

SLF-projekt H1233176

Fasta körspår – skördepotential och effekt på markstruktur

Lena Holm¹, Ararso Etana², Johan Arvidsson², Louice Lejon, Marie Andersson

¹Institutionen för biosystem och teknologi, SLU Alnarp

²Institutionen för mark och miljö, SLU Ultuna

Bakgrund

Storleksrationaliseringen inom lantbruket har under de senaste decennierna gått mycket snabbt, vilket lett till att traktorer och andra jordbruksmaskiner blivit större och större (Hamza & Anderson, 2005). Stora och tunga maskiner orsakar skadlig markpackning och effekterna av sådan skadeverkan blir kvar under många år (Raper, 2005). Trots möjligheten att luckra matjorden, tar det upp till fem år för detta skikt att återställas men packning i alven kvarstår i decennier (Håkansson, 2000).

Ett sätt att minimera skadeverkan är att koncentrera all trafik till samma spår, så kallade fasta körspår. Internationellt kallas detta koncept Controlled Traffic Farming (CTF) (Hamza & Anderson, 2005; Raper, 2005). Då delas fältet in i odlingszon och trafikzon. Med fasta körspår som är permanenta även mellan åren, är syftet att skapa optimala odlingsförhållanden på så stor del av fältet som möjligt. Utan CTF trafikeras ofta över 60 % av fältets yta vid minimerad bearbetning (2-3 överfarter) och över 100 % vid konventionell bearbetning under en odlingssäsong. Med CTF kan detta ofta reduceras till 20 % av ytan (Hamza & Anderson, 2005). För att hela tiden återkomma till samma spår är användning av autostyrning med hög precision (RTK-GPS) en stor fördel (Tullberg *et al*, 2007).

Idag finns en stark internationell trend att minska bearbetningsintensiteten. Odling med direktsådd är kraftigt på frammarsch internationellt, framförallt i Brasilien, Argentina, Paraguay, USA och Kanada (Roberts & Johnston, 2007). CTF minskar behovet av luckring och därmed också bearbetningsbehovet. Därför passar CTF bäst tillsammans med reducerad bearbetning eller direktsådds-system. Eftersom CTF går ut på att skapa så stor ofrafikerad yta som möjligt, passar plögen med sin relativt smala arbetsbredd inte särskilt väl i konceptet. Plöjning förstör dessutom bärigheten i de fasta körspåren

Före starten av detta projekt saknades helt försöksresultat för svenska förhållanden. Det är troligt att den potentiella skördeökningen (om en sådan

finns) skiljer sig mellan exempelvis svenska och australiensiska förhållanden, då man utgår från betydligt högre skördenivåer i Sverige. Skillnader i klimat och jordförhållanden är också stora. Av denna anledning är det inte säkert att utländska forskningsresultat är applicerbara på svenska gårdar, utan nationella försök är nödvändiga.

Syfte

Projektets syfte var att renodla effekten av att koncentrera körspåren jämfört med slumpvis körning i annars likvärdiga bearbetningssystem. Plöjning passar inte in naturligt tillsammans med fasta körspår, men ingick för att få en stor spännvidd i markstruktur tillstånd för att garantera att vi skulle kunna uppmäta skillnader mellan led vid bestämning av markens fysikaliska egenskaper. Inte heller djup bearbetning i plöjningsfri odling är helt kompatibelt med fasta körspår eftersom det minskar redskapens arbetsbredd och dessutom kommer luckringsbehovet att minska i den otrafikerade marken. Systemet togs ändå med för att få en stor spännvidd i markens struktur tillstånd. Ett led med djupluckring i samband med anläggningen av fasta körspår ingick för att studera vilket initialtillstånd som är lämpligt vid övergången.

