



Optimering av maskinsystem för skörd av ensilage med hög kvalitet

Optimisation of machinery systems for high quality forage harvest

**Carina Gunnarsson
Rolf Spörndly
Håkan Rosenqvist
Martin Sundberg
Per-Anders Hansson**

SLU
Institutionen för biometri och teknik

**Rapport – miljö, teknik och
lantbruk 2007:06**

SLU
Department of Biometry and Engineering

**Uppsala 2007
ISSN 1652-3237**



Optimering av maskinsystem för skörd av ensilage med hög kvalitet

Optimisation of machinery systems for high quality forage harvest

**Carina Gunnarsson
Rolf Spörndly
Håkan Rosenqvist
Martin Sundberg
Per-Anders Hansson**

SLU
Institutionen för biometri och teknik

**Rapport – miljö, teknik och
lantbruk 2007:06**

SLU
Department of Biometry and Engineering

**Uppsala 2007
ISSN 1652-3237**

SAMMANFATTNING

Målet med denna studie är att dra slutsatser och ta fram råd för val av maskinkapacitet vid skörd av ensilage till mjölkkor. En maskinkedja med hög kapacitet är en förutsättning för skörd av vallfoder med hög kvalitet. En annan förutsättning är att skörden sker vid rätt tidpunkt, dvs. att hänsyn tas till läglighetsförlusterna. Att beräkna läglighetskostnaderna, vilka bestäms av skördens kapacitet och tidpunkt, var därför en viktig del av studien. För att kunna beräkna läglighetskostnaderna måste först läglighetsfaktorer beräknas. De beskriver kostnaden för varje dag som skörden avviker från den dag när skördens värde är maximalt och beräknades för varje skörd utifrån hur vallens avkastning och värde förändras med skördetidpunkten. Effekten av att ta hänsyn till läglighetskostnaderna vid val av skördekapacitet undersöktes för tre olika skördesystem med varierande maskinkapacitet och vallareal.

För skörd med hackvagn och bogserad exakthack för ensilering i plansilo samt för rundbalspressning med integrerad plastning gjordes beräkningarna för tre olika storlekar på maskinkedjorna; den minsta maskinkedjan S, den mellanstora maskinkedjan M och den största maskinkedjan L. I maskinkedjorna ingick slätter, bärgning på fält, transport till lagring samt ensilering. I skördekostnaden inkluderades maskinkostnader, arbetskostnader samt läglighetskostnader. Vid jämförelse mellan systemen inkluderades även ensileringskostnader såsom kostnaden för ensileringsplast samt investerings-, ränte- och underhållskostnaden för plansilo respektive hårdgjord yta för lagring av rundbalar. I projektet studerades ett treskördesystem för konventionell respektive ekologisk produktion i Götalands södra slättbygder (Gss) samt i Svealands slättbygder (Ss).

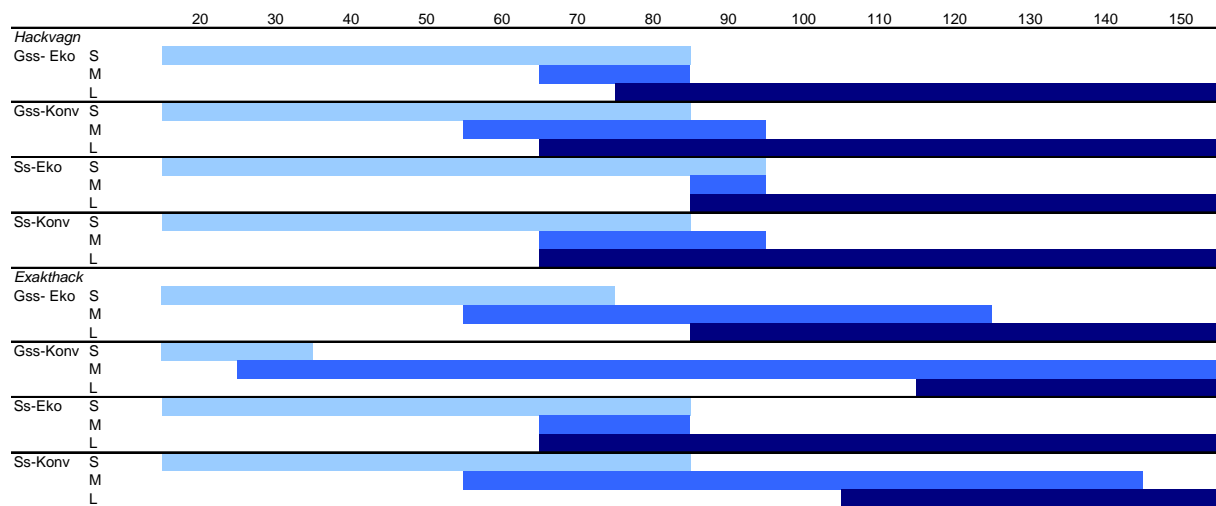
Om hänsyn inte tas till läglighetskostnaderna underskattas skördekostnaderna och risken finns att för låg skördekapacitet väljs. Betydelsen av att inkludera läglighetskostnaderna vid beräkning av skördekostnaderna och vid val av maskinkapacitet ökar ju större vallareal som ska skördas. Tabell S1 visar skörde- och ensileringskostnaderna för skörd av 70 ha vall i konventionell och 90 ha vall i ekologisk produktion i Svealands slättbygd vid 1 km transportavstånd.

Tabell S1. Kostnader för skörd och ensilering med maskinkedja M för de studerade systemen vid 70 ha vall i konventionell produktion respektive 90 ha i ekologisk produktion

Kostnader kr (kg TS) ⁻¹	KONV			EKO		
	Hackvagn	Exakthack	Rundbalar	Hackvagn	Exakthack	Rundbalar
Maskin	0,22	0,20	0,24	0,24	0,22	0,28
Arbete	0,087	0,10	0,10	0,11	0,13	0,12
Läglighet	0,031	0,025	0,039	0,031	0,026	0,042
Skördekostnader	0,34	0,33	0,38	0,38	0,38	0,44
Plast & nät			0,16			0,16
Plansilo/platta	0,19	0,19	0,06	0,19	0,19	0,06
Täckning plansilo	0,03	0,03		0,03	0,03	
Skörd+ ensilering	0,56	0,55	0,60	0,60	0,60	0,66
Lagring- och ensileringsförluster, % av TS	17	17	7	17	17	7
Skörd+ ensilering inkl förluster	0,67	0,66	0,65	0,72	0,72	0,71

Vid korta transportavstånd (1 km) har skörd med hackvagn och exakthack lägst skörde- och ensileringskostnader. Exakthack med två eller tre transportvagnar ger de lägsta kostnaderna vid 2-7 km transportavstånd. Vid längre transportavstånd är skörd med rundbalar det billigaste skördesystemet av de som undersökts i denna studie.

Vid val av maskinkapacitet för hackvagn och exakthack framgår av figur S1 att i intervallet 60-90 ha vallareal var kostnadsskillnaden mellan de olika maskinkedjorna små och val av maskinstorlek hade inte så stor inverkan på skördekostnaderna. För att minimera skördekostnaderna bör den minsta maskinkedjan väljas vid arealer mindre än ca 60 ha och den största maskinkedjan vid arealer större än 90 ha. Vid skörd med rundbalar var det endast storleken på slåtterkrossen som varierade mellan maskinkedjorna och den största maskinkedjan resulterade i de lägsta skördekostnaderna oavsett vallareal.



Figur S1. Areal där maskinkedja S, M och L gav lägst skördekostnad för skördesystemen med hackvagn och exakthack.

Maskinsamverkan är ett bra sätt att sänka skördekostnaderna, framför allt vid små vallarealer, eftersom ökad årlig användning av maskinerna sänker maskinkostnaderna och gör att större maskiner med högre kapacitet kan användas. För att undvika höga läglighetskostnader är det dock viktigt att skörden inleds vid rätt tidpunkt.

ABSTRACT

This study examines harvesting systems and presents conclusions on selection of machines for harvesting silage for dairy cows. Achieving a high quality cut of forage requires a high machine capacity and harvesting must be carried out at the optimal time with respect to plant growth stage. Therefore calculation of timeliness costs, which are determined by the time and capacity of harvesting, formed an important part of the study. These calculations require timeliness factors that describe the losses for each day by which harvest is delayed after the date of maximum economic crop value. The timeliness factors were calculated for each cut from data on changes in yield and quality of cuts during the harvest period.

Harvesting cost calculations were based on a precision chop forage trailer, a precision chop forage harvester with separate transport trailers and a round baler with integral wrapping. Cost calculations were carried out for three different sizes of machine chain (small (S), medium (M) and large (L)) for each harvest system. The operations included were mowing-conditioning, harvesting in the field, transport to storage and loading and packing into a bunker silo. Harvesting costs included the cost of machines, labour and timeliness. In addition, ensiling costs such as bale plastic and the investment, interest and maintenance cost for the bunker silo or the storage area for round bales were included when comparing the harvesting systems. Calculations were made for a three-cut system in conventional (CONV) and organic (ORG) forage production in southern Sweden (Gss) and central Sweden (Ss).

When timeliness costs were not considered there was a risk of too low a harvest capacity being chosen. The effect of including timeliness costs when calculating harvesting costs increased with the forage area harvested, since a larger forage area increased the duration of harvest. Table S1 shows harvesting and ensiling costs with 1 km transport distance for 70 hectares of forage in conventional production and 90 hectares in organic production in central Sweden.

Table S1. Harvesting and ensiling costs (SEK per kg dry matter) using machine chain M and the studied for the different harvest systems on 70 ha conventional (CONV) forage and 90 ha organic (ORG) forage. PCFT = precision chop forage trailer; PCFH/T = precision chop forage harvester with separate transport trailers; RBI = round baler with integral wrapping

Costs SEK (kg ⁻¹ DM)	CONV			ORG		
	PCFT	PCFH/T	RBI	PCFT	PCFH/T	RBI
Machinery	0.22	0.20	0.24	0.24	0.22	0.28
Labour	0.087	0.10	0.10	0.11	0.13	0.12
Timeliness	0.031	0.025	0.039	0.031	0.026	0.042
Harvesting	0.34	0.33	0.38	0.38	0.38	0.44
Plastic and net			0.16			0.16
Silo/storage area	0.19	0.19	0.06	0.19	0.19	0.06
Covering silo	0.03	0.03		0.03	0.03	
Harvesting + ensiling	0.56	0.55	0.60	0.60	0.60	0.66
Storage and ensiling losses, % of DM	17	17	7	17	17	7
Harvesting + ensiling including losses	0.67	0.66	0.65	0.72	0.72	0.71

At short transport distances (1 km), the precision chop forage trailer and the precision chop forage harvester with separate transport trailers had similar harvesting and ensiling costs, while those for round baling were somewhat higher. The precision chop forage harvester with 2 or 3 transport trailers resulted in the lowest costs at 2-7 km transport distance. At longer transport distances (>7 km), the round baler was the cheapest of the harvesting systems studied here.

As regards machine capacity, it is clear from Figure S1 that to minimise harvesting costs the smallest machine chain should be used for forage areas less than 60 ha, whereas when the forage area exceeds 90 ha the largest machine chain should be chosen. In the 60-90 ha forage area range, there was little difference in costs between the S, M and L machine chains. For harvest with round bales only the size of the mower-conditioner varied between the machine chains and the largest machine chain had the lowest harvest costs for all forage areas.

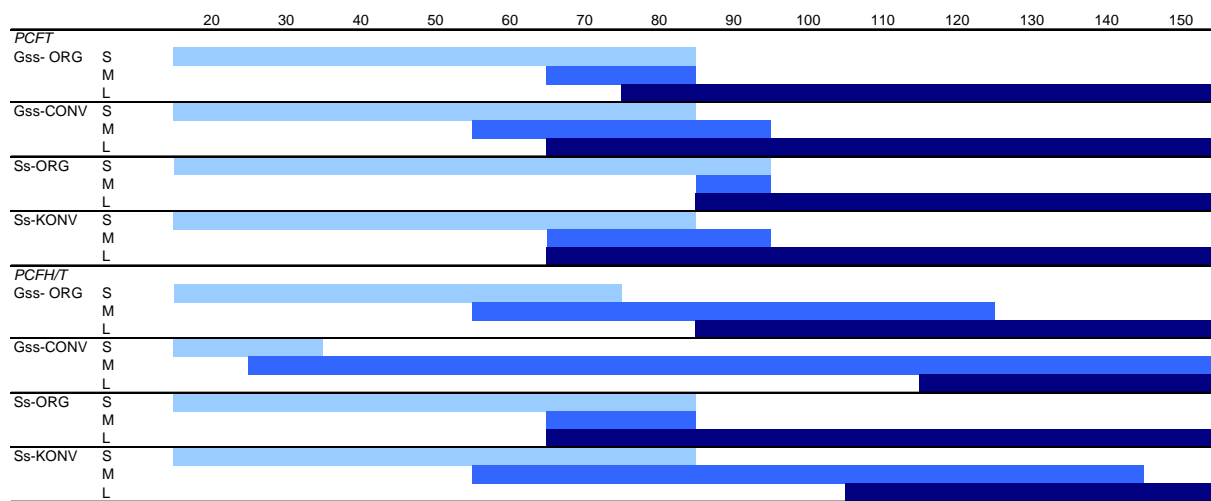


Figure S1. Acreage for which machine chain sizes S, M and L resulted in the lowest harvesting costs for the precision chop forage trailer system (PCFT) and the precision chop forage harvester with separate trailers system (PCFH/T).

