



**Examensarbete inom Lantmästarprogrammet**

# **KONTROLLERAD TRAFIK I FÄLT ETT ODLINGSSYSTEM FÖR SVERIGE?**

## **CONTROLLED TRAFFIC IN FIELD- A CULTIVATION SYSTEM FOR SWEDEN?**

**Johan Eklund**

**Handledare: Johan Nilsson  
Examinator: Sven-Erik Svensson**

**Sveriges lantbruksuniversitet**

**Alnarp 2007**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två- årig högskoleutbildning vilken omfattar 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

Jag har själv varit intresserad av ett system med kontrollerad trafik i fält efter min praktikperiod i Australien och ville därför undersöka möjligheterna till detta odlingssystem i Sverige.

Ett varmt tack riktas till handledare Agronom Johan Nilsson, SLU Alnarp. Inspektör Jan Jönsson, Lydinge Jordbruk AB, Bjuv som bidragit med sina erfarenheter och kunskaper inom ämnet kontrollerad trafik. Jag vill också tacka maskinförsäljare Johan Dalqvist, Maskingruppen AB Ängelholm för information om Horsch maskinsystem. Även riktas ett tack till Product Line Manager Bengt Jordy, Svenska John Deere AB, Malmö som bidragit med information om satellitnavigering av lantbruksmaskiner.

Alnarp i maj 2007

JOHAN EKLUND

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	3
SUMMARY.....	5
INLEDNING.....	7
BAKGRUND.....	7
PROBLEMATIK.....	7
AVGRÄNSNING.....	8
LITTERATURSTUDIE.....	9
VAD INNEBÄR CTF ( <i>CONTROLLED TRAFFIC FARMING</i> ), KONTROLLERAD TRAFIK MED FASTA KÖRSPÅR? VILKA KONSEKVENSER GER MARKPACKNING FÖR VÄXTODLING?.....	12
KAN ETT SYSTEM MED CTF SPARA ENERGI VID ETABLERING AV SPANNMÅLSGRÖDA?.....	17
VILKEN UTRUSTNING OCH TEKNIK KRÄVS FÖR CTF?.....	18
INTERVJU.....	21
LYDINGE JORDBRUK AB.....	21
METOD.....	23
TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	23
RESULTAT.....	26
DISKUSSION.....	28
GRÖDANS KOMPENSATIONSFÖRMÅGA OCH MATJORDENS PACKNINGSGRAD.....	28
ENERGIBESPARING.....	28
GÅRDSSTORLEK OCH ARBETSBREDD.....	29
INVESTERINGSUTRYMMET.....	29
SLUTSATSER.....	30
REFERENSER.....	31
SKRIFTLIGA.....	31
SIDOR PÅ INTERNET.....	32
MUNTliga.....	32
BILAGOR.....	33
BILAGA 1.....	33
BILAGA 2.....	34
BILAGA 3.....	35
BILAGA 4.....	36
BILAGA 5.....	37

## SAMMANFATTNING

Dagens jordbruksmark är till olika grad onödigt packad till följd av tunga maskinsystem. För att återskapa odlingsjordens optimala porositet måste jorden årligen luckras. Jag ville i mitt arbete undersöka om åkerjordens normala porositet kan återskapas om den generella jordpackningen begränsas och den optimala växtplatsen uppnås med hjälp av ny precisionsodlingsteknik och hur det i så fall påverkar den totala energiförbrukningen och lönsamheten under svenska förhållanden.

Controlled Traffic Farming eller Kontrollerad trafik i fält innebär en minimering av den generella skadliga jordpackningen som verkar skördenedsättande. Odlingsystemet bygger på att man inrättar fasta spår i fälten dit all maskintrafik härleds. Jordpackningen koncentreras på så vis enbart till själva körspåren i fältet. För att kunna praktisera odlingsmetoden anpassas alla maskiner till samma spårvidd och jordbruksredskapens arbetsbredd anpassas i moduler som är udda multiplar av varandra.

För att minimera andelen spår som ger lägre skörd lämpar sig ett odlingsystem med fast körspår bäst i plöjningsfri odling av tröskgrödor som ger möjlighet till stora bearbetningsbredder. För att kunna återkomma till exakt samma spår vid varje tillfälle år efter år måste man ta hjälp av någon form av satellitnavigeringsutrustning på sina lantbruksmaskiner, företrädesvis automatisk styrning.

I Sverige finns en gård (Lydinge Jordbruk AB, Bjuv) som anammat odlingsystemet tillsammans med en övergång till plöjningsfri odling. På gården kan man efter två år se positiva konsekvenser: jorden reder sig lättare inför sådd och insatserna i form av diesel och arbetstimmar i fält har reducerats starkt.

För att bedöma lönsamheten i odlingsystemet användes information från min litteraturstudie. Alla beräkningar gjordes på fiktiva gårdar som kom att omfatta 200, 600 och 900 hektar. Maskinbredderna på de olika gårdarna antogs till 6, 8 respektive 9 meter efter driftsomläggningen till kontrollerad trafik. För att bedöma skillnaden mellan odlingsystemen gjordes parallella beräkningar på övergång från plöjd respektive plöjningsfri odling

Från respektive gårds skördevärde justerades förändringar och konsekvenser till följd av omläggning till kontrollerad trafik. Skördeökning på icke packade delar av fältet fastställdes till 4,2 procent. Spårbredden antogs till 50 centimeter samt att grödan kompenserar skördebortfallet med 50 procent i de osådda spåren. Körspåren antogs varken jordbearbetas eller besås. En effektivitetsbesparing till följd av automatisk styrning via RTK- satellitnavigering bestämdes till 10 procent för vissa körslor.

När skördevärdet korrigerats visar det sig att kostnaden för skördebortfall som är ett resultat av osådda spår inte kan uppvägas av ökad skörd på grund av minskad markpackning samt minskad energiförbrukning för etablering av ny gröda. Inget utrymme för modifieringar och nyinvesteringar finns på någon av gårdarna. Per hektar blir förlusten 253 kr för gården på 200 hektar, 99 kr för gården på 600 hektar och 50 kr för gården på 900 hektar.

Om skördeökningen istället antas till 10 procent blir det ekonomiska resultatet per hektar och år positivt för samtliga gårdar. Per hektar blir vinsten 192 kr för gården på 200 hektar, 356 kr för gården på 600 hektar och 409 kr för gården på 900 hektar.

Vid bedömningen av mitt resultat måste man ha i åtanke att ett flertal försök och undersökningar sammanställts i samma kalkyl. Resultatet har på så vis många felkällor och kan därför inte vara överförbart till en verklig gård. Odlingsystemet med fasta körspår kan troligtvis ge många andra fördelar och nackdelar som inte innefattas i detta arbete. Resultatet bör därför ses som en vägledning.

## SUMMARY

The cropping of today is different extent unnecessary packed because of heavy farm-machinery system. To recover the topsoil to optimal pore the soil normally need to be loosen every year. In my job I like to examine if the farm- soil normal pore recover if the general soil- packing can be limited and the optimal plant-place achieve in help of new precision- growing- technology and how that will affect the total energy use and economy for Swedish farmers.

Controlled Traffic Farming means that you reduce the generally soil-compaction witch results in increase yield. This growing system concentrates all traffic in field to certain wheel tracks in the field, in that way the soil- compaction concentrate just to the wheel tracks. To be able to practice this method you need to modify all the farm machinery to same axel width and give all farm equipment the same width or a width that is multiply with each other. To make the area of tramlines as small as possible the controlled traffic system is best then using reducing tillage in combination with a crop rotation with cereals and other crops that's possible to harvest with a combine- harvester. That's make the space between tracks wider. To be able to come back to the same tramline for every operation it is necessary use some kind of satellite- guides and auto steer of farm machinery. Different price and precision are available on the market.

In Sweden there is one farm (Lydinge Jordbruk AB, Bjuv) that has adapted the system with controlled traffic in field together with changeover to reducing tillage. After two years with the cropping- system there is positive effects of the soil. It is easier to prepare the soil for sowing and input of diesel and labour has been strongly reduced.

To estimate the profitability for controlled traffic farming I used information from my litterateur studies. All calculations have been made on fictitious farms, 200, 600 and 900 hectares of cropping. The width of the machinery suppose to 6, 8 and 9 meters after the changeover to controlled traffic. As a ground to the calculation I decided field operations, and capacity for every machine. Parallel calculations were made to see the difference between plough and reduced tillage. Some of the operations were calculate with reducing of overlap because of using satellite navigation.

Adjustments were then made from the yield- value as a consequence of changeover to controlled traffic for every fictitious farm.

Track wide set to 50 centimetre, compensation of yield lose to 50 % in the track and 4,2 % increase yield for non- trafficked area. The tramline area wasn't tilled or sown. When the calculations were done, money for modification and investment as a consequence of changeover to controlled traffic farming remind.

My result appear that yield lose as consequence of non sown tramlines wasn't big enough to compensate for increase of yield based on the non- traffic area and drop of manpower and energy. The income per hectare drop -253 SEK for the 200 hectare farm, -99 SEK for the 600 hectare farm and -50 SEK for the 900 hectare farm. The changeover from plough to reduced tillage and controlled traffic gave increase of the

returns for all three farms. Calculation with 10% increase yield for non- traffic area instead of 4% give increase of income from all three farms.

My result is a compilation of many different research results putting together in one calculation. From that point of view my result got lots of source of error and can't be used on real farms. There are probably plenty of benefits and challenges in this way of cropping. See this document just as guidance.

## INLEDNING

### BAKGRUND

I mitt arbete som lantbrukspraktikant i Australien 2004 kom jag i kontakt med ett flertal av Australiens jordbruksfacktidningar. Här beskrevs en teknik där man inrättade fasta spår i fälten för att återskapa en lucker struktur i den omkringliggande jorden. Jordpackningen koncentrerades på så vis enbart till själva körspåren i fältet. För att kunna praktisera odlingsmetoden anpassades alla maskiner till samma spårvidd och jordbruksredskapens bredd anpassades till ett modulsystem. Redan på plats i Australien kom tanken på att överföra detta system till nordiska lerjordar som ofta påverkas skördenedsättande av skadlig markpackning orsakat av dagens tunga jordbruksmaskiner. Under de senaste åren har odlingsystem med fasta körspår även uppmärksammats i svensk lantbrukspress främst med fakta från en dansk gård, Ole Green, Green Agro.

### PROBLEMATIK

Den optimala växtplatsen måste motsvara fröets och plantans krav på vatten, luft och värme i lagom mängder. Dagens jordbruksmark är till olika grad onödigt packad till följd av tunga maskinsystem. För att återskapa odlingsjordens optimala porositet måste jorden årligen luckras. Kan den generella jordpackningen begränsas och den optimala växtplatsen uppnås med hjälp av ny precisionsodlingsteknik samtidigt som den totala energiförbrukningen minskas? För att besvara ämnet använder jag mig i arbetet av nedanstående frågeställningar.