Material och metoder

Försöken lades ut hösten 2010, skördades första gången 2011 och var fastliggande i sex år för att studera långsiktiga effekter. Projektet genomfördes med två typer av försök med fasta körspår (CTF): traditionella fältförsök utlagda som randomiserade blockförsök, samt storruteförsök utlagda hos en lantbrukare som tillämpar fasta körspår. De traditionella fältförsöken medgav test av flera led och konventionell statistisk bearbetning av resultaten. Försök med storrutor är statistiskt mindre säkra men blir praktiska test utförda i full skala. I de två traditionella fältförsöken, ett på Lönnstorp (moränlättilera) i Skåne och ett på Säby 1 (styv lera) i Uppsala, ingick följande led i fyra block:

A = djup plöjningsfri odling (15-20 cm), slumpvis körning

B = grund plöjningsfri odling (5-10 cm), slumpvis körning

C = direktsådd, slumpvis körning

D = djup plöjningsfri odling (15-20 cm), CTF

E = grund plöjningsfri odling (5-10 cm), CTF

F = grund plöjningsfri odling (5-10 cm), CTF, efter djupluckring

G = direktsådd, CTF

H = plöjning, slumpvis körning

I de traditionella försöken användes traktorer med totalvikter på 5 till 7 ton. Fasta körspår genomfördes i 3-metersmoduler. Såmaskin, tallriksredskap och kultivatoren var 3 m breda och såbäddsharven 6 m bred. Rutbredd var 9 m, utom för led A, B och H som var 12 m för att tillåta diagonalkörning. Tröskan hade något större spårvidd än traktorerna. Tröskning i led med fasta körspår gjordes därför med ett hjulspår samma som för traktorn och ett hjulspår utanför. Sprutning och övergödning gjordes vinkelrätt mot parcellriktningen.

I led med fasta körspår gjordes alla körningar med enkla hjul för att minimera spårbredden. I led med slumpvis körning användes dubbelmontage vid vårbruk och vårsådd på Säby 1, medan enkla hjul användes på Lönnstorp. Jordbearbetning gjordes på diagonalen. Tröskning och sådd gjordes inte i samma spår.

Det är praktiskt svårt att i parcellförsöks relativt små rutor simulera slumpvis körning på ett helt rättvisande sätt. Därför samarbetade vi med en lantbrukare i Skåne (Jan Jönsson, Lydinge gård) för att studera CTF i praktiken. Gården hade ställt om till CTF år 2006, fyra år innan försöken startade. Försöket på Lydinge gård benämns *storruteförsöket* hädanefter.

Storruteförsöket på Lydinge gård (mellan-styv lera, 35-45 % lerhalt) lades ut som 1 hektar stora rutor, med respektive utan CTF, som fem upprepningar spridda på olika fält. Jordbearbetning i dessa led utfördes med en bandtraktor med en totalvikt på ca 25 ton. Modulbredd var 8 meter.

Mätningar

Försöksmässig skörd gjordes för hand. I led med fasta körspår skördades dels i spår, dels i spårfri yta. I led med slumpvis körning gjordes slumpvis utläggning av skörderutor. Storrutorna på Lydinge har dessutom skördekarterats med skördetröska. Planträkning har utförts i alla försök men redovisas inte i denna rapport. För att mäta packning har mätningar med penetrometer gjorts, både i de traditionella fältförsöken och i storruteförsöket på Lydinge. År 2013 och 2016 gjordes också mätning av skrymdensitet och mättad vattengenomsläpplighet på Säby 1 och Lönnstorp. Likadan mätning gjordes på Lydinge år 2016. En del av cylinderproverna tagna år 2013 på Säby 1 scannades också i en datortomograf (skiktröntgen) för att bestämma makroporositet. Metoden ger en tredimensionell bild av porsystemet. Ytterligare markfysikaliska mätningar har utförts, men redovisas inte i denna rapport pga. platsbrist.

Statistisk analys

Resultaten har analyserats med modellerna general linear model, one sample T-test samt ANOVA. I rapporten används signifikantnivån $p \leq 0,05$.

Resultat

Här redovisas de mest relevanta resultaten för avkastning och markfysikaliska parametrar (skrymdensitet, mättad vattengenomsläpplighet och penetrationsmotstånd).