Machine cooperatives are a good way to lower harvesting costs since for smaller forage areas in particular, increased annual use of the machines decreases the machine costs and allows larger machines to be used to greater capacity. To avoid high timeliness costs it is important that cuts are performed at the optimal time.

FÖRORD

Detta projekt utfördes i samarbete mellan Inst. för biometri och teknik och Inst. för husdjurens utfodring och vård vid SLU samt Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI. Projektet finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF); tack för ert stöd vilket gjorde denna studie möjlig.

Dessutom ett stort tack till Henrik Johansson, Östanå Almunge, Christian Swensson, LTJ, Lantbrukets byggnadsteknik, SLU samt Britta Fagerberg, SLU, för er medverkan i projektets referensgrupp.

INNEHÅLL

INTRODUKTION	11
SYFTE.....	12
MATERIAL OCH METODER	12
Beräkning av läglighetsfaktorer	12
Vallavkastning	13
Vallens ekonomiska värde	14
Beräkning av optimala skördedagar	17
Beräkning av skördekostnader	18
Studerade system	18
Maskinkapacitet och arbetsbehov	21
Maskin- och arbetskostnader.....	22
Läglighetskostnader	23
RESULTAT	25
Läglighetsfaktorer	25
Skördekostnader	28
Götalands södra slättbygder (Gss).....	28
Svealands slättbygder (Ss).....	35
Maskinsamverkan.....	42
Gemensamt utnyttjande av maskiner.....	42
Maskinring.....	43
Jämförelse mellan skördesystemen.....	45
Arbetskraftbehov	46
Bränsleåtgång	47
Känslighetsanalys	47
Allmänt	47
Effekten av att inkludera läglighetskostnader	48
Läglighetsfaktorer	49
Sannolikhet för tjänligt väder	50
Avkastningsförändringar	51
Fälteffektivitetsfaktor.....	52
Transportavstånd.....	52
Ökad packningskapacitet.....	54
Ökad slätterkapacitet.....	55
Förlängd arbetsdag.....	56
Arbetskostnader och arbetskraft.....	57
Plastkostnad	57
Befintlig plansilo och lagringsplatta för rundbalar finns.....	58
Sammanfattning av känslighetsanalysen	59
DISKUSSION	60
Läglighetsfaktorer och läglighetskostnader	60
Maskinsystem allmänt.....	61
Skördekostnader	62
Fördelning av kostnader.....	62
Skillnader mellan systemen	63
Val av maskinkapacitet och storlek på maskinkedja	64
Maskinsamverkan.....	65
GENERELLA SLUTSATSER OCH RÅD.....	66
REFERENSER.....	67
Tryckta referenser	67
Internetreferenser	69
Personliga meddelanden.....	69

INTRODUKTION

En maskinkedja med hög kapacitet är en förutsättning för skörd av vallfoder med hög kvalitet. En annan förutsättning är att skörden sker vid rätt tidpunkt, dvs. att hänsyn tas till läglighetsförlusterna. Läglighetskostnaden bestäms av skördens kapacitet, skördetidpunkten samt av läglighetsfaktorn vilken beskriver kostnaden för varje dag som skörden avviker från den dag när skördens värde är maximalt. Läglighetsfaktorer bestäms för varje skörd utifrån hur vallens avkastning och värde förändras med skördetidpunkten.

Genom att addera läglighetskostnaderna till maskin- och arbetskostnaderna vid skörd av vall tas hänsyn till de kostnader som uppstår om vallens värde minskar pga. ej optimal skördetidpunkt och begränsad skördekapacitet. Läglighetskostnader kan inte helt undvikas eftersom det inte är möjligt att skörda hela arealen på optimal tidpunkt, de kan dock minskas genom val av skördetidpunkt och skördekapacitet. Om läglighetskostnaderna inte inkluderas finns risk att skördekostnaderna underskattas och att för låg kapacitet väljs på de maskiner som används i skörden.

Vid skörd av vall visar tidigare studier, exv. Gunnarsson m.fl. (2005) att läglighetskostnaderna kan vara betydande och därför bör tas hänsyn till vid beräkning av skördekostnader. För att beräkna läglighetskostnaderna behöver man ha kännedom om hur skördens värde förändras med tiden (Schneeberger & Bär, 1997). För vallskörd påverkas vallens värde dels av avkastningen vilken ökar när skördetidpunkten förskjuts framåt och dels av värdet per kg vall vilket minskar när näringsinnehållet sjunker med gräsets ålder. Gunnarsson & Hansson (2004) och de Toro (2005) har gjort motsvarande beräkningar för skörd av spannmål och Schneeberger & Bär (1997) för skörd av sockerbeter. Jämfört med dessa grödor som endast skördas en gång per säsong kompliceras beräkningarna för vall av att vallen skördas upprepade gånger per säsong. Tidpunkten för första skörden har betydelse inte bara för första skördens storlek och kvalitet utan även för efterföljande skördars storlek och kvalitet. En sen första skörd innebär normalt sett en hög avkastning i första skörd men en sänkning av avkastningen i efterföljande skördar.

Läglighetsförlusterna är beroende av väder och klimat där år med svåra väderförhållanden ökar risken för stora läglighetskostnader (de Toro & Rosenqvist, 2005). Antalet eller andelen dagar när skörden kan genomföras med avseende på väder och markförhållanden har stor påverkan på läglighetskostnaderna och är samtidigt både svår att bestämma och uppvisar stora variationer mellan år. I denna studie används en metod där tillgängliga arbetsdagar beskrivs som en sannolikhet för tjänligt väder dvs. att skörden ska gå att genomföra en viss dag. Från daglig väderdata för en tioårsperiod beräknas andelen dagar utan regn för aktuell skördeperiod. Skördens totala längd justerades för sannolikheten att skörden kan genomföras och därefter bestämdes läglighetskostnaderna utifrån skördens totala längd. Denna metod innebär att läglighetskostnaderna beräknas för ett genomsnitt av olika år och att läglighetskostnaderna i verkligheten är större vissa år och mindre andra år (de Toro & Hansson, 2004)

För skörd av ensilage finns flera maskinsystem att välja mellan med olika för- och nackdelar. Oavsett vilket maskinsystem som väljs är målet en rationell skörd från slåtter till inlagring (Schick & Stark 2002). Vilket system som är mest intressant beror på bland annat gårdsspecifika förutsättningar som befintlig utrustning, tillgång på arbetskraft, transportavstånd samt hur stor vallareal som ska skördas. Valet av skördesystem har stor inverkan på hur skörden genomförs och vilken arbetsinsats och arbetsintensitet som krävs. I kontinuerliga skördesystem med exempelvis hackvagn eller exakthack med separata transportvagnar sker skörd, transport och inlagring i direkt anslutning till varandra. Om skörden istället sker med rundbalspress kan skörd och transport ske tidsmässigt skilda från

varandra (Schick & Stark, 2002). Generellt har kontinuerliga system högre behov av arbetskraft och större behov av skördeplanering så att kapaciteten på de ingående maskinerna och arbetsmomenten matchar varandra för att undvika kostsamma väntetider (Schick & Stark, 2002). En effektiv ensilageskörd förutsätter att transportkapaciteten är tillräcklig för att skördemaskinen inte ska bli stillastående (Harrigan, 2003). Antalet transportenheter som behövs är beroende av hackkapacitet, transportavstånd, transportvolym samt inlagringskapacitet i silo (Schick & Stark, 2002). Vid längre transportavstånd har exakthacken med separata transportvagnar en fördel jämfört med hackvagnar. En allt större del av hackens arbetstid åtgår då för transport och jämfört med en dyr hackvagn kan transporten ske billigare med separata transportvagnar (DLZ, 1996).

Ett alternativ till att skörda med egna maskiner är ett gemensamt utnyttjande av maskinerna för att fördela de fasta kostnaderna på en större areal och minska arbetskostnaderna genom att använda maskiner med högre kapacitet (de Toro & Rosenqvist, 2005). En positiv effekt av maskinsamverkan är även att tillgången på arbetskraft ökar (Nielsen, 1999).

Maskinsamverkan är ett vitt begrepp som innefattar bland annat lån av maskiner i utbyte mot gentjänster, hyra av maskiner, inlejdning av maskinstation och maskinringar samt maskinsamarbete i gemensamma bolag (Andersson m.fl., 2004). I denna studie undersöks effekten på skördekostnaderna av att två gårdar skördar med gemensamma maskiner samt av att skörden utförs av en maskinring.

SYFTE

Det övergripande syftet med studien är att förbättra lönsamheten för svensk mjölkproduktion genom att minska kostnaderna vid skörd av vall. Genom att beräkna vallskördekostnader för olika maskinsystem och olika storlekar på maskinkedjan är målet med denna studie att dra slutsatser och ta fram råd för val av maskinkapacitet vid skörd av ensilage till mjölkkor. Beräkningarna görs för konventionell och ekologisk produktion i Götalands södra slättbygder och i Svealands slättbygder. Ett syfte var även att undersöka hur skördekostnaderna påverkades av maskinsamverkan.

En förutsättning för skörd av vallfoder med hög kvalitet är att skörden sker vid rätt tidpunkt, dvs att hänsyn tas till läglighetsförlusterna. Att beräkna läglighetskostnaderna, vilka bestäms av skördens kapacitet och tidpunkt var därför en viktig del av studien. För att kunna beräkna läglighetskostnaderna måste först läglighetsfaktorer beräknas med utgångspunkt i förändringar i vallens avkastning och värde med skördetidpunkten.

MATERIAL OCH METODER

Studien består huvudsakligen av två delar. I den inledande delen beräknades läglighetsfaktorer vilka beskriver storleken av förlusterna för var dag som skörden försenas från den tidpunkt då skördens värde är maximalt. Läglighetsfaktorerna varierar med geografiskt läge och produktionssätt och beräknades därför för första, andra och tredje skörd i ekologisk respektive konventionell produktion i Götalands södra slättbygder (Gss) samt i Svealands slättbygder (Ss). Under studiens andra del beräknades skördekostnaderna, dvs. maskin-, arbets- och läglighetskostnader samt ensileringskostnader för de studerade skördesystemen.

Beräkning av läglighetsfaktorer

En beräkningsmodell konstruerades för att uppskatta de läglighetsförluster som uppstår när vallskörden inte sker vid den tidpunkt när vallen har sitt maximala värde. Förutom läglighetsförlusterna när skörden inte utförs vid optimal tidpunkt uppstår läglighetsförluster även under skördens gång på den areal som ännu återstår att skörda. Dessa förluster är beroende av skördemaskinernas kapacitet.

När skörden sker efter den tidpunkt när vallens värde är maximalt händer två saker som påverkar vallens totala värde: avkastningen ökar och näringsvärdet minskar. Modellen bestod därför av två delar. En del av modellen beräknade vallens avkastning (i kg TS ha⁻¹) genom att använda en valltillväxtmodell utvecklad av Torssell m.fl. (1982) och Torssell & Kornher (1983). Den andra delen beräknade hur vallens ekonomiska värde (i kr (kg TS)⁻¹) förändrades med vallens innehåll av energi och protein. Vallens totala värde beräknades för varje dag under skördeperioden genom att multiplicera skördens avkastning med det ekonomiska värdet.

För var och en av de tre skördarna beräknades skördens värde för olika skördedagar och den skördedag som resulterade i maximalt skördevärde (i kr ha⁻¹) bestämdes. Lågighetsfaktorer (i kr ha⁻¹ dag⁻¹) beräknades genom att ta skillnaden i skördens värde mellan den dag med maximalt värde och värdet ett antal dagar senare.

Vallavkastning

Modellen som användes för att beräkna vallens avkastning vid olika skördedatum kräver daglig väderdata samt ett antal modellparametrar som är beroende av geografiskt läge, vallens artsammansättning, skötselåtgärder etc. (Tabell 1). Beräkningarna upprepades med dagliga väderdata för Götalands södra slättbygder (Gss) från Malmö för åren 1984-1993 och för Svealands slättbygder (Ss) från Uppsala för åren 1978-1987. Beräkningarna gjordes både för ekologisk (EKO) och konventionell (KONV) produktion.

