

Fasta körspår i potatisodling

– En förstudie för svenska förhållanden

Controlled Traffic Farming in potatoes

– A feasibility study for Swedish conditions

Martin Gillheimer

Oskar Lago



Fasta körspår i potatisodling

– En förstudie för svenska förhållanden

Controlled Traffic Farming in potatoes

– A feasibility study for Swedish conditions

Martin Gillheimer

Oskar Lago

Handledare: Torsten Hörndahl, SLU, Institutionen för biosystem och Teknologi

Examinator: Sven-Erik Svensson, SLU, Institutionen för biosystem och Teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Examensarbete inom lantbruksvetenskap

Kurskod: EX0743

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: Grimme.com

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Potatis, fasta körspår, spårvidd, odling, bearbetningssystem, modulbredd



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

FÖRORD

Lantmästare – kandidatprogram med inriktning lantbruksvetenskap är en treårig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). 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 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Vi är själva intresserade av potatisodling och att vårda och bruka marken på olika sätt. Därav idén att applicera tekniken fasta körspår i växtföljder med potatis. Arbetet är en förstudie inom området och det finns inte mycket litteratur skrivit om ämnet. Därför har vi prioriterat att finna så mycket information och fakta som möjligt inom ämnet för att sedan kunna jämföra och sälla bort fakta som inte är relevant för vår studie.

Under arbetets gång har diverse problem och frågeställningar uppstått. Därför vill vi rikta ett varmt tack till följande personer: Heine Hylleberg som arbetar på Grimme Skandinavien och är försäljningschef utanför den danska marknaden. Heine har varit till stor hjälp vid frågor som uppstått om maskiner och potatisodling. Jan-Olof Nilsson på SMP i Malmö som varit till stor hjälp vid frågor om den svenska lagstiftningen om lantbruksmaskiner och regler samt Hans Henrik Pedersen på CTF Europe som gav oss medlemskap på hemsidan, under tiden för vårt examensarbete.

Utöver detta vill vi också tacka Torsten Hörndahl som varit handledare för vårt examensarbete. Torsten gav oss bra vägledning och har varit till stor hjälp.

Alnarp juni 2014

Martin Gillheimer
Oskar Lago

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INLEDNING	5
BAKGRUND/PROBLEMBESKRIVNING	5
MÅL	6
SYFTE	6
FRÅGESTÄLLNING	6
AVGRÄNSNING	6
Litteraturgenomgång	7
HUR SER POTATISODLINGEN UT I SVERIGE?	7
<i>Bearbetnings- och odlingssystem</i>	7
TILLGÄNGLIGA MASKINER FÖR POTATISODLING	9
RADAVSTÅND	11
<i>Bäddodling</i>	12
BEVATTNING	13
SPÅRBILD	13
"WIDE SPAN TRACTOR"	14
VAD ÄR FASTA KÖRSPÅR?	15
MODULSYSTEM OCH LÄMPLIGA ARBETSBREDDER	16
FASTA KÖRSPÅR I POTATIS	17
MASKINANPASSNING FÖR FASTA KÖRSPÅR I POTATIS	19
<i>Växtskyddsprutor</i>	19
<i>Gödningsspridare</i>	19
<i>Vagnar</i>	19
<i>Jordbearbetningsredskap</i>	19
<i>Traktorer</i>	20
<i>Justering av hjulaxlar</i>	20
LAGAR & BESTÄMMELSER	20
MATERIAL OCH METOD	22
BERÄKNINGSMODELL, PARAMETRAR I POTATISODLING	22
MASKINUNDERSÖKNING	23
BERÄKNINGSMODELL, ANDEL SPÅR I FÄLT	24
METOD	25
LITTERATURSTUDIE	25
RESULTAT	26
DISKUSSION	28
SLUTSATS	30
REFERENSER	31
PERSONLIGA MEDDELANDEN	34
BILDKÄLLOR	35
Bilagor	36
BILAGA 1	36
BILAGA 2	37
BILAGA 3	38

SAMMANFATTNING

Detta arbete är en förstudie inom området fasta körspår med potatis i växtföljden. Målet är att undersöka vilka radavstånd som är att föredra vid tillämpning av fasta körspår med potatis i växtföljden. Användning av fasta körspår har under ett flertal år blivit allt populärare, men det finns inte mycket litteratur om fasta körspår i potatisodling och att tillämpa detta i praktiken. Därför tyckte vi att det skulle vara intressant att göra en förstudie inom området. Syftet med studien är att ge lantbrukare förslag på lämpliga arbetsbredder vid anpassning av systemet.

Potatisodling innebär intensivare körning med maskiner i fält jämfört med traditionell spannmålsodling och därför är det motiverat att försöka koncentrera den skadliga markpackningen till ett fåtal punkter i fältet. Markpackning är ett stort problem som motverkar goda potatisskördar. Skörden kan sänkas flera ton per hektar vid alltför packad jord. Packad jord fördröjer uppkomst och både knöl- och stolontillväxten minskar. Vid rotmotstånd över 1 MPa börjar potatisplantans rotsystem begränsas av packad jord, medan andra gröders rötter klarar av motstånd mellan 2 och 3 MPa.

Beräkningar och en undersökning har gjorts på spårvidder mellan 170 – 320 cm och vilka maskiner som skulle passa in för respektive spårvidd. Vid sammanställning av maskiner och jordbruksredskap undersöktes de större maskintillverkarna i Europa och de maskiner som är tillgängliga på den svenska marknaden. Insamling av information från maskintillverkare och importörer har skett genom telefon eller mejlkontakt och genom att undersöka hemsidor och tekniska specifikationer.

Vid sammanställning av olika modulbredder framgick att ett radavstånd på 85 cm med 3 kupor per drag är att föredra. Spårvidden blir 255 cm och med ett tillägg på 10 cm per spår dvs. modulbredden blir 265 cm. Detta system har flest maskiner som passar in och ger lägst andel spår i fält. Utöver detta ger den också en låg skördeförlust jämfört med övriga spårvidder. Arbetsbredden i spannmålen blir med detta system 8 m (3 x 2,65= 7,95 m).

Är det lämpligt att använda sig av fasta körspår vid potatis i växtföljden under svenska förhållanden? Den svenska lagstiftningen tillåter att lantbruksmaskiner får framföras på allmän väg även om de är bredare än 2,6 m. Enligt svensk lag måste ett fordon vara registreringsbesiktigat för att få framföras på allmän väg. Detta gäller dock inte lantbruksredskap som transporteras mellan en gårds ägor.

SUMMARY

This is a preliminary study about Controlled Traffic Farming (CTF) with potatoes in the crop rotation. The aim is to examine which track widths and line spacing that is preferable for the application of CTF with potatoes in the crop rotation. The use of CTF in modern farming has under several years become more and more common, but there is not much written within the area. Therefore, we thought it would be interesting to conduct a feasibility study in this field. The purpose with this study is to give farmers suggestions on which working widths that are to prefer to conduct the system.

Cropping potatoes means much more intense driving with machines in the field, compared to traditional cropping of grain and therefore it is justified to concentrate the harmful soil compaction to a few points in the field. Soil compaction is a major problem that prevents good potato yields. The yield can be reduced up to several tonnes per hectare. The compacted soil delays the plant growing and both the potato itself and the stolon-growth reduce. Whit soil resistance above 1 MPa the root system from most plants is limited by compacted soil, while other crop roots are capable of resistance between 2 and 3 MPa.

Calculations have been made on track widths between 170 – 320 cm and which of the machines that can be accessed today that would fit in for each gauge. When matching all the machines, the major manufacturers and the machines that are available for Swedish market were investigated. Collection of information from manufacturers and importers have been made through telephone, email and by examine websites and technical specifications for each machine.

The study shows that a row spacing of 85 cm and 3 cups per move are preferable. The track width is thus 255 cm with an additional 10 cm per track which means an width of the module is 265 cm. This system has the most machines that fits and provides the lowest proportion of tracks in the field. In addition it also provides a low yield loss compared to other gauges. The working width with this system is 8 metres ($3 \times 2,65 = 7,95$ m).

But is it appropriate to use fixed tramlines with potatoes in a crop rotation under Swedish conditions? The Swedish legislation allows agricultural equipment may be driven on public roads, even if they are wider then 2,6 meters, that is the limit for other vehicles in Sweden. The Swedish law requires that a vehicle must be inspected and registered to allow driving on public roads. This does not apply agricultural and farming equipment transported between a farm estate.

INLEDNING

Bakgrund/problembeskrivning

Lantbruket utvecklas ständigt och ställs inför fler och högre krav på sättet att bruka marken. Användning av fasta körspår har under ett flertal år blivit allt populärare och är enligt många ett effektivt sätt att vårda marken och dess viktiga egenskaper. Potatisodlingen ställer andra krav på maskiner, bearbetningssystem etc. än vad spannmåls- och vallodlingen gör. Odlingen i sig är ofta utsatt för packningsskador, då man ofta kör med tunga redskap under ogynnsamma förhållanden (Alvemar & Johansson, 2013).

I dagsläget är det relativt ovanligt med fasta körspår i potatisodling och speciellt i Sverige. Spannmålsodlare som har potatis i växtföljden har svårare att passa in maskiner i systemet eftersom potatismaskinerna använder sig av olika radavstånd. Bredderna passar därför in dåligt med maskinerna i spannmålsodlingen. Att kunna använda sig av fasta körspår även i potatisodlingen skulle vara en fördel för så väl markens egenskaper som ekonomiska aspekter. Dagens lantbruksmaskiner blir också allt tyngre, vilket innebär att den skadliga packningen i jorden ökar, även om packningsproblematiken funnits ända sedan lantbruken mekaniserades för över 50 år sedan. Till en början var maskinerna relativt lätta och skadlig packning förekom främst i matjorden. Allt eftersom maskinerna blev tyngre förflyttades också den skadliga packningen längre ned i alven, där det är svårare att åtgärda den (Webb *et al.*, 2004).

Packningsskador i jorden kan uppstå både direkt och indirekt. Det indirekta problemet innebär att upptagningsprocessen försvåras då mer jord tas upp i maskinen och potatisen blir mer jordbeklädd, vilket kan leda till lagringsförluster (Norup, 1986). Direkta skador på hela potatisplantan uppkommer vid exempelvis körning i fält med växtskyddsspruta eller gödningspRIDARE. Andra effekter är att skörden är mindre i jord som är packad. En annan viktig aspekt är att i frilandsodling och potatisodling är kvaliteten mycket viktig. Exempelvis påverkas formen på grönsakerna eller potatisen av markpackning, vilket är negativt i matpotatis eftersom man vill ha alla potatisar inom målstorleken (Håkansson *et al.*, 1988).

Skadlig packning medför begränsad rotutveckling för potatisplantan och är ett av de större problemen som motverkar goda potatisskörden. Skörden kan sänkas flera ton per hektar vid alltför packad jord. Utöver packning är det andra faktorer som begränsar rotutvecklingen. Dessa kan exempelvis vara det mekaniska motståndet som finns i lättare jordar som sand och grovmo, vilka kan minskas genom att bl.a. öka mullhalten i jorden (Nilsson *et al.*, 2012).

En serie försök visar att packad jord fördröjer uppkomsten, dessutom minskar knöl- och stolon-tillväxten. Vid 3 till 4 MPa upphör rötter från flertalet plantor att växa eller växer så pass långsamt att rötternas funktion upphör (Stalham *et al.*, 2007). Vid motstånd över 1 MPa, börjar potatisplantans rotsystem begränsas av den packade jorden. Andra grödors rötter klarar av motstånd mellan 2 och 3 MPa (Ekelöf & Råberg, 2011).

