både för dragkraft per meter arbetsbredd och specifikt dragkraftbehov. Leden med direktsådd krävde störst dragkraft på alla försöksplatser. De övriga leden skiljde sig inte sinsemellan på västra- och mellanförsöket. Det krävdes minst dragkraft i de tallriksberedda leden. I det östra försöket fanns vissa skillnader mellan leden. Dragkraften per meter arbetsbredd skiljde sig något mellan de tre olika försöksplatserna. För det specifika dragkraftsbehovet är trenden att det krävs mindre dragkraft ju styvare jord.

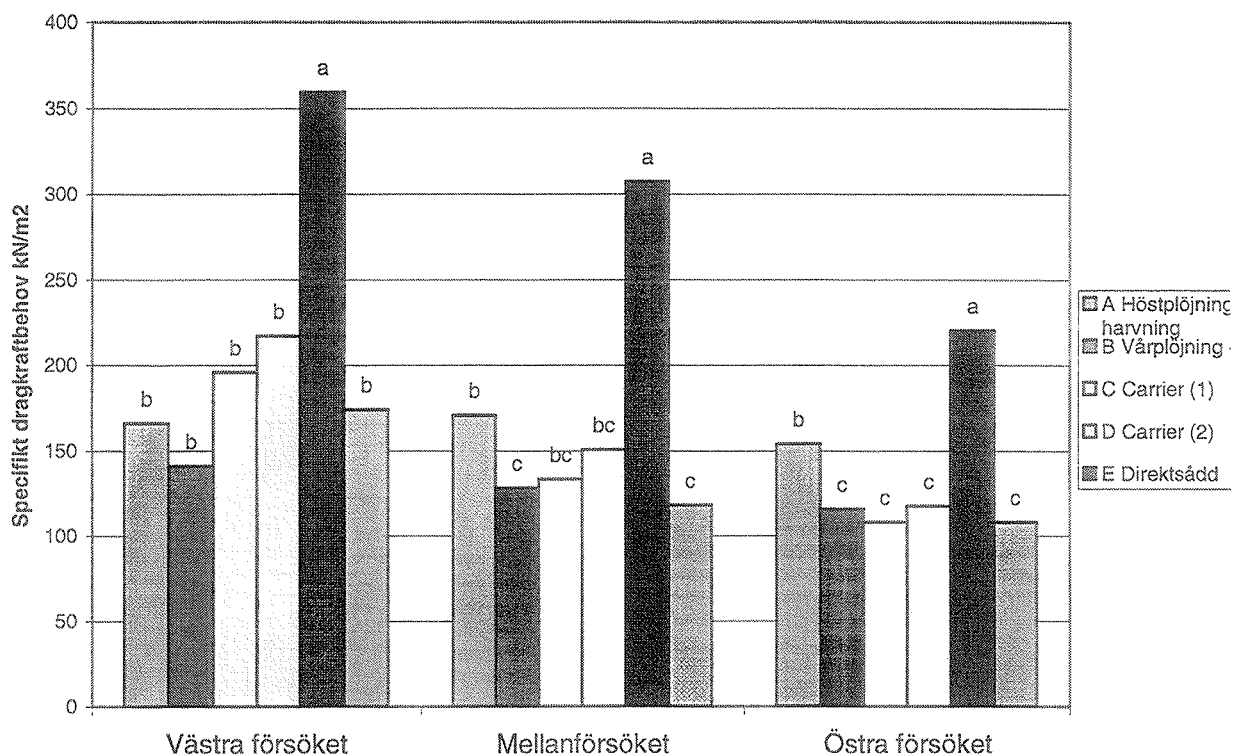
Bearbetningsdjupet för såmaskinen för de olika leden redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Bearbetningsdjup såmaskin

Bearbetningssystem	Bearbetningsdjup såmaskin (cm)
A Höstplöjning + harvning	3,5
B Vårplöjning + harvning	4,9
C Carrier en gång	5,3
D Carrier två gånger	5,0
E Direktsådd	2,9
F Tallriksredskap + harvning	5,2



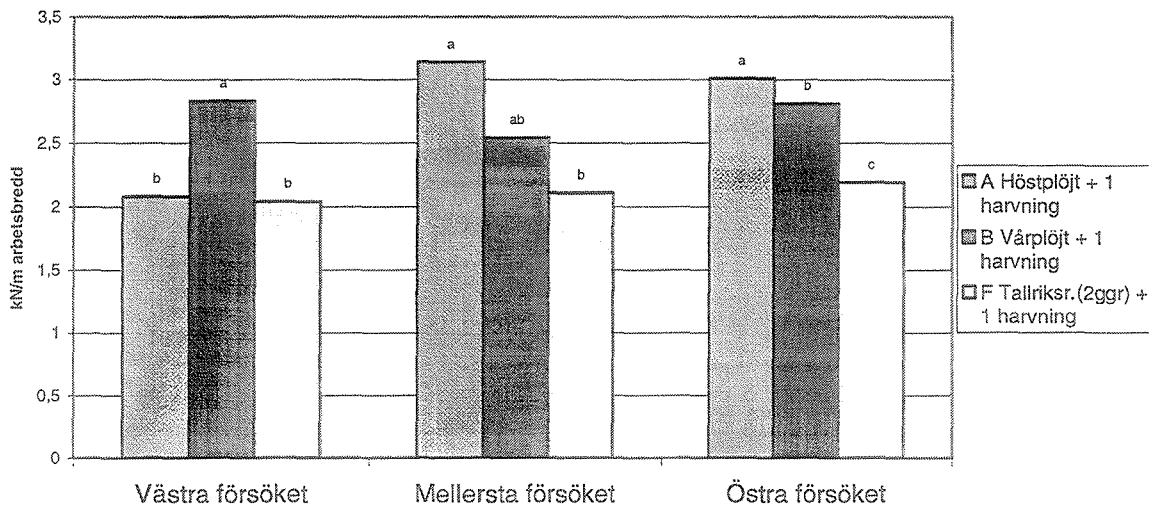
Figur 2. Dragkraft per meter arbetsbredd, rapidsådd. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).



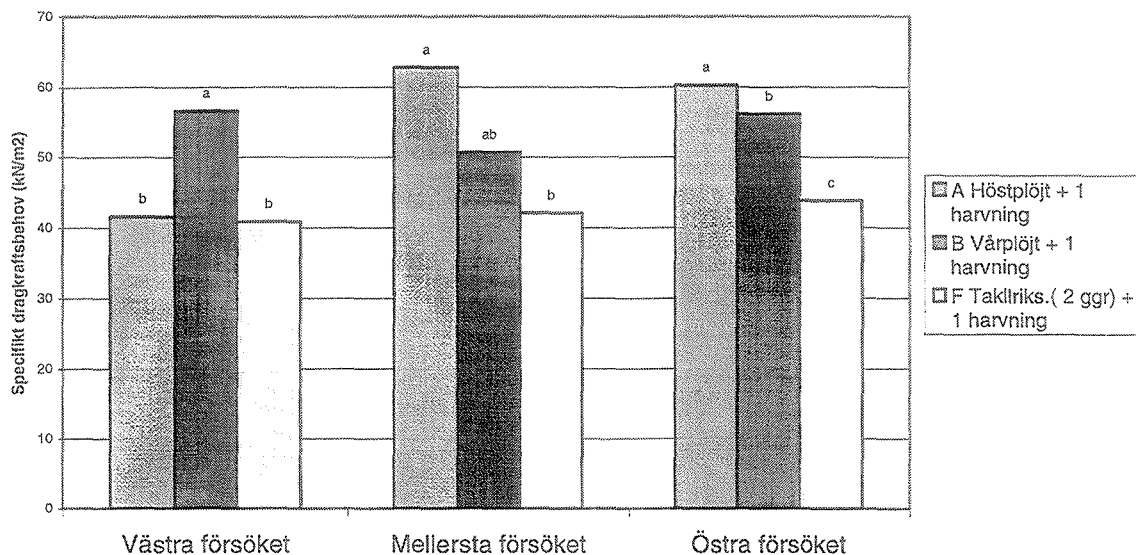
Figur 3. Specifikt dragkraftsbehov (kN/m²), rapidsådd. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda (p<0,05).

Harv

I leden A, B och F utfördes harvning en gång innan sådd. I västra försöket fanns signifikanta skillnader mellan led A, B och F vid mätning av dragkraft per meter arbetsbredd och specifikt dragkraftsbehov. I mellanförsöket var det signifikant skillnad mellan led A och F. I östra försöket är det signifikanta skillnader mellan alla led (se figur 3 och 4). Vid harvning efter tallriksredskap och vårplöjning skiljer sig inte dragkraftsbehovet mellan försöken. Efter höstplöjning krävdes det minst dragkraft på den lättaste jorden.



Figur 4. Dragkraft per meter arbetsbredd för harv. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).

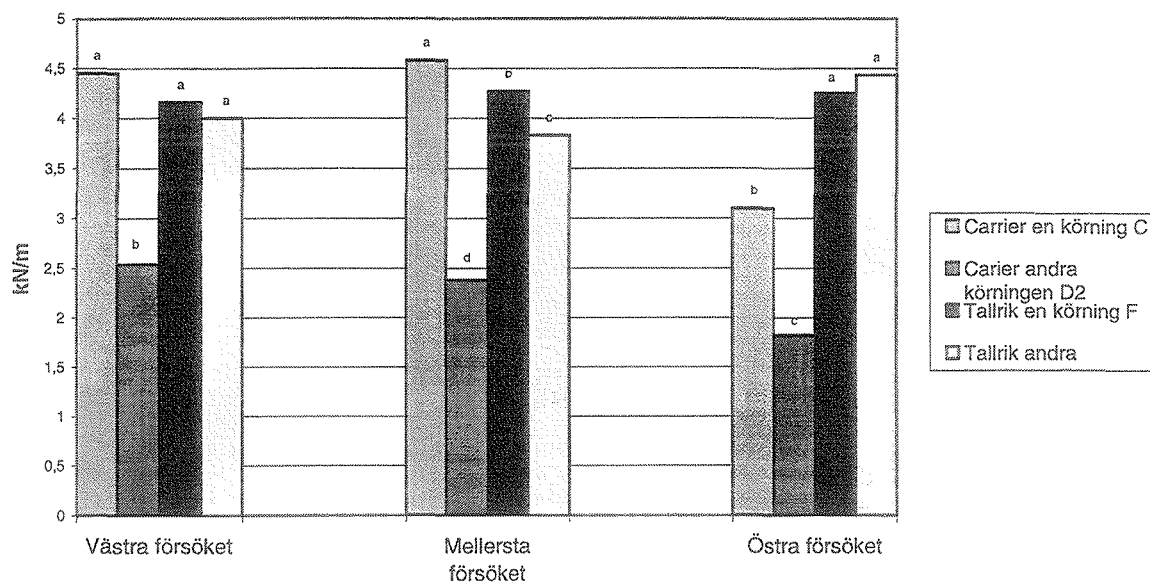


Figur 5. Specifikt dragkraftsbehov (kN/m^2) för harv. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).