Skrymdensitet och vattengenomsläpplighet

Skrymdensitet och vattengenomsläpplighet redovisas i Tabell 1. Överlag hade de spår fria delarna av fältet betydligt lägre skrymdensitet än spår en. På Lönnstorp var skillnaderna i skrymdensitet större mellan åren (2013 respektive 2016) än mellan spår och spår fria ytor. Det kan bero på provtagningstidpunkt. Bedömning av markpackningstillståndet i moränjordar från skrymdensitet är en osäker metod pga. förekomsten av flintor (stenar). Trots högre packningsgrad i spår var skrymdensiteten ganska nära optimal för jordarten förutom i ett par led. Skrymdensiteten i Säby 1 var överlag lägre än den i Lönnstorp och mätningarna år 2013 och 2016 gav likartade resultat. Densiteten var signifikant högre i spår än spår fria ytor för bearbetade led, men den var inte så hög att det kunde påverka avkastningen negativt. Den liknade snarare den återpackning (optimering) som behövs för normal tillväxt och hög skörd (Håkansson, 2000). Värt att notera är att skrymdensiteten i spår i led med direktsådd (ingen luckring på sex år) inte var särskilt hög. Detta indikerar att maskinerna som använts i försöket inte var särskilt tunga. I storruteförsöket var skrymdensiteten i matjorden signifikant högre i spår än spår fri yta. Emellertid var resultaten opålitliga pga. svällningsproblem under laboratorieundersökning.

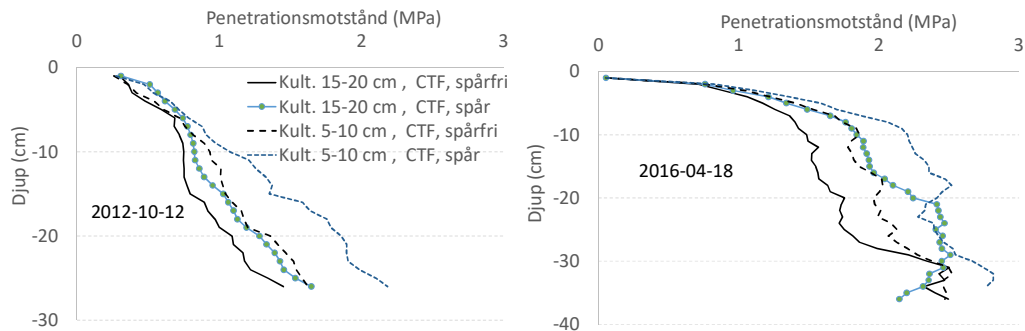
Mättad vattengenomsläpplighet i de traditionella försöken var mycket lägre i spår än spår fri yta men skillnaderna var ej statistiskt signifikanta jämt. Detta beror på själva parameterns egenskap och kräver mycket fler upprepningar än vad vi kunde göra. I storruteförsöket var vattengenomsläppligheten låg i alven men mycket hög i matjorden. Statistiska skillnader för jämförelsen spår och spår fri yta saknades pga. stor variation inom respektive led.

Tabell 1. Skrymdensitet och mättad vattengenomsläpplighet år 2013 & 2016. Statistisk jämförelse gjordes parvis (spår vs spårfri) inom varje bearbetningssystem och signifikanta skillnader anges som olika bokstäver vid siffror. På Lydinge togs prov i 3 av 5 block