- Vad innebär CTF (*Controlled Traffic Farming*), kontrollerad trafik med fasta körspår?
- Vilka konsekvenser ger markpackning för växtodling?
- Kan ett system med CTF spara energi vid etablering av spannmålsgröda?
- Vilken utrustning och teknik krävs för CTF?
- Kan övergång till CTF vara lönsamt för en svensk spannmåls gård?



## **AVGRÄNSNING**

För att begränsa omfattningen av mitt arbete kommer jag bara att beröra problematik och möjligheter med odlingssystemet kontrollerad trafik i ”normal” spannmålsodling och då inte i växtföljder innehållande olika specialgrödor såsom sockerbetor, potatis eller gröna ärter. Likaså kommer teknik för gräsvallsodling inte att beröras i arbetet.

## LITTERATURSTUDIE

### VAD INNEBÄR CTF (*CONTROLLED TRAFFIC FARMING*), KONTROLLERAD TRAFIK MED FASTA KÖRSPÅR?

Grunden i begreppet Controlled Traffic Farming eller Kontrollerad trafik är att ta väl hand om sin jord genom att minimera den generella skadliga jordpackningen som verkar skördenedsättande. Odlingsystemet bygger på att man inrättar fasta spår i fälten dit all trafik härleds. Jordpackningen koncentreras på så vis till själva körspåren i fältet. För att kunna praktisera odlingsmetoden anpassas alla maskiner till samma spårvidd och jordbruksredskapens bredd anpassas i olika moduler som är multiplicerbara med varandra. Det kan till exempel röra sig om jordbearbetningsredskap på 6 meter, såmaskin på 6 meter, ogrässpruta och gödningsspredare på 18 meter och en skördetröska med 20 fots skärbord (CTF, [www](#)).

I den med fasta körspår är inte ny, under 1980-talet utvecklade den brittiska forskaren Tim Chamen ett system med fasta körspår (Munkholm, 2006). Maskinen Tim använde var en israelisk redskapsbärare (*Gantry*) med ett tvärställt ramverk. Redskapsbäraren kan beskrivas som en traktor kapad längs med ramen och sedan sammanfogad igen genom ett ramverk på upp till tio meter. Redskapsbärarens spårvidd blir därmed enorm. Gantry-maskinen som användes på 1980-talet hade en spårvidd på 5,8 meter. Redskapsbäraren användes till all jordbearbetning, sådd och ogräsbekämpning. Begränsningarna med Tims system var att redskapsbärarens spårvidd blev 5,8 meter vilket medförde att skördetröskan inte kunde anpassas till samma körspår/spårvidd. Skördetröskan får istället köra som vanligt utan att följa spåren. Odlingsystem med redskapsbärare och fasta körspår förekommer fortfarande i Storbritannien med gott resultat (CTF, [www](#)).

Erfarenheterna från odling med fasta körspår är som störst i Australien och här brukades 2006 över en miljon hektar enligt principen. Australiensiska lantbrukare var tidiga att anamma teknik med satellitnavigering och automatisk styrning av jordbrukets maskiner för att minimera överlappningen från mycket breda jordbruksmaskiner. Andra orsaker är att den luckra jord som skapas i och med odlingsystemet fångar upp häftiga regn, därmed tillvaratas värdefullt regnvatten istället för som tidigare sköljas bort (Pedersen, 2006).

De senaste åren har intresset för odlingsystem med fasta körspår även ökat i Europa, troligtvis av flera anledningar (Munkholm, 2006).

1. Dagens lantbruk förändras mycket snabbt till följd av strukturrationalisering. Strukturrationaliseringen leder till att varje driftsenhet i jordbruket odlar allt större arealer. Orsakerna till strukturrationaliseringen är ofta försämrad lönsamhet i lantbruksföretag som bland annat grundar sig i; stigande energipriser, låga

spannmålspriser samt skärpta miljöåtaganden. För att minska kostnaderna i sin odling använder man sig ofta av allt större och effektivare maskiner. Många gånger söker man sig också ifrån konventionella brukningsmetoder med plog och harv till förmån för den plöjningsfria odlingen i hopp om att spara energi vid grödetablering. De som börjar bruka sin jord enligt ett plöjningsfritt system inser ofta att energibesparingarna inte blir så stora då jorden måste bearbetas djupt för att ge lucker jord till kärna och rötter samt inser behovet av att åtgärda jordpackningsskador orsakade av tunga maskiner (Munkholm, 2006).

2. Tekniken för att i fält guida och automatiskt styra jordbruksmaskiner via satelliter har på senare tid blivit allt mera utbredd och billigare.

För att genomföra en driftsömläggning till ett system med fasta körspår måste en rad förutsättningar uppfyllas och genomföras på den enskilda gården:

- Ju större arbetsbredder som används på maskinerna ju mindre del av arealen går bort till de fasta körspåren. Hur stor del av ytan som går bort på grund av spår är också beroende på hur breda hjul som används och hur många såbillar man väljer att plocka bort från såmaskinen (CTF, [www](#)). Hur stora skördeförlusterna i sin tur blir är beroende av grödans förmåga att kompensera sig. I ett 20-tal skånska försök mättes grödans kompensationsförmåga. Grödan med anlagda körspår gav i genomsnitt 0,3 procent lägre skörd jämfört med obehandlad gröda utan anlagda spår. Skördeförlusterna på vändtegsarealen var i genomsnitt 7,7 procent. I försöket användes en 12 meters burens ogrässpruta, traktorn var utrustad med radodlingshjul och bekämpningen skedde i höstvetete, stadie DC 55. Genomsnittet beräknades till 0,8 procent för hela fältet (normal arrondering) (Folkesson m.fl., 1998). Enligt CTF ([www](#)) kan man räkna med cirka 50 procents skördesänkning i hjulspåren. Ofta används tröskans arbetsbredd som utgångspunkt för hur breda moduler man använder. I Europa är skärbordsbredder om 6, 8 eller 9 meter vanliga. Utanför Europa ända upp mot 12 meters skärbordsbredd (Pedersen, 2006).
- Likaså vid bestämning av spårvidd utgör oftast tröskan grunden. Spårvidden på en tröska med skärbord om 6 till 9 meter har en spårvidd på cirka 3 meter (Deere, [www](#)). För att anpassa övriga maskiner på gården måste de modifieras med hjälp av förlängningsaxlar eller olika fälgdistanser (Pedersen, 2006).
- Det har visat sig att odlingsystem med fasta körspår passar bäst i odling av grödor som kan skördas med en skördetröska så som spannmål, trindsäd och oljeväxter. Mindre lämpliga grödor är t.ex. potatis, orsaken är att skörden sker med allt för smala upptagare. Odling av vallgräs skulle kunna anpassas till ett system med fasta körspår (Pedersen, 2006).
- Stor omsorg bör läggas på att planera hur och var de fasta körspåren skall placeras i fältet. I planeringen måste man ta hänsyn till transportavstånd av gödsel och spannmål i fält för att minimera tomtransporter. Vissa mindre tillgängliga delar av fälten kan vara bättre att träda för att uppnå optimala kördrag (Pedersen, 2006).

- Om odlingsystemet med fasta körspår skall utnyttjas fullt ut måste någon form av plöjningsfri odling tillämpas för att nå acceptabel bredd mellan körspåren (Pedersen, 2006). Den plöjningsfria odlingen i sin tur kan ge flera begränsningar i växtodlingen. En balanserad växtföljd blir allt viktigare för att kontrollera förekomsten av växtpatogener även om försök visar att det går att kontrollera med fungicidbehandling. Lägligheten för bearbetning blir också mera betydelsefull då plöjningsfri odling under blöta förhållanden ger lägre skördeutbyte. Plöjningsfri odling passar sämre på lätta jordar. Lätta jordar har större behov av luckring samt ger större problem med svampsjukdomar samtidigt som plogen går förhållandevis lätt i jämförelse med ett redskap för plöjningsfri odling på dessa jordar (Arvidsson, 2004). Det kan också vara lämpligt att starta med fasta körspår en tid efter att man lagt om sin växtodling till plöjningsfritt och inte har för stora problem med roto-gräs (CTF, [www](#)).
- Av erfarenheter är det bra att gå in i odlingsystemet med fasta körspår ett år då det inte varit mycket blött och jorden därmed blivit onormalt packad (CTF, [www](#)). Under blöta år kan de permanenta hjulspåren bli förstörda om körningar på fältet utförs under olämplig tidpunkt. Spåren som inte är beväxta kan också ge problem med jorderosion. Problem med spårbildning och jorderosion kan till viss del förebyggas med hjälp av öppna vattenavledningsrännor parallellt med körspåren. Om skador på spåren uppkommer kan de åtgärdas genom att förflytta jordmassor på skrå mot körspåren med specialbyggda sladdar eller roterande diskar. Av erfarenhet uppkommer alltid viss spårbildning i svackor där stora vattenmassor är svåra att förflytta (CTF, [www](#)). För att undvika sönderkörning av spåren kan man växla körspår från ett år till ett annat med redskap som täcker flera kördrag, exempelvis ogrässpruta och gödnings-spridare (GRDC, [www](#)).

## VILKA KONSEKVENSER GER MARKPACKNING FÖR VÄXTODLING?

I och med jordbrukets mekanisering har man varit medveten om maskinernas negativa inverkan på jordens egenskaper, i dagligt tal omtalat främst som jordpackning eller markpackning.

De första maskinerna som användes inom jordbruket var av ringa vikt och påverkade främst matjordslagret negativt. Till följd av större arealer per lantbruksenhet samt ökade produktivitetskrav växte storleken på lantbrukets maskiner. De första lantbruksmaskinerna hade en vikt på ett fåtal ton. Under 1980- talet introducerades lantbruksmaskiner med en totalvikt över 25 ton. Dagens maskiner för jordbearbetning, etablering och skörd är tunga nog att försämra porositeten både i matjordslagret och i den underliggande alven. Den packning som förorsakas i alven är av stor betydelse då den är mycket svår att åtgärda till skillnad mot matjordspackningen som till viss del kan repareras genom luckring med hjälp av olika jordbearbetningsredskap (Håkansson, 2000).

I ett normalförhållande innehåller en matjord cirka 50 procent fast material (jordpartiklar och humus) resterande 50 procent av matjorden utgörs av porer som kan vara fyllda med antingen vatten eller luft. Porererna i jordmassan är nödvändiga för att tillhandahålla en god plats för växten (Håkansson, 2000).