Carrier och tallriksredskap

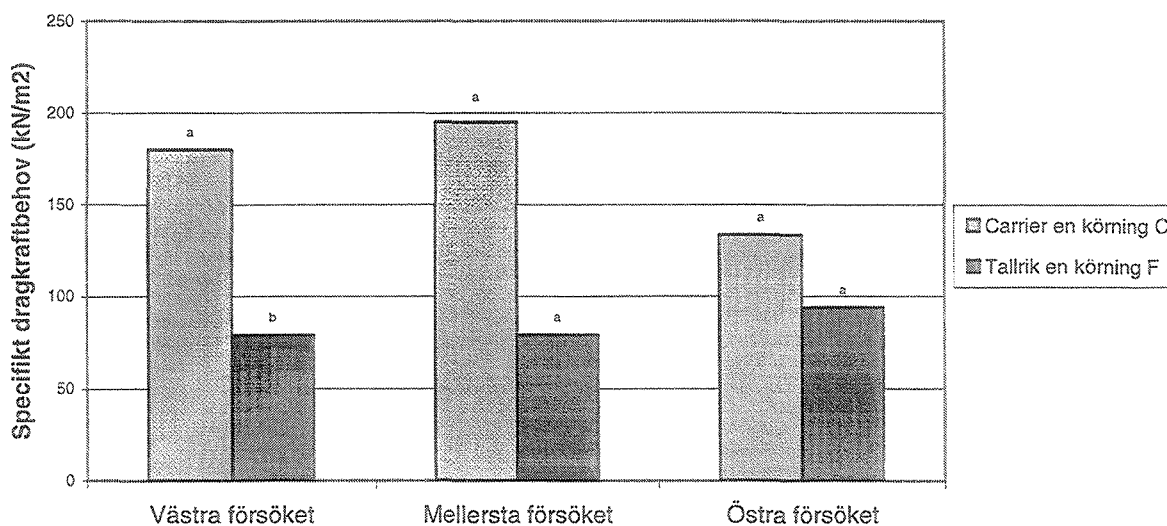
I försöksleden C, D och F jämfördes körning med Carrier och tallriksredskap. Dragkraftsbehovet per meter arbetsbredd för en och två överfarter beräknades medan inget specifikt dragkraftsbehov kunde fås efter Carrier 2 och tallrik 2, eftersom det verkliga arbetsdjupet ej uppmättes. I västra försöket skiljde sig den andra Carrierkörningen signifikant

mot de andra leden (figur 5). Dragkraftsbehovet var mycket lågt jämfört med övriga led. I mellanförsöket är det signifikanta skillnader mellan alla körningar, medan ingen signifikans finns mellan de två tallrikskörningarna i östra försöket. Dragkraftsbehovet skiljde sig inte nämnvärt mellan de olika försöksplatserna. Andra Carrierkörningen krävde betydligt mindre dragkraft än den första.



Figur 6. Dragkraft per meter arbetsbredd för Carrier och tallriksredskap. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).

Det specifika dragkraftsbehovet skiljer sig signifikant mellan led C och F i västra- och mellanförsöket, men däremot inte i östra försöket. Anmärkningsvärt är att det specifika dragkraftsbehovet är lägre för Carriern på den styva jorden. På samtliga försöksplatser är dragkraftsbehovet högre för Carriern än för tallriksredskapet.



Figur 7. Specifikt dragkraftsbehov (kN/m^2) för Carrier och tallriksredskap. Staplarna som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).

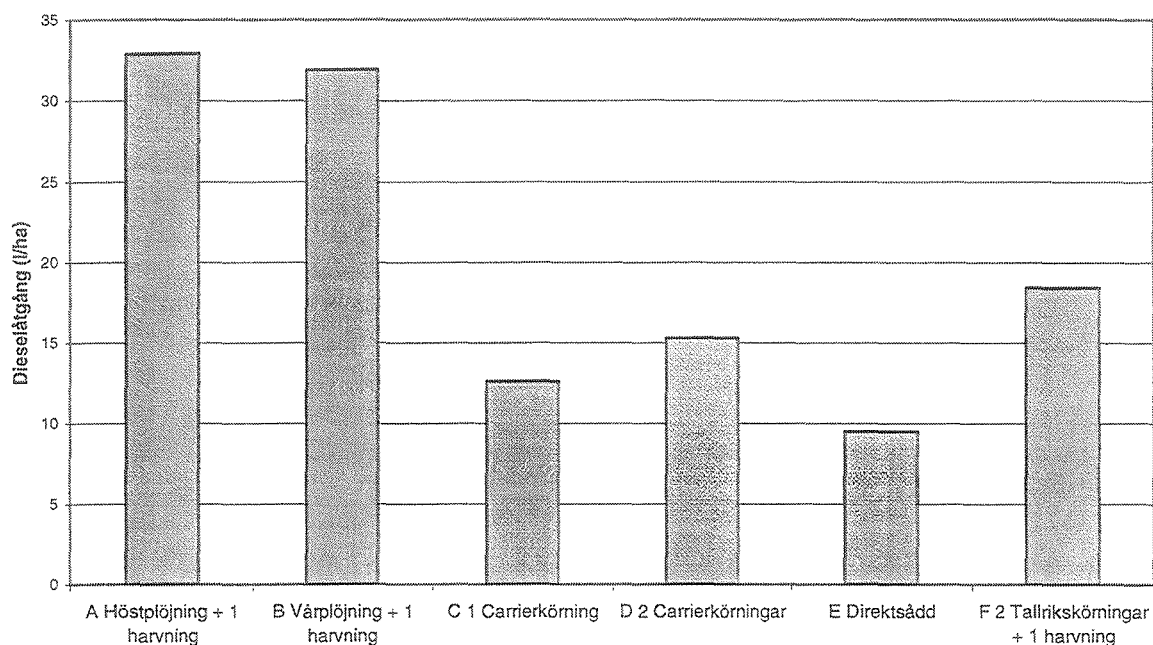
Dieselåtgång

Dragkraftsbehovet per meter arbetsbredd för de olika redskapen är sammanställda i tabell 5. Värdena är medelvärden för de olika leden i mellanförsöket. Värdet för plogen är hämtat från Gustafson (2002).

Tabell 5. Dragkraftsbehov per meter arbetsbredd för de olika redskapen

Led	Dragkraftsbehov per meter (kN/m)					
	Plog	Carrier 1	Carrier 2	Tallriks- redskap 1	Tallriks- redskap 2	Harv Såmaskin
A Höstplöjning + 1 harvning	18,50					3,14 6,00
B Vårplöjning + 1 harvning	18,50					2,54 5,77
C 1 Carrierkörning		4,58				6,01
D 2 Carrierkörningar		4,58	2,38			5,89
E Direktsådd						7,99
F 2 Tallrikskörningar + 1 harvning				4,27	3,83	2,11 5,27

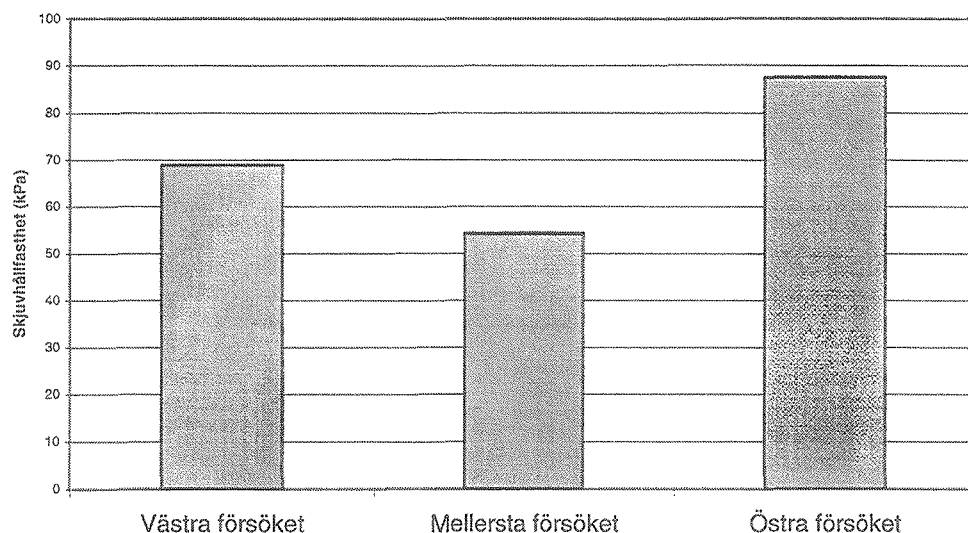
Total dieselåtgång redovisas i figur 8. Störst dieselåtgång blev det i de plöjda leden (A och B). Lägst dieselåtgång blev det i det direktsådda ledet (E).



Figur 8. Total dieselåtgång för de olika leden.

Skjuvhållfasthet

Det skjuvningsmotstånd som beräknades utifrån mätning med vingborren skiljde sig något mellan västra och mellersta försöket. Skjuvningsmotståndet blev högre för på den lättare jorden. Högst motstånd uppmättes på det östra försöket (figur 9).



Figur 9. Skillnader i skjuvhållfasthet mellan de tre försöksplatserna. Staplar som ej är märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($p < 0,05$).

Diskussion

När vi tittade på resultaten från loggern upptäckte vi att slirningen var negativ för de flesta körningarna. Detta innebär att radarhastigheten (den verkliga hastigheten) var lägre än hjulhastigheten. Det kan bero på att fältet var ojämnt och att marken såg olika ut i och utanför försöksrutorna och därför har radarhastigheten blivit felaktig. Därför användes hjulhastigheten i beräkningarna. I de mätningar där slirningen var positiv var den väldigt liten därför har hänsyn till slirningen ej tagits.

Anmärkningsvärt är att det inte krävdes större dragkraft för bearbetningarna på de styvare försöksplatserna, trots att kohesionen var större än på de lätta försöksplatserna. Vad detta beror på har vi ingen förklaring till.

Att direktsådden skulle kräva störst dragkraft av leden, vid sådd, var ganska väntat. De direktsådda leden är signifikant skilda från de andra leden på alla tre försöksplatserna förutom från tallriksledet i det östra försöket. Där har det gått mycket tungt att så i tallriksledet och dragkraftbehovet per meter arbetsbredd är inte signifikant skilt från direktsådden. Det kan bero på att bearbetningsdjupet med tallriksredskapet var djupt och att såmaskinen därför sjönk ner så att det gick extra tungt. Såbädden var djup vilket kan tyda på att såmaskinen gick djupare än i de andra leden.

För det västra försöket skiljer sig harvresultaten från de andra försöksplatserna. I mellan- och östra försöket har det krävts mest dragkraft i de höstplöjda leden, men så är inte fallet i det västra försöket. Det kan förklaras med att de höstplöjda leden i det västra försöket kördes först och att harvinställningen ändrades något efter det. Sladdplankan sattes i mer till de andra körningarna och därför gick de tyngre. Att det krävdes minst dragkraft för harvning i tallriksleden kan förklaras med att sladdplankan inte användes alls där.

Resultaten från Carrierleden visar att den första överfarten kräver mycket mer dragkraft än den andra överfarten. Detta kan förklaras med att vid den andra överfarten bearbetar Carriern inte djupare än vid den första överfarten vilket betyder att den arbetar i redan lösgjord jord. Detta resulterar i en packning av bearbetningen och med två överfarter fås en grundare såbädd än vid en överfart.

Detta ser vi inte i tallriksleden. Här skiljer sig dragkraftsbehovet lite mellan överfarterna. Det är bara i mellanförsöket som de skiljer sig. I det östra försöket krävs det till och med större dragkraft för den andra överfarten.

Om man jämför Carriern och tallriksredskapet ser man att det krävs mindre specifikt dragkraftsbehov för tallriksredskapet, men skillnaden är statistiskt signifikant endast i det västra försöket. Om man istället tittar på dragkraftsbehov per meter kan man inte dra några slutsatser eftersom resultaten varierar mellan försöksplatserna. Men i ett system med Rapidsådd är det frågan om man behöver bearbeta så djupt som tallriksredskapet gör. Dessutom kan det vid torra förhållanden vara svårt att få tallriksredskapet att gå ned tillräckligt. Carriern är betydligt tyngre vilket gör det lättare att trycka ned i marken. Därför tycker vi att Carriern är det bästa alternativet om både dragkraftsbehov och bearbetningsresultat beaktas.

Enligt Arvidsson (2001) har det visat sig att skörden varierar enligt tabell 4 mellan de olika bearbetningsleden och på de tre försöksplatserna. I försöksled A och B har endast en harvning utförts i årets försök mot två respektive tre harvningar år 2001. Tabell 4 visar att skörden ökat markant vid körning med Carrier i det mellersta försöket. Detta gäller även för tallriksredskap.

Tabell 5. Skörd, kg/ha och relativtal (plöjning=100) i försöksserie R2-4123 2001. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda, $p < 0,05$ (Arvidsson, 2001).

Försöksled	Västra försöksplatsen	Mellersta försöksplatsen	Östra försöksplatsen
A = Höstplöjning + 2 harv.	3990 A (100)	3330 C (100)	3320 A (100)
B = Vårplöjning + 3 harv.	3470 B (87)	3700 B (101)	2420 B (73)
C = Carrier 1 gång	3910 A (98)	4260 A (128)	3380 A (102)
D = Carrier 2 gånger	3990 A (100)	4190 A (126)	3510 A (106)
F = Tallriksredskap + 1 harv.	3780 AB (95)	4030 A (121)	3400 A (102)

Om man ska välja bearbetningssystem med hänsyn till dragkraftsbehovet och dieselåtgången blir det direktsådd. Det kräver minst dragkraft och diesel totalt sett. Men ledet med en

Carrierkörning kräver inte så mycket mer totalt specifik dragkraft vilket gör att detta kanske är det bästa valet. Då får man en bättre bearbetning över hela ytan och även en bättre ogräsbekämpning. Även om skörden (Tabell 5) vägs in blir Carrierkörning en gång troligtvis det bästa alternativet.