Mål

Målet med denna studie är att finna ett eller flera olika radavstånd och modulbredder som lämpar sig för fasta körspår med potatis i växtföljden, samt visa på skillnader mellan olika spårvidder, odlingsystem och arealer.

Syfte

Ge underlag till potatisodlare, vid övergång till fasta körspår med potatis i växtföljden.

Frågeställning

Det finns många olika modulbredder och spårvidder till fasta körspår i spannmåls- och vallodling. I potatisodling finns inga konkreta rekommendationer, därför vill vi undersöka hur detta skiljer sig mellan olika odlingsystem. Hur breda maskiner får man använda sig av i Sverige på allmänna vägar och vad säger lagen om man ändrar på en maskins standardutförande. Hur kan man applicera fasta körspår med potatis i växtföljden?

Avgränsning

Vi kommer att begränsa oss till spårvidder som kan vara relevanta för potatisodling. Vi kommer att begränsa oss till svenska förhållanden och förutsättningar och därmed de största maskintillverkarna i Europa. Vi undersöker endast bearbetnings- och odlingsystem och inte potatisens egenskaper i sig.

Litteraturgenomgång

Hur ser potatisodlingen ut i Sverige?

Den svenska matpotatisskörden beräknades 2013 till 550 600 ton och den totala arealen matpotatis var 17 700 hektar. De största matpotatisområdena i Sverige är: Skåne, Halland, Östergötland och Västra Götaland. Dessa områden står för ca 76 % av den totala matpotatisskörden. Potatisskörden av stärkelse var år 2013, 254 900 ton och arealen 6070 hektar. Stärkelsearealen är samlad till Skåne, Blekinge och Kalmar län där stärkelseindustrin finns (SCB, 2013).

Bearbetnings- och odlingssystem

Potatis kräver en lätt och lucker jord med god tillgång på fukt. Därför odlas den med fördel på lättare jordar, vilket innebär att man behöver vattna ofta pga. att dessa jordar torkar ut snabbare än lite tyngre (Nilsson *et al.*, 2012). Ett bearbetningsdjup på 25-30 cm rekommenderas för att ge en lucker jord (Lyckeby, 2014). Det finns en uppsjö av olika maskiner och bearbetningssätt i potatisodling. Vilket som passar bäst beror på den enskilde lantbrukarens förhållanden samt klimatets inverkan (Nilsson *et al.*, 2012). Det är också viktigt med en bra dränering eftersom den ökar rötternas möjligheter att nå djupare och på så vis kunna ta upp mer näring och vatten. Det minskar också risken för svampsjukdomar (Malm & Berglund, 2006). Nedan följer rekommendationer för olika jordtyper och förhållanden.

På lättare jordar med enkelkornstruktur är det mycket viktigt att tänka på vattenhållningen eftersom dessa torkar ut snabbt vid för mycket bearbetning på våren. Därför kan man med fördel bearbeta med plog eller djupkultivator på hösten för att sedan göra en djup harvning på våren eller köra med rotorharv för att skapa bra förutsättningar inför själva sättningen (Nilsson *et al.*, 2012). Är det liten förekomst av sten och kokor kan man sätta potatisen direkt efter en föregående bearbetning med harv, kultivator eller plog (Henriksson, 1993).

Mo- och mjälarika jordar tillhör kapillära jordar och har porer som gör att vattnet stiger till markytan under våren. När vattnet sedan avdunstar så blir jorden kall. Därför vill man bryta kapillariteten och detta kan med fördel göras genom att man vårplöjer och på så vis värms jorden (Henriksson, 1993).

Jordar med mycket mjäla eller lättlerjordar riskerar att bilda kokor om man bearbetar när det är fuktigt eller för torrt. Det är därför viktigt att köra under rätt förhållanden. Jordarna bör höstplöjas och sedan görs en grund första bearbetning på våren. När jorden sedan torkat upp är det lämpligt att fräsa den med kupformare inför sättning. (Nilsson *et al.*, 2012).

Stensträngläggning används med fördel på steniga och kokiga jordar innan sättning för att skapa en homogen jord utan sten och jordkokor för att potatisen ska kunna växa ohindrat. Upptagaren kan köras snabbare och de mekaniska skadorna minskar pga. att

sten ger skador både på maskin och potatis. Innan stensträngläggning används en kraftig bäddplog som skapar en bädd för stensträngläggaren (Nilsson *et al.*, 2012).

Stensträngläggning är dyrt men det lönar sig oftast eftersom man kan köra upptagaren snabbare samtidigt som de mekaniska skadorna minskar (Lyckeby, 2014).

Djupluckring efter sättnig, mellan och under raderna, kan också vara ett alternativ för att öka potatisplantans vatten- och näringsupptagningsförmåga då rötterna tillåts penetrera längre ned och breda ut sig mer. Man ska dock vara försiktig med att köra under alltför våta förhållanden då djupluckringen istället kan ha en negativ effekt på markens struktur och egenskaper (Holmkvist, 2008).

Potatisplantan är mycket känslig mot ogräs, sjukdomar och skadegörare. I Sverige är potatisbladmögel det absolut största problemet som man behöver göra upprepade och förebyggande bekämpningar mot (Nilsson *et al.*, 2012). I normalfallet sprutas ett potatisfält 6-9 gånger per odlingsäsong. Det beror på väderförhållanden, jordart och odlingsmässiga förutsättningar och varierar mycket från år till år (Aldén *et al.*, 2014). Det skiljer sig också mellan olika platser i landet och längst i norr är odlingsäsongen kortare och skadetrycket lägre jämfört med längst i söder, där man behöver bekämpa fler gånger (Olofsson & Bengtsson, 1989). Mekanisk bekämpning kan också tillämpas för att minska på antalet kemiska ogräsbekämpningar som behövs. Breda långfingerharvar är effektiva och används med fördel innan uppkomst då man kan bearbeta på toppen av kuporna (vilket man inte kan göra efter uppkomst). En annan metod är att upprepade gånger harva ned och kupa upp kammen av kupan och på så vis motverka ogräsen (Aldén *et al.*, 2014)

Vid skörd av potatis finns det en mängd olika maskiner och system att använda sig av. Det kan vara allt från enradiga upptagare med manuell sortering, till flerradiga självgående upptagare med tank eller elevator. Vid val av olika skördesystem är det viktigt att tänka på hur stora fält man har, hur lång skördesäsongen är och hur lätt det är att få tag på maskiner samt personal. Vid användning av elevatormaskiner *se figur 1* behövs det ofta två till tre följevagnar och personal vid avlastarbordet. Följevagnar kan även behövas till tankmaskiner om fälten är långa (Nilsson *et al.*, 2012).



Figur 1. Upptagning av potatis med elevatormaskin direkt till en följevagn

Tillgängliga maskiner för potatisodling

Inom potatisodling finns det en mängd olika maskintillverkare. Till de största hör bl.a. Grimme, ett tyskt företag, som tillhandahåller det mesta inom potatisodling, samt AVR som är ett belgiskt företag som gör bl.a. sättare, blastkrossar med mera. Andra tillverkare är exempelvis Ploeger, Scanstone, Dewulf och Standen. I *Tabell 1* visas en sammanställning över vilka potatismaskiner som finns tillgängliga och vad de har för bredd, radavstånd och spårvidd.

Bäddplog:

En bäddplog är en typ av plog som används i det första steget under förberedelse inför sättning. Den har till uppgift att plöja upp den jord, som sedan kommer att bearbetas av en stensträngläggare. Det finns olika typer av bäddplogar för olika jordarter och förhållanden. Bäddplogar finns från 1 till 4 rader med ett radavstånd upp till 2,4 meter, se *Tabell 1*. Effektbehovet ligger mellan 90-175 kW. (Grimme, 2014; Scanstone, 2014; Standen, 2014).

Kupfräs/bäddfräs:

Stenförekomsten styr vilket bearbetningssätt som är bäst. Vid liten stenförekomst är en fräs att föredra, vid mycket sten är en stensträngläggare bättre. Med en kupfräs/bäddfräs så bearbetas marken till ett djup av ca 20 - 30 cm. Fräsen skapar kupor som är färdiga för sättning. Fördelen med fräsen är att det endast krävs en körning innan sättning kan påbörjas. Den har också en högre kapacitet, jämfört med stensträngläggaren. Maskinerna finns i bredder upp till 6 meter, antingen med bädd eller kupor. Effektbehovet ligger runt 130 kW för maskinerna på 6 meter. (AVR, 2014; Grimme, 2014; RJMaskiner, 2014).

Stensträngläggare:

Stensträngläggare liknar en upptagare till utseende och konstruktion. Jorden sållas i maskinen av mattor eller stjärnvalsar, eller en kombination av dessa. Sten och jordkokor läggs mellan kuporna. Maskinen har till uppgift att förbereda jorden inför sättning så den är lucker och fin. Maskinen finns i spårvidder upp till 2,7 meter. Effektbehovet ligger runt 70 kW. (Grimme, 2014; Scanstone, 2014; Standen, 2014).

Sättare:

Sättare är den maskin som ”planterar” potatisen i jorden och bildar en kupa/bädd. Det finns i huvudsak två olika typer av sättare: skop- eller bandsättare. Bandsättaren är konstruerad för att kunna sätta sorterat utsäde. Den är också skonsammare mot groddar. Maskinerna finns upp till 8 rader och arbetsbredden varierar beroende på vilket radavstånd man använder. Radavståndet är antingen fast eller justerbart mellan 75 och 90 cm, beroende på maskin. Effektbehovet är ca 110 kW för den största maskinen. (AVR, 2014; Grimme, 2014; Standen, 2014).

Friläggare frontmonterad eller bogserad:

Friläggare är en maskin som tar upp potatisen från kupan och frilägger den ovanpå jorden. Syftet är dels att torka bort den ytliga fukten på potatisen och på så vis minska risken för olika typer av skorv etc. Maskinen lägger också ihop flera kupor till en och samma rad, vilket gör att själva upptagningen går snabbare. Maskinerna finns upp till 4 rader och med ett effektbehov runt 75 kW. (Grimme, 2014; Scanstone, 2014; Standen, 2014).

Radluckrare/djupluckrare:

Används mellan och under raderna för att luckra upp jorden och förbättra vattengenomsläppligheten. (Grimme, 2014; RJMaskiner, 2014).

Kupplog & rullhackor:

Används för att på mekanisk väg bekämpa ogräs och minska grönfärgning på potatisen. Maskinen körs mellan raderna med uppreparande bearbetning genom att harva upp och ned kammen på kuporna. Finns i utföranden upp till 8 rader och med ett effektbehov upp till 80 kW. (Grimme, 2014; RJMaskiner, 2014).

Växtskyddspruta:

Vanlig växtskyddspruta används för att bekämpa ogräs, svampar och andra skadegörare. Spårvidden kan enkelt anpassas till önskat läge (Amazone, 2014; Hardi, 2014; JohnDeere, 2014; Kverneland, 2014).

Blastkross:

Blastkrossens uppgift är att avbryta tillväxten på potatisen. Detta görs genom att krossa blasten, men oftast räcker det inte med att krossa blasten, ofta får man också göra en kemisk behandling. Den största fördelen med blastkrossen är att man kan minska mängden kemikalier som behövs vid avbrytning av tillväxten hos potatisen med 60-70% av den totala mängden kemikalier. Finns upp till 8 rader, med ett effektbehov upp till 80 kW. (AVR, 2014; Grimme, 2014; RJMaskiner, 2014; Standen, 2014).