Tabell 1. Modellparametrar från Torssell m.fl.(1982) som behövdes för att beräkna vallens avkastning

Dagliga väderdata	Modellindata; parametrar och konstanter
Dygnsmedeltemperatur (°C)	Halva maximala bladarean, LAI _h
Globalstrålning dygnsmedel (cal cm ⁻² day ⁻¹)	Konstant som bestämmer AGE-funktionskurvan
Nederbörd (mm)	Strålning för maximal tillväxthastighet (cal cm ⁻² dag ⁻¹)
Potentiell evapotranspiration enligt Penman (mm)	Konstant för bestämning av strålningsresponskurvan Dygnsmedeltemperatur för maximal tillväxthastighet och för noll tillväxthastighet (°C) Konstant för bestämning av temperaturresponskurvan Tillväxtens startvärde (g m ⁻²) Initial relativ tillväxthastigheten, R _s (g g ⁻¹ dag ⁻¹) Maximalt markvattenförråd (mm)

Dagliga väderdata användes för att beräkna ett temperaturindex, ett strålningsindex och ett markvattenindex. Deras sammanvägda effekt på biomassatillväxten beräknades genom att bilda ett tillväxtindex *GI*. Modellen kan beskrivas med ekvation 1 där W_t (g (m²)⁻¹) beskriver den skördade mängden biomassa dag *t* beroende av mängden biomassa dag (*t-1*). Den relativa tillväxthastigheten R_s (g g⁻¹ dag⁻¹) modifieras med *GI* och en åldersfaktor *AGE*. *AGE*-faktorn tar hänsyn till påverkan på tillväxten av växtens åldrande genom att använda ett bladareaindex, *LAI*.

$$W_t = W_{(t-1)} + W_{(t-1)} \times R_s \times AGE \times GI \quad (\text{ekvation 1})$$

Mängden biomassa vid tillväxtperiodens start samt det initiala värdet på R_s bestämdes med hänsyn till geografiskt läge, botanisk sammansättning samt skötselåtgärder såsom näringstillförsel och antal skördar per säsong. I denna studie användes värden på R_s och initial mängd biomassa (Tabell 2) från beräkningsmodellen PCVALL Fagerberg m.fl. (1990), vilken även den använde valltillväxtmodellen utvecklad av Torssell m.fl. (1982). Jordarten bestämmer maximalt markvattenförråd och vid beräkningarna antogs lerjordar för S_s med 100 mm markvattenförråd och för G_{ss} mojordar med 80 mm markvattenförråd.

Tabell 2. Värden för kvävegödsling, klöverhalt och resulterande R_s -värden vilka användes för att beräkna valltillväxten i denna studie

	Gödsling (stallgödsel+ mineralgödsel), kg N ha ⁻¹			Klöverhalt, %			R_s , g g ⁻¹ dag ⁻¹		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Vallålder									
EKO									
Skörd nr									
1	0+0	20+0	20+0	42	30	23	0,149	0,170	0,170
2	0+0	20+0	20+0	65	50	26	0,186	0,195	0,184
3	20+0	20+0	20+0	72	56	31	0,171	0,177	0,165
KONV									
Skörd nr									
1	0+50	20+50	20+50	24	15	11	0,192	0,209	0,209
2	0+40	20+40	20+40	49	23	7	0,218	0,229	0,226
3	20+0	20+0	20+0	60	32	17	0,194	0,201	0,198

Vallen antogs bestå av en blandning av timotej och rödklöver och gödslingen skedde enligt strategier och råd från Jordbruksverket (2006) och Höglind (1997). Vallarna antogs ligga i tre år och klöverhalten för varje skörd och vallålder uppskattades från fältförsök utförda av Stenberg m.fl. (2001) i Götaland och Svealand med hänsyn till vallålder och gödslingsnivå. Den ekologiska vallen kvävegödslades enbart med stallgödsel medan den konventionella vallen gödslades både med stallgödsel och mineralgödsel.

Vallens ekonomiska värde

Vallens värde som foder till mjölkkor är i hög grad beroende av dess näringsvärde. Näringsvärdet förändras under hela tillväxtperioden och är därför beroende av tidpunkten för skörden. Vallens värde beräknades (se nedanstående punkter) enligt en metod utvecklad i Gunnarsson m.fl. (2005) från näringsinnehållet vid två olika skördetidpunkter i var och en av de tre skördarna.

- Regressionsanalyser från fältförsök användes för att beräkna energi- och råproteininnehåll vid två skördetidpunkter. Konstanter för regressionsberäkningarna hämtades från Fagerberg m.fl. (1990).
- Det ekonomiska värdet av de två foderkvaliteterna bestämdes genom att göra foderstater som inkluderade de två vallfodren skördade vid olika tidpunkter. Foderkostnader för hela foderstaten samt uppskattad mjölkintäkt beräknades.
- Genom att sätta den totala foderintäkten (mjölkintäkt minus foderkostnad) för varje foderstat till ett konstant värde kunde värdet av vallfodret vid de två skördetidpunkterna beräknas.

- d) Genom att dividera skillnaden i värde mellan de två skördetidpunkterna med antalet dagar mellan de två skördetidpunkterna kunde den dagliga värdeförändringen bestämmas.

Foderstaterna konstruerades med utgångspunkt från kunskapen om att ett ensilage med högre energivärde genom tidigare skörd kan konsumeras i större mängd (Bertilsson & Burstedt, 1983). Andelen kraftfoder i de konventionella foderstaterna sattes på nivåer som är typiska i landet samt för de ekologiska foderstaterna i enlighet med gällande regler för ekologisk produktion (KRAV, 2008). I de konventionella foderstaterna kan den lägre konsumtionen av senare skördat ensilage till viss del kompenseras med högre givror av kraftfoder (korn + koncentrat). I de ekologiska foderstaterna hindrar reglerna för maximal kraftfoderandel ofta en sådan kompensation vilket därmed leder till större nedgång i mjölkproduktionen för dessa vid senarelagd skörd (Tabell 3 och 4).

För första skörden konstruerades foderstater för ett energiinnehåll av 11,0 och 10,4 MJ (kg TS)⁻¹ och med motsvarande råproteininnehåll enligt regressionskvationerna i Fagerberg m.fl. (1990). Foderstaterna för andra och tredje skörd gjordes med energiinnehållet 10,6 och 10,1 MJ (kg TS)⁻¹ för tidigt respektive sent skördat vallfoder (Tabell 3 och 4). I tabellerna 3 och 4 är TS-halten i korn 87% och i halm 85% (Spörndly, 2003). Koncentraten har alla en TS-halt av 88% och utgörs av kommersiellt tillgängliga kraftfoder i Sverige 2007.

Tabell 3. Fodermedel och beräknad mjölkavkastning i de ekologiska foderstaterna

Energiinnehåll, MJ (kg TS) ⁻¹	Ensilage, kg TS år ⁻¹	Korn, kg år ⁻¹	Halm, kg år ⁻¹	Konc. 1, kg år ⁻¹	Konc. 2, kg år ⁻¹	Mineralfoder, kg år ⁻¹	Mjölkaavkastning, kg ECM år ⁻¹
Första skörd							
11,0	3996	2050	153	232	317	33	8998
10,4	3843	1870	31	137	470	33	8174
Andra Skörd							
10,6	3691	2147	183	214	305	33	8449
10,1	3593	2193	183	220	305	29	8144
Tredje skörd							
10,6	3599	2147	336	214	305	33	8388
10,1	3593	2193	183	220	305	29	8144

1 Koncentrat 1 innehåller 389 g råprotein (kg TS)⁻¹ och har 100 % ekologiska råvaror

2 Koncentrat 2 innehåller 348 g råprotein (kg TS)⁻¹ och har 100 % ekologiska råvaror

Tabell 4. Fodermedel och beräknad mjölkavkastning i de konventionella foderstaterna

Energiinnehåll, MJ (kg TS) ⁻¹	Ensilage, kg TS år ⁻¹	Korn, kg år ⁻¹	Halm, kg år ⁻¹	Konc. 1, kg år ⁻¹	Konc. 2, kg år ⁻¹	Mineralfoder, kg år ⁻¹	Mjölkaavkastning, kg ECM år ⁻¹
Första skörd							
11,0	3660	1674	137	1562		15	10065
10,4	3355	1937	137	1549		15	9669
Andra Skörd							
10,6	3508	1845	137	1629		15	9913
10,1	3203	2050	137	1604		15	9669
Tredje skörd							
10,6	3508	1845	137		1562	15	9913
10,1	3203	2050	137		1604	15	9669

1 Koncentrat 1 innehåller 290 g råprotein (kg TS)⁻¹

2 Koncentrat 2 innehåller 260 g råprotein (kg TS)⁻¹

Kostnaden för varje foderingrediens i foderstaten summerades till den totala foderkostnaden. Totala värdet av foderstaten beräknades sedan genom att dra ifrån foderkostnaden från mjölkintäkten. Värdet på det tidigt skördade ensilaget i första skörden bestämdes till 1,35 kr (kg TS)⁻¹ och 1,50 kr (kg TS)⁻¹ för konventionellt respektive ekologiskt ensilage. Värdet av ensilaget i efterföljande skördar bestämdes därefter genom att sätta samma totala värde på samtliga foderstater. Genom att kombinera skillnaden i fodervärde med skillnaden i skördedag mellan tidig och sen skörd kunde den dagliga förändringen av vallens värde (i kr (kg TS)⁻¹ dag⁻¹) beräknas (Tabell 5). Priser på fodermedel och mjölk sattes i enlighet med rådande prisnivå i Sverige 2007. Mjölkipriset sattes till 3,0 kr (kg ECM)⁻¹ för konventionell mjölk och 3,55 kr (kg ECM)⁻¹ för ekologisk mjölk.

Tabell 5. Energi- och proteininnehåll vid olika skördedagar i ekologisk och konventionell produktion samt det beräknade värdet på vallen vid olika skördetidpunkter

Skörd nr.	Skördedag, dagnummer	Energi, MJ (kg TS) ⁻¹	Råprotein, % av TS	Vallvärde, Kr (kg TS) ⁻¹
EKO				
1	163	11,0	15,05	1,5
1	175	10,4	12,04	0,89
2	49 ₁	10,6	17,68	1,06
2	67 ₁	10,1	14,83	0,76
3	47 ₂	10,6	18,94	0,97
3	65 ₂	10,1	16,12	0,76
KONV				
1	165	11,0	14,70	1,35
1	175	10,4	12,35	0,99
2	57 ₁	10,6	15,66	1,14
2	72 ₁	10,1	13,17	0,93
3	53 ₂	10,6	18,72	1,21
3	69 ₂	10,1	16,11	0,95

1 Antal dagar efter första skörden

2 Antal dagar efter andra skörden

Beräkning av optimala skördedagar

Eftersom skördarna påverkar varandra inbördes och exempelvis förseningar av första skörden får konsekvenser både på andra och tredje skörd beräknades de optimala skördetidpunkterna, dvs. de skördedagar som resulterade i maximalt värde på skörden, utifrån Z_{tot} , summan av de tre skördarnas värde (ekvation 2). För första (1), andra (2) och tredje (3) skörd beskrivs avkastningen i kg TS ha⁻¹ av M1, M2 och M3 och värdet i kr (kg TS)⁻¹ av V1, V2 och V3. När optimal skördetidpunkt för andra och tredje skörd beräknades antogs att föregående skörd respektive skördar skett vid optimal tidpunkt.

$$Z_{tot} = M1 \times V1 + M2 \times V2 + M3 \times V3 \quad (\text{ekvation 2})$$

Följande metod användes för att bestämma de skördedagar som resulterade i maximalt värde på summan av alla skördar. Optimeringen gjordes med hjälp av problemlösaren i Microsoft Excel. Beräkningarna upprepades för tio år genom att valltillväxtmodellen försågs med daglig väderdata.

Optimering av T1

- 1) För olika skördedagar T1 för första skörden optimerades skördedagarna T2 och T3 för andra respektive tredje skörden när målet var att maximera summan av alla tre skördars värde
- 2) Den skördedag T1 som resulterade i maximal Z_{tot} sattes till $T1_{opt}$

Optimering av T2

- 1) Skördedatum för första skörden sattes till $T1_{opt}$
- 2) För olika skördedagar T2 för andra skörden optimerades skördedagen T3 tredje skörden när målet var att maximera summan av alla tre skördars värde
- 3) Den skördedag T2 som resulterade i maximal Z_{tot} sattes till $T2_{opt}$

Optimering av T3

- 1) Skördedatum för första och andra skörden sattes till $T1_{opt}$ samt $T2_{opt}$
- 2) Z_{tot} för olika skördedagar T3 beräknades
- 3) Den skördedag T3 som resulterade i maximal Z_{tot} sattes till $T3_{opt}$

Vid optimering av skördedagen i första skörden sattes villkoret att den optimala dagen skulle ligga inom det intervall av dagar som motsvarade energiinnehållet 11,0 och 10,4 MJ (kg TS)⁻¹ (Tabell 5). För de fall där den optimala skördedagen begränsades av dessa randvillkor tilläts de möjliga skördedagarna att utökas på vardera sida om intervallet mellan tidig och sen skörd. För första skörden tilläts skördedatum motsvarande 11,4 och 10,0 MJ (kg TS)⁻¹. Motsvarande extrapolering för andra och tredje skörd var mellan 11,0 och 9,7 MJ (kg TS)⁻¹. Det bedömdes att den fodervärdering som gjort med hjälp av foderstater var giltig även i detta utökade intervall.