Referenser

Rydberg, T. & Håkansson, I, 1991. Jordbearbetning-dess bidrag till uthålligare, resurssnåla och uthålligare system. Lantbrukskonferensen SLU Info:s rapporter 176.

Arvidsson Johan m fl, 2002. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen nr103. Institutionen för markvetenskap.

Dexter, A.R., Bird, N.R.A., 2000. The optimum soil water content for tillage and the range of soil water contents for tillage. Proc. of ISTRO conference, Fort Worth, Texas, USA.

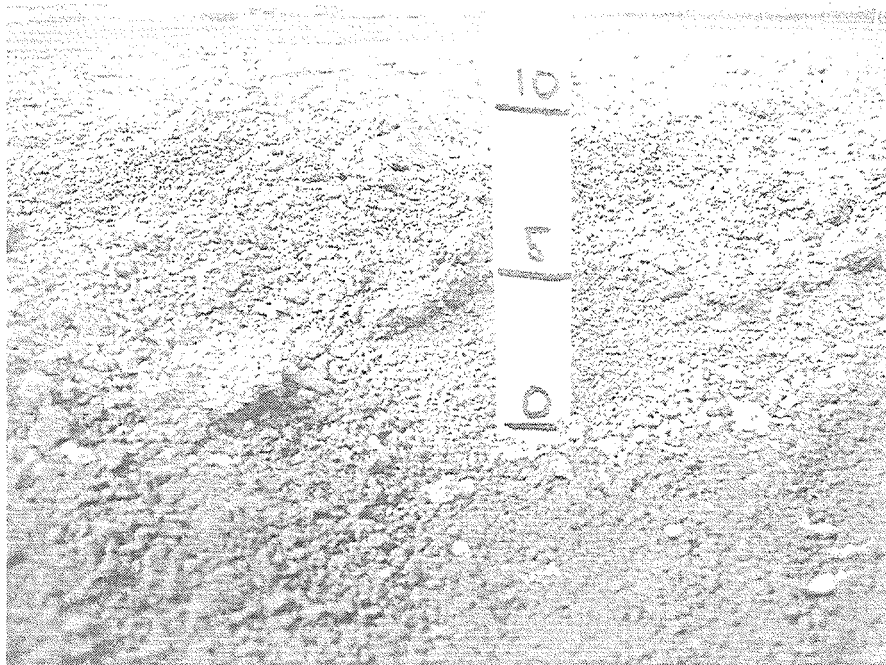
Dexter, A.R. 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil Tillage Res. 11. 199-238.

Gustafson, K. 2002. Dragkraftsbehov för plog, kultivator och tallriksredskap vid olika markvattenhalter. Institutionen för markvetenskap, SLU.

Saleque, U. M. & Jangiev, A. A., 1990. Optimization of the operational parameters of a wheeled tractor for tillage operation. Transaction of the ASAE.



Mätning av såbäddsegenskaper i försök med grund vårbearbetning



Handledare: Johan Arvidsson
Urban Svantesson

Niklas Ingvarsson
Josefin Lysholm
Hugo Westlin

SAMMANFATTNING

För att undersöka vilka möjligheter som finns att reducera jordbearbetningen inför vårsådden lades ett försök ut på dels en lättare jord, med 20 % ler, och dels en styvare jord, med 40 % ler. I båda försöken gjordes en utvärdering av såbäddens olika egenskaper. Bearbetningsleden var höstplöjning, vårplöjning, körning med Rexius Carrier en respektive två gånger, direktsådd med Rapidsåmaskin samt tallrikscharvning två gånger. Som regel gav de båda plöjda leden den bästa såbädden med stor andel fina aggregat, en jämn såbotten samt en luckrare struktur under det djup som var maximalt bearbetningsdjup för de olika tallriksredskapen. Det vårplöjda ledet var något grövre i strukturen och av alla leden var jorden under såbotten mest uttorkad efter vårplöjning. Skillnaderna mellan de båda försöksplatserna var främst att vattenhalten i såbotten var betydligt lägre på den styva försöksplatsen än den på lätta. Samtidigt var såbädden något grövre på den styvare försöksplatsen för alla försöksleden utom vid direktsådd och höstplöjning.

Det var små skillnader i mätresultat mellan en och två överfarter med Carrier. På den styva jorden var bruket finare efter en överfart med Carrier än efter två vilket troligtvis beror på svårigheten att uppskatta såbäddens utbredning mer än på en faktisk skillnad. Halmförekomsten däremot var hög i båda Carrier-leden och framförallt vid endast en överfart. Vid direktsådd fanns få tydliga skillnader mot de övriga leden, däremot fanns en tendens att aggregaten var grövre i såbädden vid direktsådd. Att köra med tallriksredskap i stället för Carrier ledde till en bättre halminblandning men i övrigt små skillnader. Penetrationsmätningarna visade på att plöjning hade en luckrande effekt i skiktet 10-20 cm jämfört med övriga redskap. I de tallriksbearbetade och direktsådda leden var jorden något mer förtätad desto fler överfarter som gjorts.

Bearbetning med Carrier på våren är ett intressant ekonomiskt alternativ då såbädden i detta försök har varit godtagbar. Detta ger förutsättningar för en lika god avkastning som traditionell bearbetning.

INLEDNING

I dagens lantbruk har det blivit allt viktigare att minimera jordbearbetningskostnaderna för att förbättra ekonomin. Samtidigt är det av stor vikt att jordpackning samt belastningen på miljön blir så låg som möjligt, i form av kväveutlakning, samt användning av fossila bränslen och pesticider. En möjlighet att minska kostnaderna kan vara att göra all bearbetning till vårsådden på våren och samtidigt minska insatserna.

För att en gröda skall kunna gro måste en rad olika krav vara tillgodosedda. Först och främst behöver kärnorna ta upp vatten för att grodden ska börja utvecklas. För att kunna utnyttja energin som finns lagrad behövs även tillgång till syre. Samtidigt krävs också en gynnsam temperatur för att groningen ska fortskrida. Även sådjupet har stor betydelse för uppkomsten. Vid för djup sådd är risken stor att kärnorna inte orkar upp till markytan innan reservnäringen tar slut. En alltför grund sådd däremot kan leda till att kärnorna inte placeras på en fuktig såbotten och därmed inte gror pga brist på vatten. Eftersom kärnans storlek bestämmer mängden reservnäring beror sådjupet till stor del av kärnstorleken. För spannmålsgrödor är optimalt sådjup normalt mellan 4 och 5 cm. En packad matjord begränsar rotutvecklingen, men jorden får heller inte vara för lucker då kontakten med rötterna blir sämre och jorden då ger växten sämre stadga (Hammar & Henriksson, 1987).

En optimal såbädd bör ha ett grovt bruk i ytan med stora aggregat vilket ger ett gott skydd mot både vind- och vattenerosion, samt ett bra skydd mot igenslamning (Heinonen, 1982). Däremot blir avdunstningsskyddet bättre om ytmaterialet är mer finfördelat. Under ytlagret bör ett minst 3 cm tjockt finbrukat och lätt packat lager finnas. Dess viktigaste funktion är att fungera som avdunstningsskydd men samtidigt ge möjlighet till ett fullgott luftutbyte. Harvbotten bör vara så jämn som möjligt så att utsädet placeras direkt på den fuktiga såbotten. Under såbädden bör marken vara full av sprickor och hål för att gynna både rotutvecklingen, luftväxlingen och vattengenomsläppligheten. Det blir därför viktigt att såbotten eller underliggande lager inte är förhårdnade så att rotutvecklingen förhindras. Rötterna klarar högst ett motstånd på 3-3,5 MPa på styva jordar men tillväxten avtar redan vid ett motstånd på 1,5 MPa (Håkansson, 2000). Efter sådd bör återpackning av såbädden göras omedelbart. Även efter plöjning krävs en viss återpackning av matjordslagret för att ge lagom täthet, enligt Håkansson (2000) är en packningsgrad (D) på 87 lagom för en korngröda. Den senare erhålls som regel av traktorhjulen vid såbäddsberedningen (Heinonen, 1975).

Vid vårplöjning på lerjordar finns en risk för att matjordslagret torkas ut. Den luckring som bearbetningen ger leder till en snabb upptorkning, samtidigt som den kapillära upptransporten är för långsam för att ersätta det förlorade vattnet (Hammar & Henriksson, 1982). I lätta jordar samt lerjordar med högt mjälainnehåll blir däremot problemen med upptorkning i ytskiktet betydligt mindre på grund av den kapillära upptransporten.

Detta arbete har som främsta uppgift att studera såbädden vid reducerad bearbetning där en Rexius Carrier, ett redskap från Väderstad-Verken AB, används som enda bearbetningsredskap vid sådd av vårkorn jämfört med konventionella bearbetningsmetoder, inklusive bearbetning med tallriksredskap.

MATERIAL OCH METOD

Undersökningarna gjordes på två försöksplatser, båda på Säby gård utanför Uppsala. Det västra försöket bestod av en lättlera, 20 % ler, medan det östra försöket, bestod av en styv lera, 40 % ler. Vårplöjningen utfördes 1:a april 2003 och bearbetning och sådd den 12:e maj. Såbäddsundersökningarna utfördes den 13:e maj och penetrationsmätningarna utfördes den 15:e maj. Förfrukten var vårvete och årets gröda var korn.

De båda försöken upprepades i tre block och bestod av sex försöksled:

- A: Höstplöjning + harvning
- B: Vårplöjning + harvning
- C: Rexius Carrier 1 gång, djup 5-7 cm
- D: Rexius Carrier 2 ggr, djup 5-7 cm
- E: Direktsådd, skivbillssåmaskin
- F: Tallriksredskap 2 ggr, djup 10-13 cm + harvning

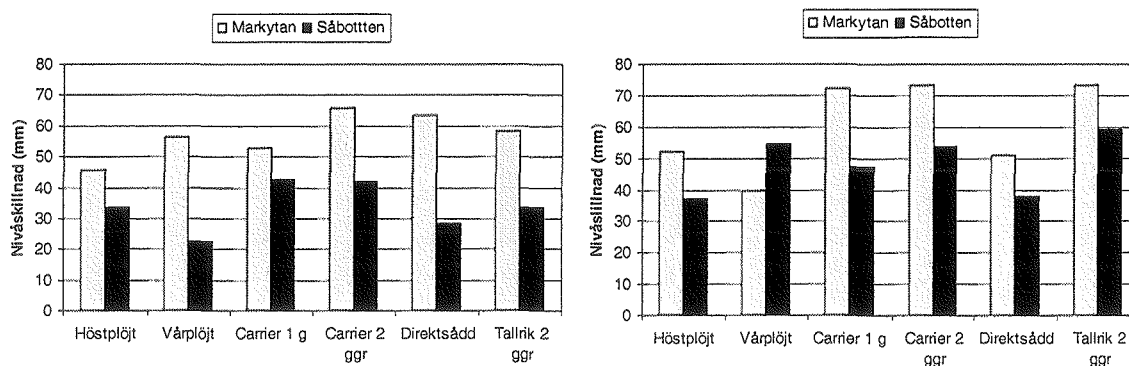
En Rexius Carrier består av en tung vält och ett förredskap med två rader, tätt monterade, skålade tallrikar, avsedda för grund bearbetning. Alla försöksleden såddes med skivbillssåmaskin som var utrustad med extra tallrikar som förredskap.

För att karakterisera de olika såbäddarna har en metod som är vanlig i Sverige använts (Håkansson m.fl., 2002). Ett antal olika redskap användes; en sluten stålram 40*40 cm samt stålram med en öppen sida 40*25 cm, volymcylinder med skala omräknad för att direkt visa bearbetningsdjup, spade, diskborste, såll 5mm 2 mm och 0 mm samt en penetrometer. Följande parametrar mättes:

- Genomsnittligt bearbetningsdjup; den lösa jorden inom den större stålramen lades i cylindern för direkt avläsning av bearbetningsdjup
- Såbäddens ojämnheter mättes genom att inom stålramen bestämma skillnaden mellan högsta och lägsta punkt.
- Såbottens ojämnheter mättes upp på samma sätt som såbäddens.
- Såbäddens aggregatstorleksfördelning bestämdes genom samla upp all jord ur en öppen stålram med måtten 25*40 cm och sedan sålla jorden fraktionerna >5 mm, 2-5 mm och <2 mm aggregatstruktur.
- Antalet kärnor i såbädden räknades i jorden som användes för att bestämma aggregatstorleksfördelning.
- Genomsnittligt såddjup under bearbetningsbotten bestämdes.
- Vatteninnehållet i såbädden och såbotten bestämdes genom torkning av jordprover.
- Penetrationsmotstånd mättes med tio provstick i varje ruta.