Upptagare med tank:

Bogserade tankmaskiner finns i en eller två raders utförande. Tomvikter mellan 5 000 och 12 000 kg är vanliga. De har tankvolymmer mellan 2 000 och 7 500 kg. Självgående tankmaskiner finns från 2 till 4 rader. Tomvikter mellan 20 000 och 30 000 kg. (AVR, 2014; Dewulf, 2014; Grimme, 2014; Ploeger, 2014)

Upptagare med direktlastande elevator:

Bogserade upptagare finns från 2 till 4 rader. Tomvikter mellan 5 960 och 11 300 kg. Effektbehov upp till 140 kW. Självgående maskiner med direktlastande elevator finns från 2 till 4 rader. Tomvikter mellan 15 200 och 24 500 kg. (AVR, 2014; Grimme, 2014; Ploeger, 2014; Standen, 2014)

Tabell 1. Sammanställning av dagens tillgängliga maskiner i potatisodling (De största tillverkarna). (AVR, 2014; Dewulf, 2014; Grimme, 2014; Ploeger, 2014; Scanstone, 2014; Standen, 2014)

	Bäddplog	Stensträngläggare	Kupfräs	Sättare	Blastkross	Friläggare	Upptagare
Bredd/Rader	1-4	.1.	.2-8.	2-8	.2-6.	2-4	1-6
Radavstånd	< 270 cm	145-270	75-90	42-90	75-90	75-90	75-90
Spårvidd	T	150-270 cm	TD	150-366	TD	D	D

T= Traktorns spårvidd

D= Beroende av radavstånd och däckstorlek

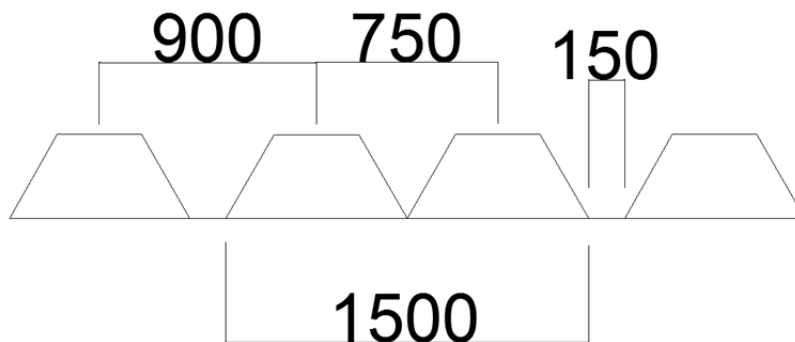
TD= Traktorns spårvidd och däckstorlek

Radavstånd

Att sätta potatisen i kupor med en rad i varje, är det vanligaste odlingsättet. Olika radavstånd kan användas beroende på maskinpark och vilket som passar bäst beroende på den specifika gårdens odlingsförutsättningar. Det vanligaste radavståndet är 75 cm. I dagsläget rekommenderas ett radavstånd på 80-85 cm, vilket möjliggör körning med bredare däck och i sin tur mindre markpackning. Det gynnar också odlingen på så sätt att högre skördar kan tas ut, samt att förekomsten av grönfärgning minskar (Nilsson *et al.*, 2012).

I ett försök undersöktes vilket som var det bästa radavståndet för potatis. Vid jämförelse av radavstånden: 75, 90 och 105 cm hade ett radavstånd på 90 cm 3 – 4 % lägre skörd och 105 cm hade 5 – 6 % lägre skörd, jämfört med ett radavstånd på 75 cm. Detta resulterade i att ett radavstånd på 75 cm var bättre under detta försök som utöver detta visade att ett radavstånd på 90 cm är att föredra på steniga och leriga jordar eftersom det finns mer plats för sten och kokor mellan raderna (Kouwenhoven & Van Ouwerkerk, 1978). I ett samarbetsprojekt vid Partnerskap Alnarp kom man fram till att arean för enkelradiga kupor bör ligga mellan 600 och 700 cm² och sättdjupet cirka 15 cm (Ekelöf & Andersson, 2008).

Det finns också alternativa system att använda sig av. Exempelvis kan man använda sig av ett radavstånd 90-75-90 cm då kan man använda sig av bredare däck mellan raderna som är 90 cm breda, då traktorn gränslar över de båda kuporna som är 75 cm breda. Avståndet över kuporna som traktorn gränslar blir 150 cm *se figur 2*. Med ett tillägg på 15 cm per spår blir spårvidden 165 cm. (Nilsson *et al.*, 2012).



Figur 2. Ett radavstånd på 90-75-90 cm möjliggör användning av bredare däck. Mått i mm

Ett annat alternativ är att använda sig av breda körspår eller odlingsfria sprutspår. Breda körspår innebär att man inte sätter någon potatis i körspåren för sprutan. Detta medför att man kan köra upp på kuporna och därav kunna använda sig av bredare däck på spruttraktorn och sprutan. Detta gör att framkomligheten i fält ökar och underlättar sprutning av potatisfälten. Man undviker också körskador på intilliggande rader.

Avstånden mellan sprutspåren bestäms av sprutan och bevattningsmaskinens arbetsbredder (Hallefält & Nilsson, 2006). Vid användning av breda körspår är det en fördel om man använder bredare spårvidd än normalt på traktorn och sprutan. Detta gör att risken för skador på intilliggande rader minskar. En annan fördel är att man ökar kapaciteten på potatisupptagaren då man slipper ta upp potatis intill besvärliga sprutspår som uppkommer vid sprutning av potatis. Vid användning av traditionella sprutspår trycks däcken på traktorn och sprutan mot potatiskuporna. Detta gör att odling på tyngre jordar ökar risken för stora jordkolor i upptagaren som kan skada potatisen och sänka kapaciteten på hela upptagningskedjan (Gillheimer, pers. medd. 2014).

Odlingsfria sprutspår används främst pga. att i sprutspåren blir ofta kvaliteten och storleksfördelningen på potatisen sämre. I vissa fall blir bortsorteringen upp till 30 % i sprutspåren och de intilliggande raderna. Den ökade framkomligheten med traktorn och sprutan är en viktig orsak till att man använder odlingsfria sprutspår, samt att man får mindre problem vid upptagning under blöta förhållanden (Nilsson *et al.*, 2012).

Bäddodling

Bäddodling av potatis innebär att man istället för att odla i traditionella kupor, odlar i bäddar om 2-4 rader potatis i respektive bädd. Fördelar med systemet är bl.a. bättre vattenhållande förmåga eftersom den exponerade markytan minskar. Ett försök som gjordes under odlingssäsongen 2007 på Stjärnarps Gård i Halland visade också på en skördeökning med 9 % och minskad förekomst av grönfärgning och skorv (Kjell, 2008). I och med att bäddarna kan hålla mer vatten innebär det också att jorden inte blir varm lika snabbt på våren som traditionella kupor, vilket i sin tur kan innebära en senare uppkomst och ökad risk för groddbränna (Torstensson *et al.*, 2004). I ett försök jämfördes 90 cm radavstånd, med traditionella kupor och två meters bäddsystem.

Skörden ökade i bäddodlingen med 4 ton per hektar och gav också en högre andel av potatis i målstorleken (Bone & Sykes, 1997).

Bäddodling av potatis är inte så vanligt i dagsläget. Varför inte fler använder sig av systemet kan bero på att det krävs en förändring i maskinparken för att kunna tillämpa det (Torstensson *et al.*, 2004). Bädnen anläggs mellan körspåren vilket innebär att traktorn måste gränsla hela bädnen (Nilsson *et al.*, 2012).

Bevattning

Potatis är som nämnts en torkkänslig gröda och eftersom den ofta odlas på jordar som torkar ut snabbt är det viktigt med bevattning för att rötterna ska kunna tillgodose plantan med dess behov av vatten. I och med att potatisfält bevattnas blir de också extra känsliga för markpackning och då speciellt på hösten i samband med upptagning då jorden ofta är vattenmättad och avdunstningen är mindre.

Det finns i huvudsak tre olika bevattningsmetoder. Bevattningskanonen är den vanligaste och billigaste metoden. Den har hög kapacitet och relativt jämn vattenfördelning. Om det inte blåser kan den klara oregelbundna fält och uppskjutande hinder (Malm & Berglund, 2006). En annan fördel är att den är lätt att flytta och spridaren i sig är lätt och packar därför mindre. En nackdel är att den är vindkänslig och sprider ojämnt vid blåst samt att energiåtgången är högre (Nilsson *et al.*, 2012).

Rampbevattning är en annan metod som ger en ökad precision, mindre avdunstning och en lägre energiåtgång med ett minskat spridartryck. Rampen ger också en jämnare fördelning (Rosenqvists, 2014). Däremot kräver den öppna och regelbundna fält utan uppstickande hinder för att den ska fungera samtidigt som den är dyrare i inköp och något mer arbetskrävande (Nilsson *et al.*, 2012).

Droppbevattning är den metod som ger bäst vattenhushållning och effektivast utnyttjande. Den består av slangar med små ”hål” i som läggs ut i samband med sättningskuporna. Den är enkel att sköta under säsong och kräver ingen större arbetsåtgång. Dock är det den dyraste metoden och det är något bökiigt och arbetskrävande vid sättningskuporna och upptagning då slangen ska läggas och tas upp. Vattnet måste också vara filtrerat och rent för att inte täppa igen de små hålen i slangarna (Malm & Berglund, 2006).

Spårbild

Nästan alla potatismaskiner spårar i samma spår och arbetsbredderna stämmer bra in i fasta körspår. Det är bara upptagarna som spårar fel av potatismaskinerna. Det beror på att på de tvåradiga och tre-radiga bogserade upptagarna så måste hjulet på elevatorsidan spåra lite åt höger *se figur 4*. För att minska risken att maskiner välter när man kör med maskinen i fält på grund av den smala spårvidden. Det finns olika lösningar på detta problem. Vi har studerat bilder från en potatisodlare i Nya Zeeland, som ställer ut hjulet till nästa rad och på sådant sätt spårar upptagare alltid rätt *se figur 5*. Man kan också

ställa in hjulet, *se figur 6*. Att ändra spårvidden på upptagaren skulle vara ett steg i rätt riktning att minska spårvidden i potatisodling. Enda nackdelen är att maskinen blir bredare i transport, men detta borde kunna lösas med en hydraulisk förlängning på hjulaxeln eller som några tillverkare gör, att man vänder hjulaxeln inåt och på sådant sätt minskar transportbredden (Grimme, 2014; Standen, 2014).



Figur 4. Upptagning med vanlig upptagare.



Figur 5. Upptagning med utställd hjulaxel.



Figur 6. Upptagning med inskjuten hjulaxel.