När man pratar om mark- eller jordpackning menar man egentligen ett riktat yttre tryck större än jordens bärförmåga. Bärförmågan kan förklaras som det tryck en jord håller i dess porer. Trycket mot jorden leder till utdrivning av luft ur jordmassan vilket i sin tur ger en sammanpressning av jorden och minskar dess totala porositet. En åkerjords packning definieras som packningsgrad och bestäms av förändring av skrymdensiteten i procent från ett standardiserat tryckförhållande om 200 kPa. En minskning av porositeten leder alltså till en ökad skrymdensitet hos en jordvolym. Åkerjordens grad av packning påverkas av en lång rad faktorer bland annat:

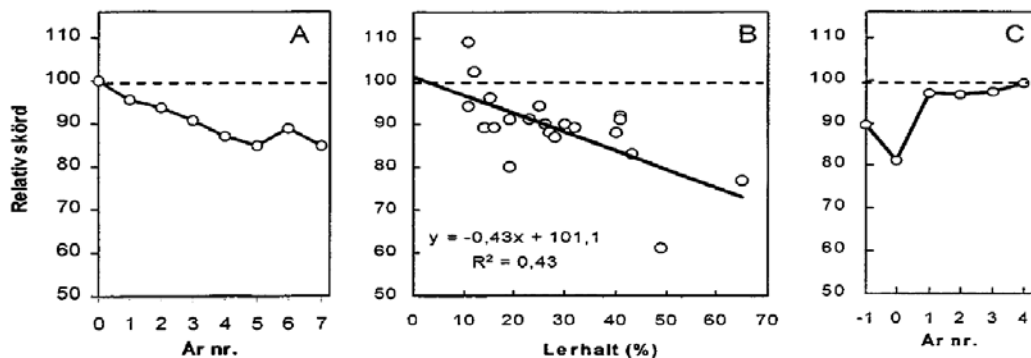
- Hjullast
- Aktuellt tryckt i understödsyta
- Slirning
- Däckdimension
- Däckkonstruktion
- Ringtryck
- Framkörningshastighet
- Antalet överfarter

Utöver de ovanstående parametrarna påverkas graden av packning med väderlek och systemval för grödetablering (Håkansson, 2000; Arvidsson, pers, medd., 2007).

Generellt är en lucker jord mera packningskänslig. Lucker jord är mindre motståndskraftig mot yttre tryck och ger på det viset en stor volymminskning (Håkansson, 2000). Den första körningen ger på så vis upphov till mest packning (CTF, www). Om körningarna skulle upprepas i samma spår kommer det i normalfallet för varje fördubbling av antalet överfarter ge samma volymminskning. Det kan också uttryckas som att den ackumulerade packningen av jorden ökar logaritmiskt med antalet överfarter. Detta gäller så länge det finns luft kvar i jorden (Håkansson, 2000).

Jordbruksmaskiners hjulutrustning och axelvikt bestämmer hur stort marktrycket blir. Hjulasten bestämmer i sin tur hur djupt packningen sträcker sig och därmed hur alven påverkas. Över 3 ton är inte att rekommendera. Maskinens däckutrustning och ringtryck har också betydelse för matjordslagrets packning. Ett däcks ringtryck i fält bör underskrida 0,8 kPa (Fågelfors, 2001).

I försök utförda under 1990- talet har Arvidsson och Håkansson studerat matjordens återhämtningsförmåga efter kraftig jordpackning. Jorden belastades årligen i sju år med en upprepad axellast om cirka 5 ton, totalt 350 tonkm. Enligt Arvidsson och Håkansson är omkring 150 tonkm normalfallet vid spannmålsodling. Efter sju år upphörde packningen och jordens återhämtningsförmåga fastställdes under en 5-årsperiod (figur 1). Försöket plöjdes årligen, plöjningen snabbar troligtvis på jordens återhämtningsförmåga jämfört med om jorden inte plöjs.



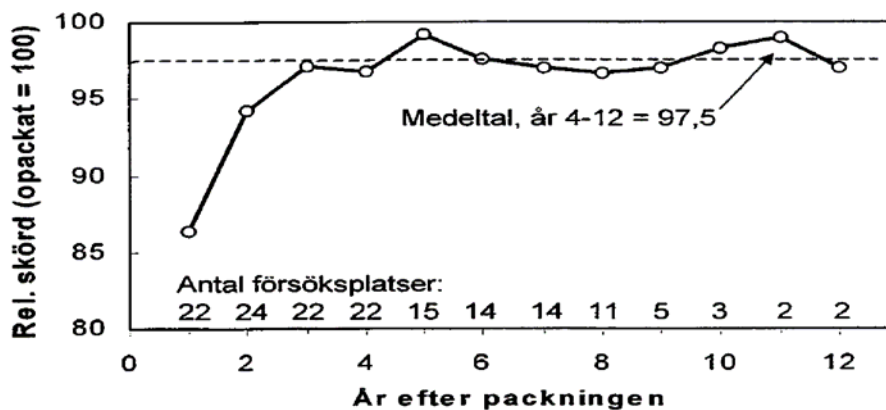
Figur 1. Jordpackningens efterverkningar efter sju års upprepad packning  
 A. Relativ skörd från försökets start till och med år sju.  
 B. Relativ skörd beroende på lerhalt, från år 4 till och med år 8.  
 C. Relativ skörd efter att packningen upphört, packningen upphör år noll.  
 (Håkansson, 2000).

I samma försök mättes markfukt, körintensitet samt ringtryckets betydelse för grödans avkastningsnivå. Körning under våta förhållanden fördubblade skördesänkningen jämfört med normalfuktighet. Det högre ringtrycket gav i genomsnitt 50 procent större skördesänkning jämfört med det lägre ringtrycket (tabell 1). Samma försök visar att lerhalten har mindre betydelse för hur lång matjordens återhämtningstid efter packning blir. Matjorden återhämtar sig efter omkring 4-5 år om packningen upphör oavsett jordart (Håkansson, 2000).

Tabell 1. Körintensitet och ringtryckets påverkan på skördeutfallet vid olika markfuktighet (Håkansson, 2000)

Körintensitet och ringtryck	Normalfuktigt	Vått
Ingen körning	- 100 -	
120 tonkm per ha, 100 kPa	96	89
350 tonkm per ha, 100 kPa	90	78
350 tonkm per ha, 300 kPa	85	-

Vid en annan studie om 24 försök på varierande jordarter genomförda i Nordeuropa och i Nordamerika undersökte man konsekvenserna av att packa alven. En maskin med 10 tons axelbelastning kördes fyra gånger över samma yta vid ett engångstillfälle. Kommande 12 år undersöktes jordens återhämtningsförmåga genom skördemätning (figur 2). Skördarna sänktes kraftigt de första åren för att sedan öka. Samtliga jordarter reagerade med negativ avkastning och inga tecken på fullständig återhämtning kunde ses efter 12 år.

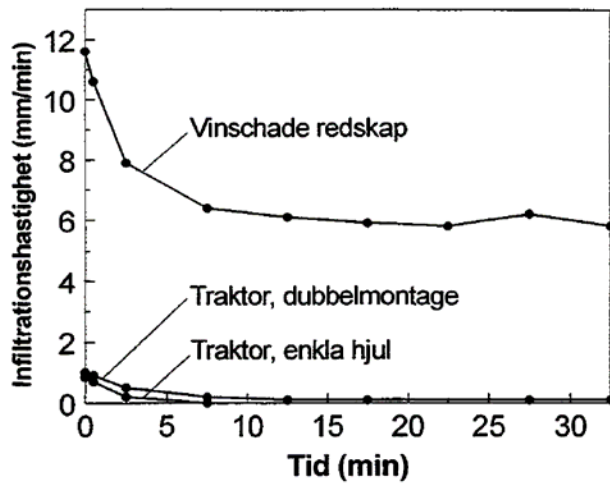


Figur 2. Alvens återhämtningsförmåga efter packningskador, (Håkansson, 2000).

Packningen av jorden skiljer sig beroende på om jorden är fuktig eller torr. I laboratorier görs mätningar på olika fuktighet. Dessa studier visar att vattenmättad jord har svårare för att packas. Detta beror på att vattnet har mycket svårare att tryckas ur jordporerna i förhållande till luft. De studier som gjorts i laboratorier bör inte överföras direkt till verkliga förhållanden. Jordbruksmaskinernas hjul slirar ofta mycket under blöta förhållanden och på så vis ältas och packas jorden kraftigt (Håkansson, 2000).

När åkerjorden utsätts för packning påverkas i stort sett alla dess egenskaper och processer på något vis. Förändringarna rör jordens fysiska, kemiska, biologiska, ekologiska och miljömässiga egenskaper vilka alla har stor betydelse för den växtlighet som finns på och i jorden. Främst påverkas jordens totalvolym genom sammanpressning av dess porer. I första hand påverkas de stora luftfickorna i marken så som maskgångar, sprickor och ytan mellan större aggregat. Den fasta jordvolymen blir dock oförändrad. Sammanpressningarna av porerna ger i sin tur svårigheter för växrötternas penetrationsförmåga och utväxling av vatten, luft och värme. Mest påtagliga konsekvenser av packning är jordens infiltrations förmåga (figur 3). I de stora luftfyllda porerna som

normalt förekommer i jorden skapas ett stort undertryck som inte förmår att hålla vatten utan gör så att porerna töms på vätska (Håkansson, 2000).



Figur 3. Infiltrationshastighet i 20-årigt packningsförsök på mycket styv lera (Håkansson, 2000).

Liksom infiltrationsförmågan har rötternas penetrationsförmåga och tillstånd stor betydelse för jordens skördeutbyte. I en jord med lågt penetrationsmotstånd växer stråsädesrötterna med en hastighet av cirka 1 mm per timme för att nå 1,5 till 2 meters djup runt axgången. För att nå detta djup måste jorden ha förmågan till att utbyta gaser genom jordens större porer som är fyllda av luft. Om porerna är sammanpressande till följd av jordpackning begränsas rötternas förmåga att transportera näringsämnen och vatten från de underliggande jordlagren till gagn för växtens tillväxt. Vissa rottrådar kräver dock god kontakt mellan rot och jord för att kunna ta upp vatten och näringsämnen. På detta vis är inte jordpackning enbart negativt för samtliga rötters välbefinnande (Håkansson, 2000).

Utöver de ovanstående konsekvenserna av markpackning ger packningen upphov till olika ekologiska och miljömässiga försämringar. Denna form av packningsskador är svåra att värdera, men det kan handla om ytvattenavrinning, erosion samt läckage av olika näringsämnen. Ytvattenavrinning kan leda till problem då vatten som egentligen skulle ha tillförts växten stegvis från jordprofilen i stället sköljs bort direkt vid nedfallet. Konsekvenserna blir uttorkning av växtligheten. Ytvattenavrinning tillsammans med jorderosion uppkommer oftast i packade hjulspår. Problemet är att den bästa jorden rinner av fältet tillsammans med näringsämnen och samlas i sjöar och vattendrag. Störst är problemet med förluster av fosfor. Syrebrist och förtätningar i jorden på grund av packning ger också andra former av miljömässiga konsekvenser. Det leder till frigörelse av växthusgaser som koldioxid ( $\text{CO}_2$ ), lustgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) och metangas ( $\text{CH}_4$ ). Koldioxiden frigörs till atmosfären efter en tillfällig ökning av den biologiska aktiviteten i marken efter bearbetning och packning av jorden. Lustgasen och kvävgasen frigörs efter att marken blivit förtätad, vattenmättad och därmed syrefattig. Syrebristen ger upphov till denitrifikation av kväve (Håkansson, 2000).