Läglighetsfaktorn TF som beskriver den dagliga förändringen i skördens värde i kr ha⁻¹ dag⁻¹ bestämdes med ekvation 3 genom att dividera skillnaden mellan maximala skördevärdet och skördevärdet ett antal dagar efter att maximalt skördevärde uppnåtts med antalet dagar mellan skördevärdena. I detta valdes sju dagar mellan skördetidpunkterna för bestämning av läglighetsfaktorerna.

$$TF = \frac{(Z_{tot})_{opt} - (Z_{tot})_{opt+7}}{7} \quad (\text{ekvation 3})$$

Beräkning av skördekostnader

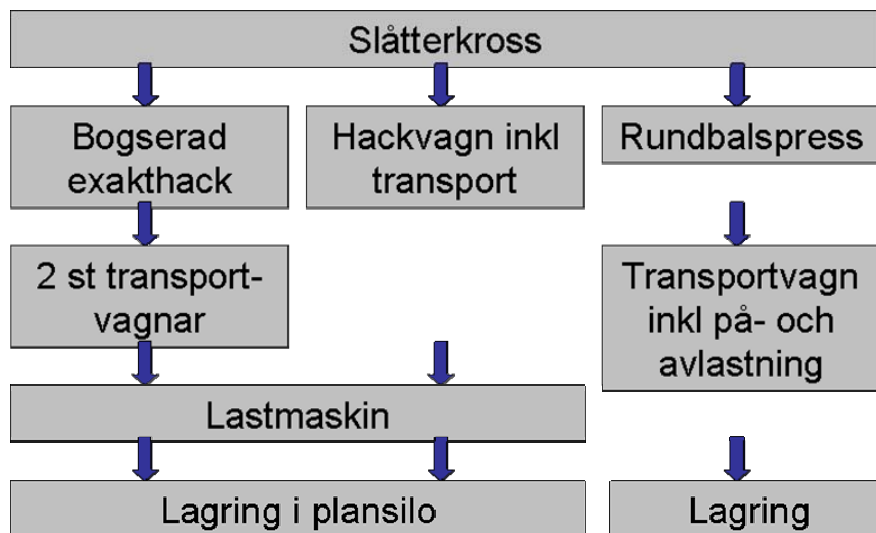
Studerade system

Beräkningarna gjordes för varierande vallareal enligt följande och resulterade i 12 olika kombinationer:

- Götalands södra slättbygd (Gss) och Svealands slättbygd (Ss)
- Konventionell (KONV) och ekologisk (EKO) produktion
- Skörd med hackvagn (hv), bogserad exakthack (ex) samt rundbalspress (rb)

De maskinoperationer och arbetsmoment som inkluderades i skördesystemen visas i figur 1. Beräkningarna gjordes för tre maskinkedjor med varierande storlek och kapacitet, benämnda S för den lilla maskinkedjan, M för den mellanstora maskinkedjan och L för den största maskinkedjan. Beräkningar gjordes även av skördekostnader vid maskinsamverkan och när skörden utfördes av inlejd maskinentreprenör.

En känslighetsanalys gjordes därefter för att undersöka osäkra faktorer med stor inverkan på resultatet. Känslighetsanalysen gjordes i första hand för alternativet med konventionell skörd i Svealands slättbygd.



Figur 1. Beskrivning av de studerade skördesystemen.

Slätter

I samtliga skördesystem inleddes skörden med att vallen slogs med slätterkross. Slättern var separerad i tid från de efterföljande maskinoperationerna och dess kapacitet antogs därför inte begränsa skördens hastighet. Slätterkrossen placerade gräset i strängar på marken och dessa fick därefter förtorkas till önskad TS-halt av 30% TS för ensilering i plansilo och 45% TS för ensilering i rundbalar. Vall som skulle ensileras i plansilo antogs förtorka ett dygn på fält medan två dygns förtorkning på fält antogs för vall till rundbalar (Eldelind m.fl., 1974). De förutsättningar som använts för beräkningarna av slätter i maskinkedja S, M och L framgår av tabell 6.

Vid beräkningar av mängden material att skörda togs hänsyn till TS-förlusterna på fält. Fältförlusterna varierar mellan olika skördesystem framför allt beroende på TS-halt vid skörd.

TS-förlusten på fält är beräknad till 8% för vall till rundbalsensilage och 6% för vall till konservering i plansilo (Belotti, 1990).

Tabell 6. Specifikationer för slätterkross i maskinkedja S, M och L

	S	M	L
Slätterkross, m	2,8	3,2	4,0
Traktor till slätter, kW	70	80	100
Traktor till slätter, kr h ⁻¹	77	86	102
Körhastighet, km h ⁻¹	10	10	10
Fälteffektivitet, %	80	80	80
Inköpspris, kr	180000	210000	270000

Hackvagn

Skörd av ensilage med hackvagn till plansilo inkluderade två parallella maskinoperationer: 1) hackning, lastning och transport av gräset till lagringsplatsen, samt 2) inlastning och packning i plansilo. Med hackvagn skedde hackning, lastning och transport med samma maskin. Efter transport tippades gräset på en hårdgjord yta framför plansilon. De förutsättningar som använts för beräkningarna av de tre olika maskinkedjorna för skörd med hackvagn framgår av tabell 7.

Tabell 7. Specifikationer för hackvagn med maskinkedja S, M och L

	S	M	L
Hackvagn, m ³	30	40	50
Traktor till hackvagn, kW	90	110	140
Traktor till hackvagn, kr h ⁻¹	94	111	136
Max körhastighet, km h ⁻¹	12	12	12
Teoretisk kapacitet, ton TS h ⁻¹	12	14	16
Fälteffektivitet, %	75	75	75
Inköpspris, kr	500000	650000	800000

Exakthack

Skörd av ensilage med exakthack och separata transportvagnar till plansilo inkluderade tre parallella maskinoperationer: 1) skörd och hackning av gräset, 2) transport av det hackade gräset till lagringsplatsen samt 3) inlastning och packning i plansilo. Gräset bärgades från fältet med en traktordragen exakthack med separat transportvagn för gräset. Vid lassning kopplades transportvagnen efter exakthacken. Två transportvagnar och en transporttraktor ingick i det studerade systemet. Gräset transporterades till plansilo och tippades på en hårdgjord yta framför plansilon. När transportavståndet ökar får transportkapaciteten allt större inverkan på skördens totala kapacitet. För att öka transportkapaciteten undersöktes i känslighetsanalysen skördekostnaderna för exakthack med tre transportvagnar. De förutsättningar som använts för beräkningarna av de tre olika maskinkedjorna för skörd med bogserad exakthack med separata transportvagnar framgår av tabell 8.

Tabell 8. Specifikationer för exakthack med transportvagnar med maskinkedja S, M och L

	S	M	L
Exakthack, storlek	mindre	mellan	större
Traktor till exakthack, kW	80	110	140
Traktor till exakthack, kr h ⁻¹	86	111	136
Max körhastighet, km h ⁻¹	12	12	12
Teoretisk kapacitet, ton TS h ⁻¹	10	14	18
Fälteffektivitet, %	75	75	75
Inköpspris, kr	300000	400000	500000
Transportvagnar 2st, lastvolym per vagn, m ³	20	25	30
Traktor till transport, kW	70	80	90
Traktor till transport, kr h ⁻¹	77	86	94
Traktor till transport äldre, kr h ⁻¹	64	70	76
Transporthastighet, km h ⁻¹	25	25	25
Inköpspris, kr	105000	125000	145000

Inlastning och packning i plansilo

En lastmaskin lastade in gräset i plansilon och packade sedan gräset till en önskad densitet av 250 kg TS m⁻³. Packningskapaciteten beräknades med hjälp av ett program utvecklat av Holmes & Muck (2006) samt översatt till svenska av Svensk Mjök. För en önskad densitet på det packade gräset av 250 kg TS m⁻³ bestämdes maximala inläggningshastigheten som funktion av ensilagets maximala höjd i plansilons (2,7 m), TS-halt (30%), tjocklek på varje lager som läggs in (0,15 m) samt lastmaskinens vikt (9 ton). Av tiden antogs 25% åtgå till inlastning av gräset i silon medan 75% åtgick till packning.

Maximala inläggningskapaciteten för lastmaskinen beräknades till 9 ton TS h⁻¹. För att inte skörden skulle begränsas av packningskapaciteten antogs att en extra traktor med en vikt på 5 ton användes för att öka packningskapaciteten när inläggningskapaciteten överskred 9 ton TS h⁻¹. Den extra packningstraktorn antogs packa 100% av tiden och ökade maximala packningskapaciteten till 12 ton TS h⁻¹. När inläggningskapaciteten överskred 9 ton TS h⁻¹ antogs den extra packtraktorn användas under hela packningsarbetet (Tabell 9).

Tabell 9. Specifikationer för inlastning och packning i plansilo med maskinkedja S, M och L

	S, M, L
Lastmaskin vikt, ton	9
Lastmaskin, kr h ⁻¹	109
Packningskapacitet lastmaskin, ton TS h ⁻¹	9
Packningskapacitet lastmaskin+ traktor, ton TS h ⁻¹	12
Packtraktor inkl förare och bränsle, kr h ⁻¹	375

Plansilon bestod av fack som vardera var 40 m långa, 6 m breda och 3 m höga. Ensilagets höjd efter packning är 90% av plansilons höjd, dvs. 2,7m. Varje fack beräknades rymma 600 m³. Vid en densitet på ensilaget efter packning av 250 kg TS m⁻³ rymde varje fack 150 ton TS. Kostnaden för att bygga plansilon var beroende av storleken på plansilon och antal fack. För kostnadsberäkning användes en kalkyl från Agriwise (2007). I beräkningarna ingick kostnad för plansilon, lastplatta framför silon, avlopp och pumpbrunn samt markarbeten. Den årliga underhållskostnaden antogs vara 0,5% av investeringskostnaden Agriwise (2007). Avskrivningstiden sattes till 20 år (Petersson, 2005) vilket gav en annuitetsfaktor av 0,08025

vid 5% ränta på kapitalet. I kostnaden för täckning av plansilon inkluderades plasten som används för att täcka plansilon samt arbetskostnad för täckning och förslutning.

Ensilering i rundbalar

Efter förtorkning pressades och plastades gräset med en rundbalspress med integrerad inplastare. Rundbalspressen antogs pressa balar med en diameter av 1,25 cm och en balvikt på 250 kg TS. Balarna förslöts med 2,75 varv nät per bal. Plasten till inplastning var förpackad på 750 mm breda rullar som vägde 27 kg. Varje rulle räckte till 17 balar. De förutsättningar som använts för beräkningarna av de tre maskinkedjorna för skörd med rundbalspress framgår av tabell 10.

Tabell 10. Specifikationer för rundbalspress med inplastare samt transportvagn med maskinkedja S, M och L

	S, M, L
Runbalspress med integrerad inplastare, storlek	mellan
Traktor till rundbalspress, kW	90
Traktor till rundbalspress, kr h ⁻¹	94
Max körhastighet, km h ⁻¹	9
Teoretisk kapacitet, ton TS h ⁻¹	14
Fälteffektivitet, %	70
Inköpspris, kr	400000
Plaståtgång, kg (ton TS) ⁻¹	5.2
Transportvagn 10 ton, antal balar per vagn, st	14
Traktor till transport och inlagring, kW	80
Traktor till transport, kr h ⁻¹	86
Transporthastighet, km h ⁻¹	15
Inköpspris, kr	65000

Balarna hämtades med traktor och transportvagn och kördes till gården där balarna lastades av och lagrades in. Baltransporten antogs inte begränsa skördens kapacitet utan balarna transporterades till gården vid annan lämplig tidpunkt med tanke på tillgång till maskinkapacitet och arbetskraft. Rundbalarna lagrades på en hårdgjord yta bestående av makadam med ett ytlager sand. Anläggningskostnaden antogs till 140 kr m⁻² (Lindgren & Benfalk, 2003). Avskrivningstiden sattes till 15 år och det årliga underhållet till 7% av investeringskostnaden (Petersson, 2005).