”Wide Span Tractor”

Konceptet med ”Wide Span” har funnits ända sedan 80-talet då man började titta på nya alternativ för att ersätta den traditionella traktorn (CTFEurope, 2013). Vid skörd av de traditionella spannmålsgrödorna kan skördar på 10 ton per hektar tas ut, medan det i olika grönsaksodlingar kan bli skördar på upp till 100 ton per hektar, dvs. tio gånger mer. Detta innebär också att man behöver köra tio gånger så mycket med tung transportutrustning i fält, vilket är negativt ur markvårdssynpunkt. ”Wide Span Tractor” är ett koncept som bygger på traktorer med extremt bred spårvidd. Tanken med konceptet är att minimera andelen körspår i fält och på så vis samla den skadliga markpackningen till ett fåtal punkter. Andelen körspår i fält med detta system kan vara så lite som knappt 10

%, vilket innebär en drastisk förbättring jämfört med det vanliga systemet med fasta körspår och spårvidder på 2-3 meter. Maskinen kan beskrivas som en vanlig traktor som delats på mitten och sedan satts ihop med en lång axel. Den fungerar på så vis att i transportläge körs den på längden och är lika bred som en vanlig traktor. I arbetsläge svängs hjulen på respektive sida 90° och maskinen körs sedan på bredden. Spårvidden kan vara så pass bred som upp till 10 m. De båda sidorna är identiska med varsin motor. Det enda som skiljer dem åt är förarhytten som är placerad på den ena sidan. Maskinen kan utrustas med flera olika redskap som fästs på den långa axeln mellan de båda sidorna och på så vis kan maskinen ensam ta hand om odlingssäsongens alla bearbetningar, även skörd. Det enda som behövs är att skifta mellan olika bearbetningsredskap. Vid skörd kan maskinen lasta upp till 15 ton och den kan med fördel lasta av vid fältets kant och på så vis undviks onödig körning i fält med tunga fältvagnar och traktorer som annars packar marken (Pedersen *et al.*, 2014).

Fördelarna med konceptet anses vara många, bland annat: en ökad avkastning runt 8 %, eftersom andelen körspår minskar, en halverad mängd bränsle går åt per ton gröda, en minskad mängd bekämpningsmedel genom en mer exakt applicering (CTFEurope, 2013).

Maskinen är endast en prototyp och har testats under åren 2013-2014 på bröderna Kjeldahls Lantbruk, på Samsø i Danmark. De brukar ca 750 ha åker med grönsaksodling. Det är bröderna Kjeldahl som har utvecklat maskinen tillsammans med ASA-Lift och den ska klara av alla uppgifter under odlingssäsongen. Allt från bearbetning till skörd och spårvidden är 9,6 meter. De ekonomiska undersökningar som gjorts hitintills visar på att det krävs åtminstone en gårdsstorlek på 900 ha för att systemet ska löna sig (Pedersen *et al.*, 2014).

Vad är fasta körspår?

Fasta körspår innebär att man använder sig av samma körspår i fält och fasta modulbredder för alla maskiner. Samma körspår används för alla maskiner och man återkommer till samma spår år efter år (McPhee & Aird, 2013). Systemet används för att begränsa markpackningen till de fasta körspåren och på så vis skapa en bra och lucker jord för grödorna mellan körspåren. Överlappning med maskiner minskar också eftersom man använder autostyrning och på så vis effektiviserar körningen i fält. Det krävs också att maskinbredderna är udda multiplar av varandra för att det ska stämma överrens med körspåren. Exempelvis om en såmaskin är 6 meter bred så kan man använda sig av en spruta som är 18 eller 30 meter bred. Med fasta körspår kan man inte heller plöja eftersom man då vänder och förflyttar jorden (Eklund, 2007).

Vid användning av fasta körspår så minskar den totala energiåtgången jämfört med konventionell bearbetning (Hamza & Anderson, 2005). Beräkningar och försök i spannmålsodling visar på att skadlig packning i alven sänker skörden med cirka 6 % (Håkansson, 2000). Fasta körspår minskar också de maskinella kostnaderna pga. att jorden blir mer lättarbetad och på så vis kan man minska på antalet överfarter som behövs för att skapa en bra såbädd. Användningen av GPS effektiviserar också

körningen i fält, samtidigt som arbetsåtgången blir mindre (Gustafsson, 2010). Beräkningar visar på att det lönar sig bättre med bredare moduler och större areal (Alvemar & Johansson, 2013). Vid en övergång till fasta körspår är det också viktigt att se över gårdens areal och hur fälten är utformade. Helst ska det vara stora regelbundna fält med så få hinder som möjligt för att kunna placera ut körspåren på ett sådant sätt att man får så liten spåryta som möjligt och på så vis kunna få maximerad nytta av systemet (Gustafsson, 2010).

En helintegrerad användning av fasta körspår innebär att alla maskiner som används går i samma körspår. Detta kan ofta vara svårt att uppnå vid en omställning till fasta körspår eftersom olika maskiner ofta har olika spårvidd. Exempelvis skördetröskor, men även andra maskiner har normalt en bredare spårvidd jämfört med traktorerna. Därför brukar man anpassa modulbredder och spårvidder efter tröskans, som ofta är den största och bredaste. På traktorer är det enklare att ställa ut spårvidder till samma som tröskans och på så vis anpassa körspåren till samma för alla maskiner som används i fält (Gustafsson, 2010). Det är oftast enklare att ställa ut spårvidden med distanser etc. än att göra den smalare (Webb *et al.*, 2004). Vid breddning av spårvidderna utsätts hjulaxlar och maskin för högre belastningar än vanligt, vilket kan innebära brott på hjulaxlar och högre slitage m.m. Användning av GPS och autostyrning underlättar för att få en bra precision i de fasta körspåren och kunna återkomma till samma körspår år efter år. (Webb *et al.*, 2004).

Det finns också s.k. säsongsbetonad användning av fasta körspår, vilket innebär att man enbart använder sig av systemet under enskilda år och förutsättningar. Vissa maskiner som exempelvis skördetröskor och de huvudsakliga maskinerna för jordbearbetning är svåra att anpassa till systemet med fasta körspår. Säsongsbetonad användning av fasta körspår kan sägas vara en blandning mellan fasta körspår och traditionell bearbetning och ger därför inte fullt samma effekt som helintegrerad användning av fasta körspår (Vermeulen *et al.*, 2007).

Modulsystem och lämpliga arbetsbredder

Som angetts tidigare så måste maskinerna vara udda bredder av varandra för att de ska kunna användas i systemet. Därför finns det begränsningar i vilka arbetsbredder man kan använda sig av. Det beror dels på hur bred såmaskin man använder sig av. Nedan följer några exempel på olika system man kan använda sig av.

Såmaskinen är en tredjedel av sprutans bredd s.k. 3:1 modul. På en gård i Västergötland tillämpas fasta körspår i ett niometerssystem. Såmaskin och kultivator, har 9 m arbetsbredd. Kultivatorns bredd har breddats på gården. Tröskan är på 30 fot (9 meter) samt en spruta på 27 m. (Krijger, 2013). En lantbrukare i Skåne använder sig av en modulbredd på 8 meter dvs. såmaskin och alla jordbearbetningsredskap är 8 meter, Sprutan och gödningspridare är 24 meter, men tröskan är 9 meter (Fällman, 2008). I Australien används ett modulsystem på 12 meter. Såmaskinen och tröskans bredd är 12 meter och sprutans bredd är 36 meter (Webb *et al.*, 2004)

Ett annat modulsystem är att såmaskinen är en femtedel av sprutans bredd, s.k. 5:1 förhållande. Detta system fungerar också för mindre arbetsbredder. Här kan man använda sig av ett 4 metersystem för jordbearbetning och sådd. 20 meter bred spruta och en tröska med 4 meter skärvidd. Detta system fungerar också med en modulbredd på 6 meter. Tröskning, jordbearbetning och sådd sker på 6 meter och sprutning på 30 meter (Webb *et al.*, 2004).

Fasta körspår i potatis

Potatisen är i sig själv känsligare mot packning jämfört med de flesta andra grödor och kräver en god och lucker jord. Skördarna är höga, uppemot 60 ton per ha, vilket innebär att man kan ta ut högre skördar ju mindre spår och packning det är i fältet jämfört med de traditionella spannmålsgrödorna (Alvemar & Johansson, 2013). Det finns endast ett fåtal exempel på lantbrukare som använder sig av ett helintegrerat system med fasta körspår inom grönsaks- och potatisodling. Det finns inte heller mycket litteratur inom området som ännu inte är utforskat i vidare utsträckning. Detta beror främst på att dessa grödor odlas i kupor, bäddar etc. med olika radavstånd, vilket innebär att alla maskiner inte passar in i systemet. De få exempel som finns använder sig oftast av samma grödor år efter år, vilket gör det lättare att anpassa de maskiner som används till samma spårvidder. I en rapport från McPhee & Aird (2013) anges olika anledningar varför man ska använda sig av fasta körspår även i potatis och grönsaksodling.

- Lägre bränsleförbrukning.
- Bättre jordstruktur, biologiskt och infiltrationsmässigt, bättre vattenhållande förmåga och mindre risk för vatten- och vinderosion.
- Jämnare skörd över fältet samt en högre skörd med bättre kvalitet.
- Mindre jordkokor i upptagaren, vilket ökar kapaciteten på hela upptagningskedjan.

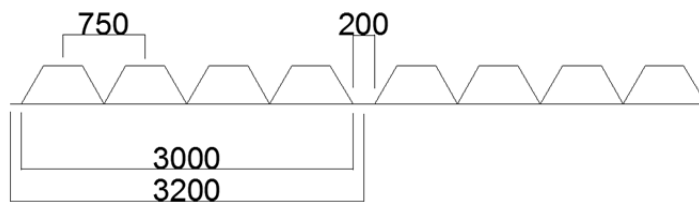
Potatisodlare i Nya Zeeland, med konventionell potatisodling och fasta körspår ser ingen direkt skördeökning. Däremot blir det 13 % bättre kvalitet på potatisen och 45 % (4 ton) mindre jord på potatisen från fältet och därigenom sparades ca 10 % av kostnaden för tvättning, genom att det går snabbare genom potatistvätten. Det blir också en mindre transport- och hanteringskostnad pga. jordmängden som hanteras blir mindre (Powrie & Bloomer, odaterad).

McPhee & Aird (2013) undersökte olika spårvidder och bredder för fasta körspår i potatis- och grönsaksodling. I rapporten framgår att en framtida användning av ett hybridsystem med spårvidder på 2, 2,5 eller 3 meters spårvidder skulle fungera, eller ett annat hybridsystem på 1,7 meter i potatisodling och 3,4 meters spårvidd i spannmålsodling. Ett första steg är att använda sig av fasta körspår säsongvis och på så vis koncentrera den skadliga markpackningen till samma punkter på fältet.

Vid val av spårvidd är det viktigt att tänka på hur stor del av fältet som kommer att packas. Med hybridsystemet på 1,7 m i potatis och 3,4 m i spannmål, packas ungefär 50-60 % av fältet beroende på däckstorlek och det är en stor nackdel med detta system, men

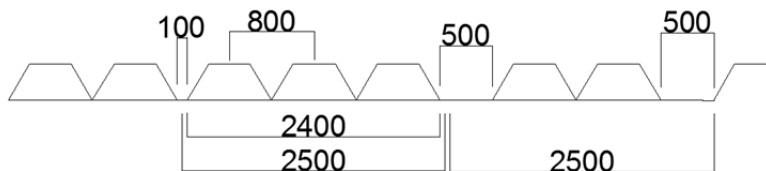
trots allt bättre än konventionell odling av potatis, som vanligtvis packar nästan 100 % av fältet under de år som potatis odlas på fältet. Vid användning av systemet med en spårvidd på 3 m så packas i genomsnitt endast ca 25 % av fältet, beroende på däckdemission. För att kunna använda sig av fasta körspår i potatisodling behöver man också kunna ändra på traktorer och maskiners spårvidder, dvs. ställa ut eller in avståndet på hjulaxlarna. (McPhee & Aird, 2013).

Det finns flera exempel på hur fasta körspår används i potatis. Bröderna Kjedadahl i Danmark, använder fasta körspår säsongvis enligt *figur 7*. Radavståndet är 75 cm och det blir 4 kupor per drag vilket ger en arbetsbredd på 3 m plus ett tillägg på 20 cm per spår. Spårvidden blir då 3,2 m.