I åkerjorden finns omfattande biologisk aktivitet med en mängd av liv, mest känd är vår vanliga daggmask. Daggmaskens samlade vikt uppgår i ett normalt matjordsskikt till cirka ett ton per hektar och deras betydelse för jordens struktur är betydande. Daggmasken omblandar jord, bryter ned organisk substans, bildar ler- och humuskomplex och bildar ett omfattande gångsystem (Liljerot, 2001). Det är genom studier bekräftat att maskarnas aktivitet och antal minskar till följd av jordpackning. Deras livsmiljö försämras då rörelseförmågan begränsas av jordpackningen. Man har i en studie studerat antalet mask då man bearbetat konventionellt med traktor och enkelhjul respektive där man har vinschat redskapen över fältet under en 20 års period. I ledet med traktor med enkla hjul fanns 16 stycken maskar per kvadratmeter och i ledet där redskapet vinschades fanns 92 stycken mask per kvadratmeter (Liljerot, 2001). Vad gäller övriga organismer i jorden, såsom mikroorganismer, är få studier gjorda. Dock leder jordpackning till syrebrist i jorden. Syretillgången har i sin tur stor betydelse för jordens mikroliv (Liljerot, 2001).

Alla jordarter kräver viss form av återpackning för att vara en god växtplats. En optimal återpackning innebär kontakt mellan kärna och jord för att tillgodose fröet med vatten genom kapillär transport (Väderstad, 2002). En viss form av återpackning gäller såväl för jord som årligen bearbetas med plog eller plöjningsfritt. Jord som bearbetas plöjningsfritt till ett grundare djup än tidigare kommer att få en förhöjd och därmed negativ packningsgrad i matjordslagret. Om jorden däremot inte packas kommer jorden att sätta sig och ett optimalt packningstillstånd uppstå. På sikt kan man ändå förutsätta att packningsgraden blir likvärdig i en bearbetad som icke bearbetad jord på grund av en ökad biologisk aktivitet. Detta gäller inte enkelkornsjordar (sandjordar) som till skillnad från svällnings/krympningsjordar (lerjordar) har svårt att bilda stabila aggregat och porer i matjordslagret. Sandjordar som brukas plöjningsfritt påverkas på så vis i högre grad av jordpackning med en förtätning i nedre delen av matjorden som följd. Förtätningen hämmar i sin tur rotutvecklingen, vilket leder till skördesänkningar (sjv<sup>1,2</sup>, www).

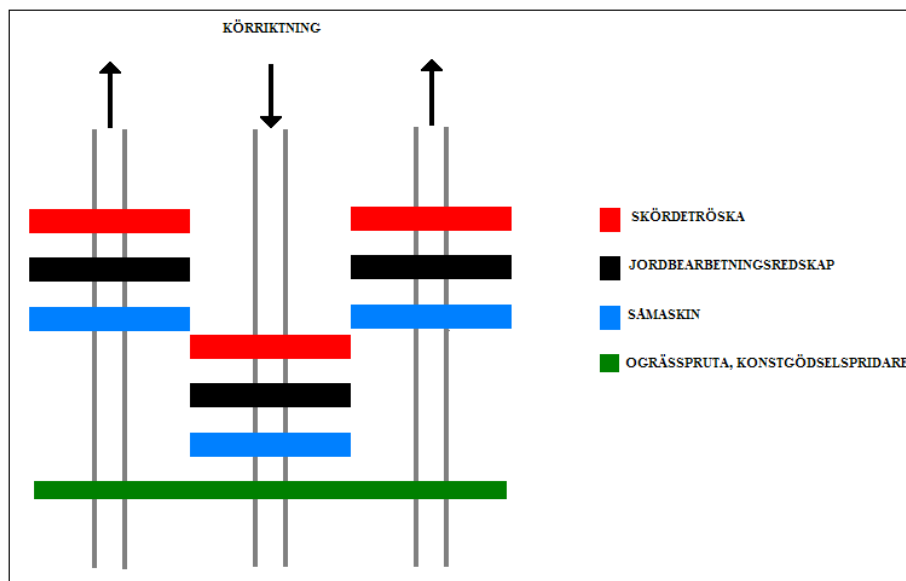
## KAN ETT SYSTEM MED CTF SPARA ENERGI VID ETABLERING AV SPANNMÅLSGRÖDA?

Ett odlingssystem med fasta körspår skulle kunna spara energi på ett flertal punkter (CTF, [www](#)):

- En del av den kraft som åtgår vid jordbearbetning kommer enbart att behövas för lösgörande av packad/förtätad jord som uppstått till följd av maskindrift. Enligt utländska erfarenheter med kontrollerad trafik kan effektbehovet för ett jordbearbetningsredskap samt etablering av ny gröda sänkas med i storleksordningen 30 till 70 procent (Munkholm, 2006).
- Traktorhjulets slirning kan minska eftersom de drivande hjulen alltid kommer att gå på fast mark och därmed inte tugga sig fram i lös jord. Möjligheterna till att vara i fält fler dagar på året breddar gårdens bearbetningsfönster (CTF, [www](#)).
- Opackad jord faller lättare sönder vid bearbetning, en bättre såbädd skapas med ett färre antal överfarter. Direktsådd kan på sikt bli en lämpligare etableringsmetod (CTF, [www](#)).
- I utländska försök har skördarna ökat med 9 till 16 procent (okänd jordart) (CTF, [www](#)). Enligt gamla svenska försök på styv lera ökar skörden med 23 procent om redskapet vinschas över fältet jämfört med konventionell jordbearbetning och sådd med traktor och enkelhjul (Weidow, 1998). Skördeökningarna resulterar i lägre energibehov per kilo skördad gröda.
- En generellt lösare åkerjord resulterar i mindre utlakning och denitrifikation av växtnäringsämnen. Den årliga förbrukningen av växtnäring minskar (CTF, [www](#)).
- Maskinerna kommer inte att överlappa då man styr automatiskt med satellitnavigering och följer maskinbreddsanpassade spår (CTF, [www](#)). Att sätta siffror på överlappning är mycket svårt, men man kan i allmänhet säga att man överlappar omkring 10 procent vid jordbearbetning, vid ogräsbekämpning och skörd (Andersson, 2004).

## VILKEN UTRUSTNING OCH TEKNIK KRÄVS FÖR CTF?

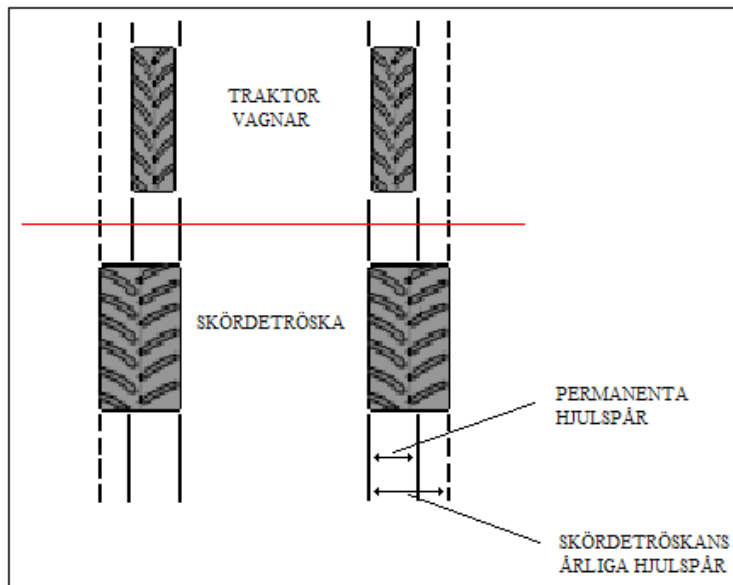
För att kunna odla sin jord enligt ett system med fasta körspår måste ett flertal förändringar komma till stånd på gårdens maskiner. Som nämnts tidigare måste samtliga redskapsbredder anpassas enligt moduler som är multiplicerbara med varandra (figur 4).



Figur 4. Exempel på jordbruksredskapens anpassning till ett modulsystem multiplicerbart med varandra.

Spårvidden anpassas efter den maskin på gården som har bredast spårvidd. Skörde- tröskans spårvidd är oftast störst, omkring 3 meter, och det blir därför den maskin som bestämmer spårvidden. För att anpassa övriga maskiner till en spårvidd om cirka tre meter måste modifieringar göras (figur 5). På somliga maskiner kan fälgens tallrikar vändas så att önskad bredd ska uppnås. Andra maskiner kräver någon form att breddning av axlar eller hjultrummor (CTF, [www](http://www)). Om hjulets fälg tallrik vänds kommer belastningen att öka på hjulets infästning och lagring (Eriksson & Zetterberg, 1994). I Australien har mekaniska verkstäder modifierat drivande axlar till omkring tre meters spårvidd (Tasweld, [www](http://www)).

Om kontrollerad trafik skall tillämpas fullt ut måste också skördetröskans tömningsrör anpassas så att det möjliggör tömning mellan föregående kördrags spår. Det kan antingen ske genom förlängning av tömningsskruven, någon form av störtrör eller genom att montera en skruv med tratt på fältvagnen som kan förflytta spannmålen till vagnens mitt (GRDC, [www](http://www)). Viktigt är att kontrollera garantier och försäkringar innan någon form av modifieringar av maskiner görs (Bulletin 4607, [www](http://www)). Inte bara motorfordon måste anpassas till systemet, även gårdens redskap behöver modifieras. För att inte förstöra de fasta körspåren samt för att minska det totala energibehovet kan bearbetande pinnar/diskar samt såbillar plockas bort över körspåren. Hjulspåren kommer därmed aldrig att bearbetas eller sås (Bulletin 4607, [www](http://www)).



Figur 5. Spårviddsanpassning efter skördetröskan.

För att begränsa arealen av fastlagda spår och på så vis minska skadorna i grödan samt minimera överlappning av maskiner och därmed insatsvaror i form av gödsel, utsäde och kemikalier är det nödvändigt att använda hjälpmedel i form av satellitnavigering och automatisk styrning på gårdens maskiner (Green, 2006). På markanden finns en rad av satellitnavigeringsutrusningar med olika noggrannhet och tekniskt utförande (Trimble, John Deere, m.fl.). För att nå minimal åverkan på gröda samt minimera överlappning efterfrågas teknik med mycket hög precision i styrningen, både för det enskilda året och från år till år (Green, 2006). Den teknik som bäst motsvarar förväntningarna är en satellitmottagare som använder en basstation på marken som referens, RTK (Real Time Kinetic). En satellitmottagare och utrustning för automatisk styrning går att eftermontera på samtliga av jordbrukets maskiner (Trimble, 2006).