Ensileringsmedel

Tillsatsmedel kan användas vid ensilering när grödan inte utgör ett tillräckligt substrat för en säker ensileringsprocess. Ensileringsmedlet används för att gynna mjölksyrabildningen samt att hindra tillväxt av oönskade mikroorganismer (Svensk Mjök, 2004). Uppskattningsvis 40-50% av ensilaget, både i plansilo och i rundbalar, behandlas med ensileringsmedel och användningen varierar mellan år (Pauly, 2007). Eftersom tillsatsmedel för ensilering används i lika stor omfattning till både rundbalar och plansilo är det inte en faktor som skiljer de studerade skördesystemen åt och denna kostnad har inte inkluderats i ensileringskostnaderna när skördesystemen jämfördes.

Maskinkapacitet och arbetsbehov

Maskinstorlek och kapacitet för maskinkedjorna S, M och L bestämdes så att förhållandet mellan pris, effektbehov och kapacitet stämde överens sinsemellan (Tabell 6-10). Traktorns

motoreffekt har stor inverkan på exakthackens maximala teoretiska kapacitet, dvs. den mängd grönmassa den klarar av att hacka och hantera per tidsenhet (Schick & Stark, 2002). Den teoretiska kapaciteten är dessutom beroende av faktorer såsom TS-halt och gräsets hacklängd. Den teoretiska hackkapaciteten bestämdes i denna studie, med anpassning till dragtraktorns effekt, utifrån maskintillverkarnas produktblad och beräkningsprogrammet Agrimach (2000).

Maskinens kapacitet i kördraget bestämdes av arbetsbredden, körhastigheten samt avkastningen. Maskinens körhastighet anpassades så att den maximala teoretiska kapaciteten inte överskreds. Vid liten mängd material i strängen pga. låg avkastning eller liten arbetsbredd på slätterkrossen kan resulterande låg praktisk skördekapacitet i viss mån kompenseras genom ökning av körhastigheten (Schick & Stark, 2002). Den praktiska kapaciteten på fältet avgör hur fort skörden fortskrider och bestämdes i denna studie med hjälp av en fälteffektivitetsfaktor vilken anger hur stor andel av tiden på fältet som åtgår för vändningar, överlappning mellan kördragen, kortare stopp och justeringar (Witney, 1995) bestämdes i denna studie från ASABE (2006b).

På alla tre hackvagnarna (Tabell 7) var samma hack monterad. Följaktligen var det endast transportvolymen som varierade mellan de olika maskinkedjorna i skördesystemet med hackvagn. I alternativet med exakthack och separata transportvagnar (Tabell 8) varierade den teoretiska hackkapaciteten mellan de tre maskinkedjorna eftersom hackarna varierade i storlek. Hacken monterad i exakthack M var samma som den som var monterad i hackvagnarna. För rundbalar (Tabell 10) antogs samma rundbalspress med integrerad inplastare i alla tre maskinkedjor. Endast storleken på slätterkrossen varierade mellan maskinkedja S, M och L.

De studerade skördesystemen var olika resurskrävande eftersom behovet av arbetskraft och traktorer varierade. Det antogs att gårdarna i studien hade egna traktorer att använda till skörden. För skörd med hackvagn räckte en traktor för bärgning och transport medan systemet med exakthack behövde en traktor för bärgning och minst en för transport av grönmassan från fält till gård. För att dra den extra transportvagnen som användes vid långa transportavstånd antogs en äldre traktor med lägre timkostnad (Tabell 6, 7, 8, 10).

Antalet personer som samtidigt behövdes för skörden varierade mellan de olika skördesystemen. Slättern genomfördes av en person och inte i direkt anslutning till bärgningen av gräset. Skörd med hackvagn krävde endast en person vilken både hackade grönmassan och lastade upp den på vagnen samt transporterade den till plansilon. Om skörden istället skedde med exakthack och separata transportvagnar åtgick en person för att köra exakthacken och minst en person för att köra vagnarna. Dessutom behövdes både för hackvagn och exakthack en person till inlastning och packning i plansilon. När inläggningskapaciteten överskred lastmaskinens packningskapacitet lejdades en traktor med förare in för att höja packkapaciteten. För skörd med rundbalspress åtgick endast en person både för pressning, ensilering, transport av balarna samt inlagring.

Maskin- och arbetskostnader

Maskinkostnaderna beräknades enligt ASABE (2006; 2006b) och inkluderade avskrivning, ränta, underhåll, skatt och försäkring, förvaring samt bränsle. Restvärdet bestämdes enligt Ekman (1997) beroende av återanskaffningsvärdet, normvärde för årlig användning samt en värdeminskningfaktor. Kalkylperiodens längd bestämdes i enlighet med väl utnyttjade maskiner från Maskinkalkylgruppen (2007). Som återanskaffningsvärdet sattes listpris från Maskinkalkylgruppen (2007) med en antagen rabatt av 20% på listpriset. Kalkylräntan sattes till 5% och är real.

Maskinernas timkostnaderna är beroende av årlig användningstid. Eftersom traktorer och lastmaskin även antogs användas till andra arbeten och maskinoperationer beräknades en timkostnad baserad på en årlig användning av 455 h för traktorer och 420 h för lastmaskinen (Maskinkalkylgruppen, 2007). Den äldre traktorn som användes till den eventuella tredje transportvagnen antogs användas 200 h per år och dess avskrivning- och räntekostnader reducerades med 33%.

Både maskin- och arbetskostnader beräknades för det antal timmar som maskinerna användes för arbete på fält eller med transport. Tid för lunch och raster inkluderades inte i användningstiden. Arbetskostnader beräknades dock för väntetider när exv. personen som kör transport väntade på att exakthacken lastade vagnen. Arbetskostnaden sattes till 180 kr per timme.

Skörd med egna maskiner jämfördes även med att anlita en maskinring för att utföra skördarbetet. Maskinringstaxan som användes inkluderade kostnad för förare, traktor och bränsle och uppgick till 950 kr h⁻¹ för slätterkross med 4 m arbetsbredd, 1298 kr h⁻¹ för hackvagn med 50 m³ lastvolym samt 486 kr h⁻¹ för lastmaskin.

Bränsleförbrukningen bestämdes för de olika maskinerna beroende av avkastning och enligt metoder från ASABE (2006; 2006b). Bränsleförbrukningen beräknades per hektar för de operationer som sker på fält samt per timme för transport och packning. Bränslepriset sattes till 6,3 kr l⁻¹. Bränsleförbrukningen varierar med geografiskt läge pga. skillnader i avkastning (Tabell 11).

Tabell 11. Bränsleförbrukning i liter per hektar alternativt liter i liter per timme för ingående maskiner i ekologisk (EKO) respektive konventionell (KONV) i Götalands södra slättbygd (Gss) respektive Svealands slättbygd (Ss)

	Gss EKO	Gss KONV	Ss EKO	Ss KONV
<i>l ha⁻¹ skörd⁻¹</i>				
Slätterkross	6	6	6	6
Hackvagn, S	8	9	7	8
Hackvagn, M	8,5	9,5	7,5	8,5
Hackvagn, L	9	10	8	9
Exakthack, S	8	9	7	8
Exakthack, M	8,5	9,5	7,5	8,5
Exakthack, L	9	10	8	9
Rundbalspress	5,2	6,1	4,5	5,3
<i>l h⁻¹</i>				
Transportvagn, S	7	7	7	7
Transportvagn, M	9	9	9	9
Transportvagn, L	11	11	11	11
Transport hackvagn, S	12	12	12	12
Transport hackvagn, M	13	13	13	13
Transport hackvagn, L	14	14	14	14
Transport rundbalar	9	9	9	9
Lastmaskin	7	7	7	7

Läglighetskostnader

Läglighetskostnaderna bestämdes genom att använda en modellstruktur framtagen av Nilsson (1976) och använd av Gunnarsson & Hansson (2004) för att beräkna maskinkostnader och

maskinkapaciteter för spannmålsodling. Läglighetskostnaderna bestäms av läglighetsfaktorerna vilka beskriver värdet av kvalitets och eller kvantitetsförluster för var dag som skörden försenas från den tidpunkt när skörden har sitt maximala värde. Läglighetskostnader kan dels uppstå på hela skördearealen om skörden inleds efter den optimala tidpunkten. Dessutom uppstår läglighetskostnader under skördens gång på den areal som ännu är oskördad. Denna areal är beroende av skördens kapacitet och därför är dessa läglighetskostnader naturliga att addera till maskinkostnaderna för skörden. De beräknas med följande ekvation (Gunnarsson & Hansson, 2004):

$$S = \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i - 1}{2} \right) \cdot k_i \cdot l_i \cdot n_i \quad [kr] \quad (\text{ekvation 4})$$

I formeln anger n_i det genomsnittliga antalet dagar för att genomföra skörden (inkluderat dagar som ej är tjänliga) på gröda i , m antalet grödor, k_i är den genomsnittliga skördade arealen av gröda i i ha dag⁻¹ (även den inkluderat ej tjänliga dagar), l_i är läglighetsfaktorn i kr ha⁻¹ dag⁻¹ för gröda i . I denna studie antogs att skörden inleds den dag när dess värde är maximalt. Parametern n_i beräknas från formeln:

$$n_i = \frac{A_i}{B \cdot P \cdot C} \quad [dagar] \quad (\text{ekvation 5})$$

är A_i representerar den totala arealen i ha av grödan i , B representerar antalet arbetstimmar per dag, P representerar sannolikheten för tjänligt väder och C representerar maskinens praktiska kapacitet i ha h⁻¹. Sannolikheten för tjänligt väder, dvs. att skörden går att genomföra en viss dag, bestäms från väderdata för aktuellt område (Tabell 12). Läglighetskostnaderna innan skörden börjar räknas på grödans hela areal med hjälp av formeln (Gunnarsson & Hansson 2004):

$$d_i = l_i \cdot A_i \quad [kr \cdot dag^{-1}] \quad (\text{ekvation 6})$$

Där l_i representerar läglighetsfaktorn i kr ha⁻¹ och dag⁻¹ för gröda i och A_i den totala arealen i ha av gröda i . Läglighetskostnaderna är beroende av hur länge skörden pågår. Skördens start och utsträckning i tid påverkas av vädret. Därför togs hänsyn till påverkan av väder genom att skördens längd, vilken är beroende av maskinernas kapacitet, förlängdes med hänsyn till sannolikheten för tjänligt väder (Tabell 12). För systemet med ensilering i plansilo antogs att en dag utan regn behövdes för att förtorka gräset på fält till en TS-halt av 30%. Sannolikheten för tjänligt väder beräknades då från andelen dagar utan nederbörd under den aktuella skördeperioden. När vallfodret istället ensilerades i rundbalar önskades en förtorkning på fält till 45% TS-halt, vilket antogs ta i genomsnitt två dagar. Sannolikheten för tjänligt väder beräknades då efter andelen dagar under skördeperioden när nederbörden under två efter varandra följande dagar uppgick till maximalt 1 mm.

Tabell 12. Sannolikheten (som procenttal i decimalform) för tjänligt väder, dvs. att skörden går att genomföras under en viss dag i given skördeperiod, beräknad från daglig klimatdata från Malmö år 1984-93 för Gss samt från Uppsala år 1980-94 för Ss

Skörd	Gss		Ss		Tidsperiod
	Plansilo	Rundbalar	Plansilo	Rundbalar	
1	0,70	0,64	0,71	0,65	Maj-juni
2	0,64	0,56	0,62	0,52	Juli-aug
3	0,58	0,51	0,62	0,53	Sept-okt

RESULTAT

I det följande används benämningen hackvagn (hv) för hela maskinkedjan slåtter, hackvagn, inlastning/packning i plansilo. Motsvarande benämning för de andra studerade maskinsystemen från slåtter till ensilering är exakthack (ex) för systemet med exakthack och separat transportvagnar samt rundbalar (rb) för systemet med rundbalspress (Figur 1).

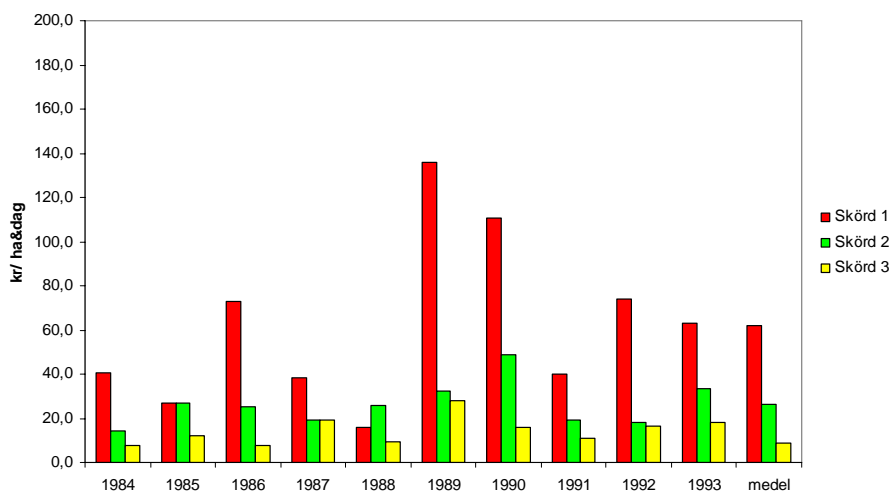
Läglighetsfaktorer

Kostnaden för var dags försening av skörden, uttryckt som läglighetsfaktorer, för södra Sveriges slättbygder (Gss) och Svealands slättbygder (Ss) i ekologisk (EKO) och konventionell (KONV) produktion framgår av tabell 13.