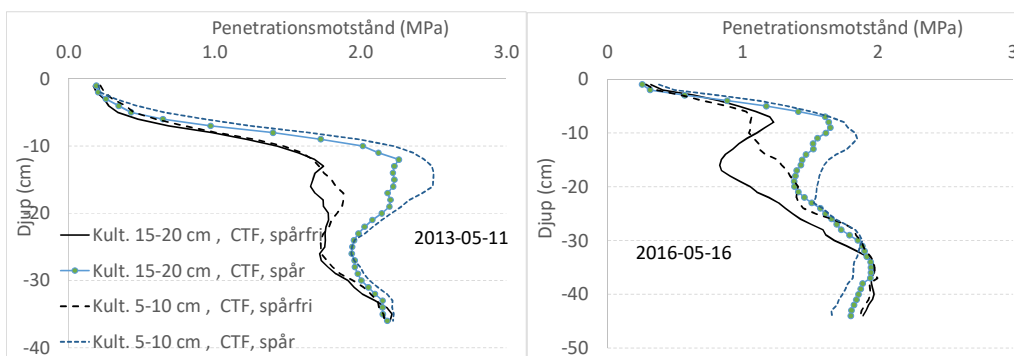
Försök och led	Skrymdensitet (g/cm ³)		Vattengenomsläpplighet (cm/h)	
	2013	2016	2013	2016
<i>Lönnstorp:</i>				
D0=djup PF, CTF, spårfri	1,29b	1,41a	8,4a	24,0a
D1=djup PF, CTF, spår	1,42a	1,45a	4,9a	18,6a
E0=grund PF, CTF, spårfri	1,30b	1,46b	9,9a	15,4a
E1=grund PF, CTF, spår	1,39a	1,59a	5,4a	12,3a
G0=direktsådd, CTF, spårfri	1,51a	1,49b	6,5a	22,3a
G1=direktsådd, CTF, spår	1,49a	1,56a	1,3b	15,7a
<i>Säby 1:</i>				
D0=djup PF, CTF, spårfri	1,20b	1,19b	78,5a	45,5a
D1=djup PF, CTF, spår	1,30a	1,31a	17,7b	3,0b
E0=grund PF, CTF, spårfri	1,26b	1,18b	65,6a	34,5a
E1=grund PF, CTF, spår	1,35a	1,29a	14,4b	21,2a
G0=direktsådd, CTF, spårfri	1,34a	1,35a	44,0a	44,6a
G1=direktsådd, CTF, spår	1,35a	1,35a	34,2a	25,5a
<i>Lydinge (matjord):</i>				
CTF, spårfri		1,32b		10,9a
CTF, spår		1,35a		11,5a
<i>Lydinge (alv):</i>				
CTF, spårfri		1,40a		0,26a
CTF, spår		1,41a		0,47a

Penetrationsmotstånd

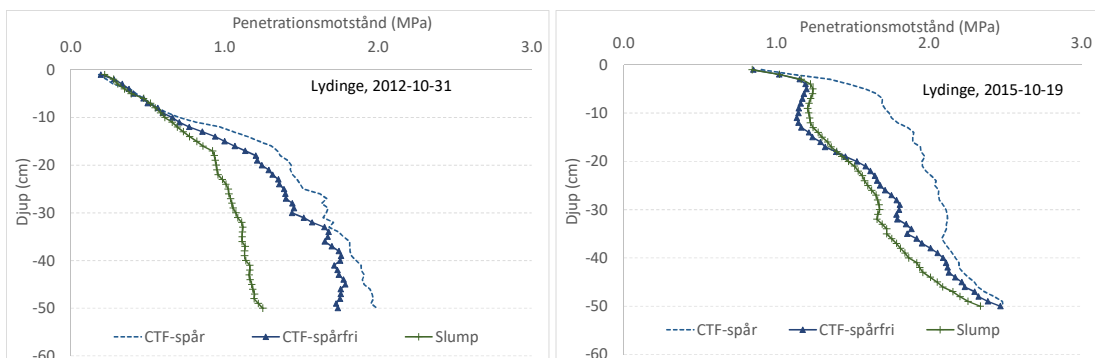
Penetrationsmotstånd på Lönnstorp visas i Figur 1. Både år 2013 och 2016 var penetrationsmotståndet högst i spår i ledet med grund kultivering och lägst i spårfri yta i ledet med djup kultivering. Resultatet från Säby 1 (Figur 2) visade liknande mönster när det gäller skillnaderna mellan leden, men djupfördelningen av trycket var annorlunda. I Säby 1 nådde penetrationsmotståndet i matjorden högst värde vid bearbetningsdjupet för primär bearbetning och sjönk därunder. Penetrationsmotståndet i storruteförsöket visas i Figur 3. Högst motstånd mättes i spår, med tydligast skillnad år 2016. Figurernas utseende påminner om de från Lönnstorp. På alla försöksplatserna var vattenhalten vid mätningarna högre än eller nära fältkapacitet och penetrationsmotståndet var mycket lägre än 3 MPa, som betraktas kritisk gräns för rottillväxt (Schjønning & Thomsen, 2013). Däremot var de spårfria ytorna för luckra för optimal avkastning (Håkansson, 2000).



Figur 1. Penetrationsmotstånd på Lönnstorp.



Figur 2. Penetrationsmotstånd på Säby 1.



Figur 3. Penetrationsmotstånd på Lydinge.