Enligt Svenska John Deere kommer precisionen att bli högre om fordonets styrdon redan är förberett för automatisk styrning. Svenska John Deeres RTK utrustning efterfrågas inte i Sverige eftersom deras teknik *AMS, Star Fire 2* håller drag i drag noggrannhet på plus/minus 10 centimeter (Jordy, pers. medd., 2007). Ett automatiskt styrsystem med 10 centimeters noggrannhet kostar omkring 100 000 kronor färdigmonterat på en icke förberedd traktor. För att tillgå satelliterna tillkommer en årlig kostnad om cirka 10 000 kronor. Licensen kan också beställas månadsvis till en lägre kostnad (Jordy, pers. medd., 2007; Trimble, 2006).

Tekniken med RTK blir ytterst exakt med år till år noggrannhet på plus/minus 2 till 2,5 centimeter. Basstationen ger en lokal korrektionssignal på marken med en räckvidd/radie på 8 till 11 kilometer. En RTK-mottagare/basstation kostar omkring 150 000 kronor. Utöver mottagaren krävs samma teknik på fordonet som för den mindre precisa styrtekniken. Till RTK- teknikens fördel är att den inte kräver licens för att tillgå satelliterna (Jordy, pers.medd., 2007; Trimble, 2006).

Automatisk styrning i odlingssystem med fasta körspår är viktigast vid jordbearbetning, sådd och skördearbete. Spåren kommer att ses tillräckligt väl vid ogrässpjutning och gödning för att kunna hitta dem och styra manuellt vid dessa arbeten (Jönsson, pers. medd., 2007; Green, 2006).

## INTERVJU

### LYDINGE JORDBRUK AB

Lydinge gård är belägen mellan Hyllinge och Bjuv i nordvästra Skåne. Gården brukar i dagsläget 700 hektar mark. Ambitionen är att öka arealen inom de kommande åren. Jordarten på gården är mycket varierade, även inom enskilda fält. Betydande arealer utgörs av mycket styv och svårbearbetad lera. Växtföljden är vetedominerad: Vete- vete- havre- vete- vete- raps. Inspektör Jan Jönsson leder arbetet på gården tillsammans med två anställda.

På Lydinge gård uppmärksammade man problem med jordpackningsskador till följd av rationellare och därmed tyngre maskinsystem. Att använda bredare hjul är inte alltid en lösning då höga axellaster ofta anses vara problemet.

Inspektör J.Jönsson fick upp intresset för kontrollerad trafik efter att läst tidningsartiklar och hört talats om odlingssystemet. På gården kunde han också notera att fältens yttersta två meter som aldrig packades av maskiner alltid bar en frodigare gröda.

För två år sedan började maskinerna att anpassas så att de kunde följa samma spår. Avståndet mellan spåren bestämdes till åtta meter och spårvidden till 2,5 meter. Till jordbearbetningen investerades i en bandförsedd traktor på omkring 500 hästkrafter med tillhörande "bearbetningståg" (kultivator plus Carrier). Jordbearbetningen är sedan fem år omlagd till plöjningsfri odling. Med 2,5 meters spårvidd behövdes enbart mindre förändringar göras på spruttraktorns fälgar. I dagsläget arbetar alla maskiner utom såmaskinen på åtta meter. En fyrameters Väderstad -Rapid såmaskin kommer att bytas mot en bredare under innevarande säsong. Alla maskiner styrs via två olika satellitnavigeringsutrustningar och Challenger. I dagsläget är det bara Challenger-traktorn som är automatiskt styrd via *AGCO, OmniSTAR VBS*. Traktorn används till jordbearbetning, men kommer i framtiden även att dra såmaskinen. Övriga maskiner är utrustade med *John Deere SF2* guidesystem, men kommer även utrustas med automatisk styrning vid nyinvestering. Enligt J.Jönsson är tillförlitligheten inte tillräcklig då nuvarande utrustning inte ger den noggrannhet över tid som behövs för att komma tillbaka till tidigare kördrag. Styrsystemen planeras att bytas mot RTK- teknik med 2 centimeters precision. På gården anses precisionen på jordbearbetnings- och såtraktorn som mest betydelsefull, vid övriga fältarbeten kan spåren följas manuellt.

Enligt J.Jönsson har övergången till plöjningsfri odling och fasta körspår lett till många positiva effekter i form av förbättrad jordstruktur och minskad energiförbrukning. Det har blivit lättare att skapa en gynnsam såbädd, lerjorden faller lättare sönder vid bearbetning och uppkomsten blir därmed mycket jämnare. Jordens infiltrationsförmåga har ökat, vattnet sjunker in på stället och samlas därmed inte på samma vis till svackor i fältet.

Dagens maskinsystem har viss överkapacitet, vilket medger bearbetning och sådd i lägligt bearbetningsfönster (rätt åtgärd vid rätt tillfälle). Detta är något som värdesätts högt av Inspektör J.Jönsson.

Före övergången till plöjningsfri bearbetning följdes plöjningen av minst tre överfarter innan sådd, Rexius - Twin, sladd eller tallriksplog samt såbäddsharv. Dagens plöjningsfria jordbearbetning utgörs av 1 -1,5 överfarter med "bearbetnings tåg" direkt efter tröskningen samt kemisk bekämpning fyra till fem dagar innan sådd. Förändringen av jordbearbetningssystem medför att dieselförbrukningen för grödetablering halverats från omkring 40 liter per hektar till omkring 20 liter per hektar. Arbetsförbrukningen i fält har kunnat minska till omkring en tredjedel.

För att förfina gårdens odlingssystem planeras såmaskinen att bytas mot en bredare. Automatstyrningen av maskinerna kommer att ske med hjälp av en basstation och RTK-teknik. Skördetröskans tömningsrör måste förlängas eller gårdens fältvagn modifieras så att vagnen kan följa de fastlagda spåren vid tömning av skördetröskans spannmålstank. Nästa skördetröska kommer att vara försedd med gummibandställ i stället för hjul. En bandförsedd tröska kan hålla sig inom samma spårvidd som gårdens övriga maskiner. Man är inte främmande att i en framtid öka maskinbredden från åtta till nio eller tolv meter för att minimera antalet spår i fält.

## METOD

Mitt examensarbete utgörs i huvudsak av tre delar:

- Litteraturstudie omfattande främst beskrivning av odlingssystemet ”kontrollerad trafik” (Controlled Traffic Farming), markpackningsproblematik och utrustning för automatisk styrning (auto steer).
- Intervju med en lantbrukare.
- Lönsamhetskalkylering på fiktiva gårdar med data från litteraturstudie och maskinkostnadsfakta som ingångsdata.

Litteraturstudien berör främst begreppet Controlled Traffic Farming / kontrollerad trafik i fält och jordpackning samt utrustning och modifieringar som måste till för att öka precisionen hos lantbruksmaskiner vid systemövergången. Under arbetets gång har jag varit i kontakt med samt besökt en sydsvensk växtodlingsgård (Lydinge Jordbruks AB, Bjuv). Gården har anammat odlingssystemet med kontrollerad trafik och jag har tagit del av deras erfarenheter och synpunkter.

## TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Alla beräkningar har gjorts på tre fiktiva gårdar. Gårdarna kom att omfatta 200, 600 och 900 hektar. Gårdarna representerar svenska gårdar som i huvudsak inriktat sin produktion mot växtodling. Maskinbredderna på de olika gårdarna antogs till 6, 8 respektive 9 meter efter driftsömläggning till kontrollerad trafik med fasta körspår. Som grund för beräkningarna bestämdes fältarbeten, antalet överfarter för respektive maskin, maskinbredd samt kapacitetsdata (Neuman, 2003) före och efter att jorden brukats med fasta spår (tabell 2). För att bedöma skillnaden mellan odlingssystem gjordes parallella beräkningar på plöjd respektive plöjningsfri odling. Skördeutfallet har antagits till att vara det samma oavsett brukningsmetod.

För att bedöma lönsamheten i odlingssystemet använde jag mig av kvalitativ fakta från min litteraturstudie. Effektivitetsbesparingen till följd av automatisk styrning via RTK-teknik bestämdes till 10 procent för jordbearbetning och skörd, övriga körslor effektiviseras ej till följd av styrhjälp (Andersson, 2004) (bilaga 1 och bilaga 3). Skördeökning på icke packade delar av fältet fastställdes till 4,2 procent, vilket kan ses som ett genomsnitt av sjuåriga svenska försök med olika lerhalt där variationen kan vara stor (Håkansson, 2000). Spårbredden antogs till 50 centimeter samt att grödan kompenserar skördebortfallet med 50 procent i de osådda spåren (CTF, www). Spåren antas varken jordbearbetas eller besås och ger därför ingen skörd. Ingen hänsyn har tagits till den opackade jordens återhämtningstid. Enligt försök beräknas återhämtningstiden för matjord oavsett lerhalt till omkring 4-5 år (Håkansson, 2000).



Tabell 2. Fältarbeten, antalet överfarter, kapacitet för respektive maskin. Enligt Neuman (2003) anges maskinbredd samt kapacitet för enskild maskin

### Plöjt odlingsystem

Hektar	Operation	Överfarter (stycken)	Maskin storlek (m)	Kapacitet (ha/h)
<b>200</b>	Plöjning	1	1,6	0,8
	Harvning	2	6	4
	Sådd	1	4	2,1
	Vält	1	6	
	Sprutning	2	18	5
	Konstgödsel	1	18	4,3
	Skörd	1	6	2,1
		<b>9</b>		
<b>600</b>	Plöjning	1	2,4	1,2
	Harvning	2	9	5,5
	Sådd	1	6	2,8
	Vält	1	10	
	Sprutning	2	24	6,5
	Konstgödsel	1	24	5,3
	Skörd	1	8	2,6
		<b>9</b>		
<b>900</b>	Plöjning	1	2,8	1,6
	Harvning	2	10	7
	Sådd	1	8	3,6
	Vält	1	12	
	Sprutning	2	24	6,5
	Konstgödsel	1	24	5,3
	Skörd	1	9	3
		<b>9</b>		

### Plöjningsfritt odlingsystem, ej RTK

Hektar	Operation	Överfarter (stycken)	Maskin storlek (m)	Kapacitet (ha/h)
<b>200</b>	Kultivering	1,5	6	4
	Sådd	1	6	2,8
	Vält		6	
	Sprutning	2	18	5
	Konstgödsel	1	18	4,3
	Skörd	1	6	2,3
			<b>6,5</b>	
<b>600</b>	Kultivering	1,5	8	5,5
	Sådd	1	8	3,6
	Vält		8	
	Sprutning	2	24	6,5
	Konstgödsel	1	24	5,3
	Skörd	1	8	2,6
			<b>6,5</b>	
<b>900</b>	Kultivering	1,5	9	6
	Sådd	1	9	4
	Vält		9	
	Sprutning	2	27	7
	Konstgödsel	1	27	5,9
	Skörd	1	9	3
			<b>6,5</b>	

För att begränsa mina beräkningar antogs grödan vara höstvetete med en skörd om 7992 kilo per hektar. Avräkningspris på 104 sek per deciton (Agriwise, www).