RESULTAT

Nivåskillnader på markytan och på såbotten visas i figur 1. Det finns inga signifikanta skillnader i försöket på den styva jorden. Däremot visade det sig att såbäddens yta var jämnare efter plöjning på den lätta jorden. De tallriksbearbetade leden hade något ojämnare såbäddsytta.



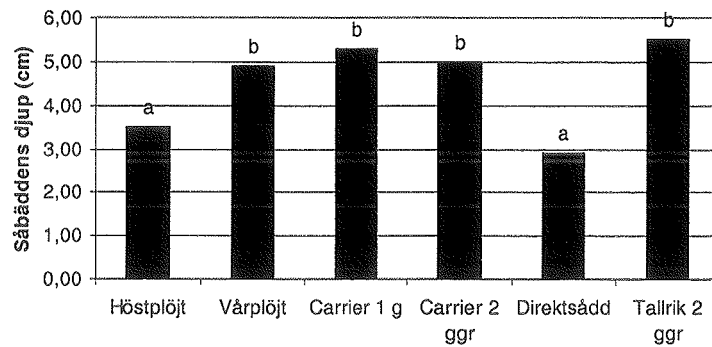
Figur 1. Nivåskillnader på markytan och på såbotten för lätt jord (vänster figur) resp. styv jord (höger figur).

De undersökningar som gjordes av nivåskillnader på såbotten gav inga skillnader på någon av jordarna. Dock gjordes iakttagelser i fält av obearbetade åsar på vissa platser i Carrier-leden med en överfart (se figur 2).



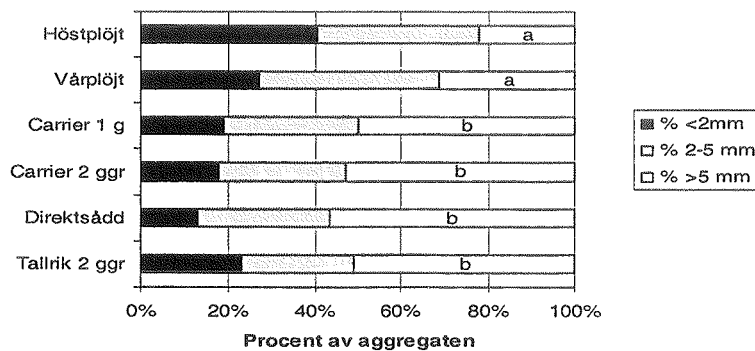
Figur 2. Obearbetade ränder efter Carrier.

På den styva jorden fanns skillnader i bearbetningsdjup medan inga skillnader syntes på den lättare jorden, se figur 3. Det höstplöjda ledet samt direktsådden utmärkte sig från övriga led med ett betydligt grundare bearbetningsdjup på den styva jorden.

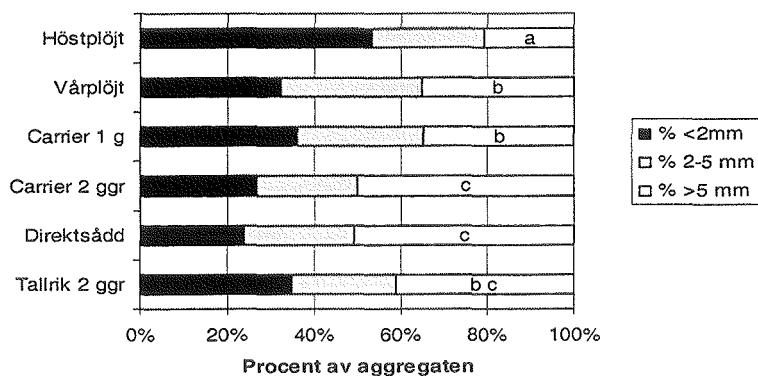


Figur 3. Såbäddens djup på styv lera. Staplar ej märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$).

Det höstplöjda ledet uppvisade i båda försöken finast bruk, se figur 4 och 5. Därefter följer det vårplöjda ledet. I bägge försöken syntes ett finare bruk efter en Carrier-överfart jämfört med två Carrier-överfarter, vilket var signifikant på lätta jorden men ej på den styva. Överlag var bruket finare på den lätta jorden.



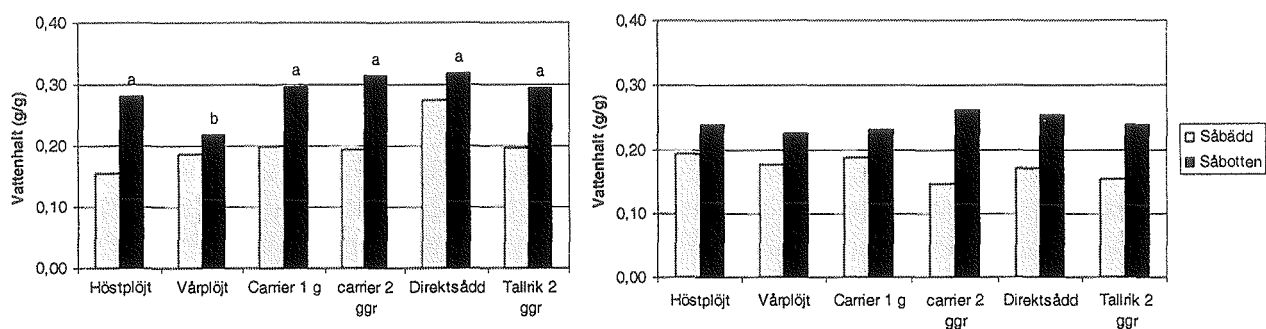
Figur 4. Aggregatstorleksfördelning på den styva jorden. Staplar ej märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$), med avseende på aggregat mindre än 5 mm.



Figur 5. Aggregatsstorleksfördelning på den lätta jorden. Staplar ej märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$), med avseende på aggregat mindre än 5 mm.

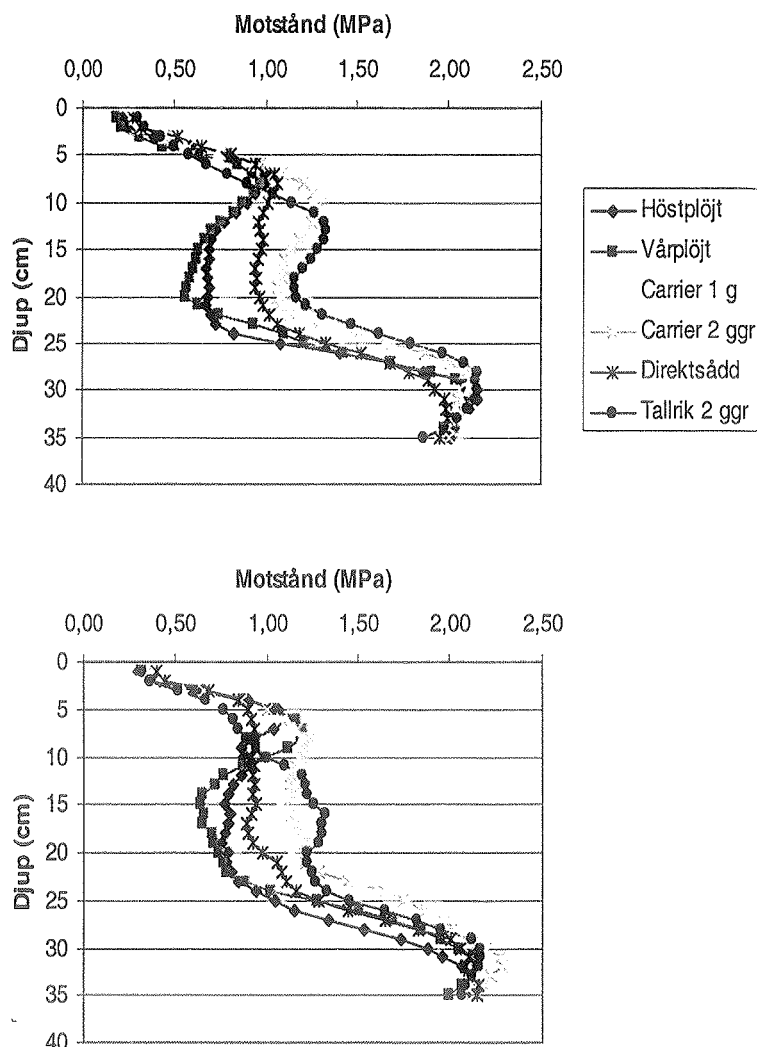
Inga skillnader kunde ses vare sig i antal kärnor i såbädden eller i kärnplacering under såbotten.

Vattenhalten i såbädden varierade kraftigt mellan de olika upprepningarna vilket gjorde att trots stora skillnader mellan leden så var dessa inte statistiskt signifikanta. I såbotten var situationen annorlunda (figur 6). Det vårplöjda ledet hade i bägge försöken lägst vattenhalt. I den styva jorden skiljer den sig inte nämnvärt från de andra leden men var signifikant skild från de andra på den lättare jorden. Vattenhalterna i såbotten varierade mellan försöken, drygt 0,2 g/g jord på den styva jorden och ca 0,3 g/g jord på den lättare jorden.



Figur 6. Vatteninnehåll i såbädden och såbotten på lätt jord (vänster figur) respektive styv jord (höger figur). Staplar ej märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$).

Penetrationsmätningar på bägge försöksplatserna visade på skillnader mellan de olika leden på djupen 10 till 20 cm, se figur 7. De plöjda leden respektive Carrier-leden skilde sig dock inte inbördes. Skillnaderna var över 0,5 MPa som mest. Inget av värdena överskred 2MPa i matjordsskiktet. De plöjda profilerna var luckrare än övriga led. Högst penetrationsmotstånd uppkom i ledet med tallriksredskap på djup mellan 10 och 20 cm, dock inte alltid skild från Carrier-leden men skild från övriga led.



Figur 7.
Penetrationsmotstånd lätt jord (övre) respektive styv jord (undre).

DISKUSSION OCH SLUTSATER

Även om inga signifikanta skillnader uppmättes i nivåskillnader på ytan och bearbetningsbotten kunde vissa tendenser skönjas. Bland annat syntes ett samband mellan hög andel stora aggregat och nivåskillnader på ytan. På bearbetningsbotten kunde obearbetade åsar upptäckas efter en Carrier-överfart på vissa platser. Detta trots att både hastigheten och bearbetningsdjup låg inom rekommenderat intervall. Beträffande såbäddens djup var det höstplöjda och de direktsådda signifikant grundare än de andra leden. Att det direktsådda ledet är grundare är inte förvånande då hela ytan inte genomarbetats. Skillnaden mellan höstplöjda och vårplöjda beror på olika inställning på harven och att jorden har sjunkit ihop mer på det höstplöjda.

I stort sett alla led i de båda försöken har en aggregatstorleksfördelning där över 50 % av jordvolymen bestod av aggregat mindre än 5 mm. Vissa led i den styva leran klarar dock inte gränsen, framförallt två Carrier-överfarter samt direktsådd. Med hänsyn till aggregatstorleksfördelningen har de båda plöjda leden haft bäst såbädd. En finare såbädd ger ett bättre avdunstningsskydd, men noteras bör att leden med reducerad bearbetning har mer halmrester i ytan vilket troligtvis kan bidra till ett bättre avdunstningsskydd. På den styva jorden var bruket finare efter en överfart med

Carrier än efter två vilket troligtvis beror på svårigheten att uppskatta såbäddens utbredning mer än på en faktisk skillnad. Bedömningen av såbäddsdjupet var godtycklig framförallt efter två Carrier-överfarter samt tallriksredskapet eftersom redskapen inte gav en tydlig bearbetningsbotten pga återpackning.