Skörd

Skörd i försöken på Lönnstorp visas i Tabell 2. Leden jämförs genom att skörden från djup plöjningsfri odling (15-20 cm) med slumpvis körning sätts till 100. Grund plöjningsfri odling med slumpvis körning gav lika mycket eller större skörd än djup plöjningsfri odling. Skillnaden var i genomsnitt 5 % (ej signifikant), till fördel för grund bearbetning. Förutom djupluckring (led F) var skörden i spår och spårfri yta i medeltal lika stora oavsett bearbetningssystem. Ett undantag var dock i direktsådd år 2013 som misslyckades vid odling av höstraps. Detta berodde både på dålig etablering samt snigelskador.

Skörd i försöken på Säby 1 visas i Tabell 3. Liksom på Lönnstorp var skörden vid grund kultivering med slumpvis körning högre än vid djupkultivering med slumpvis körning. I detta försök var skörden i spår oftast högre eller mycket högre än i spår fria ytor. Anledningen bör vara att oftrafikerade ytor var för luckra och trafik i spår fungerade som återpackning (Håkansson, 2000). Ekipagen som använts i de traditionella försöken på Lönnstorp och Säby 1 var inte så tunga att man behöver ställa om till CTF.

Skörd i Lydinge anges i Tabell 4. I de handskördade rutorna var skörden i spår i CTF alltid lägre än vid slumpvis körning medan den var högre i fyra av sex år för spårfri yta jämfört med slumpvis körning. I medeltal gav CTF spår signifikant lägre skörd än spår fritt, med medeltal 88 respektive 103. Resultatet visar tydligt att packningen har sänkt skörden. Skördekartering av rutorna 2011-2016 gav i genomsnitt 1 % (ej signifikant) högre skörd för CTF än för slumpvis körning.

Tabell 2. Skörd på Lönnstorp 2011-2016, kg/ha och relativt för led B-H i förhållande till led A (= 100). Bokstäver anges vid signifikanta skillnader. Olika bokstäver vid siffror visar signifikanta skillnader mellan leden eller mellan spårfri och spår. Medeltal för CTF spårfri och spår beräknades för led D, E och G i relation till A, B respektive C. Höga signifikansnivån är (probvärde = 0,001) 2013 beror på direktsådda led, som gav mycket låg skörd pga. lågt plantantal till följd av dålig etablering samt angrepp av åkersnigel. Direktsådda led ingår inte i medeltal för CTF spårfri och spår år 2013

År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Medeltal
Gröda	H-vete	Korn	H-raps	H-vete	Korn	H. raps	
A=djup PF, slumpvis kg/ha	7610	10180a	4400a	11100	8310	4430	100
B=grund PF, slumpvis	113	97ab	110a	99	102	110	105
C=direktsådd, slumpvis	112	98ab	29b	104	104	92	102
D0=djup PF, CTF, spårfri	115	100a	103a	98	103	87	101
D1=djup PF, CTF, spår	117	94bc	101a	101	103	93	102
E0=grund PF, CTF, spårfri	109	92bc	99a	103	106	96	101
E1=grund PF, CTF, spår	114	100a	102a	105	106	87	102
F0=gr. PF, CTF, djupl., spårfri	120	94bc	110a	102	103	93	104
F1=gr. PF, CTF, djupl., spår	113	92bc	103a	102	108	88	101
G0=direktsådd, CTF, spårfri	109	90c	75a	104	101	90	99
G1=direktsådd, CTF, spår	102	87c	22b	103	95	91	96
H=plöjning, RTF, slumpvis	113	100a	112a	102	104	87	103
Probvärde	0,08	0,007	0,001	0,98	0,83	0,78	0,99
Medeltal, CTF, spårfri	113	94	104	102	103	92	101
Medeltal, CTF, spår	112	93	102	103	103	90	100
Probvärde	0,69	0,83	0,57	0,55	0,94	0,49	0,72

Tabell 3. Skörd på Säby 1 2011-2016, kg/ha och relativtal för led B-H i förhållande till led A (= 100). Bokstäver anges vid signifikanta skillnader. Olika bokstäver vid siffror visar signifikanta skillnader mellan leden eller mellan spårfri och spår. Medeltal för CTF spårfri och spår beräknades för led D, E och G i relation till A, B respektive C.