Från respektive gårds skördevärde justerades förändringar och konsekvenser till följd av omläggning till kontrollerad trafik. Kalkylerna har utvecklats i form av kalkylmodeller i Microsoft Excel.

När beräkningarna gjorts kvarstod ett investeringsutrymme för styrteknik och maskinmodifieringar per år och gård, samt för enskilt hektar på var gård (bilaga 4 och bilaga 5). Kostnaden för styrteknik kan anses jämförbar mellan de olika gårdsstorlekarna (tabell 3).

Tabell 3. Ungefärlig kostnad för styrutrustning

Produkt	Antal	Pris
RTK- Basstation	1	150000
Autosteer- utrustning	2*	200000
<b>Summa</b>		<b>350000</b>

\*Autosteer till jordbearbetning/såtraktor plus skördetröska monterat på icke förberedda maskiner. (Trimble/Dataväxt, 2007; Jordy pers. medd., 2007)

Kostnaden för modifiering av maskiner till följd av övergång till kontrollerad trafik är beroende på gårdens tidigare maskiner. Nyinvesteringen på de fiktiva gårdarna kan förväntas till (tabell 4). Prisuppgifterna är listpriser för nya maskiner 2007 utan inbyte.

Tabell 4. Nyinvestering i jordbruksmaskiner till följd av övergång till kontrollerad trafik (Dalqvist, pers. medd., 2007)

Areal hektar	Maskin	Arbetsbredd	Cirka pris
200	Kultivator	6 m	271 000 kr
	Såmaskin	6 m	540 000 kr
<b>Summa</b>			<b>811 000 kr</b>
600	Kultivator	8 m	389 000 kr
	Såmaskin	8 m	819 000 kr
<b>Summa</b>			<b>1 208 000 kr</b>
900	Kultivator	9 m	576 000 kr
	Såmaskin	9 m	890 000 kr
	Ogrässprika	Modifiering arbetsbredd	5 000 kr
	Handelsgödselspridare	Modifiering arbetsbredd	5 000 kr
<b>Summa</b>			<b>1 476 000 kr</b>

## RESULTAT

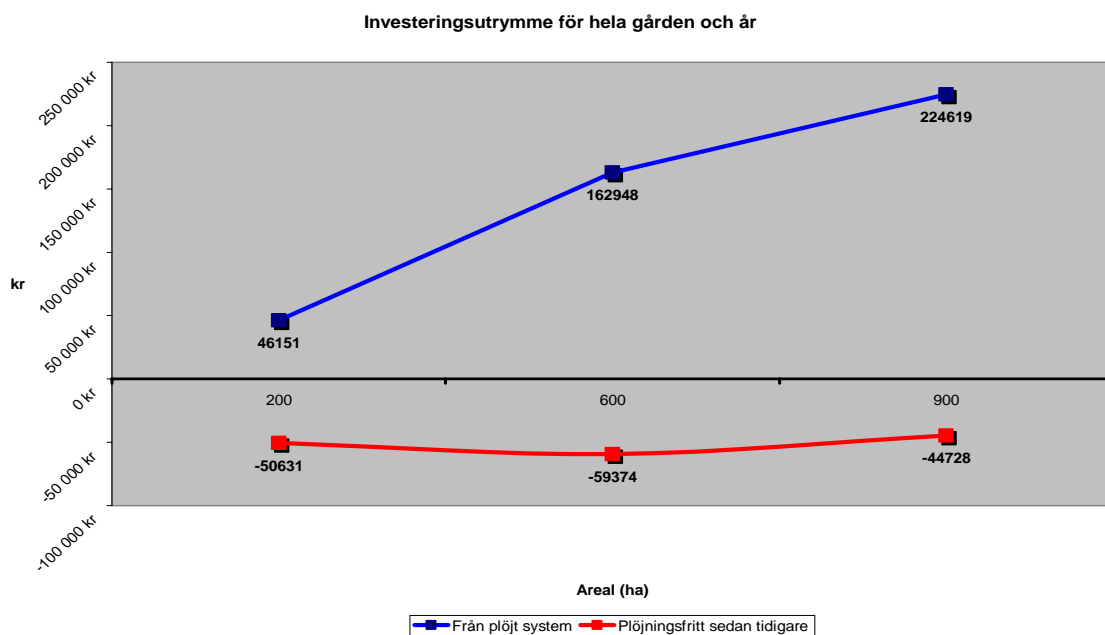
Efter att respektive gårds skördevärde korrigerats för förluster på grund av osådda spår, minskad utsädesmängd, minskat energibehov samt minskad arbetsförbrukning kvarstår ett investeringsutrymme per år för investeringar i teknik och utrustning som behövs för ett odlingssystem med fasta körspår (figur 6 och 7). Tekniken som skall införskaffas är styrhjälp till gårdens maskiner, autostyrning på ekipage för jordbearbetning, sådd och skörd samt eventuella modifieringar och nyinvesteringar i maskiner för att uppnå samma spårvidd och arbetsbredd på samtliga av gårdens maskiner.

För att väga upp det negativa resultatet till ett +-0 resultat i det fall där marken brukats plöjningsfritt sedan tidigare krävs en procentuell skördeökning för respektive gård på:

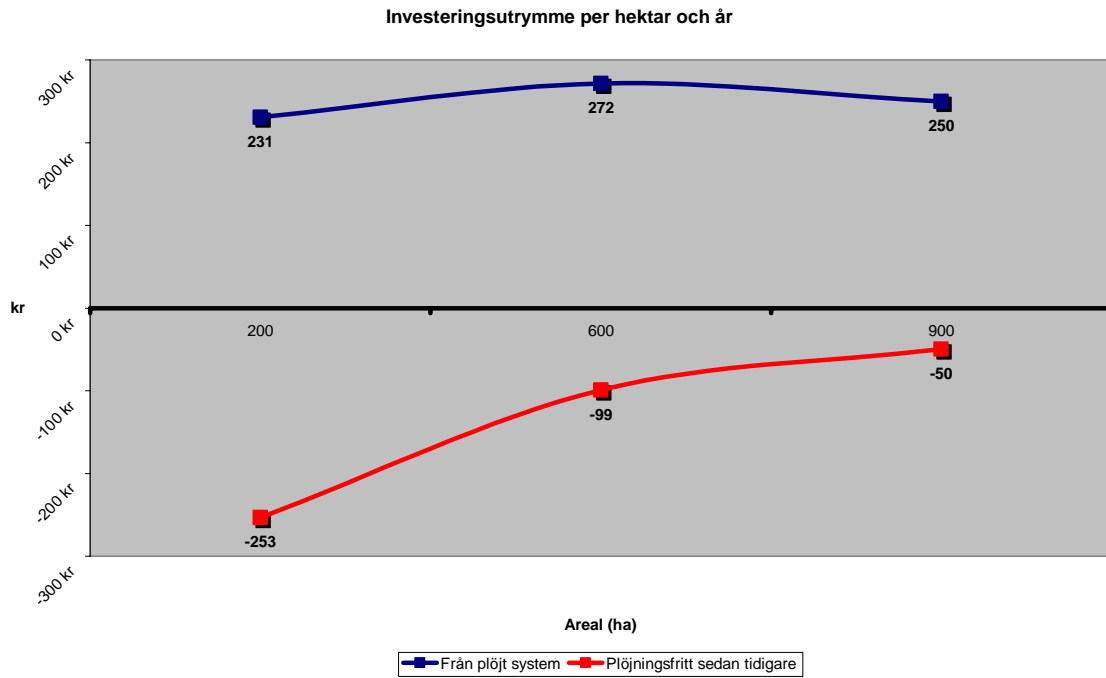
- 7,6 procent för 200-hektarsgården (figur 8).
- 5,5 procent för 600-hektarsgården (figur 8).
- 4,9 procent för 900-hektarsgården (figur 8).

Detta kan ställas mot de 4,2 procent jag räknat med (figur 6 och 7).

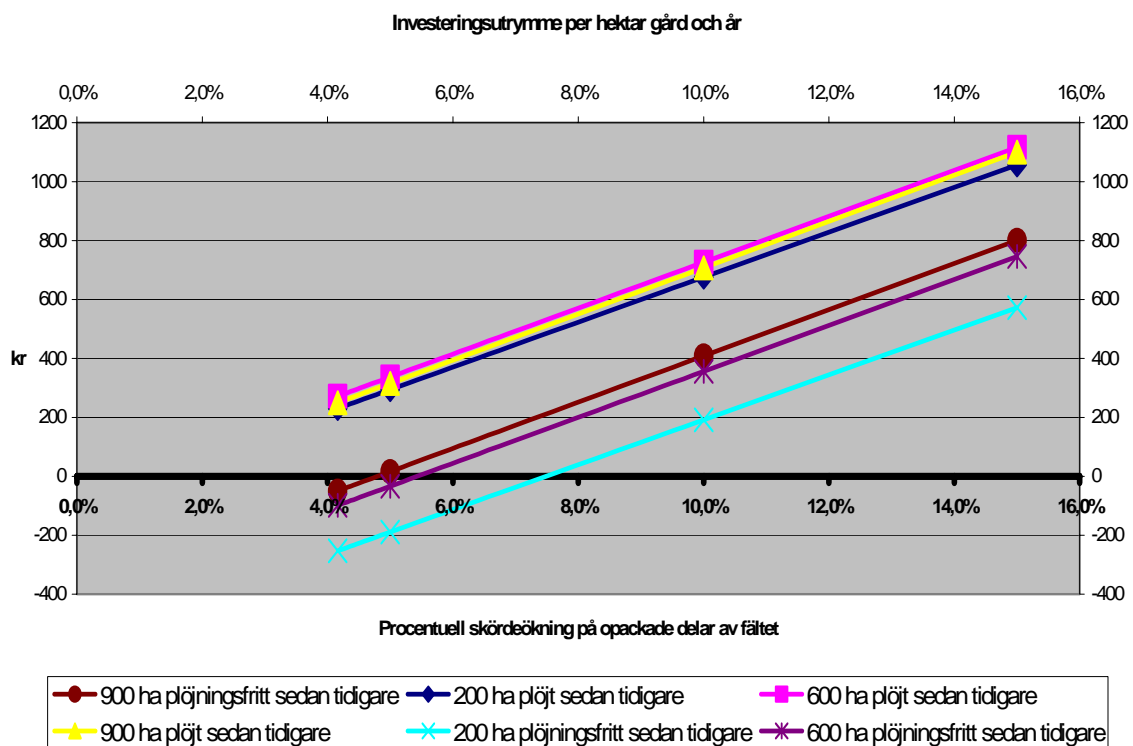
Med 4,2 procents skördeökning blir förlusten per hektar; 253 kr för gården på 200 hektar, 99 kr för gården på 600 hektar och 50 kr för gården på 900 hektar. Om skördeökningen istället antas till 10 procent blir det ekonomiska resultatet per hektar och år positivt för samtliga gårdar. Vinsten blir per hektar; 192 kr för gården på 200 hektar, 356 kr för gården på 600 hektar och 409 kr för gården på 900 hektar. Ingen hänsyn har tagits till kostnaden för modifieringar och nyinvesteringar i maskiner eller styrutrustning.