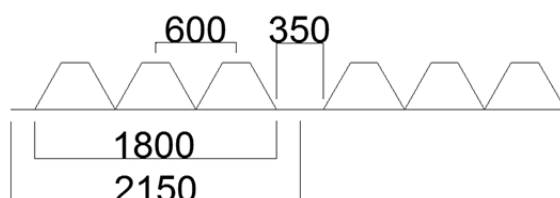
Figur 7. Spårvidd på 3,20 meter och en bäddstorlek på 3 meter med ett radavstånd i bädden på 75 cm och växtskyddssprutan har en arbetsbredd på 28,8 meter. Mått i mm.

Ett annat exempel är John Mckenna i Tasmanien, Australien. Även här används fasta körspår endast säsongvis enligt *figur 8*. Här är radavståndet 80 cm och spårvidden 2,5 m. Här gör man ett tillägg på 10 cm per spår samt har dessutom 50 cm breda sprutspår. Den totala spårvidden blir 2,5 m.



Figur 8. Spårvidd på 2,5 meter och en bäddstorlek på 2,4 meter med ett radavstånd i bädden på 80 cm. De använder sig också av breda sprutspår på 0,5 m var 20:e meter. Mått i mm.

Ytterligare ett exempel är Peter Bay, med ekologisk odling i Danmark. Där används ett radavstånd på 60 cm och en spårvidd på 2,15 m. Det ger tre kupor per drag och 35 cm breda körspår. Se *figur 9*. Totala spårvidden blir 2,15 m.



Figur 9. En bäddbredd på 1,8 m med ett radavstånd på 60 cm inom bädden. Spårvidd på 2,15 m. Mått i mm.

Maskinanpassning för fasta körspår i potatis

Spårvidden hos en maskin definieras som c-c måttet mellan däckens mitt som sitter på samma axel och varierar därför beroende på vilken däcksutrustning man använder. Ett smalare däck ger därför en smalare spårvidd jämfört med bredare däck.

Växtskyddssprutor

De tillverkare av växtskyddssprutor som vi har undersökt har en arbetsbredd från 12 till 42 meter. Spårvidderna varierar mellan 1,50–2,25 meter på de bogserade sprutorerna och de självgående har spårvidder mellan 1,5 – 3,54 meter. Olika spårvidder kan uppnås med olika däcksutrustning och justeringar. Udda arbetsbredder innebär inga större problem då man exempelvis kan montera ändmunstycken på sprutrampen och på så vis bredda rampen. Vissa av tillverkarna har bredare spårvidd på maskinerna för exempelvis USA, men i dagsläget tas dessa axlar inte in i Sverige. Sammanfattningsvis är växtskyddssprutor inte svåra att anpassa till systemet (Amazone, 2014; Bogballe, 2014; Hardi, 2014; JohnDeere, 2014; Kverneland, 2014).

Gödningspridare

Gödningspridarna är också lätta att anpassa. Tillverkarna har olika sätt att variera arbetsbredden på spridarna, allt från att byta tallrikar till att ändra utsläppspunkten på tallrikarna med mera. Vissa tillverkare har också helt varierbar arbetsbredd. De bogserade modellerna har spårvidder mellan 1,5- och 2,25 meter. Arbetsbredderna kan varieras mellan 12- och 54 meter (Amazone, 2014; Bogballe, 2014; Hardi, 2014; JohnDeere, 2014; Kverneland, 2014).

Vagnar

Ivarsson i Metsjö AB, tillverkar vagnar, (maskinhallar och mobila förråd). De kan konstruera hydrauliskt ställbara axlar, så att man kommer upp till en önskad spårvidd. De kan också bygga speciallösningar och tillhandahålla spårvidder upp till 3,2 m (Ivarsson, pers. medd., (2014)

Jordbearbetningsredskap

Jordbearbetningsredskapen ska fungera i både spannmåls- och potatisodling. De redskap vi har undersökt har en arbetsbredd på 2,5 - 12,3 meter. Kultivator, harv, tallriksharv, såmaskin och vält tillhör de redskap vi undersökt. (Amazone, 2014; DAL-BO, 2014; HE-VA, 2014; Kongskilde, 2014; Kverneland, 2014; Lemken, 2014; Väderstad, 2014)

Traktorer

På traktorer mellan 100 och 400 hk, kan spårvidden varieras från 1,7 till 2,8 m beroende på vilken tillverkare det handlar om. I dagsläget är det endast John Deere som kan typgodkänna spårvidder upp till 2,8 m. (John Deere, 2014; Lantmännen Maskin, 2014; Söderberg & Haak, 2014)

Justering av hjulaxlar

Det finns en handfull olika tillverkare som gör distanser till hjulaxlar för att kunna ställa ut spårvidden till ”extrema” bredder. Ändringen av spårvidden sker genom montering av en distans *se figur 10*. Distansen fästs på bakaxeln och hjulet monteras utanpå distansen. Denna lösning kräver ingen ombyggnation av själva axeln (Padco, 2014).

I dagsläget är det endast John Deere som kan tillhandahålla detta fabriksmonterat och endast på framvagnen, eftersom det är en annan bakaxel som tas in på den europeiska marknaden. Vid användning av denna distans på framvagnen måste man först läsa instruktionsboken för att veta vilka belastningsbegränsningar som distanser medför på traktorn, för att garantierna fortfarande skall gälla (Persson, pers. medd., 2014).



Figur 10. Distanser och förlängningar från John Deere. Passande på 7R och 8R serien.

Lagar & bestämmelser

Enligt Trafikförordningen (SFS1998:1276) 4 kap. bestämmelser för trafik med motordrivna fordon 15 §. ”15 § Om ett motordrivet fordon eller ett därtill kopplat fordon lastas så att lasten på någondera sidan skjuter ut mer än 20 centimeter utanför fordonet eller om fordonets bredd, lasten inräknad, överstiger 260 centimeter eller för en buss 255 centimeter, får fordonet eller därtill kopplat fordon föras endast på enskild väg. Följande fordon får dock föras på väg som inte är enskild.

- Lätt motorcykel vars bredd med last inte överstiger 120 centimeter.

- Redskap som används i jordbruksarbete, även om bredden överstiger 260 centimeter” så får lantbruksmaskiner som är bredare än 260 cm färdas på allmän väg

För att en traktor skall få användas på allmän väg krävs det att den är registrerad i Sverige. Den måste också vara CE-märkt och typgodkänd av tillverkaren. All last som sticker ut utanför 2,6 m måste märkas ut och belysning och positionsljus måste justeras. Om man på något visar ändrar på traktorns konstruktion måste man registreringsbesiktiga om den. I vårt fall om vi skulle ställa ut traktorns hjulaxlar utöver vad tillverkaren godkänner krävs en ombesiktning. Det som kan ingå i SMP:s kontroll om man förändrar traktorns axlar kan exempelvis vara hjulaxlar, bromsar, bullernivå, hytt, styrning etc. för att kunna säkerställa att den inte utgör en fara eller risk för trafik och människa. Det kan också vara aktuellt att utföra belastnings- och hastighetsbegränsningar för att göra maskinen säker. För att kunna registreringsbesiktiga en maskin som ändrats utöver vad tillverkaren av maskinen godkänner krävs det också att den som utfört ändringen också godkänner den del som förändrats i samråd med tillverkaren av maskinen. Tillverkaren av maskinen, Svensk Maskinprovning och den som utfört förändringen måste alltså ha kontakt med varandra för att en förändring skall kunna godkännas. I vissa fall kan man också söka dispens för en förändrad maskin och på så vis få den godkänd (Nilsson, pers. medd., 2014)

MATERIAL OCH METOD

Vid anpassning av fasta körspår har vi räknat på de vanligaste radavstånden och sedan undersökt olika systemlösningar för hela potatis- och spannmålskedjan. De olika radavstånden bygger på olika beräkningar som har gjorts för att finna det mest lämpade radavståndet. Vi har även räknat på system med bäddodling. De olika radavstånden multiplicerades sedan med udda multiplar av varandra för att hitta olika lämpliga modulbredder även i spannmålsodlingen.

Beräkningsmodell, parametrar i potatisodling

För att kunna räkna ut olika parametrar i fält som påverkas av en övergång till fasta körspår i potatis skapades en beräkningsmodell enligt Tabell 2. Ekvationen som beräknar antalet rader per hektar är grunden till beräkningsmodellen. Modellen tar endast hänsyn till raka drag exkl. vändteg. Fältets längd, sattes till 200 m och påverkar enbart antalet vändningar som behöver göras per hektar och därmed effektiviteten i fält. Skörden påverkas inte. Skördeförlusten grundar sig på antalet kupor som går förlorade vid ett pålägg av spårbredden för respektive spår. I modellen har beräkningar gjorts på både på 10 och 20 cm för att visa på ev. skillnad. Skörden utan fasta körspår används som ett relativtal och sattes till 50 000 kg per hektar som är en normalskörd under svenska förhållanden. Beräkningsmodellen enligt Tabell 2 och 3 är grunden till våra uträkningar där vi sedan kunnat jämföra hur ändringar i radavstånd och tillägg för spår påverkar det slutgiltiga resultatet. Beräkningar har gjorts på radavstånd från 75 till 90 cm, med 2,3 eller 4 kupor per drag, samt bäddodling på 180, 200 och 270 cm.

De spårvidder vi har räknat på är följande: (cm) 170, 180, 190, 200, 210, 220, 235, 245, 250, 260, 265, 275, 280, 290, 310 och 320. De måste sedan i sin tur vara udda multiplar av varandra för att maskinerna ska passa in. För att förenkla detta skapade vi tabellen som finns i Bilaga 1, som är en sammanställning över de bredder som passar in för respektive spårvidd dvs. udda multiplar av varandra.

Tabell 2. Exempel på beräkningsmodell för att räkna ut skördeförlust per hektar, fältets längd= 200 m

<i>Parameter</i>	<i>Antal/Mängd</i>		<i>Förkortning</i>	<i>Formel</i>
Radavstånd, cm	75	75	RV	10 000 m ² / RV / (FL / 100) RV / KPD MMD + PL AR / KPD ADH · PL ASH / RV AR · FL SUFK / ARH SUFK · FL FRH · SR
Antal kupor per drag	4	3	KPD	
Antal rader per hektar	66,7	66,7	AR	
Avstånd mellan drag/spår, cm	300	225	MMD	
Spårvidd, cm	320	245	SPV	
Antal drag per hektar	17	22	ADH	
Andel spår per hektar, cm	334	445	ASH	
Förlorade rader per hektar	4	6	FRH	
Antal radmeter per hektar	13340	13340	ARH	
Skörd per meter kupa, kg	4	4	SMK	
skörd per rad, kg	750	750	SR	
Skördeförlust per hektar, kg	3333	4444	SF	
Skörd utan fasta körspår	50 000	50 000	SUFK	

Maskinundersökning

Vid sammanställning av maskiner och jordbruksredskap, undersöktes de större maskintillverkarna i Europa. Endast de produkter som är tillgängliga och typgodkända för svenska förhållanden finns med för att få en bra bild över vilka maskiner som passar in efter de radavstånd och spårvidder som används. Urvalet av tillverkare och importörer skedde genom kontakt med de större tillverkarna och importörernas representanter i Sverige. Detta gjordes för att kunna begränsa oss till ett fåtal tillverkare och systemlösningar. Vi har utgått ifrån standardbredder och däcksdimensioner. De olika systemlösningarna är beroende av vilken potatisproduktion man har, den genomsnittliga fältstorleken, jordart, arrondering etc. Därför har vi tagit bort dessa parametrar. Vi har inte tagit hänsyn till för- och nackdelar mellan olika systemlösningar för potatisodling. Maskintillverkare eller importör kontaktades både över telefon samt mejl med specifika frågor om just den maskin som var aktuell. Därför kunde vi inte skapa en frågeställning som var densamma för alla tillverkare och maskintyper utan frågor och funderingar fick skapas efter vilken maskin eller utrustning som det var fråga om. Utöver detta kunde merparten av relevant fakta finnas under respektive maskins tekniska specifikation. Alla tillgängliga maskiner för respektive bredd radades upp för att sedan sammanställas till en fullständig tabell där hela maskinkedjan visas för varje spårvidd. Maskiner, däcksdimensioner och arbetsbredder valdes för att ge en så låg andel spår i fält som möjligt. Vissa maskiner passade in bättre med bredderna, men gav en högre andel spår i fält. Eftersom det handlar om fasta körspår och därmed minimera andelen spår i fält, valdes att göra på detta sätt.