År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Medeltal
Gröda	Korn	Vårraps	Korn	H-vete	Korn	Vårvete	
A=djup PF, slumpvis kg/ha	4180b	2990	4420	7640	5930	5980	100
B=grund PF, slumpvis	107b	115	109	107	99	97	106
C=direktsådd, slumpvis	100b	109	85	107	100	98	100
D0=djup PF, CTF, spårfri	100b	102	89	106	104	107	101
D1=djup PF, CTF, spår	112ab	121	91	109	106	111	108
E0=grund PF, CTF, spårfri	99bc	92	83	105	108	98	98
E1=grund PF, CTF, spår	110ab	104	101	104	109	99	105
F0=gr. PF, CTF, djupl., spårfri	92c	103	86	99	100	98	98
F1=gr. PF, CTF, djupl., spår	111ab	105	99	102	99	101	103
G0=direktsådd, CTF, spårfri	93c	101	89	98	101	98	97
G1=direktsådd, CTF, spår	110ab	100	89	106	100	100	101
H=plöjning, slumpvis.	124a	108	104	103	113	94	108
Probvärde	0,02	0,89	0,09	0,11	0,4	0,82	0,075
Medeltal, CTF, spårfri	96b	100	87b	102	103	100	98b
Medeltal, CTF, spår	111a	108	95a	105	104	103	104a
Probvärde	0,004	0,18	0,045	0,246	0,92	0,51	0,001

Tabell 4. Skörd på Lydinge 2011-2016, relativtal i förhållande till slumpvis körning. Separat skörd i spår och i spårfria ytor skedde för hand. Olika bokstäver vid siffror visar signifikanta skillnader mellan leden eller mellan spårfri och spår

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Medeltal
Slumpvis	100ab	100ab	100a	100a	100a	100a	100a
CTF, spår	82b	94b	86a	98a	80a	80a	88b
CTF, spårfri	105a	113a	96a	105a	93a	101a	103a
Probvärde	0,032	0,033	0,48	0,83	0,085	0,199	0,001

Diskussion

Hypotesen för detta projekt var att begränsning av fälttrafik till mindre yta av fältet skulle leda till högre skörd. Metoden testades i olika bearbetningssystem, i t.ex. den grunda plöjningsfria odlingen. Vid kontinuerlig grund plöjningsfri odling kan matjorden under bearbetningsdjupet förtätas pga. slumpvis körning. Med fasta körspår (CTF) skulle man kunna hantera packningsproblemen i dessa system. De markfysikaliska mätningarna år 2013 och 2016 visade att CTF hade avsedd effekt, med lägre skrymdensitet, lägre penetrationsmotstånd och snabbare vattentransport då marken inte överfarits av hjul. Samtidigt var inte

skrymdensiteten och penetrationsmotståndet i spår så höga att det skulle leda till skördeminskning. Därför var skörden över lag heller inte högre i CTF än vid slumpvis körning. På Säby 1 uppmättes t.o.m. 6 % signifikant högre skörd i spår än i spårfria ytor. Vi vet sedan tidigare att varken för lucker eller för packad jord ger hög skörd. För att maximera skörden behövs det skonsam återpackning efter plöjning (Håkansson, 2000). Våra försök pekar på att det finns ett återpackningsbehov också vid plöjningsfri odling. Även om de här redovisade försöken inte visade någon skördehöjande effekt kan det ändå vara motiverat att i vissa fall koncentrera spår. Det gäller framför allt för att begränsa spåren vid användning av för tunga fordon, t.ex. stallgödselspridare. Fordon som använts i de traditionella försöken var inte särskilt tunga. Det kan naturligtvis inte heller uteslutas att effekter av CTF på skörd skulle ha kunnat vara mer positiv på andra jordar än de som testades här.

Slutsatser

- Det var signifikanta skillnader i packningstillstånd (skrymdensitet och vattengenomsläpplighet) mellan trafikerade och otrafikerade ytor i några led (trafikerade ytor var mer packade än otrafikerade) men packningsgraden var inte på en nivå som skulle orsaka skördeminskning.
- Därför har fasta körspår i medeltal inte haft någon skördehöjande effekt varken i traditionella försök eller i försök som bedrevs på en CTF gård.
- Fordonsspår på Säby 1 har haft signifikant positiv effekt på skörden och indikerar att även plöjningsfri odling kan behöva en viss återpackning.