Figur 6. Investeringsutrymme per år för de olika fiktiva gårdarna med en skördeökning på 4,2 procent.



Figur 7. Investeringsutrymme per hektar och år för de olika gårdsstorlekarna med en skördeökning på 4,2 procent.



Figur 8. Investeringsutrymme per hektar och år med andra skördeökningar som ingångsdata (Känslighetsanalys).

## DISKUSSION

I mitt examensarbete har jag samlat in fakta från många olika källor och sammansatt dessa i en genensam beräkning. Summan av mina beräkningar är ett resultat av en mängd variabler. Flera av de fakta jag satt in i kalkylen är från enskilda försök. Den största osäkerhetsfaktorn, vill jag säga, ligger i hur mycket grödan förmår att kompensera sig från sidorna av spåret, hur stor skördeökningen blir på de opackade delarna av fältet samt hur mycket energibehovet kan minskas på grund av att inte packad jord måste brytas upp vid jordbearbetning. Betydelsen av ingångsdata visas i känslighetskalkylen.

## GRÖDANS KOMPENSATIONSFÖRMÅGA OCH MATJORDENS PACKNINGSGRAD

Kommer kompensationen att ätas upp av den ökade körintensiteten i spåren? Det vill säga: Packar jordbruksmaskinernas hjul enbart i spåret eller blir också omkringliggande matjord och alv packad? Grödans förmåga till att breda ut sig där ingen annan vegetation förekommer beror på i vilket stadie man kör i grödan. Tidigt stadie ger liten påverkan medan körning i sent stadie ger en större skördepåverkan. Vad som troligtvis är säkert är att man inte kan räkna med samma skördesänkning i procent som själva spåret utgör. Under normala försök har grödan kunnat kompensera sig till mer än 99 procent. Jag ser det dock ej som troligt att det skulle stämma under de förhållande som uppkommer då all trafik i fältet koncentreras till enbart spåren. Här borde packningsskadorna verka skördenedsättande även i spårens närhet.

I mina beräkningar användes 4,2 procents skördeökning på de icke packade delarna av fältet. 4,2 procent kan ses som ett genomsnitt av de matjords- och packningsförsök med olika lerhalt jag tagit del, variationen beroende på lerhalt är dock stor mellan de olika försöksleden. Försökets packningsgrad skulle motsvara vad som var normal packning vid spannmålsodling. Jag anser att odling med kontrollerad trafik är ett system för stora gårdar med stora arbetsbredder på maskiner. Dessa gårdar torde ha en generellt högre packning och skulle på så vis få en större skördeökning än jag använt i mina beräkningar.

## ENERGIBESPARING

Att säkert kunna uppskatta hur mycket energi som kan sparas vid etablering av en ny gröda är svårt att bestämma. Hur mycket lättare kommer det att vara att dra jordbearbetningsredskapen genom jorden om den inte packas? Detta är något som inte tagits med i mina beräkningar, men som ofta framkommer som fördelar med odlingssystemet. Mina källor påstår att så mycket som 70 procent kan besparas, jag anser att dessa data inte är så väl underbyggda att de kan användas i beräkningarna. Troligtvis har jordarten stor

betydelse, men också en rad andra faktorer. Enligt känslighetskalkylen har denna besparing av energi vid jordbearbetning mindre betydelse för det slutliga resultatet.

## **GÅRDSSTORLEK OCH ARBETSBREDD**

Valet av storleken på de fiktiva gårdarna är kanske inte relevanta för alla jordbruksföretag, men min åsikt är att de väl representerar svenska gårdar som inriktat sin produktion mot växtodling. För att ge en mer överskådlig bild av resultatet av mina kalkyler skulle det i efterhand ha varit flera gårdsstorlekar med i beräkningarna, arealmässigt större och mindre. Fler gårdar skulle troligtvis ge brytpunkter i mina diagram. Min hypotes är att en gård med större areal och modulsystem på 12 meter skulle bära sig ekonomiskt, dock krävs troligen stora nyinvesteringar i maskiner då 12 meter är en ovanlig arbetsbredd hos svenska lantbruksmaskiner.

## **INVESTERINGSUTRYMMET**

Investeringsutrymmet är kanske den viktigaste delen i mitt arbete. Det är också den del som innehåller mest felkällor och variabler. Investeringsutrymmet måste därför tolkas med stor försiktighet. Investeringsutrymmet är en summa av de förutsättningar som gällt i beräkningarna. Enligt känslighetskalkylen kommer skördeökningen på de opackade delarna av fältet ha mycket stor betydelse för investeringsutrymmets storlek.

Förutsättningarna på den enskilda gården kommer troligtvis ha mycket stor betydelse för lönsamheten. Fasta körspår skulle mycket väl kunna innebära många för- och nackdelar som inte tagits upp i detta arbete. Detta arbete bör därför ses som en grundläggande vägledning rörande kontrollerad trafik i fält och vad det skulle kunna innebära.

## SLUTSATSER

Mina slutsatser är därför följande:

- Kontrollerad trafik i fält är inte ekonomiskt motiverat under svenska förhållanden med mina ingångsdata på 4,2 procents skördeökning.
- En skördeökning på 10 procent istället för 4,2 procent skulle ge lönsamhet och investeringsutrymme för samtliga fiktiva gårdar.
- Mycket osäkerhet finns i beräkningarna, brukningssystemet kan innebära många andra för- och nackdelar än de som redovisats i detta arbete.
- En minskning av energiförbrukningen vid jordbearbetning till följd av lättare jorduppbrytning i opackad jord skulle ha mycket lite betydelse för det ekonomiska utfallet.

## REFERENSER

### SKRIFTLIGA

Andersson, C. 2004. Investering I styrhjälpsystem till lantbruket. JTI.

Arvidsson, J.;2004. Plöjningsfri odling- luckringsbehov, bearbetningstidpunkt, växtpatologi effekter och dragkraftsbehov. Inst för Markvetenskap, SLU, Uppsala. (mars 2007)

Eriksson I- Zetterberg G. 1994 (Red). Fältmaskiner i jordbruket. LTs förlag, Stockholm.

Folkesson, Ö, m.fl. 1998. Körskador vid bekämpning i växande gröda. Faktablad om växtskydd, jordbruk, 65J. SLU Publikationstjänst, Uppsala.

Fågelfors, H. 2001 (Red). Växtproduktion i jordbruket. LTs förlag, Stockholm.

Green, O. Dansk Landbrugsrådgivning, Omläggning til faste körespor- erfaringer fra Danmark, Senast ändrad 20060126, (mars 2007)

Håkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift, Omfattning-effekter-motåtgärder. Inst för Markvetenskap, SLU, Uppsala. (mars 2007)

Liljerot, E. 2001. Markens levande organismer. ABKA.

Munkholm, L,J. Dansk Landbrugsrådgivning. Hvorfor faste körespor- hvilke problemer løser de, og kan man tjene penger på dem? (mars 2007)

Neuman, L. 2003. Maskinekonomi och maskinkalkylering. Spirina Consult. Utdelat material.

Pedersen, H,H. Dansk Landbrugsrådgivning. Faste körespor i Australien. Senast ändrad 20060126. (mars 2007)

Trimble/DataVäxt AB. 2006. Precisionsjordbruk med Trimble.

Väderstad- Verken AB. 2003. Håll din jord i tillväxt. NRS Tryckeri AB, Jönköping.

Weidow, B. 1998. Växtodlingens grunder. LTs förlag, Stockholm.



## **SIDOR PÅ INTERNET**

Agriwise. [www.agriwise.org](http://www.agriwise.org). Senast ändrad 2007. (maj 2007)

CTF, Controlled Traffic Farming. [www.controlledtrafficfarming.com](http://www.controlledtrafficfarming.com). Senast ändrad 200705. (maj 2007)

GRDC. Grain research & development corporation. Bulletin 4607, tramline farming system. [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au). Senast ändrad 200402, (mars 2007)

John Deere Sverige. Produkter lantbruksmaskiner, [www.deere.com/sv\\_SE](http://www.deere.com/sv_SE). Senast ändrad 2007(april 2007)

Statens Jordbruks Verk<sup>1</sup>, Effekter av återpackning. [www.sjv.se](http://www.sjv.se). Senast ändrat 20050111. (mars 2007)

Statens Jordbruks Verk<sup>2</sup>, Packningseffekter i oplöjd jord. [www.sjv.se](http://www.sjv.se). Senast ändrad 20050111. (mars 2007)

Tasweld engineering. Toowoomba, Australien. [www.tasweld.com.au](http://www.tasweld.com.au). Senast ändrad 2007. (april 2007)

## **MUNTLIGA**

Dalqvist, Johan. Försäljare. Maskingruppen AB, Ängelholm. 20070528

Folkesson, Örjan. Lantmästare. SJV Växtskyddscentralen, Alnarp. 20070515

Jordy, Bengt. Product Line Manager, Svenska John Deere AB. 20070403

Jönsson, Jan. Inspektor. Lydinge Jordbruk AB. 20070514

# BILAGOR

## BILAGA 1

*Årstimmar; Plöjning, Utan RTK och fasta körspår*

Brukings areal (hektar per år)	Operation	Överfarter (stycken)	Maskin storlek (m)	Kapacitet (ha/h)	Totalt antal timmar per år
200	Plöjning	1	1,6	0,8	250
	Harvning	2	6	4	100
	Sådd	1	4	2,1	95
	Vält	1	6		
	Sprutning	2	18	5	80
	Handelsgödsel	1	18	4,3	47
	Skörd	1	6	2,1	95
<b>Summa</b>		<b>9</b>			<b>667</b>
600	Plöjning	1	2,4	1,2	500
	Harvning	2	9	5,5	218
	Sådd	1	6	2,8	214
	Vält	1	10		
	Sprutning	2	24	6,5	185
	Handelsgödsel	1	24	5,3	113
	Skörd	1	8	2,6	231
<b>Summa</b>		<b>9</b>			<b>1461</b>
900	Plöjning	1	2,8	1,6	563
	Harvning	2	10	6	300
	Sådd	1	8	3,6	250
	Vält	1	12		
	Sprutning	2	24	6,5	277
	Handelsgödsel	1	24	5,3	170
	Skörd	1	9	3	300
<b>Summa</b>		<b>9</b>			<b>1859</b>