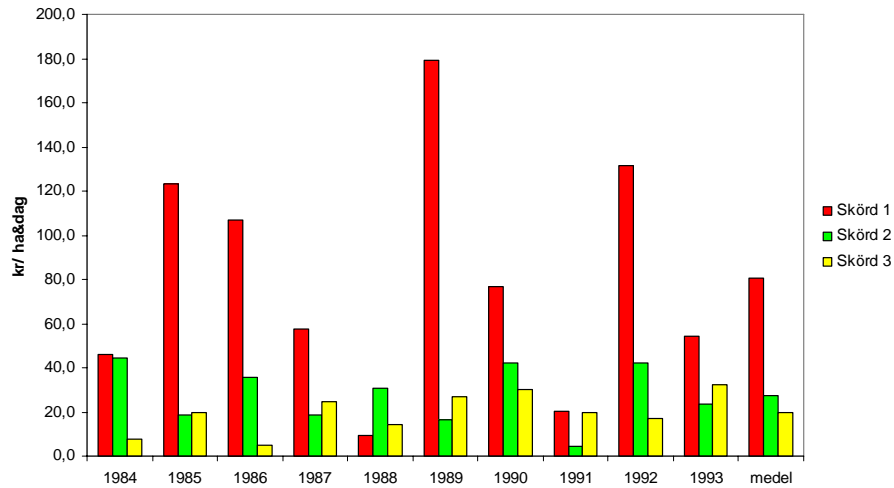
Tabell 13. Läglighetsfaktorer i $\text{kr ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$ med standardavvikelse inom parentes, samt i $\text{kr (kg TS)}^{-1} \text{dag}^{-1}$ för Gss och Ss samt KONV och EKO

Skörd	Gss				Ss			
	$\text{kr ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$		$\text{kr (kg TS)}^{-1} \text{dag}^{-1}$		$\text{kr ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$		$\text{kr (kg TS)}^{-1} \text{dag}^{-1}$	
	KONV	EKO	KONV	EKO	KONV	EKO	KONV	EKO
1	81 (54)	62 (38)	0,022	0,023	60 (34)	31 (29)	0,019	0,015
2	28 (13)	26 (10)	0,006	0,009	23 (11)	19 (10)	0,007	0,009
3	20 (9)	9 (6)	0,005	0,003	14 (6)	10 (6)	0,005	0,004

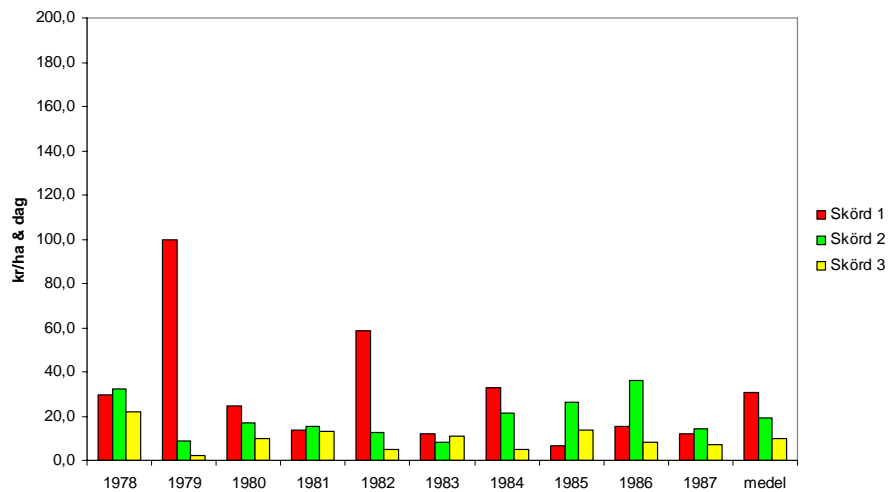
Eftersom läglighetsförlusterna är beroende av väder och klimat och följaktligen varierar mellan åren gjordes beräkningarna för en tioårsperiod. Daglig klimatdata från Malmö för Gss respektive Uppsala för Ss användes i valltillväxtmodellen (Figur 2-5).



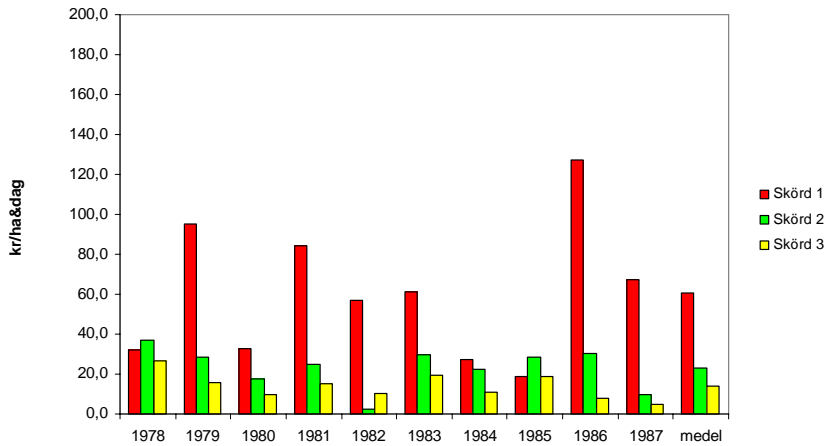
Figur 2. Läglighetsfaktorer i $\text{kr ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$ för vallskörd i ekologisk produktion i Gss för åren 1984-1993.



Figur 3. Läglighetsfaktorer i $kr\ ha^{-1}\ dag^{-1}$ för vallskörd i konventionell produktion i Gss för åren 1984-1993.



Figur 4. Läglighetsfaktorer i $kr\ ha^{-1}\ dag^{-1}$ för vallskörd i ekologisk produktion i Ss för åren 1978-1987.



Figur 5. Läglighetsfaktorer i $kr\ ha^{-1}\ dag^{-1}$ för vallskörd i konventionell produktion i Ss för åren 1978-1987.

De skördedagar för första, andra och tredje skörden som resulterade i högsta skördevärdet varierade mellan åren och framgår av tabell 14 för Gss och tabell 15 för Ss. Även avkastningen vid optimal skördedag varierade enligt tabell 14 och 15. Medelavkastningen för de tio år som studerades, med avdrag för fältförluster, användes i de fortsatta beräkningarna av skördekostnader.

Tabell 14. Beräknade optimala skördedagar $T1_{opt}$, $T2_{opt}$ och $T3_{opt}$ (dagnr) samt vallavkastning M1, M2 och M3 ($kg\ TS\ ha^{-1}$) för åren 1984 till 1993 för Gss

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	Medel
EKO											
$T1_{opt}$	160	157	155	158	155	157	152	164	150	151	156
$T2_{opt}$	211	204	207	211	210	215	205	211	208	205	209
$T3_{opt}$	268	261	261	269	265	270	259	266	268	256	264
M1	2909	2565	2937	2546	1925	2495	3980	2246	2590	2458	2665
M2	2954	1769	2286	3112	3517	3140	3221	3345	2429	2602	2838
M3	3159	3877	3286	3652	4099	4120	3299	3620	3002	3174	3529
KONV											
$T1_{opt}$	161	164	155	162	156	157	151	161	152	151	157
$T2_{opt}$	218	223	211	216	212	215	205	212	225	205	214
$T3_{opt}$	270	279	261	269	265	270	259	266	273	256	267
M1	4006	3865	3925	3850	2696	3340	5024	2874	3676	3322	3658
M2	4307	4004	3710	4571	5338	4847	4731	4756	3193	3850	4331
M3	3440	3324	3388	3646	4153	4114	4222	4058	3052	3588	3699

Tabell 15. Beräknade optimala skördedagar $T1_{opt}$, $T2_{opt}$ och $T3_{opt}$ (dagnr) samt vallavkastning $M1$, $M2$ och $M3$ ($kg TS ha^{-1}$) för åren 1978 till 1987 för Ss

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	Medel
EKO											
$T1_{opt}$	156	158	159	156	156	154	157	155	150	160	156
$T2_{opt}$	208	206	210	204	209	200	208	214	204	205	207
$T3_{opt}$	261	256	266	255	269	266	261	265	256	259	261
$M1$	1509	2693	1728	2148	2070	2113	2080	1528	3245	1707	2082
$M2$	2437	2463	2320	2134	1597	2965	2045	2074	1809	2452	2229
$M3$	3502	3554	3432	2865	1989	2934	2361	2318	2573	2350	2788
KONV											
$T1_{opt}$	164	162	162	160	157	161	155	155	158	166	160
$T2_{opt}$	212	215	214	209	209	209	208	214	208	211	211
$T3_{opt}$	261	265	266	255	269	270	261	264	256	259	263
$M1$	2641	4080	2647	3120	2877	3643	2653	2118	4542	2773	3109
$M2$	3875	3099	3376	3085	2328	3557	3240	2626	2906	3602	3169
$M3$	2987	3727	3409	3410	1877	2816	2683	2695	3120	2758	2948

Skördekostnader

Beräkningarna av skördekostnader, sammanfattade i tabell 16 och 17 inkluderade maskinkostnader, arbetskostnader och läglighetskostnader och avsåg främst att ge underlag för val av maskinkapacitet inom ett skördesystem beroende på vallareal. Därefter jämfördes systemen med varandra och då inkluderades även kostnader som tillkommer vid ensilering och som är relevanta att inkludera vid jämförelse mellan systemen såsom plast, uppförande av plansilo och hårdgjord yta för lagring av rundbalar samt täckning av plansilo. Förutsättningarna för maskinkedjorna finns specificerade i tabell 6-10. Kostnadsberäkningarna gjordes för ett genomsnittligt transportavstånd av 1 km samt för vallarealer i första hand mellan 20 och 150 ha.

Götalands södra slättbygder (Gss)

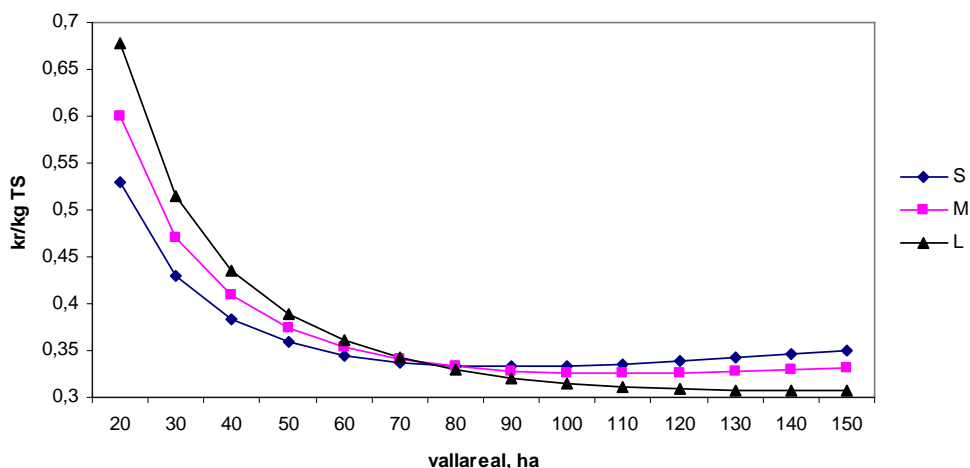
Tabell 16 visar skördekostnaderna för skörd av vall i Gss. För varje storlek på maskinkedjan redovisas den areal där respektive maskinkedja hade sin lägsta skördekostnad samt skördekostnader vid samma areal. Kostnader i samband med ensilering såsom plastkostnader och kostnader för att bygga plansilo är inte inkluderade i tabell 16.