En del skillnader kan urskiljas mellan det höst- och vårplöjda ledet. Harvningen blir oftast djupare efter vårplöjning plus att jorden är mer lucker och torkar ut snabbare därför att ytstrukturen blir grövre och den kapillära transporten bryts vid vårplöjning. Det leder till att vattenhalten i såbotten hos det vårplöjda ledet är lägre, vilket syns tydligt i de uppmätta resultaten i dessa försök. Skillnaden i aggregatfördelning däremot var inte lika stor. En högre andel stora aggregat hade förväntats i det vårplöjda ledet men eftersom så inte var fallet hade vårplöjningen lyckats ganska bra trots att leror normalt inte lämpar sig för vårplöjning. En trolig förklaring kan vara att försöket fick ligga länge efter plöjningen och utsattes för både frostnätter, långvarig torka och ett kraftigt regn några dagar före sådd. Att vattenhalterna i såbotten skiljer sig markant mellan den lätta och den styva jorden kan bero på jordarnas olika kapillaritet. Detta förstärks av att vårplöjning ledde till lägre vatteninnehåll på den mer kapillära jorden medan skillnaderna var mindre på den styvare jorden. Staplar ej märkta med samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$). Vattenhalten var högre på den lättare jorden, trots att en styv jord har större andel små porer och till följd av detta något bättre vattenhållande förmåga. Skillnader i vattenhalter kan även förklaras av försöksplatsernas olika lägen.

Trots att inga statistiskt säkerställda skillnader fanns mellan de två Carrier-leden visar två överfarter på en tendens till högre penetrationsmotstånd, framförallt på den styva leran. Värdena för de båda Carrier-leden är högst i området 7-10 centimeter och är troligen en effekt av den tunga välten på Carrieren. Det ger anledning att tro att risken finns för kraftigare packning under bearbetningsdjup vid två Carrier-överfarter. Direktsådd ger mindre packning som ett resultat av färre körningar. Vissa osäkerheter finns i penetrationsvärdena eftersom nivåregleringen vid mätningens start är något osäker. Eftersom ytans jämnhet varierar gör detta att mätningarnas djup också varierar, inom några centimeter.

Enligt denna såbäddsundersökning har det inte haft någon betydelse för såbäddens kvalitet om en eller två överfarter gjorts med Carrier. Detta stämmer överens med tidigare resultat från odlingssäsongen 2001, där inga betydande skillnader i aggregatstorleksfördelning uppmätts mellan de båda bearbetningarna (Rydberg, 2002). Dessutom visade dessa försök inga skillnader i avkastningen mellan de båda Carrier-leden, samtidigt var Carrier-leden ej signifikant skilda från vare sig höstplöjningen eller tallriksredskapsledet. Därför är det troligt att en andra körning med Carrier inte är nödvändig. Intressant vore att se hur de olika Carrier-behandlingarna påverkar ogräsförekomsten. Dock har Rydberg (2002) inte hittat några signifikanta skillnader i ogräspåverkan mellan en eller två körningar.

En liknande undersökning utfördes odlingssäsongen 2002 (Svantesson, 2003) och där uppvisades inga större skillnader i uppkomst mellan de olika leden. Den enda tydliga skillnaden som uppvisades var att tallriksredskapet hade lägre uppkomst än övriga led i den styva jorden. Dock kunde inga skillnader uppmätas i skörderesultat.

Rydbergs (2002) undersökning antyder att såbädden blir bäst vid konventionellt bearbetningssystem med höstplöjning. Leden med Carrier och tallriksredskap har inte skilt sig åt mycket vilket antyder att en körning med Carrier är tillräckligt och att ytterligare bearbetningar får svårt att betala sig. Vårplöjningen har visat sig vara ett dåligt alternativ på lerjordar då såbädden torkas ut vilket missgynnar grödans etablering. Med tanke på nuvarande stöd för vårbearbetning och fånggröda är alternativ med reducerad bearbetning på våren ekonomiskt intressant. För att ytterligare kunna utvärdera Carriersystemet bör fler undersökningar utföras.

REFERENSER

Hammar, O & Henriksson, L. **1987**. Vårbruk. Aktuellt från Lantbruksuniversitetet, **362**, s. 3-5.

Heinonen, R. **1975**. Lantbrukshögskolans meddelanden, **B 23**, s.34-36.

Heinonen, R. **1982**. Jordens igenslamning och förhårdnande. Sveriges Lantbruksuniversitet. Speciella skrifter, **12**, s.15.

Håkansson, I. **2000**. Packning av åkermark vid maskindrift. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapporter från jordbearbetningen, **99**, s 47, 52-57.

Håkansson, I., Myrbeck, Å. & Etana, A. **2002**. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. *Soil & Tillage Research*, **64**, s.23-40.

Rydberg, T. **2002**. Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda. (red: Arvidsson, J) Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, **103**, s37-39.



PROJEKTARBETE

MÄTNING AV TRYCK OCH DEFORMATION I MARKEN
VID OLIKA HASTIGHETER OCH RINGTRYCK

Institutionen för Markvetenskap

Sammanfattning

Markpackning inom jordbruket är ett problem som uppmärksammats mycket under senare tid. Det beror på att tekniken utvecklats mot större men framförallt tyngre maskiner, vilka packar jorden. Syftet med projektet var att se hur olika körhastigheter påverkar marken, både i matjorden och på djupet. Mätmetoden bygger på att mätsonder installeras på olika djup i orörd mark. Sonderna registrerar tryck och rörelse i marken.

I försöket kördes en traktor med fem olika hastigheter, 1, 4, 8, 12 och 20 km/h och två ringtryck, 60 och 120 kPa, över sonderna som var installerade på djupen 15, 30 samt 50 cm, och data registrerades. Från mätdata kunde vi utläsa att hastigheten 20 km/h gav lägre tryck än de mer normala körhastigheterna 1 och 4 samt 8 km/h. I matjorden gav det lägre ringtrycket ett lägre tryck än högre ringtrycket men på större djup kunde inga tydliga skillnader urskiljas. Då mätutrustningen gav osäkra mätvärden var det inte möjligt att bestämma någon deformation i marken.

En högre hastighet (20 km/h) ger signifikant ($P < 0,05$) lägre tryck än hastigheterna 1 och 4 samt 8 km/h på 15 och 30 cm djup. I linje med tidigare studier gav ett lägre ringtryck (60 kPa) signifikant ($P < 0,05$) lägre tryck, på 15 cm djup, än det högre ringtrycket (120 kPa).

Innehållsförteckning

Sammanfattning **sid 1**

Innehållsförteckning **sid 2**

Inledning **sid 3**

Material och metod **sid 3**

Resultat och diskussion **sid 5**

Slutsatser **sid 8**

Källförteckning **sid 8**

Inledning

Markpackning inom jordbruket är ett problem som uppmärksammats mycket under senare tid. Det beror på att tekniken utvecklats mot större men framförallt tyngre maskiner, vilka packar jorden. Undersökningar visar att packning av jorden är avkastningssänkande.

Markpackning leder till både för- och nackdelar. Till fördelarna kan bättre kapillär uppstigning och bättre kontaktyta mellan jord och kärna nämnas och härrör främst till matjorden. Nackdelarna är att jorden sammanpackas, porvolymen minskas och därmed försvåras gas- och vattenutbyte. Infiltrationen blir sämre och jorden blir tyngre att bruka vilket medför ett större dragkraftsbehov. Såbädden kommer att få en grövre struktur och därmed ett sämre avdunstningsskydd. Växrötter har svårt att penetrera kompakta jordlager, rotutvecklingen hämmas och näringsupptaget i växten minskar (Håkansson, 2000).

Försök och undersökningar har utförts för att se hur marken påverkas av höga axeltryck och olika ringtryck. Tidigare undersökningar om huruvida man kan köra ifrån packningen med högre körhastigheter visar endast en svag minskning av packningsgraden (Ljungars, 1977).

Horn et al. (1989) har i försök sett att det maximala vertikala trycket i alven minskar med en ökad körhastighet. Trycket måste fortplantas genom matjorden och ju längre tid trycket föreligger, som vid körning med låg hastighet, desto större är risken för större packning. Trycket på 20 cm djup i vattenmättad matjord ökade med en hastighetsökning.

Både Horn et al. (1993), och Bakker et al. (1995), visar att ökad hastighet ger ökat tryck i matjorden. Vidare konstaterar Bakker et al. (1995), att horisontal- och skjuvningsspänningarna under ett stilla stående hjul är mycket lägre än för ett hjul i rörelse.

Syftet med projektet var att se hur olika körhastigheter påverkar marken, både i matjorden och på djupet. Genom att mäta marktryck, packningseffekter och markens hållfasthet vid körning med olika hastigheter och ringtryck, kan körhastighetseffekter diskuteras.

Material och metoder

Försöksplatsen var en styv lerjord söder om Uppsala. Tryck och markrörelser mäts vid överfart med en traktor med mätsonder som installeras på tre olika djup, 15, 30 och 60 cm, i marken. Försöken bygger på en mätmetod skapad av Arvidsson och Andersson (1997). Metoden bygger på den fysiska principen att trycket av en vätska blir proportionell mot höjden:

$$p = \rho gh$$

Där p = tryck (Pa), ρ = vätskans densitet (kg/m^3), g = tyngdaccelerationen (m/s^2) och h = vätskepelarens höjd i (m).

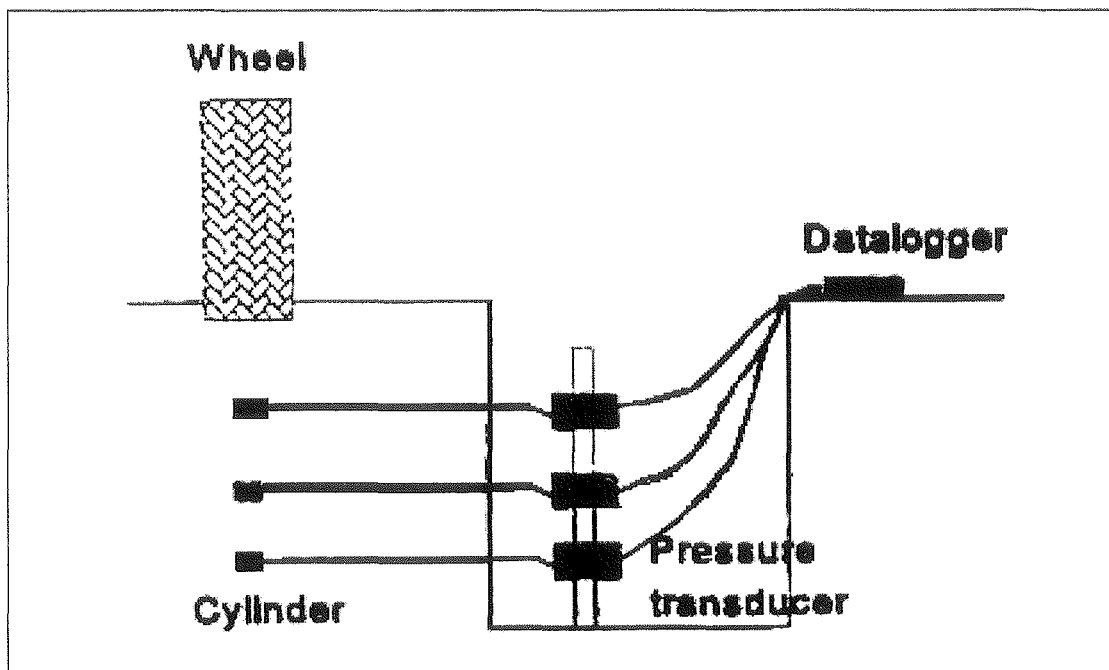
Mätutrustningen består av sonder fyllda med silikonolja, dessa står i förbindelse med tryckmätare. Sonderna placeras horisontellt i marken på olika djup under hjulet (se figur 1). Sonderna har en bredd på 30 mm och en längd av 60 mm. Tekniken kallas för sensorteknik och beskrivs i detalj i Arvidsson och Andersson (1997).

Värdena från mätningarna registrerades i en datalogger som är sammankopplad med en dator. Mätningarna registrerades med en frekvens av 50 Hz i datorn och räknades sedan om i Excel till markförflyttning i mm och tryck i kPa. Markförflyttning och tryck åskådliggjordes i diagram. Ur dessa avlästes sedan maxtrycket, plastisk deformation samt elastisk deformation på de tre djupen. Dessa data behandlades med statistiska metoder i SAS för att fastställa statistiska skillnader.