## BILAGA 2

**Årstimmar; Plöjningsfritt odlingsystem, Med RTK och fasta körspår**

Bruknings areal (hektar per år)	Operation	Överfarter (stycken)	Maskin storlek (m)	Kapacitet (ha/h)	Kapacitet	Totalt antal timmar per år	Totalt antal timmar per år Med RTK
					Med RTK		
<b>200</b>	Kultivering	1,5	6	4	4,4	75	68
	Sådd	1	6	2,8	3,1	71	65
	Vält		6		0,0		
	Sprutning	2	18	5	5	80	80
	Handelsgödsel	1	18	4,3	4,3	47	47
	Skörd	1	6	2,1	2,3	95	87
<b>Summa</b>		<b>6,5</b>				<b>368</b>	<b>346</b>
<b>600</b>	Kultivering	1,5	8	5,5	6,1	164	149
	Sådd	1	8	3,6	4,0	167	152
	Vält		8		0,0		
	Sprutning	2	24	6,5	6,5	185	185
	Handelsgödsel	1	24	5,3	5,3	113	113
	Skörd	1	8	2,6	2,9	231	210
<b>Summa</b>		<b>6,5</b>				<b>859</b>	<b>808</b>
<b>900</b>	Kultivering	1,5	9	6	6,6	225	205
	Sådd	1	9	4	4,4	225	205
	Vält		9		0,0		
	Sprutning	2	27	7	7	257	257
	Handelsgödsel	1	27	5,9	5,9	153	153
	Skörd	1	9	3	3,3	300	273
<b>Summa</b>		<b>6,5</b>				<b>1160</b>	<b>1092</b>

## BILAGA 3

### Nyckeltal

#### Omställning från plöjning till plöjningsfritt odlingsystem och kontrollerad trafik

Bruknings areal (hektar per år)		Totalt antal timmar per år	Timmar per hektar och år	Förändring timmar	Diesel liter/hektar*	Korrigering för färre pinnar	Förändring diesel
<b>200</b>	Före	667	3,3		71,7		
	Efter	346	1,7		38,9	37,7	
	<b>Differens</b>	<b>321</b>	<b>1,6</b>	<b>-48%</b>	<b>32,8</b>	<b>34,0</b>	<b>-47%</b>
<b>600</b>	Före	1461	2,4		67,6		
	Efter	808	1,3		38,0	37,2	
	<b>Differens</b>	<b>653</b>	<b>1,1</b>	<b>-45%</b>	<b>29,5</b>	<b>30,4</b>	<b>-45%</b>
<b>900</b>	Före	1859	2,1		63,5		
	Efter	1092	1,2		37,9	37,1	
	<b>Differens</b>	<b>768</b>	<b>0,9</b>	<b>-41%</b>	<b>25,6</b>	<b>26,4</b>	<b>-42%</b>

### Nyckeltal

#### Plöjningsfritt odlingsystem sedan tidigare, omställning till kontrollerad trafik

Bruknings areal (hektar per år)		Totalt antal timmar per år	Timmar per hektar och år	Förändring timmar	Diesel liter/hektar*	Korrigering för färre pinnar	Förändring diesel
<b>200</b>	Före	368	1,8		41,4		
	Efter	346	1,7		38,9	37,7	
	<b>Differens</b>	<b>22</b>	<b>0,1</b>	<b>-6%</b>	<b>2,5</b>	<b>3,8</b>	<b>-9%</b>
<b>600</b>	Före	859	1,4		40,4		
	Efter	808	1,3		38,0	37,2	
	<b>Differens</b>	<b>51</b>	<b>0,1</b>	<b>-6%</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>-8%</b>
<b>900</b>	Före	1160	1,3		40,3		
	Efter	1092	1,2		37,9	37,1	
	<b>Differens</b>	<b>68</b>	<b>0,1</b>	<b>-6%</b>	<b>2,4</b>	<b>3,2</b>	<b>-8%</b>

<i>*Diesel förbrukning/timme</i>		<i>Plöjt system</i>
<i>Traktor, kw</i>		<i>85 % av timmarna traktor-</i>
140	20	<i>körning, 15 % av timmarna</i>
180	27	<i>Skördetröskning.</i>
240	30	
<i>Tröska, meter</i>		<i>Plöjningsfritt</i>
6	30	<i>75 % av timmarna traktor-</i>
8	32	<i>körning, 25 % av timmarna</i>
9	35	<i>Skördetröskning.</i>

## BILAGA 4

## Övergång till plöjningsfritt odlingsystem och kontrollerad trafik

Areal	Enhet						
	Ha	200	1	600	1	900	1
<b>Skördevärde</b> (7992kg/ha, 104kr/dt)	kr	<b>1662336</b>	<b>8312</b>	<b>4987008</b>	<b>8312</b>	<b>7480512</b>	<b>8312</b>
Maskinbredd	m	6	6	8	8	9	9
Skördebortfall på grund av osådda spår*	%	8,3%	8,3%	6,3%	6,3%	5,6%	5,6%
	kr	-138528	-693	-311688	-519	-415584	-462
Skördeökning på grund av minskad jordpackning	%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
	kr	63390	317	194493	324	293901	327
Besparing av utsäde (norm:175kg/ha)	kg	5950	30	13650	23	17325	19
Minskning av utsädeskostnad (2,60kr/kg)	kr	15470	77	35490	59	45045	50
<b>Del summa</b>	<b>kr</b>	<b>1602668</b>	<b>8013</b>	<b>4905303</b>	<b>8176</b>	<b>7403874</b>	<b>8227</b>
Arbetstid**, (plöjt odlingsystem)	timmar	667,0	3,3	1461,0	2,4	1859,0	2,1
Arbetskostnad (200kr/timme)	kr	133400	667	292200	487	371800	413
Minskning av arbetstid	%	48%	48%	45%	45%	41%	41%
<b>Minskning av arbetskostnad</b>	<b>kr</b>	<b>64032</b>	<b>320</b>	<b>131490</b>	<b>219</b>	<b>152438</b>	<b>169</b>
Energibehov vid jordbearbetning**							
Dieselförbrukning per hektar, tidigare	liter	71,7	71,7	67,6	67,6	63,5	63,5
Diesel kostnad (6,2kr/liter)	kr	444,54	444,54	419,12	419,12	393,7	393,7
Minskning av energibehov**	%	47	47	45	45	42	42
<b>Minskning av drivmedelskostnad</b>	<b>kr</b>	<b>41787</b>	<b>209</b>	<b>113162</b>	<b>189</b>	<b>148819</b>	<b>165</b>
<b>Nytt skördevärde</b>		<b>1708487</b>	<b>8542</b>	<b>5149956</b>	<b>8583</b>	<b>7705131</b>	<b>8561</b>
<b>Summa årligt överskott för investeringar, Plöjningsfri odling och kontrollerad trafik</b>		<b>46151</b>	<b>231</b>	<b>162948</b>	<b>272</b>	<b>224619</b>	<b>250</b>

\*Spårbredden antas vara 50 centimeter var, grödans kompensation 50%

\*\*enligt beräkningar bilaga 1 till 3.

## Känslighetskalkyl (Bilaga 4)

	Ha						
		200	1	600	1	900	1
	%	<b>Årligt överskott med förändrade ingångsvärden</b>					
Skördeökning på grund av minskad jordpackning	5%	58951	295	202220	337	283964	316
	10%	135142	676	435986	727	637210	708
	15%	211332	826	669752	1116	990457	1101
Energibesparing pga enklare jorduppbyggnad vid jordbearbetning***	10%	46994	235	165442	276	228432	254
	20%	47838	239	167936	280	232245	258
	25%	48259	241	169183	282	234151	260
	30%	48681	243	170430	284	236058	262

\*\*\*Ej med i tidigare beräkning pga osäkerhet i ingångsdata.

## BILAGA 5

**Plöjningsfri odling sedan tidigare men övergång till kontrollerad trafik**

Areal	Enhet						
	Ha	200	1	600	1	900	1
<b>Skördevärde</b> (7992kg/ha, 104kr/dt)	kr	1662336	8312	4987008	8312	7480512	8312
Maskinbredd	m	6	6	8	8	9	9
Skördebortfall på grund av osådda spår*	%	8,3%	8,3%	6,3%	6,3%	5,6%	5,6%
	kr	-138528	-693	-311688	-519	-415584	-462
Skördeökning på grund av minskad jordpackning	%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%	4,2%
	kr	63390	317	194493	324	293901	327
Besparing av utsäde (norm:175kg/ha)	kg	5950	30	13650	23	17325	19
Minskning av utsädeskostnad (2,60kr/kg)	kr	15470	77	35490	59	45045	50
<b>Del summa</b>	kr	1602668	8013	4905303	8176	7403874	8227
Arbetstid**, (plöjningsfritt system sedan tidigare)	timmar	368,0	1,8	859,0	1,4	1160,0	1,3
Arbetskostnad (200kr/timme)	kr	73600	368	171800	286,3	232000	257,8
Minskning av arbetstid	%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
<b>Minskning av arbetskostnad (200kr/h)</b>	kr	4416	22	10308	17	13920	15
Energibehov vid jordbearbetning**							
Dieselförbrukning per hektar, tidigare	liter	41,4	41,4	40,4	40,4	40,3	40,3
Diesel kostnad (6,2kr/liter)	kr	256,68	256,68	250,48	250,48	249,86	249,86
Minskning av energibehov**	%	9	9	8	8	8	8
<b>minskning av drivmedelskostnad</b>	kr	4620	23	12023	20	17990	20
<b>Nytt skördevärde</b>		1611705	8059	4927634	8213	7435784	8262
<b>Summa årligt överskott för investeringar, Plöjningsfri odling sedan tidigare men med kontrollerad trafik</b>		-50631	-253	-59374	-99	-44728	-50

\*Spårbredden antas vara 50 centimeter var, grödans kompensation 50%

\*\*enligt beräkningar bilaga 1 till 3.

**Känslighetskalkyl (Bilaga 5)**

	Ha	200	1	600	1	900	1
	%	<b>Årligt investeringsutrymme med förändrade ingångsvärden</b>					
Skördeökning på grund av minskad jordpackning	5%	-37831	-189	-20101	-34	14617	16
	10%	38359	192	213665	356	367864	409
	15%	114549	573	447431	746	721110	801
Energibesparing pga enklare jorduppbrytning vid jordbearbetning***	10%	-49788	-249	-56879	-95	-40915	-45
	20%	-48945	-245	-54385	-91	-37102	-41
	25%	-48523	-243	-53138	-89	-35196	-39
	30%	-48102	-241	-51891	-86	-33289	-37

\*\*\*Ej med i tidigare beräkning pga osäkerhet i ingångsdata.