Beräkningsmodell, andel spår i fält

För att göra ytterligare jämförelser mellan olika spårvidder och systemlösningar skapades en beräkningsmodell enligt Tabell 3. Modellen räknar ut andelen spår i fält och grundar sig på hur mycket spår det blir per varje sprutbredd, dvs. exkl. vändteg och hela fältets bredd. Detta gjordes för att förenkla sättet att räkna på samtidigt som inget fält är det andra likt. Ogrässsprutan eller gödningspseudaren är oftast den bredaste maskinen på gården vilket innebär att alla spår för respektive bearbetning ryms innanför denna. Tre olika däcksbredder används och ger således olika spårbild i fält. Radodlingshjul som används i potatisodlingen samt till sprutning sattes till en bredd på 320 mm, vilket är normalt för dessa. Den vanliga däcksbredden som används i spannmålsodling sattes till 650 mm. Tröskornas däcksbredd varierar beroende av att spårvidderna och tröskmodellerna är olika. I och med detta ger oftast tröskan en negativ spårbild i fält och då främst i de smalare spårvidderna. För att räkna ut antalet spår för respektive däck ritades sprutans bredd upp och överfarterna syftades in. Sprutbredderna sattes mellan 20-30 m för att ge ungefär samma förhållande för alla spårvidder. Spårvidd på tröskor beräknades genom att subtrahera tröskans yttre bredd med en däcksbredd. Vi har inte tagit hänsyn till markpackning och markens fysiologiska egenskaper, utan endast kombinerat tröskans däcksutrustning för att passa in så bra som möjligt för respektive spårvidd.

Tabell 3. Beräkningsmodell för andel spår i fält, per sprutbredd

Parameter	Antal/Mängd	Förkortning	Formel
spårvidd, cm	170	180	SPV
sprutbredd, m	25,5	27	SB
Redskapsbredd i spannmålsodling, m	5,1, 11,9	9	RS
Redskapsbredd i potatisodling, m	1,7	1,8	RP
antal drag per sprutbredd	15	15	DS
Antal spår med radodlingsdäck	4	4	SR
Antal spår med vanliga däck	12	6	SV
antal vanliga spår som överlappas av tröska	10	4	VÖT
Antal radodlingsspår som överlappas av tröska	0	4	RÖT
Radodlingsdäck bredd, m	0,32	0,32	R
tröskdäck bredd, m	0,62	0,62	TD
tröska spårvidd, m	2,38	2,38	TS
tröska överlappning över radodlingsdäck, m	0,49	0,44	TÖR
Tröska överlappning över vanligt däck, m	0,35	0,275	TÖV
Vanlig däcksbredd, m	0,65	0,65	VD
Andel spår med radodlingsdäck, m	1,28	1,28	ASR
Andel spår med vanliga däck + tröskdäck, m	11,3	6,76	ASV
Andel spår per sprutbredd, m	12,58	8,04	ASS
Andel spår per sprutbredd, %	49,00	30,00	SS

Metod

Huvudmetoden för denna studie är att ta fram underlag till lantbrukare som är intresserade av fasta körspår med potatis i växtföljden. Vid anpassning av fasta körspår har vi räknat på de vanligaste radavstånden och sedan undersökt olika systemlösningar för hela potatis- och spannmålskedjan. De olika radavstånden bygger på olika försök som har gjorts för att finna det mest lämpade radavståndet. Vi har även räknat på system med bäddodling. De olika radavstånden multiplicerades sedan med udda multiplar av varandra för att hitta olika modulbredder även i spannmålsodlingen.

Litteraturstudie

Litteraturstudien bygger på material som inhämtats från vetenskapliga artiklar och böcker. Eftersom det finns relativt lite skrivit om ämnet fasta körspår i potatisodling har vi inhämtat information ifrån olika medlemskanslor som exempelvis CTF Europe, statliga myndigheter och från maskintillverkare etc. Vid insamling av vetenskapliga artiklar har vi använt oss av Google Scholar och SLU:s databaser Primo och Epsilon. För övrig information som samlats in har vi använt Google. Vid referenshantering har vi använt oss av programmet EndNote.

RESULTAT

I *Tabell 4* visas en sammanställning över hur alla maskiner i maskinkedjan för spannmåls- och potatisodling passar in för respektive spårvidd. Utöver detta visas också skördeförlusten samt andelen spår i fält för respektive spårvidd.

Jordbearbetningsmaskinerna i spannmålsodling samt tröska graderas i en skala från 1-3, där 1 är bra och 3 mindre bra. En sammanvägning syns under kolumnen total, vilken innebär ju lägre siffra desto bättre. Det är viktigt att ta i beaktning att olika maskiner belastar resultatet olika mycket. En skördetröska med hög överlappning är sämre än exempelvis en vält som överlappar lika mycket eftersom en tröska är dyr i inköp och drift. Den behöver utnyttjas till sin fulla bredd för att vara så effektiv som möjligt. Om tröskan inte överlappar alltför mycket kan man också öka körhastigheten och på så vis behålla tröskans kapacitet. En vält som överlappar påverkar inte lika mycket.

Tabell 4. Kultivator, harv, såmaskin, vält samt skördetröska graderas i skala från 1-3 beroende på hur mycket de överlappar. Kultivator, harv och vält: 0-15 cm= 1, 15-30 cm= 2, >30= 3. Såmaskin: 0-5 cm= 1, 5-10 cm= 2, >10 cm= 3. Skördetröska: 5-15 cm= 1, 15-30 cm= 2, >30 cm= 3. Totalsiffra, skördeförlust samt andel spår i fält visas i de tre högra kolumnerna

Maskin	Traktor	Bäddplog	Stensträngläggare	Sättare	Blaskross	Upplagare	Vagn	Kultivator	Harv	Såmaskin	Vält	Gödningsspridare	Ogrässprika	Skördetröska	Total	Skördeförlust/ha, kg	Andel spår, %
Spårvidd, cm																	
170 (+10 cm)								1	1	3	3			3	11	3 125	49
180 (+10 cm)								1	1	1	3			3	9	2 941	30
190 (+10 cm)								1	1	3	1			3	9	2 681	41
200 (+20 cm)								2	1	1	2			3	9	5 361	38
210 (+10 cm)								1	1	3	1			3	9	2 725	39
220 (+20 cm)								1	3	3	3			3	13	5 450	35
235 (+10 cm)								1	2	3	2			3	11	2 222	32
245 (+20 cm)								3	3	3	1			1	11	4 444	34
250 (+10 cm)								1	3	3	1			1	9	2 083	32
260 (+20 cm)								1	2	3	3			3	12	4 167	24
265 (+10 cm)								1	1	1	2			3	8	1 961	22
275 (+20 cm)								3	3	3	1			3	13	3 922	27
280 (+10 cm)								3	3	3	3			3	15	1 787	27
290 (+20 cm)								1	1	3	3			3	11	3 574	
310 (+10 cm)								1	3	3	1			3	11	1 667	
320 (+20 cm)								3	3	3	3			3	15	3 333	

Maskin Tillgänglig

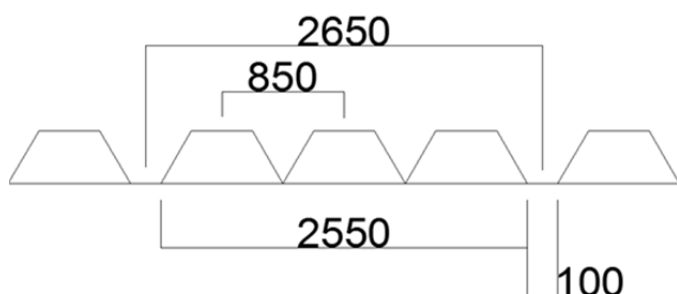
Endast en tillverkare

Högt effektbehov

Maskin/ Uppgift saknas

Exakt bredd

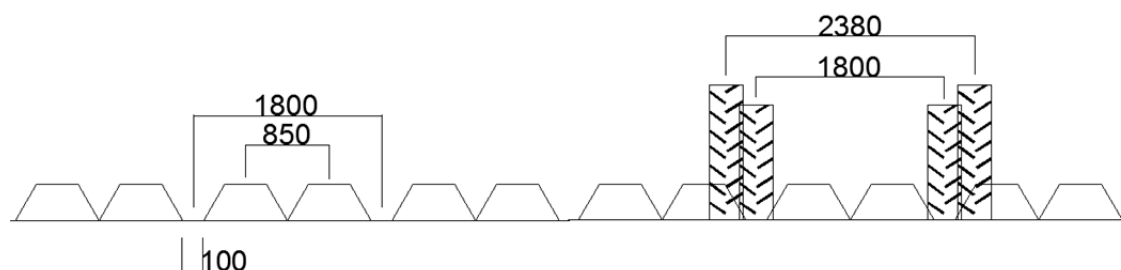
Ett radavstånd på 85 cm och 3 kupor per drag ger lägst andel spår i fält samtidigt som det ger en låg skördeförlust. Ett tillägg på 10 cm per spår har gjorts. Den totala spårvidden blir 2,65 m *se figur 11*. I *figur 12*, visas hur radodlingsdäcken placerar sig mellan kuporna. Eftersom det är 10 cm extra per spår jämfört med vanlig potatisodling så trycker inte däckerna lika mycket på kuporna. En spårvidd på 1,8 m är enklare att åstadkomma på traktorer eftersom den normala spårvidden ligger runt 1,9 m. I och med detta kan man använda sig av ett modulsystem och ett förhållande 1:5. Arbetsbredden blir då $1,8 \text{ m} \cdot 5$ dvs. 9 meter. Problemet är att tröskans spårvidd är minst 2,38 m beroende på däcksutrustning *se figur 13*. Därför går tröskan i ett eget spår och ger en högre andel spår i fält. Systemet kan sägas vara ett hybridsystem eftersom tröskan går i ett eget spår. En kultivator och såmaskin på 9 meter har ett relativt högt effektbehov, vilket innebär att det krävs stora traktorer till att dra redskapen. Det går också att använda redskap med en bredd på 5,4 m dvs. ett förhållande 1:3. Maskinerna kräver då ett lägre effektbehov. Andelen spår i fält blir dock högre.



Figur 11. Skiss över hur en spårvidd på 265 cm ser ut i praktiken. Ett radavstånd på 85 cm mellan kuporna och ett tillägg på 10 cm per spår. Mått i mm.



Figur 12. Skiss över hur däckerna placerar sig i figur 10. Mått i mm.



Figur 13. Skiss över hur tröskans spårvidd påverkar spårbildningen i fält. Mått i mm.