För att kunna installera mätsonderna horisontellt grävdes tre gropar för hand med storleken L 100* B 120* D 80 cm. I gropens kortsidor på djupen 15 cm, 30 cm och 50 cm borrades hål med hjälp av ett jordborr. Järnrör sattes in i hålen som stöttor, innersta delen stansades ut för att få en passform som passade mätutrustningens sond perfekt för att få en så nära anslutning mellan jorden och sonden som möjligt. Groparna stagades upp för att förhindra ras och mätutrustningen installerades i de tre olika nivåerna innan traktoröverfarterna påbörjades.

Figur 1.

Trycksensorer i förbindelse med tryckmätare, horisontellt installerade i marken. Vid traktoröverfart registreras vertikal rörelse som en förändring i tryck av tryckmätaren



Traktoröverfarterna utfördes med en Massey Ferguson i fem olika hastigheter, 1 km/h, 4 km/h, 8 km/h, 12 km/h och 20 km/h. Traktorn kördes i alla hastigheter med högt ringtryck, 120 kPa, samt i alla hastigheter med lågt ringtryck d.v.s. 60 kPa på varje sida om gropan. Hastighetsordningen var slumpmässigt utvald.

Resultat och diskussion

Resultaten vid statistisk analys, med SAS, visade att ringtryckets verkan på jorden endast skiljde sig åt signifikant, på 15 cm djup ($P < 0.05$). På 30 cm djup var inte skillnaden signifikant ($P > 0.05$). Skillnaden mellan ringtrycken på 30 cm djup hade en tendens att skilja sig åt. Det antyder att ringtrycket även har en påverkan på 30 cm djup. Detta är i linje med tidigare publicerade artiklar (Håkansson, 2000) som visar att ringtrycket har störst betydelse för trycket i markytan. På större djup i marken har axelbelastningen/hjullasten störst betydelse.

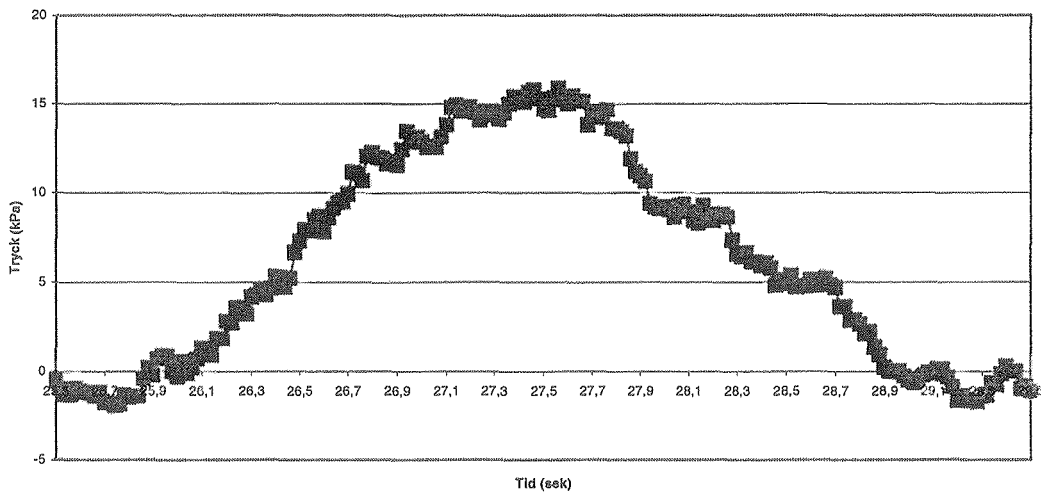
Tabell 1: mätresultat på 15, 30 och 50 cm djup vid olika ringtryck H (120 kPa) och L (60 kPa). Värdena som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P < 0,05$).

Ringtryck kPa	n (antal mätningar)	medel tryck (kPa)		
		15 cm	30 cm	50 cm
H	25	47,24 A		
L	20	33,05 B		
H	25		24,75 A	
L	20		21,56 A	
H	5			23 A
L	5			24,4 A

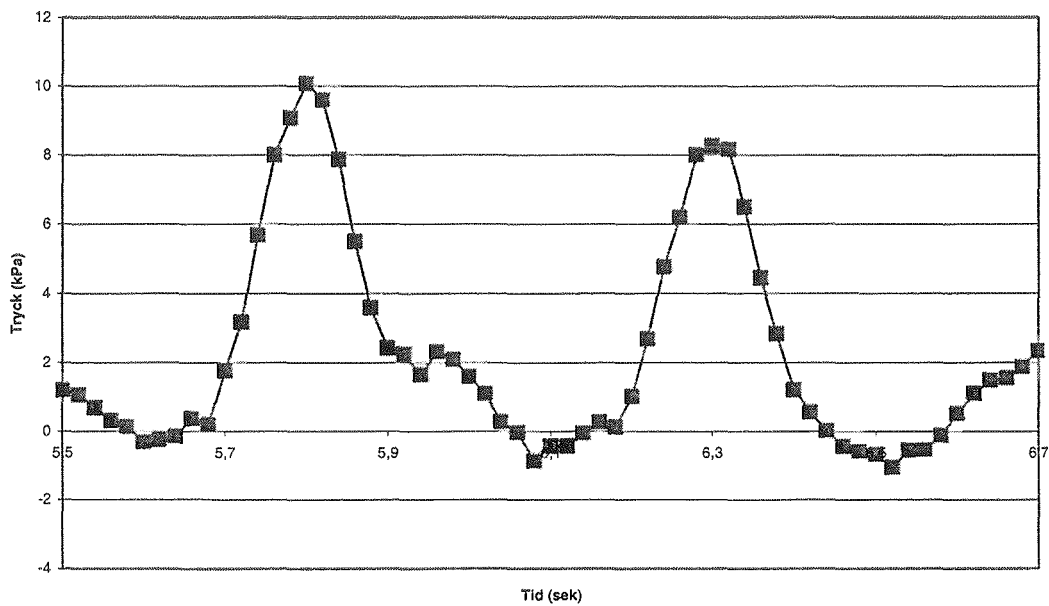
Analysen av de olika hastigheterna visade att på 15 cm djup fanns inga signifikanta ($P > 0.05$) skillnader mellan trycken för de hastigheter, som används praktiskt i jordbruket, 1, 4, 8 och 12 km/h. För den högsta hastigheten (20 km/h) skiljde sig trycket i marken signifikant från 1 och 4 samt 8 km/h men inte från 12 km/h (se tabell 2). På de två högsta hastighetsnivåerna var noggrannheten i mätningarna allt för osäkra, jämför figur 2 och 3, för att ge tillförlitliga mätresultat. Figur 2 föreställer mätning vid 1 km/h och figur 3 vid 20 km/h. Figur 2 visar antalet mätpunkter för passagen av bakhjulet. I figur 3 syns minskningen i antalet mätpunkter, och därmed mätnoggrannheten, för överfart med både fram- och bakhjul. Viktigt är att observera skillnaderna på x-axlarnas tidsintervall. Anledningen till det lägre antalet mätpunkter, för hastigheten 20 km/h, är den låga mätfrekvensen, i vårt fall 50 Hz. Det motsvarar att för 20 km/h hinner traktorn färdas 12 cm mellan mätningarna (se figur 3). Risken finns då att det maximala trycket kan uppkomma mellan två mätningar vilket gör det för osäkert för att dra några säkra slutsatser.

Tabell 2: Mätresultat på 15 cm djup vid olika hastigheter

Hastighet (km/h)	n (antal mätningar)	Medel (kPa)	P < 0.05	LSD-värde 8,33
1	9	47,1	A	
4	9	43,2	A	
8	9	43,6	A	
12	9	39,2	AB	
20	9	31,4	B	



Figur 2. Tryckdiagram på 0.3 m djup, vid hastigheten 1 km/h



Figur 3. Tryckdiagram på 0.3 m djup, vid hastigheten 20 km/h

På 30 cm djup fanns det inga signifikanta skillnader ($P > 0.05$), för trycket i marken, mellan 4 och 8 samt 12 km/h. Däremot var trycket vid 20 km/h signifikant lägre ($P < 0.05$) från trycket i marken vid 1 och 4 samt 8 km/h (Se tabell 3). Även på detta djup kan mätosäkerheten påverka resultaten för de två högsta hastigheterna.

Tabell 3: Mätresultat på 30 cm djup vid olika hastigheter

Hastighet (km/h)	n (antal mätningar)	Medel (kPa)	P < 0.05	LSD-värde 6,04
1	9	28,1	A	
4	9	26,4	AB	
8	9	23	AB	
12	9	20,4	CB	
20	9	16,9	C	

På 50 cm djup fanns inga signifikanta skillnader ($P > 0.05$) för trycket i marken (Se tabell 4).

Tabell 4: Mätresultat på 50 cm djup vid olika hastigheter

Hastighet (km/h)	n (antal mätningar)	Medel (kPa)	P < 0.05	LSD-värde 9,97
1	2	24,5	A	
4	2	21,5	A	
8	2	25	A	
12	2	23,5	A	
20	2	16,5	A	

Anledningen till att marktrycket vid 20 km/h var lägre på 15 och 30 cm djup än för 1, 4 och 8 km/h kan eventuellt förklaras genom två olika teorier.

Första teorin är att trycket inte hinner byggas upp och fortplantas ner i profilen i samma omfattning som vid lägre hastigheter. Då traktorn kördes snabbt utsattes marken för tryck under en kortare tidsperiod än vid lägre hastighet. En kortare tidsperiod kan göra att trycket inte utbreder sig lika mycket i marken på grund av fördröjning i vattenfasen. I vatten och gasfas fortplantar sig trycket långsammare än mellan aggregat (Horn et al, 1989). Det kan vara en rimlig förklaring då det var en hög vattenhalt i profilen vid mättillfället.

Andra teorin är de krafter som påverkar ett fordon i rörelse. En traktor som har en tryckkraft som är riktad nedåt, har en lika stor motkraft från underlaget den står på. Det förekommer liknande krafter vid rörelse, det vill säga traktorn får en kraft framåt som beror på hastigheten. För att få denna kraft framåt krävs det att traktorn pressar undan jorden, som i sin tur genererar en lyftande motkraft som ökar med hastigheten. Denna uppåtriktade motkraft kan förklara det minskade trycket i marken vid högre hastigheter.

Tryckmätningarna på 30 cm djup visade mindre tryck än på 50 cm djup. Detta gäller alla upprepningarna och var inte ett förväntat resultat. En förklaring kan vara att jorden har en annan struktur på 30 cm djup än vid 50 cm. Det kan vara en trafiksula eller någon annan form av kompakt jordlager i profilen som gör att tryckfördelningen blir annorlunda då det i en packad jord bildas vertikala prismatiska aggregat som bidrar till att jorden får en mycket stabil struktur (Horn, 1993).

Vid mättillfället registrerades även elastisk och plastisk deformation. På grund av problem med mätutrustningen som gav osäkra mätvärden kunde värdena inte användas vid vidare analys.

Slutsats

Våra resultat pekar mot att skillnaden i de hastigheter som normalt används vid jordbearbetning, det vill säga hastigheterna 4 och 8 samt 12 km/h inte påverkar trycket nämnvärt i marken. Däremot visar hastigheten 20 km/h ett lägre tryck i marken ner till 30 cm djup. Vid 50 cm djup kan man inte urskilja någon skillnad.

Körningarna med olika ringtryck gav, i linje med tidigare studier, ett lägre marktryck vid körning med lägre ringtryck än vid körning med högre ringtryck.

Den plastiska deformationen som uppmättes i vårt försök kunde inte användas på grund av osäkra mätvärden. För att kunna verifiera våra resultat, så att det med större säkerhet går att påvisa ett minskat marktryck vid höga hastigheter, krävs nya mätningar, med fullständiga och korrekta värden även på den plastiska deformationen.

Källförteckning

Arvidsson, J. & Andersson, S. 1997. *Determination of soil displacement by measuring the pressure of a column of liquid*. Proceedings of the 14 th Conferense of ISTRO, Putawy, Poland, pp. 47-40.

Bakker, D. M. Harris. H. D. Wong. K. Y. 1995. *Measurement of Stress Paths under Agriculture Vehicles and their Interpretation in Critical State Space*. Journal of Agriculture Engineering Research. 61:247-260.

Horn, R. 1993. *Mechanical Properties of Structured Unsaturated Soils*. Soil Technology. Vol. 6, p.47-75.