Tabell 16. Skördekostnader för Gss för maskinkedjorna S, M och L samt den areal där respektive maskinkedja hade sin lägsta skördekostnad

Maskin-system	Area l ha	Kapa-citet ha h ⁻¹	Tot. kostnad		Maskin		Arbete		Läglighet	
			kr ha ⁻¹ år ⁻¹	kr (kg TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹
<i>EKO</i>										
Hackvagn										
S	90	1,8	2824	0,33	54	180	31	102	15	51
M	110	2,1	2763	0,33	57	185	27	89	16	52
L	140	2,7	2606	0,31	60	183	23	71	17	53
Exakthack										
S	100	2,1	2821	0,33	48	162	38	125	14	46
M	120	2,6	2684	0,32	52	166	33	104	15	47
L	150	3,2	2622	0,31	58	178	27	83	15	47
Rundbalar										
S	70	1,8	3430	0,41	62	258	27	109	11	45
M	80	2,0	3205	0,39	62	239	26	101	12	45
L	100	2,5	2891	0,35	61	214	26	89	13	45
<i>KONV</i>										
Hackvagn										
S	80	1,6	3230	0,29	53	156	29	85	18	53
M	90	1,9	3169	0,29	57	164	26	75	17	49
L	110	2,2	3102	0,28	60	168	22	63	18	52
Exakthack										
S	80	1,7	3398	0,31	48	148	37	113	15	48
M	100	2,4	3024	0,28	53	147	31	86	16	43
L	130	3,0	3094	0,28	60	170	24	67	16	44
Rundbalar										
S	70	1,8	3773	0,35	60	210	27	94	13	47
M	80	2,0	3548	0,33	59	196	26	87	14	47
L	90	2,4	3276	0,31	60	183	26	79	14	43

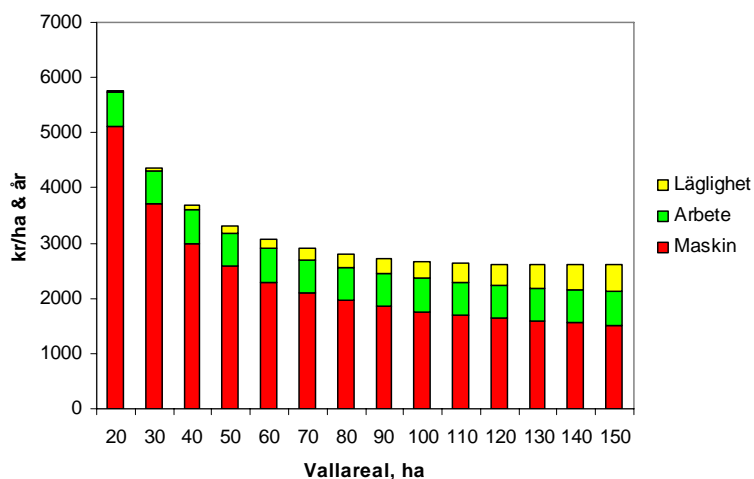
Ekologisk produktion- Hackvagn

Skördekostnaderna för hackvagn för maskinkedjorna S, M och L för varierande vallareal framgår av figur 6. Vid arealer mindre än ca 70 ha gav den minsta maskinkedjan de lägsta skördekostnaderna medan den största maskinkedjan gav de lägsta skördekostnaderna vid arealer större än 80 ha. Hackvagnens kapacitet begränsade skördens totala kapacitet och för den största maskinkedjan reducerades hackvagnens hastighet från 12 till 10 km h⁻¹ i den tredje skörden för att inte hackens maximala kapacitet skulle överskridas.



Figur 6. Skördekostnaden för skörd med hackvagn i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen.

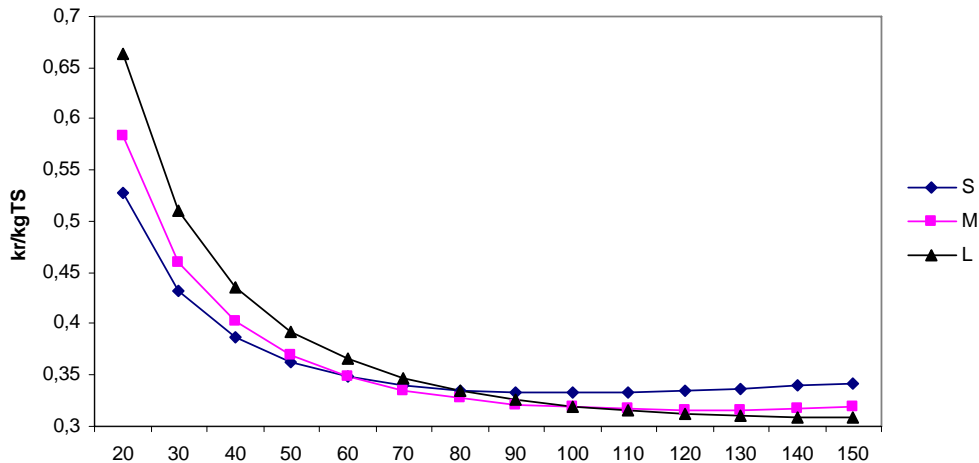
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 0,4% till 19% för den största maskinkedjan (Figur 7). Vid 140 ha hade maskinkedja L sin lägsta skördekostnad.



Figur 7. Skördekostnaden för skörd med hackvagn med maskinkedja L i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen.

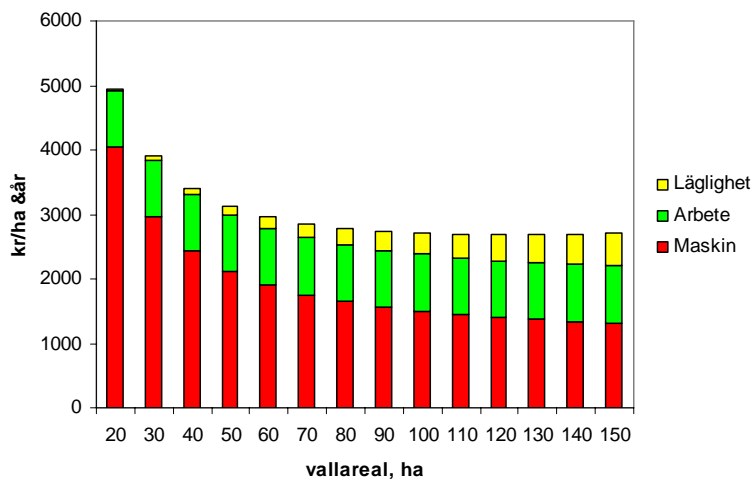
Ekologisk produktion- Exakthack

Skördekostnaderna för exakthack för maskinkedjorna S, M och L och för varierande vallareal framgår av figur 8. Vid arealer mindre än ca 60 ha var den minsta maskinkedjan billigast medan den största maskinkedjan var billigast vid arealer större än ca 110 ha. För den tredje skörden med den största maskinkedjan överskred inläggningskapaciteten packningskapaciteten när endast en lastmaskin fanns tillgänglig för inläggning och packning. Kostnaderna för maskinkedja L räknades på att en extra traktor lejdes in för att öka packningskapaciteten.



Figur 8. Skördekostnaden för skörd med exakthack i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen i ha.

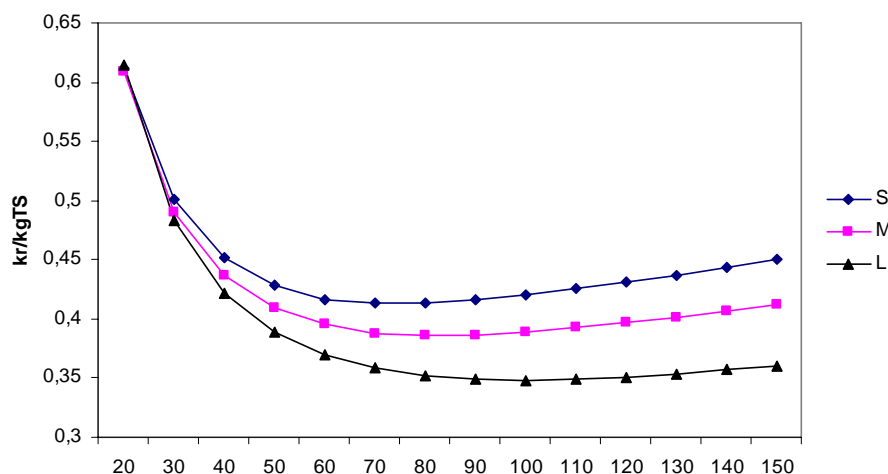
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 19% för maskinkedja M (Figur 9).



Figur 9. Skördekostnaden för skörd med exakthack med maskinkedja M i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen.

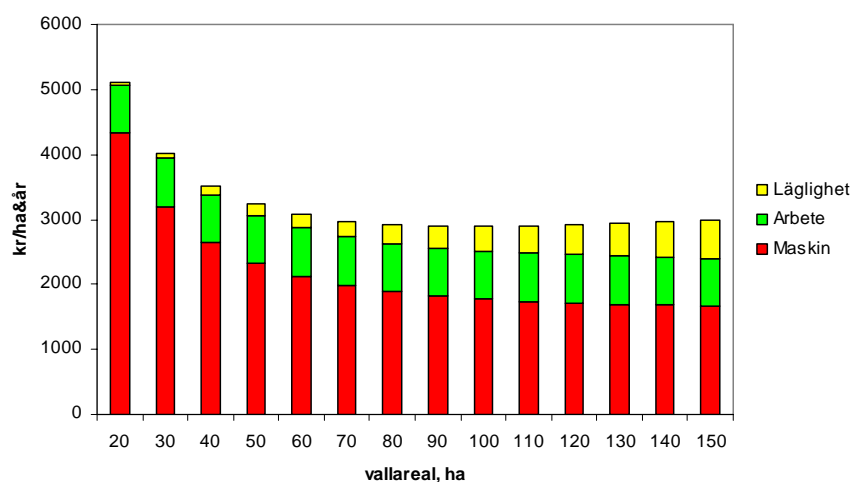
Ekologisk produktion- Rundbalar

Skördekostnaderna för skörd med rundbalspress och maskinkedjorna S, M och L visas i figur 10. Eftersom samma rundbalspress användes i alla maskinkedjor ökade inte skördekostnaden för pressning när en större maskinkedja användes. Skillnaden mellan maskinkedjorna orsakades av att en större slätterkross gav mer material i strängen. Mer material i strängen ökade pressens och därmed skördens kapacitet och förkortade skördens längd. Oavsett studerad vallareal resulterade den största slätterkrossen i de lägsta skördekostnaderna (Figur 10).



Figur 10. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen i ha.

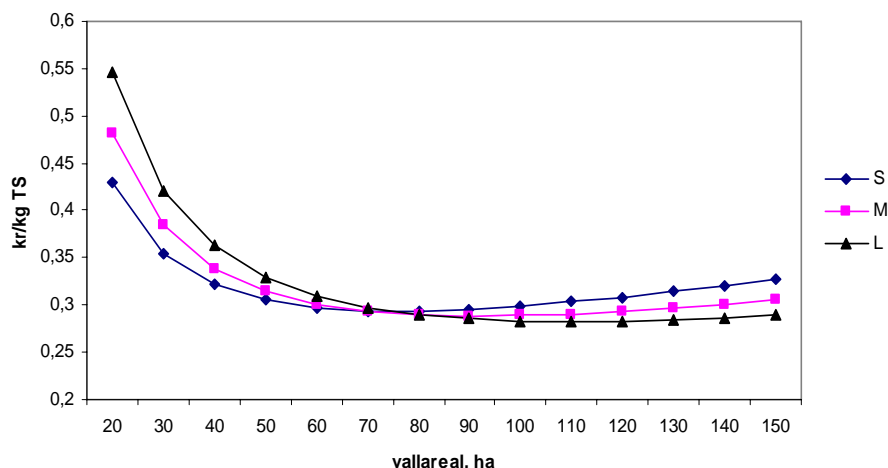
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade andelen läglighetskostnader av total kostnaderna från 1% till 20%. Den största maskinkedjan gav de lägsta totala kostnaderna vid 100 ha (Figur 11).



Figur 11. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress med maskinkedja L i ekologisk produktion i Gss som funktion av vallarealen.

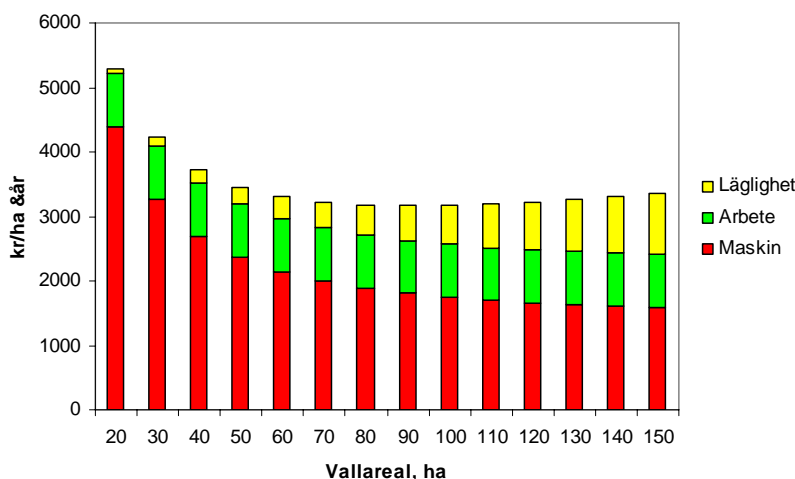
Konventionell produktion- Hackvagn

Skördekostnaderna för hackvagn och maskinkedjorna S, M och L för varierande vallareal framgår av figur 12. Vid arealer mindre än ca 70 ha var den minsta maskinkedjan billigast medan den största maskinkedjan var billigast vid arealer större än ca 90 ha. Hackvagnens kapacitet begränsade skördens totala kapacitet och för alla tre maskinkedjorna reducerades hackvagnens hastighet i åtminstone någon av skördarna för att inte hackens maximala kapacitet skulle överskridas.