DISKUSSION

När man diskuterar fasta körspår behöver man ställa sig frågan: måste alla maskiner gå i samma spår? Eller är det bättre att de tyngre maskinerna går i samma spår? Man vet ju att skadlig markpackning påverkar marken och i sin tur skörden negativt. Det kan också ge en fördröjd uppkomst samtidigt som knöl- och stolontillväxten minskar etc. Är det då motiverat att använda sig av fasta körspår i Sverige på alla maskiner, när den svenska lagstiftningen tillåter lantbruksredskap på allmän väg som är bredare än 2,6 meter? Eftersom man istället kan använda sig av bredare däck och dubbelmontage med väldigt lågt lufttryck, ofta under 0,5 bar. Försök visar att ett lufttryck under 0,5 bar inte ger så stor skadlig markpackning, då packar man inte marken på samma sätt eftersom man fördelar ut maskinernas vikter över en större yta. På så vis kanske det lönar sig bättre att inte använda fasta körspår eftersom man inte får fasta spår där marken är packad och därmed negativ ur skördesynpunkt. En idé är att använda fasta körspår på alla maskiner som körs med enkelhjul på traktorn och att de maskiner som tillåter användning av dubbelmontage inte behöver köras med fasta körspår. På så sätt koncentrerar man den skadliga markpackningen och alla maskiner behöver inte passa in i systemet. Detta bygger på att de maskiner som körs med enkelhjul på traktorn, att deras arbetsbredder stämmer in med varandra. Med dubbelmontage kan man också köra åt olika håll. Fälten blir då jämnare och mer homogena. Då borde man kunna få både fördelar från fasta körspår och användning av dubbelmontage med lågt ringtryck.

Vid beräkning av andelen spår i fält lades alla spår från både spannmål och potatisodling ihop, vilket i sin tur ger en total spårbild i fält. Potatis kanske odlas vart femte år på respektive fält och då får man en annorlunda spårbild från år till år. Vid anpassning av fasta körspår med potatis i växtföljden är det många parametrar man måste ta hänsyn till. Potatisodlingen i sig har nästan bara ojämna arbetsbredder och det finns inga standardlösningar. För att få mera exakta lösningar krävs fler studier, försök och undersökningar.

Vid sammanställning av maskiner har vi avgränsat oss till de större tillverkarna. Pga. detta så kan resultatet variera lite mellan vilket radavstånd som passar bäst eftersom det kan finnas ytterligare tillverkare som kan tillhandahålla andra bredder. Det är endast de maskiner som finns tillgängliga på den svenska marknaden som undersökts. Alla maskinbredder är standard, förutom sprutor och gödningspridare där arbetsbredden är mer ”anpassningsbar”. Detta syns under resultatet där respektive maskin graderats i en skala från 1-3 beroende på hur pass bra maskinen passar in. Att en maskin graderats till siffran 3 betyder endast att den passar in sämre jämfört med andra maskiner som graderats till 1 eller 2. Det betyder inte att man inte bör använda den. De flesta av dagens tillgängliga såmaskiner har jämna arbetsbredder som exempelvis 4, 6, 8, 9 eller 12 meters arbetsbredd. Vid kontakt med olika maskintillverkare och importörer av maskiner till den svenska marknaden diskuterades olika alternativ till de jämna arbetsbredderna. Vår fråga var då om tillverkarna kunde justera eller bygga om en maskin till de bredder som vi önskade. Tillverkarna gör inga speciallösningar i fabrik utan det får man göra på egen hand blev svaret.

Metoden om att räkna ut andelen spår i fält genom att addera alla spår inom respektive sprutbredd (som är den bredaste maskinen) har svagheten att andelen spår i fält också beror på fältets utformning och storlek. Ett stort och långt fält utan uppskjutande hinder ger lägre andel spår än ett litet fält med många hörn och hinder. Metoden ger dock en bra bild över hur spårbilden fördelar sig och skillnaden mellan spårvidderna bör vara densamma. Avgränsningen om att endast undersöka de större tillverkarna har ju nackdelen att det kan finnas andra tillverkare som har de udda arbetsbredderna som krävs för olika system. Det finns en uppsjö av tillverkare och att undersöka skulle ta lång tid.

Maskinerna under resultatet graderades i en skala från 1 till 3, där 1 är bra och 3 mindre bra. Såmaskinen är viktigast att passa in och inte överlappa så mycket eftersom man inte vill så dubbelt. Tröskan är också viktig medan jordbearbetningsmaskinerna är mindre viktiga då det kanske inte gör lika mycket att överlappa med en harv eller vält. En skördeträska på 25 fot har en skärvidd på 7,6 m. Över denna skärvidd finns det endast modeller var femte fot dvs. 30, 35 och 40 fot. Det skiljer alltså en och en halv meter mellan modellerna över 25 fot. Detta ledde till att tröskorna ofta graderades till en 3:a eftersom det inte finns så många skärvidder att välja mellan. Det finns inte heller några alternativa lösningar i dagsläget. Jordbearbetningsmaskinerna finns det betydligt fler tillverkare och modeller att välja mellan. Arbetsbredderna mellan olika maskiner och modeller varierar också kraftigt. Därför var det enklare att passa in dessa i de olika modulerna. Graderingen är endast en vägledning till hur mycket respektive maskin överlappar och det behöver inte ses som negativt att en maskin graderats till en 3:a, om det är just den maskinen som passar in i en lantbrukares maskinpark och odlingsystem. Graderingen skulle kunna sättas till andra siffror men skulle fortfarande ge samma resultat eftersom den endast ger en vägledning till hur mycket respektive maskin överlappar.

Vid beräkning av skördeförlusten per hektar sattes fältets längd till 200 m. Fältets längd har ingen betydelse för skördeförlusten utan ger samma förlust oavsett längden. Däremot har vi räknat på ett tillägg i körspår på både 10- och 20 cm. Till de spårvidder som det lagts till 20 cm per spår ges en högre skördeförlust per hektar, jämfört med ett tillägg på 10 cm per spår. Det positiva med att lägga till 20 cm extra per spår är att man kan använda bredare däck och på så vis minska markpackningen. Frågan är om det väger upp den skördeförlust som man får? Det måste ju fortfarande löna sig ekonomiskt. Ett tillägg på 10 cm per spår tillåter ju också användning av bredare däck samtidigt som det ger en lägre skördeförlust.

En vidareutveckling av denna studie är att göra försök under svenska förhållanden med fasta körspår i potatisodlingen. Ekonomiska beräkningar bör också göras för att ge en bild över hur lönsamheten påverkas. Dagens potatismaskiner är relativt dyra och det är många maskiner som krävs för att kunna odla potatis. Att justera maskiner till rätt arbetsbredd och spårvidd kan vara kostsamt. Vi har inte tagit hänsyn till några ekonomiska aspekter för denna studie och därför kan kostnaden för de olika maskinkedjorna variera kraftigt.

Den svenska lagstiftningen tillåter att lantbruksredskap får framföras på allmän väg, även om de är bredare än 2,6 m. Detta gäller dock endast mellan gårdens ägor. Samtidigt måste traktorn vara registreringsbesiktigad och typgodkänd av tillverkaren för att få framföras på allmän väg. All last som sticker ut utanför 2,6 m måste märkas ut. Men hur

långt är det mellan en gårds ägor? Och vad händer om en olycka sker med en traktor som inte är registreringsbesiktigad? Får man framföra redskap på allmän väg som är bredare än 2,6 m om man bedriver en maskinstation? Då kör man ju inte mellan gårdens ägor. Allt detta kan sägas vara en stor "gråzon" eftersom det inte är många som vet vad som gäller och det är först när en olycka sker som det blir allvar. Händer det en olycka med en traktor som inte är registreringsbesiktigad är det lantbrukaren som är skyldig och får stå till svars.

I efterhand hade vi nog gått till väga på samma sätt både i litteraturundersökning och material och metod. Om vi vetat om det hade vi nog börjat med att undersöka maskintillverkarna lite tidigare, eftersom det är väldigt tidskrävande. Då hade vi hunnit med att undersöka fler tillverkare och kanske fått ett annat resultat om hur många maskiner som passar in för respektive spårvidd och modulsystem. Skördeförlost och andel spår i fält hade blivit desamma som i denna studie.

Slutsats

- En spårvidd på 265 cm och ett radavstånd på 85 cm med 3 kupor i "bädden" och 10 cm extra plats för hjulen är det modulsystem som passar in allra bäst enligt denna studie. Den ger också lägst andel spår i fält och en låg skördeförlost. Denna modulbredd på 2,65 m resulterar i att en 8 m såmaskin passar (3 x 2,65 m = 7,95 m). En skördetröska på 9 meter kommer dock att överlappa drygt 1 meter.
- Lantbruksredskap som är bredare än 2,6 meter får framföras på allmän väg. Traktorn måste vara registreringsbesiktigad i Sverige och last som sticker ut utanför 2,6 m måste märkas ut. Om en traktors grundutförande ändras måste den ombesiktigas för att kunna registreras.

REFERENSER

- Aldén, L., Andersson, G., Arvidsson, A., Berg, G., Djurberg, A., Gerdsson, A., Gustafsson, G., Holmblad, J., Johansson, L., Lerenius, C., Lindgren, A., Norrlund, L. & Sandström, M. (2014). Bekämpningsrekommendationer - Svampar och Insekter 2014: Jordbruksverkets växtskyddscentraler.
- Alvemar, H. & Johansson, C. (2013). CTF ur ett ekonomiskt perspektiv -En analys för storskaliga växtodlingsföretag: Institutionen för Ekonomi. SLU
- Amazone (2014). Amazone machinery programme. Amazonen- Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. <http://www.amazone.net/maschinen-landtechnik-kommunaltechnik.asp> [2014-05-23].
- AVR (2014). Products. AVR byba. <http://www.avr.be/index.php?lng=en&id=3> [2014-05-23].
- Bogballe (2014). Fertiliser spreaders. Bogballe A/S. <http://www.bogballe.com/fertiliser-spreaders/guide-fertiliser-spreader.html> [2014-05-23].
- Bone, A.C.W. & Sykes, R.O. (odaterad) QUAD POTATO PLANTING , WHY & WHERE? Standen Engineering Limited. <http://www.standen.co.uk/StandenPotatoPlanters?cmsaction=download&page=1421&id=5498> [04-24].
- CTFEurope (Odaterad) Wide Span CTF. <http://www.ctfeurope.co.uk/WhatIs/Wide-Span-CTF.aspx> [2014-04-23].
- DAL-BO (2014). Produkter. Dal-bo A/S. http://www.dal-bo.com/pl/Tromler_1.aspx [2014-05-23].
- Dewulf (2014). Potato harvesters. Dewulf group. <http://www.dewulfgroup.com/en/potato-harvesters-11.htm> [2014-05-23].
- Ekelöf, J. & Andersson, A. (2008). Utvärdering av sättekniakens betydelse för matpotatiskvaliteten. Slutrapport, Partnerskap Alnarp och område Jordbruk, odlingsssystem, teknik och produktkvalitet, SLU. Alnarp
- Ekelöf, J. & Råberg, T. (2011). Växtnäringens inflytande på skörd och kvalitet i potatis; Odlingssystem, teknik och produktkvalitet. SLU Alnarp.
- Eklund, J. (2007). Kontrollerad trafik i fält-ett odlingsystem för Sverige? Examensarbetet Lantmästarprogrammet. SLU. Alnarp
- Fällman, A. (2008). Fasta körspår. Lantmannen. Juli 2008.