Horn, R. Blackwell, P.S. White, R. 1989. *The effect of Speed of Wheeling on Soil Stresses, Rut Depth and Soil Physical Properties in an Ameliorated Transitional Red-Brown Earth*. Soil & Tillage Research, 13:353-354.

Håkansson, I. 2000. *Packning av åkermark vid maskindrift*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Institutionen för markvetenskap Uppsala.

Ljungars, A. 1977. *olika faktorerers betydelse för traktorernas jordpackningsverkan. Mätningar 1974-1976*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Institutionen för markvetenskap.



Institutionen för Markvetenskap

**MEKANISK ALVLUCKRING MED EKOSKÄR OCH BIOLOGISK
ALVLUCKRING MED LUSERN OCH RÖDKLÖVER**



Projektarbete i kursen:
Jordbearbetning och hydroteknik

**Sam Forsberg
Mikael Jacobsson
Marcus Svensson**

2003-05-24

SAMMANFATTNING

Två försök har undersökts, i det första försöket testades ett ekoskär och i det andra testades biologisk luckring med olika grödor för att se om dessa olika åtgärder förbättrar alven efter att den har blivit packad. Leden jämfördes med hjälp av infiltrations- och penetrationsmätningar. Resultaten som framkom visade att den biologiska alvluckringen inte påverkade penetrationsmotståndet utan bara infiltrationen, jämfört med ekoskåret där man även fick lägre penetrationsmotstånd i alven. Det visade sig också att man fick en långvarig effekt i luckerhet av ekoskåret redan efter en körning. Denna effekt höll i sig minst två år efter bearbetningen.

INTRODUKTION

Praktiskt taget alla egenskaper och processer i marken, fysikaliska såväl som kemiska och biologiska, påverkas i större eller mindre utsträckning av markpackning. Bland annat minskar porositet och vattengenomsläpplighet medan penetrationsmotståndet ökar. Detta försämrar grödans rotutveckling samt vatten och näringsupptag, vilket kan leda till skördebortfall (Håkansson, 2000).

Plöjning och tjäle motverkar ganska effektivt effekterna av packning i matjorden, men under bearbetningsdjup blir packningsskador mer varaktiga (Håkansson, 2000). Verkningarna av denna s.k. alvpackning kan till viss del lindras genom djupbearbetning (alvluckring eller djupplöjning). Tyvärr är sådan djupbearbetning kostnadskrävande samtidigt som de positiva effekterna ofta är kortvariga (Håkansson, 2000).

I denna rapport redovisas resultat från försök att med två olika metoder att luckra en packad jord. Dels mekanisk luckring med hjälp av s.k. ekoskär och dels biologisk luckring med hjälp av lusern och rödklöver.

Alvluckring med ekoskär

Försöket med ekoskär startades hösten 2000. Syftet var att undersöka hur användning av ekoskär påverkar jordens infiltrationsförmåga och penetrationsmotstånd. I försöket undersöktes också om spridning av uppslammad släckt kalk kan förlänga varaktigheten av de eventuellt positiva effekter som uppnås vid luckringen. Den uppslammade släckt kalken spreds i olika led, dels i fåran i samband med plöjning och dels på ytan före plöjning.

I detta försök mätte vi jordens penetrationsmotstånd och infiltrationsförmåga.

Biologisk alvluckring

Detta försök startades våren 1998. Syftet var att undersöka hur odling av olika grödor påverkar infiltrationsförmåga och penetrationsmotstånd hos en jord som först packats genom körning spår i spår med en 30 ton tung dumper. Flera olika grödor har använts i försöket. Vi har dock p.g.a. tidsbrist valt att endast jämföra lusern (*medicago sativa*) och rödklöver (*trifolium pratense*) med tre led där vårgröda odlats (se tabell 2). I dessa led har vi utfört penetrationsmätningar och tagit del av resultat från infiltrationsmätningar utförda år 2002.

MATERIAL OCH METOD

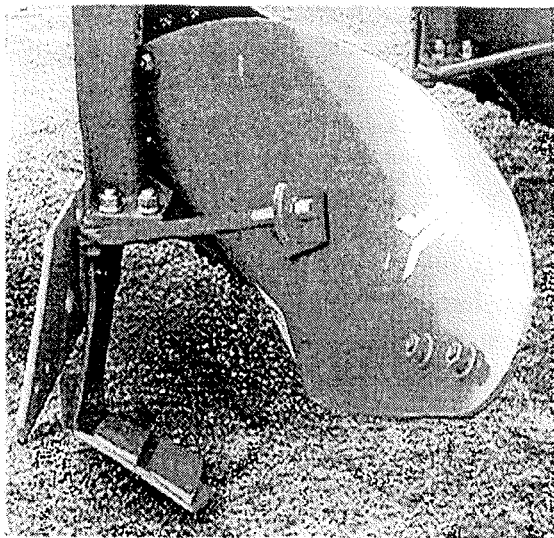
Alvluckring med ekoskär

Försöket med ekoskär ligger på ett fält intill Ultuna utanför Uppsala där jordarten är styv lera. Lerhalten är 53 % i matjorden och 62 % i alven. Mullhalten är 3,5 % i matjorden och 0,4 % i alven (Arvidsson, 2002). Samtliga led har höstplöjts till ca 20 cm varje höst sedan år 2000 då försöket startades. Hur de olika leden behandlats framgår av tabell 1.

Tabell 1. Led och bearbetning för försöket med ekoskär

Led	Bearbetning
A.	Plöjning
B.	Plöjning med ekoskär år 1
C.	Plöjning med ekoskär år 1 och 2
D.	Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3
E.	Plöjning med ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1
F.	Plöjning + kalk i fåran år 1

Ekoskåret ser i princip ut som ett vinklat järn som monteras under varje plogkropp och luckrar jorden ca 10 cm under plogdjup (se figur 1). Ekoskårets arbetsbredd är 22 cm. Den använda plogens tiltbredd var 16 tum. Kalkgivan i de led där släckt kalk spreds direkt i fåran var ca 4,4 ton/ha. Spridningen utfördes genom att den släckta kalken slammades upp i en tank och sedan via slangar pumpades ut till varje plogkropp (se figur 2).



Figur 1. Ekoskär monterat på plogkropp



Figur 2. Spridning av slammad släckt kalk i fåran

Jordens infiltrationsförmåga och penetrationsmotstånd mättes i ovanstående led (se tabell 1). Penetrationsmotståndet mättes med penetrometer (se figur 3) och infiltrationsförmågan med hjälp av infiltrationsringar med en diameter på 40 cm (se figur 4). I varje försöksruta gjordes 10 penetrationsmätningar ned till 50 cm djup med 1 cm mätintervall, dessutom utfördes 2 infiltrationsmätningar. Varje led fanns med i tre olika block och därmed gjordes alltså 30 st penetrationsmätningar och 6 st infiltrationsmätningar i varje led



Figur 3: Penetrometeravläsning



Figur 4: Infiltrationsring. Höjd 33,5 cm, innerdiameter 40 cm

Infiltrationsringen grävdes ner till ca 22 cm djup och slogs sedan ner ytterligare 10 cm. Ytan där ringen slogs ner gjordes så plan som möjligt utan att förstöra de naturliga porerna. Vatten fylldes i ringen till 10 cm höjd över bottenytan och denna nivå bibehölls sedan under försöket genom regelbunden påfyllning allteftersom nivån sjönk. Mätning av vattnets infiltrationshastighet utfördes vid 5, 10, 20 och 45 min. För mätning användes tidtagarur och tumstock. Vattennivån mättes från ringens överkant till vattenytan, och mättiden anpassades efter infiltrationshastigheten och kom att variera från 2 till 5 minuter. Utifrån de data som erhöles vid infiltrationsmätningarna beräknades sedan k-värdet vid varje mätning. Följande formel användes vid beräkningen (Strandberg et al, 2001):

$$K = \frac{Z}{I}$$

Z = Nivåskillnad/minut

I = Medelgradienten = $\frac{((h-b_1)+(h-b_2))/2}{a}$

h = Ringens höjd

*b*₁ = Vattennivå vid mättidens början

*b*₂ = Vattennivå vid mättidens slut

a = Jordpelarens längd (djupet ringen är nedslagen till, 10 cm i detta fall)

Biologisk alvluckring

Penetrationsmotståndet mättes med hjälp av penetrometer (se figur 3), tio mätningar gjordes i varje provyta. Försöket var uppdelat i fyra olika block och det blev således 40 st penetrationsmätningar för varje led. Vi har också tagit del av data från infiltrationsmätningar gjorda föregående år (2002). Den mekaniska alvluckringen som utförts i ett led har utförts, med hjälp av en alvluckrare utformad som en tubulator, till ca 50 cm djup. De led i försöket som vi har tittat på redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Led och gröda för försök med biologisk alvluckring

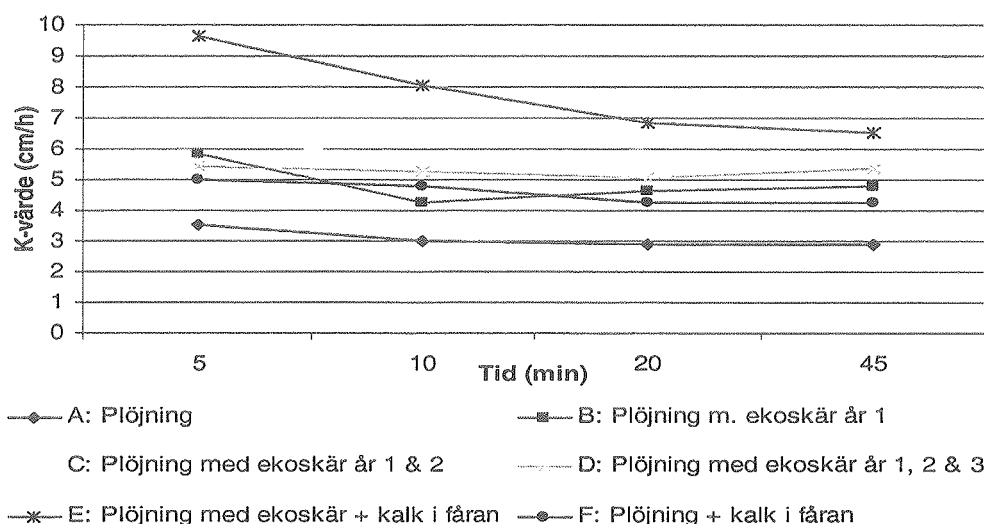
Led	Gröda
B.	Lusern
D.	Rödklöver
G.	Korn
H.	Korn m. mek. alvluckring
I.	Korn (referensled, opackad)

De statistiska analyser som gjorts har utförts med hjälp av SAS statistikprogram.

RESULTAT

Alvluckring med ekoskär

Resultatet av infiltrationsmätningarna i försöket med ekoskär redovisas i figur 5 och resultatet av penetrationsmätningarna redovisas i figur 6.