Publikationer

Holm, L. *et al.* (2017). Fasta körspår – Skördepotential och effekter på markstruktur. Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie vol 2017:13, SLU, Alnarp.
<https://pub.epsilon.slu.se/cgi/search/advanced>

Resultat från projektet har presenterats årligen i Jordbearbetningens årsrapport; 2011 (nr 121. s. 57-61), 2012 (nr 125. s. 50-53), 2013 (nr 128. s. 57-64), 2014 (nr 132. s. 45-50), 2015* (nr 135. s. 43-48) och 2016 (ännu ej publicerad).
[http://www.slu.se/institutioner/mark-](http://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/forskning/jordbearbetning/langliggande-forsok/jordbearb-rapport/)

[miljo/forskning/jordbearbetning/langliggande-forsok/jordbearb-rapport/](http://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/forskning/jordbearbetning/langliggande-forsok/jordbearb-rapport/)
*Arvidsson, J., Holm, L., Etana, A., Lejon, L., Andersson, M. (2016). Fasta körspår – skördepotential och effekt på markstruktur. I: Myrbäck, Å. (red). Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2015, nr 135. s. 43-48. SLU, Uppsala.

Holm, L. *et al.* (2016). Fasta körspår – Skördepotential och effekter på markstruktur från 6 års försök. I: Germundsson, L (red) och Servin D (red). 2016. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet. Nr 69. s. 26:1-26:4. SLU, Alnarp.

Lejon, L (2014). Effekt på mark och gröda av olika bearbetningssystem, med och utan CTF. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU Uppsala 2014. Nr 2014:05. http://stud.epsilon.slu.se/6958/1/lejon_1_140701.pdf

Andersson, M. (2014). Fasta körspår till framtiden: markstruktureffekter i CTF-odlingssystem. Examensarbete, Lantmästar-kandidatprogram, SLU Alnarp. http://stud.epsilon.slu.se/6612/1/andersson_m_140412.pdf

Vetenskaplig publikation är påbörjad. Preliminär titel: Effects of different tillage systems and CTF on soil physical properties and crop yield in south and east Sweden.

Resultatförmedling till näringen

Nedan anges den resultatförmedling i urval som gjorts för försöksår 4-6. För år 1-3, se SLF-rapport H0960099.

- 7 december 2016 – presentation på konferensen ”Södra jordbruksförsöksdistriktet: Växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö den 6 och 7 december 2016”, 180 deltagare
- 12 januari 2017 – presentation på konferensen ”Regional växtodlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla den 12-13 januari 2017”, > 100 deltagare
- 7 februari 2017 – presentation på odlarträff i Väderstad för Lovanngruppens rådgivarkunder, ca 65 deltagare
- 20 mars 2017 – presentation för Västra Skånes försöksring, ca 20 deltagare (lantbrukare)
- Inslag på *Lantbruksnytt* (webb-tv), <http://www.lantbruksnytt.com/tv/>, program 150417, från tiden 4:27-7:30
- Niléhn, F. 2016. Räkna inte med skördehöjning i CTF. *Lantbruksnytt.com* (webbtidning). 2016-12-16. <http://www.lantbruksnytt.com/rakna-skordehojning-ctf/>

Referenser

- Hamza, M.A. & Anderson, W.K. (2005). Soil Compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82, 121-145.
- Håkansson, I. (2000). Packning av åkermark och maskindrift. Omfattning – effekter – motåtgärder. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr. 99. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Raper, R.L. (2005). Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42, 259-280.
- Roberts, T.L. och Johnston, A.M. (2007). Tillage intensity, crop rotation and fertilizer technology for sustainable wheat production north American experience. I: Buck H.T. m.fl. (red). (2007). *Wheat production in stressed environments*, 175-187.
- Schjønning, P & Thomsen, I.K. (2013). Shallow tillage effects on soil properties for temperate-region hard-setting soils. *Soil & Tillage Research* 132: 12–20.
- Tullberg, J.N., Yule, D.F., McGarry, D. (2007). Controlled traffic farming— From research to adoption in Australia. *Soil & Tillage Research* 97, 272–281.