- Grimme (2014). Potato technology. Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG.
<http://www.grimme.com/de/products> [2014-05-23].
- Gustafsson, K. (2010). Controlled Traffic Farming i skånsk växtodling: Fakulteten för Landskapsplanering, Trädgårds- och Jordbruksvetenskap. SLU. Alnarp
- Hallefält, F. & Nilsson, J. (2006). Maskinkostnader i potatisodling: Institutionen för landskaps-och trädgårdsteknik, SLU. Alnarp
- 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(2), ss. 121-145.
- Hardi (2014). Alla HARDI produkter. HARDI International A/S.
<http://www.svenskahardi.se/se/produkter> [2014-05-23].
- HE-VA (2014). Produkter. HE-VA ApS <http://www.he-va.com/index.php?page=4> [2014-05-23].
- Henriksson, L. (1993). Fabrikspotatiskommittén -sammandrag från 1993 års försöksverksamhet: SLU Alnarp.
- Holmkvist, A. (2008). Potato yield and soil physical properties as affected by subsoiling: Dept of Agriculture. SLU Bachelor project. Alnarp.
- Håkansson, Inge (2000). Packning av åkermark vid maskindrift. Technical Report. Uppsala: (NL, NJ) > Institutionen för markvetenskap > Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Sveriges lantbruksuniversitet ; 99
- Håkansson, I., Voorhees, W.B. & Riley, H. (1988). Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil and Tillage Research*, 11(3-4), ss. 239-282.
- John Deere (2014). Lantbruk. Svenska John Deere AB.
http://www.deere.se/wps/dcom/sv_SE/industry/agriculture/agriculture.page [2014-05-23].
- Kjell, C. (2008). Bäddodling av matpotatis; LTJ-fakulteten, Examensarbete Lantmästarprogrammet. SLU. Alnarp
- Kongskilde (2014). Soil preparation. Kongskilde Industries A/S
<http://www.kongskilde.com/Agriculture/Soil> [2014-05-23].
- Kouwenhoven, J.v. & Van Ouwerkerk, C. (1978). Optimum row spacing for potatoes. *Potato Research*, 21(3), ss. 195-215.
- Krijger, A.-K. (2013). Kontrollerad trafik (CTF). SLU Institutionen för mark och miljö
Precisionsodling och pedometri. SLU. Skara

- Kverneland (2014). Produkter. Kverneland A/S. <http://se.kverneland.com/Produkter> [2014-05-23].
- Lantmännen Maskin (2014). Produkter. Lantmännen Maskin AB. <http://www.lantmannenmaskin.se/sv/Produkter/> [2014-05-23].
- Lemken (2014). Products. LEMKEN GmbH & Co. KG. <http://lemken.com/en/products/> [2014-05-23].
- Lyckeby (2014). Jordbearbetning. <http://epi.lyckeby-industrial.com/Lyckeby101215/Templates/Normalpage.aspx?id=2155> [2014-04-11].
- Malm, P. & Berglund, P. (2006). Bevattning och växtnäringsutnyttjande. (Jordbruksverket. Greppa Näringen.
- McPhee, J.E. & Aird, P.L. (2013). Controlled traffic for vegetable production: Part 1. Machinery challenges and options in a diversified vegetable industry. *Biosystems Engineering*, 116(2), ss. 144-154.
- Nilsson, I., Rölin, Å. & Van Schie, A. (2012). *Odla potatis -en handbok*. (LL Information och Utveckling, Tibro. Svärd & Söner Tryckeri AB, Falköping: Hushållningssällskapet Skaraborg.
- Norup, S. (1986). Markstrukturens och markfuktighetens betydelse vid angrepp av vanlig skorv (*Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman and Henrici) på potatis. Examensarbeten-Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Olofsson, B. & Bengtsson, A. (1989). Bekämpning av bladmögel och brunröta på potatis. *Lantbruksinformation*, 9. Jordbruksverket.
- Padco (2014). Wheel spacers. Padco Engineering Ltd. <http://www.padcouk.com/wheelspacers.html> [2014-05-21].
- Pedersen, H.H., Sørensen, C.G., Oudshoorn, F.W., Meyer, R., Kjeldahl, J.K. & Chamen, T. (2014). A Wide Span Tractor concept developed for efficient and environmental friendly farming.
- Ploeger (2014). Potato harvesters. Ploeger Machines bv. <http://www.ploeger.com/en/machines/ploeger-machines/aardappelrooiers/ar-4bx/> [2014-05-23].
- Powrie, J. & Bloomer, D. (odaterad). The dirt on Controlled Traffic potatoes. Landwise.org.nz. [2014-04-11].
- RJMaskiner (2014). Jordbearbetning. RJ-Maskiner AB. <http://www.rjmaskiner.se/maskiner/jordbearbetning-11605413> [2014-05-23].

- Rosenqvists (2014) Rosenqvists Irrigation AB. Öka bevattningskapaciteten med rampbevattning.
<http://irrigation.rosenqvists.com/sv/produkter/bevattningsmaskiner> [2014-04-10].
- Scanstone (2014). Products. RGS-Forfar Ltd.
<http://scanstone.co.uk/product-selection.html> [2014-05-23].
- SCB (2013). Skörd av potatis 2013 -Preliminära uppgifter. Jordbruksverket: SCB.
- Stalham, M., Allen, E., Rosenfeld, A. & Herry, F. (2007). Effects of soil compaction in potato (*Solanum tuberosum*) crops. *The Journal of Agricultural Science*, 145(04), ss. 295-312.
- Standen (2014). Products. Standen Engineering Limited.
<http://www.standen.co.uk/products/> [2014-05-23].
- Söderberg & Haak (2014). Produkter. Söderberg & Haak Maskin AB.
http://www.sodhaak.se/produkter__Traktor__ [2014-05-23].
- Torstensson, G., Ekbladh, G. & Linnér, H. (2004). Kväveutnyttjande i potatis- och grönsaksodling. (Jordbruksverket: Greppa Näringen.
- SFS 1998:1276, (1998) Trafikförordningen.
- Webb, B., Blackwell, P., Riethmuller, G. & Lemon, J. (2004). *Tramline Farming Systems -Technical manual*.
- Vermeulen, G.D., Mosquera, J., van der Wel, C., van der Klooster, A. & Steenhuizen, J.W. (2007). Potential of Controlled Traffic Farming with automatic guidance on an organic farm in the Netherlands. 6th European Conference on Precision Agriculture. Skiathos, Greece.
- Väderstad (2014). Produkter. Väderstad-Verken AB. <http://www.vaderstad.com/se> [2014-05-23].

Personliga meddelanden

Gillheimer, Håkan. Lantbrukare Fornåsa [2014-04-16]

Ivarsson, Anders. Metsjö Linköping [2014-05-18]

Nilsson, Jan-Olof, SMP Malmö [2014-05-15]

Persson, Mikael. Svenska John Deere [2014-04-28]

Bildkällor

Omslagsbild. Grimme.com

Figur 1. Fotograferat av Martin Gillheimer, Fornåsa 2013-09-28

Figur 3. Johndeere.com

Figur 4. Grimme.com

Figur 5 och 6. John Mcphee, Tasmanian Institute of Agriculture

Bilagor

Bilaga 1

Tabell för att underlätta beräkningen modulbredder

Spårvidd, m	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
1,7	5,1	8,5	11,9	15,3	18,7	22,1	25,5	28,9	32,3	35,7
1,8	5,4	9	12,6	16,2	19,8	23,4	27	30,6	34,2	37,8
1,9	5,7	9,5	13,3	17,1	20,9	24,7	28,5	32,3	36,1	39,9
2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42
2,1	6,3	10,5	14,7	18,9	23,1	27,3	31,5	35,7	39,9	44,1
2,2	6,6	11	15,4	19,8	24,2	28,6	33	37,4	41,8	46,2
2,35	7,05	11,75	16,45	21,15	25,85	30,55	35,25	39,95	44,65	49,35
2,45	7,35	12,25	17,15	22,05	26,95	31,85	36,75	41,65	46,55	51,45
2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
2,6	7,8	13	18,2	23,4	28,6	33,8	39	44,2	49,4	54,6
2,65	7,95	13,25	18,55	23,85	29,15	34,45	39,75	45,05	50,35	55,65
2,75	8,25	13,75	19,25	24,75	30,25	35,75	41,25	46,75	52,25	57,75
2,8	8,4	14	19,6	25,2	30,8	36,4	42	47,6	53,2	58,8
2,9	8,7	14,5	20,3	26,1	31,9	37,7	43,5	49,3	55,1	60,9
3,1	9,3	15,5	21,7	27,9	34,1	40,3	46,5	52,7	58,9	65,1
3,2	9,6	16	22,4	28,8	35,2	41,6	48	54,4	60,8	67,2

Bilaga 2

Fasta körspar, + 20 cm spår per drag

	75	75	80	80	85	85	90	90	180	200	270
Radavstånd, cm											
Antal kupor per drag	4	3	3	2	3	2	3	2			
Antal rader per hektar	67	67	63	63	59	59	56	56	28	25	19
Antal meter mellan drag/spår, cm	300	225	240	160	255	170	270	180	180	200	270
Spårvidd, cm	320	245	260	180	275	190	290	200	200	220	290
Antal drag per hektar	17	22	21	31	20	29	19	28	28	25	19
Andel spår per hektar, cm	334	445	417	625	392	588	371	556	556	500	370
Förlorade rader per hektar	4	6	5	8	5	7	4	6	3	3	1
Antal radmeter per hektar	13340	13340	12500	12500	11760	11760	11120	11120	5560	5000	3700
Skörd per meter kupa, kg	4	4	4	4	4	4	4	4	10	10,9	15
Skörd per rad, kg	750	750	800	800	850,3	850	868	868	1960	2180	2946
Skördeförlust per hektar, kg	3333	4444	4167	6250	3922	5882	3574	5361	6056	5450	4037
Skörd utan fasta körspar	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	48 250	48 250	54 500	54 500	54 500

Litteratur som visar på skördeminskning vid ett radaavstånd på 90 cm

Litteratur som visar på skördeökning i bäddodling

Bilaga 3

Fasta körspår, + 10 cm spår per drag

	75	75	80	80	85	85	90	90	180	200	270
Radavstånd, cm											
Antal kupor per drag	4	3	2	2	3	2	3	2			
Antal rader per hektar	67	67	63	63	59	59	56	56	28	25	19
Antal meter mellan drag/spår, cm	300	225	240	160	255	170	270	180	180	200	270
Eventuell spårvidd, cm	310	235	250	170	265	180	280	190	190	210	280
Antal drag per hektar	17	22	21	31	20	29	19	28	28	25	19
Andel spår per hektar, cm	167	222	208	313	196	294	185	278	278	250	185
Förordade rader per hektar	2	3	3	4	2	3	2	3	2	1	1
Antal radmeter per hektar	13340	13340	12500	12500	11760	11760	11120	11120	5560	5000	3700
Skörd per meter kupa, kg	4	4	4	4	4	4	4	4	10	11	15
skörd per rad, kg	750	750	800	800	850	850	868	868	1960	2180	2946
Skördeförst per hektar, kg	1667	2222	2083	3125	1961	2941	1787	2681	3028	2725	2019
Skörd utan fasta körspår	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	48 250	48 250	54 500	54 500	54 500
Skörd med fasta körspår + 10 cm	48 333	47 778	47 917	46 875	48 039	47 059	46 463	45 569	51 472	51 775	52 481

Litteratur som visar på skördeminskning vid ett radavstånd på 90 cm

Litteratur som visar på skördeökning i bäddodling