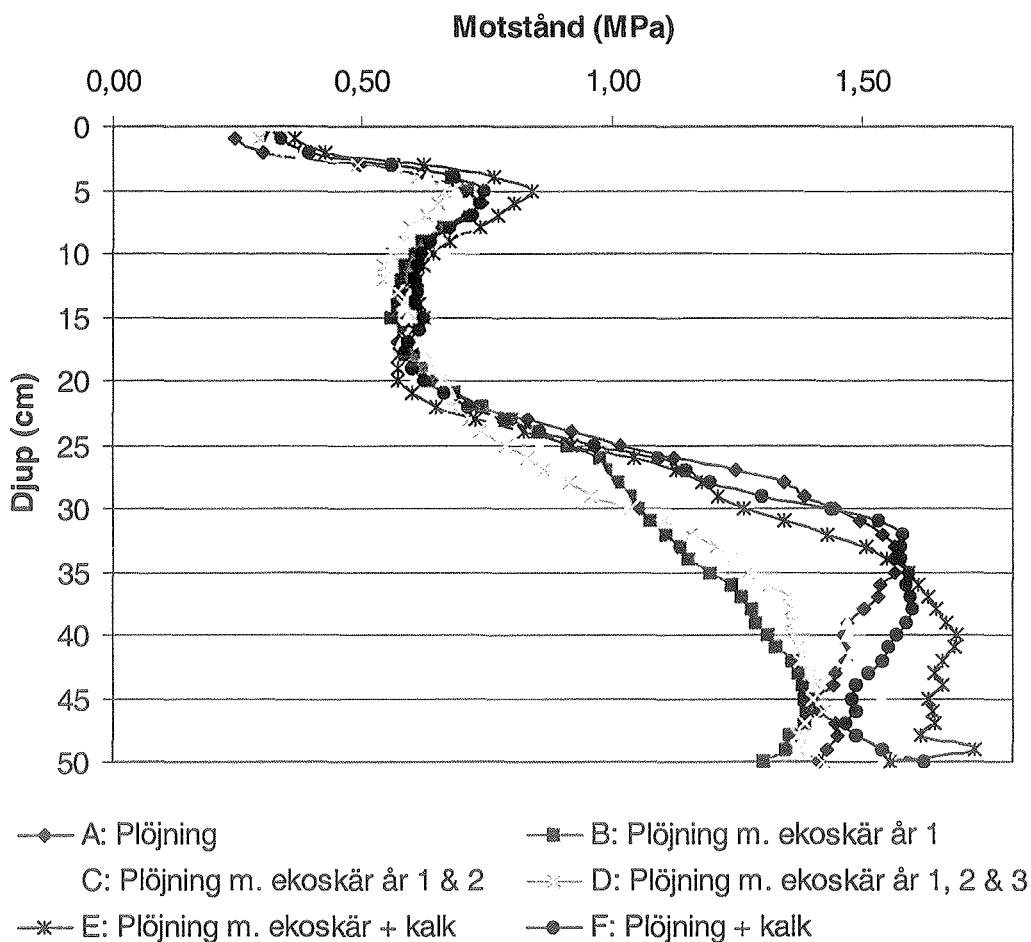


Figur 5: K-värden som utifrån infiltrationsmätningarna beräknats vid varje tidpunkt för de olika leden.

Infiltrationsmätningarna pekade på att:

- Endast plöjning gav lägst k-värde
- Plöjning med ekoskär kombinerat med kalkning gav högst k-värde
- Plöjning kombinerat med kalkning gav högre k-värde än endast plöjning
- Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3 gav något högre k-värde än plöjning med ekoskär år 1
- Plöjning med ekoskär år 1 och 2 gav något högre k-värde än plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3

Ingen av dessa skillnader mellan leden var dock signifikanta vid statistiskt test på ($P < 0.05$).



Figur 6: Penetrationsmotsåndet plottat mot djupet för försöket med ekoskär. Varje punkt är medelvärde av 30 mätningar.

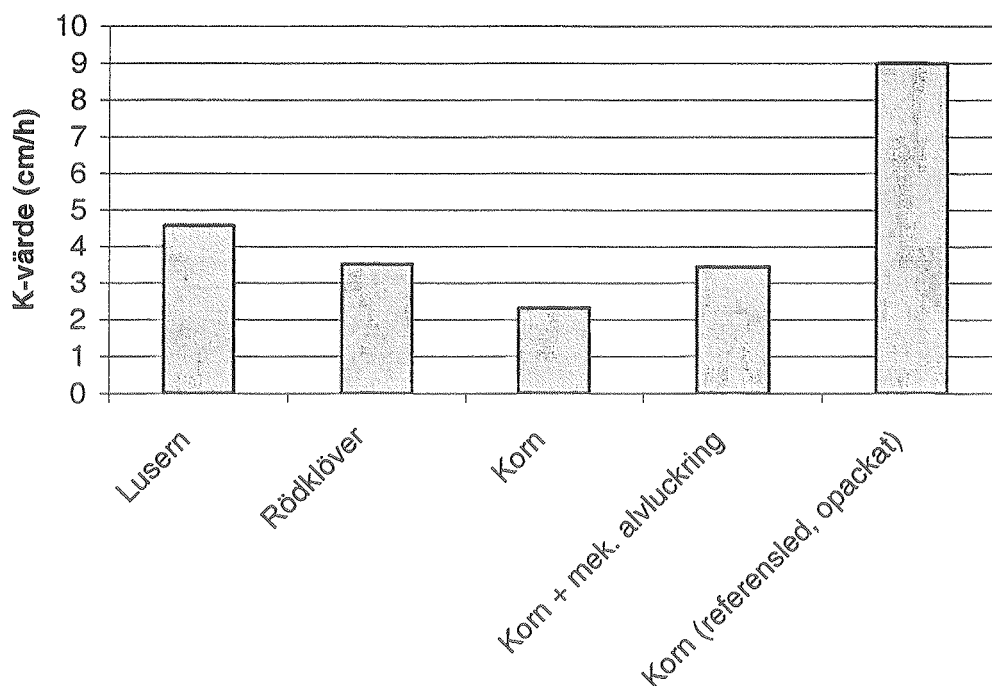
Penetrationsmätningarna pekade på att:

- Medelvärdet för penetrationsmotsåndet i alven var lägst i de led som bearbetats med ekoskär, förutom i led E (plöjning med ekoskär samt kalk) som hade högst motstånd efter 35 cm djup.
- Medelvärdet för penetrationsmotsåndet var lägst i led D (plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3) mellan omkring 24 cm och 30 cm djup, vilket motsvarar ekoskärrets ungefärliga arbetsdjup.

Vid statistiskt test kunde det i skiktet 27cm – 36 cm påvisas att leden med plöjning med ekoskär år 1 och 2 samt plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3 hade signifikant lägre penetrationsmotsånd än leden med endast plöjning och plöjning med kalk i fåran ($P < 0.05$). Från 31 cm och nedåt har även led B (plöjning med ekoskär år 1) signifikant lägre penetrationsmotsånd än led A och F (se figur 6).

Biologisk alvluckring

I figur 7 redovisas resultaten av de k-värden som räknats fram föregående års infiltrationsmätningar (år 2002). Figur 8 visar resultatet av de penetrationsmätningar som vi gjort detta år (år 2003).



Figur 7: K-värden som för de olika leden räknats fram vid försök med biologisk alvluckring. Mätningarna gjordes år 2002.

Infiltrationsmätningarna pekade på att:

- Biologisk alvluckring med lusern och rödklöver gav betydligt högre k-värde jämfört med vårgröda (korn)
- Lusern gav något högre k-värde än rödklöver
- Mekanisk alvluckring gav tydligt högre k-värde jämfört med vårgröda
- Det opackade referensledet med vårgröda hade (korn) hade högst k-värde

Den enda skillnaden mellan leden som är signifikant vid statistiskt test på 95 % nivå är att det opackade ledet har högre k-värde än de övriga.

strukturkalkning på genomsläppligheten. Efter utförd variansanalys (SAS) kom vi fram till att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan någon av leden. Den naturliga variationen är mycket stor för infiltrationsmätningar. Om vi hade gjort fler mätningar inom varje led skulle möjligheten att erhålla signifikanta skillnader mellan leden ökat.

Enligt penetrationsmätningarna för ekoskårsbearbetning kan man se att det är en tydlig skillnad mellan de led som blivit bearbetade med ekoskär jämfört med de som bara plöjts (figur 6). Enligt variansanalysen (SAS) finns signifikanta skillnader mellan dessa led. Det verkar finnas en långvarig effekt av ekoskårsbearbetning. Detta eftersom det ledet som enbart blivit plöjt med ekoskär det första året har ungefär samma penetrationsmotstånd som de led som blivit plöjda med ekoskär både 2 och 3 år i rad. Led E som blivit plöjt med ekoskär kombinerat med kalkning skiljer sig däremot markant från de övriga leden med ekoskårsbearbetning (figur 6). Detta misstänker vi vara en kalkeffekt då kalken kan inverka negativt på markmotstånd. Kalk kan nämligen ändra den vattenhållande förmågan i jorden vilket medför att penetrationsmotståndet ökar vid samma vattenhalt. Kalk kan även ha struktureffekter (cementerande effekt) som påverkar markmotståndet (Berglund, 2003).

Vi kan från diagrammet (figur 6) utläsa att plogsulan börjar vid ungefär 20 cm djup. Där får linjerna en nästan horisontell lutning som slutar vid ca 34-35 cm djup. Detta är något djupare än ekoskårets arbetsdjup och kan bero på en mängd faktorer. En orsak kan vara att plöjningen något år skett djupare än 20 cm, eller att ekoskåret bearbetat djupare än 10 cm under plogdjup.

Intressant att notera är att skördedata från år 2001 och 2002 visar att led E har gett den största skörden (se tabell 3). Detta är dock ej signifikant vid statistiskt test på 95% nivå.

Tabell 3. Skördedata från år 2001 (Arvidsson, 2002) och år 2002 (Arvidsson, 2003)

Led	Bearbetning	Skörd, 2001 (kg/ha)	Skörd, 2002 (kg/ha)
A.	Plöjning	5095	5325
B.	Plöjning med ekoskär år 1	5060	5450
C.	Plöjning med ekoskär år 1 och 2	5105	5660
D.	Plöjning med ekoskär år 1, 2 och 3	4955	5485
E.	Plöjning med ekoskär år 1 + kalk i fåran år 1	5365	5625
F.	Plöjning + kalk i fåran år 1	5295	5515

Biologisk alvluckring

Infiltrationsmätningarna från försöket med biologisk alvluckring tydde på att lusern hade bättre effekt på infiltrationen jämfört med rödklöver. Det ser även ut som att den mekaniska alvluckringen haft positiv effekt på infiltrationsförmågan. Ingen av dessa trender är dock signifikanta vid statistiskt test.

Vi kunde inte statistiskt visa att varken lusern eller rödklöver hade någon förbättrande effekt på penetrationsmotståndet jämfört med vårgröda (korn). Signifikant skillnad erhöles mellan led B, D och G jämfört med H och I (figur 8). Vi kan se en trend att biologisk alvluckring inte påverkar markmotståndet, utan bara infiltrationen, se figur 7 och 8. Denna trend är inte statistiskt signifikant, men skulle kunna bero på att man vid biologisk alvluckring får en omfördelning av porer med fler stora porer och ökad porcontinuitet. (Heinonen, 1986).

Den mekaniska alvluckringen gav däremot betydligt lägre penetrationsmotstånd och hade ungefär samma värden som det opackade referensledet. Mellan ca 27 cm och 36 cm djup hade enligt diagrammet (figur 8) den mekaniska alvluckringen åstadkommit ett lägre markmotstånd än det opackade referensledet. Denna skillnad var dock ej signifikant.

SLUTSATSER

Av undersökningen kan man dra följande slutsatser:

- Det var en tydlig positiv effekt på penetrationsmotståndet för bearbetning med ekoskär.
- Effekten av plöjning med ekoskär är bestående i åtminstone två år.
- Kalkning i samband med plöjning och/ eller ekoskär kan ha negativ effekt på markmotståndet.
- Biologisk alvluckring tycks inte ha någon effekt på markmotståndet, bara genomsläppligheten.
- Den mekaniska alvluckringen medförde en stor minskning av markmotståndet.
- Två infiltrationsmätningar inom varje ruta är lite i underkant för en statistisk undersökning.
- Markmotstånd behöver ej vara relaterat till konduktiviteten, men båda är en indikation på markpackning.

Ekoskär verkar vara ett enkelt och billigt alternativ om man vill luckra en trafiksula, särskilt som de positiva effekterna tycks bli bestående i åtminstone ett par år. Vi är däremot mer tveksam till om biologisk luckring med Rödklöver och Lusern är en effektiv metod att förbättra en kraftigt packad jord.

REFERENSER

Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 99, s. 23, 41, 87, 93. SLU. Uppsala.

Arvidsson, J. 2002. Jordbearbetningens årsrapport 2001. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 93, s. 29-31. SLU. Uppsala.

Arvidsson, J. 2003. Jordbearbetningens årsrapport 2002. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 104. SLU. Uppsala.

Strandberg, M. HT 2001. Övningskompendium i markfysik, s. 17. Institutionen för markvetenskap. SLU. Uppsala.

Heinonen, R. 1985. Soil management and crop water supply. Department of soil sciences. Swedish university of agricultural sciences. 4th edition, s 46.

Heinonen, R. 1986. Självläkning i marken. Ingår i: Jordpackning: Skördepåverkan-Motåtgärder-Ekonomi. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 71, s. 165-171. SLU. Uppsala.

Berglund, G. 2003. Kalken och jordstrukturen. Stencil. Avd. för hydroteknik. Institutionen för markvetenskap. SLU. Uppsala.

Statistiskt program

Statistical Analysis System (SAS).