Figur 12. Skördekostnaden för skörd med hackvagn i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen.

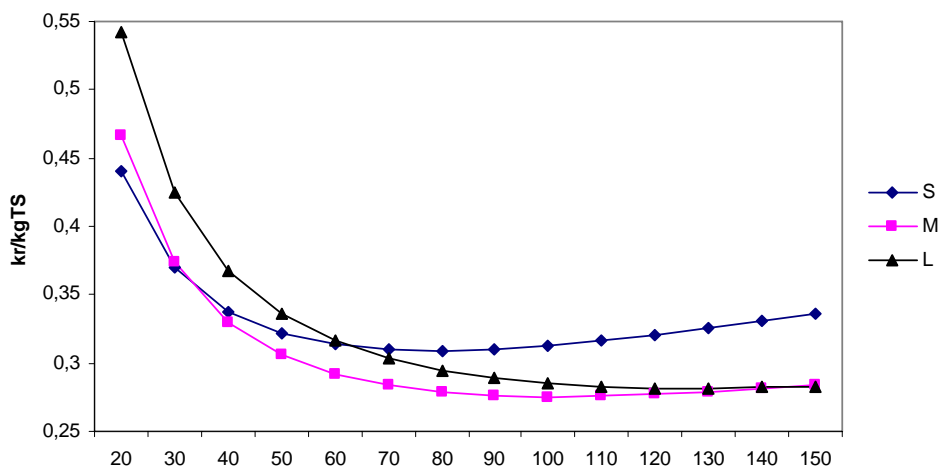
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 28% för maskinkedja M (Figur 13).



Figur 13. Skördekostnaden för skörd med hackvagn med maskinkedja M i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen.

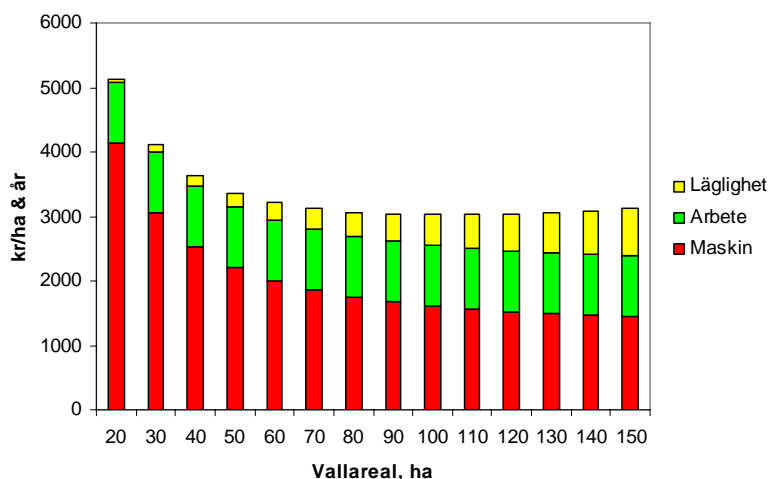
Konventionell produktion- Exakthack

Skördekostnaderna för exakthack och varierande vallareal för maskinkedjorna S, M och L framgår av figur 14. Vid arealer mindre än ca 30 ha gav maskinkedja S lägst skördekostnader medan maskinkedja L var billigast vid arealer större än ca 150 ha. Hackens kapacitet begränsade skördens totala kapacitet och för alla tre maskinkedjorna reducerades hackens hastighet för att inte hackens maximala kapacitet skulle överskridas. För den största maskinkedjan överskred inläggningskapaciteten packningskapaciteten när endast en lastmaskin användes för inläggning och packning. Kostnaderna var då beräknade på att en extra traktor lejdes in för att öka packningskapaciteten. På grund av den extra kostnad som detta medförde var maskinkedja M det billigaste alternativet upp till en hög areal.



Figur 14. Skördekostnaden för skörd med exakthack i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen i ha.

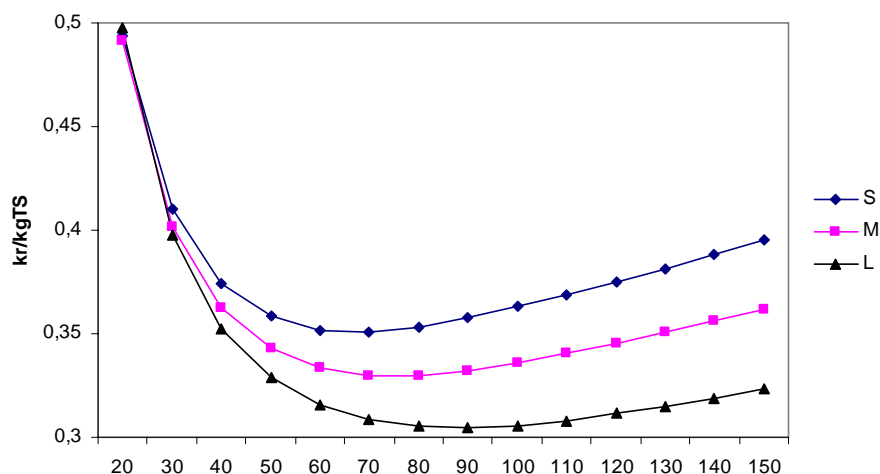
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 24% för maskinkedja M (Figur 15).



Figur 15. Skördekostnaden för skörd med exakthack med maskinkedja M i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen.

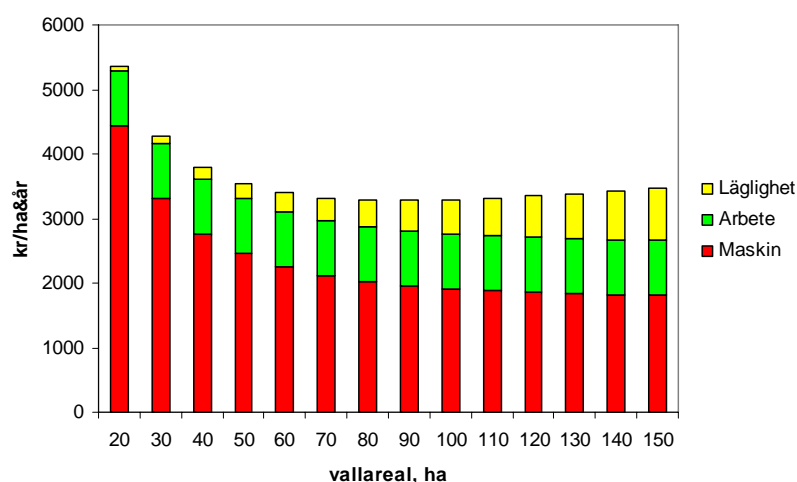
Konventionell produktion- Rundbalar

Skördekostnaderna för rundbalar och maskinkedjorna S, M och L vid varierande vallareal framgår av figur 16. Eftersom samma rundbalspress användes i alla maskinkedjor ökade inte maskinkostnaden för pressning när en större maskinkedja användes. Skillnaden mellan maskinkedjorna var dock att en större slåtterkross gav mer material i strängen. Mer material i strängen ökade pressens och därmed skördens kapacitet och förkortade skördens längd. Oavsett studerad vallareal resulterade den största slåtterkrossen i de lägsta skördekostnaderna (Figur 16).



Figur 16. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen i ha.

När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade andelen läglighetskostnader av totala kostnaderna från 1 till 23% (Figur 17). Den största maskinkedjan gav de lägsta totala kostnaderna vid 90 ha.



Figur 17. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress med maskinkedja L i konventionell produktion i Gss som funktion av vallarealen.

Svealands slättbygder (Ss)

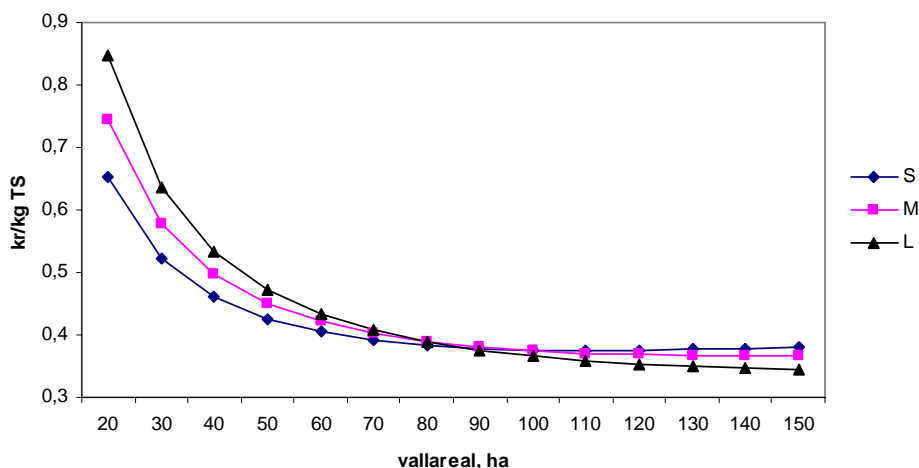
Tabell 17 visar skördekostnaderna för de studerade skördesystemen i Ss. För varje storlek på maskinkedjan redovisas den areal där respektive maskinkedja har sin lägsta skördekostnad samt skördekostnader vid samma areal. Kostnader i samband med ensilering såsom plastkostnader och kostnader för att bygga plansilo är inte inkluderade i tabell 17.

Tabell 17. Skördekostnader för Ss för maskinkedjorna S, M och L samt den areal där respektive maskinkedja hade sin lägsta skördekostnad

Maskin-system	Area l ha	Kapa-citet ha h ⁻¹	Tot. kostnad		Maskin		Arbete		Läglighet	
			kr ha ⁻¹ år ⁻¹	kr (kg TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹	%	kr (ton TS) ⁻¹
<i>EKO</i>										
Hackvagn										
S	110	1,9	2503	0,38	54	204	33	124	13	47
M	140	2,3	2449	0,37	56	207	30	108	14	51
L	170	2,8	2299	0,34	61	208	25	87	14	50
Exakthack										
S	120	2,3	2489	0,37	49	181	40	149	11	43
M	150	2,6	2419	0,36	51	186	36	130	13	47
L	180	3,3	2245	0,34	56	188	31	104	13	45
Rundbalar										
S	80	1,8	3123	0,48	64	307	27	128	9	43
M	90	2,0	2901	0,44	64	285	26	117	10	42
L	110	2,5	2591	0,40	64	253	26	102	10	41
<i>KONV</i>										
Hackvagn										
S	90	1,8	2847	0,33	54	177	30	100	16	51
M	110	2,1	2784	0,32	57	181	27	87	16	52
L	140	2,6	2626	0,30	59	180	23	70	18	53
Exakthack										
S	100	2,2	2801	0,32	49	158	37	120	14	45
M	120	2,6	2694	0,31	52	163	33	102	15	46
L	150	3,2	2676	0,31	59	180	26	82	15	46
Rundbalar										
S	70	1,8	3452	0,41	62	254	27	108	11	45
M	80	2,0	3226	0,38	62	235	26	100	12	45
L	100	2,5	2912	0,34	61	210	26	88	13	45

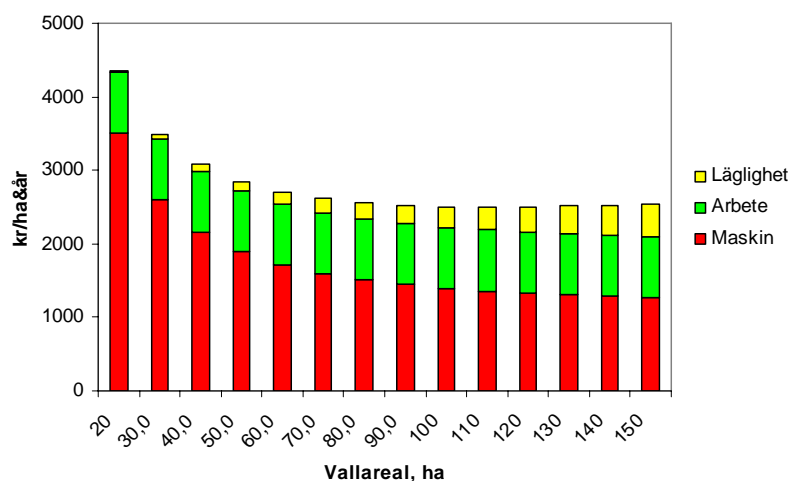
Ekologisk produktion- Hackvagn

Skördekostnaderna för skörd med hackvagn med maskinkedjorna S, M och L och för varierande vallareal framgår av figur 18. Vid arealer mindre än ca 80 ha var den minsta maskinkedjan billigast medan den största maskinkedjan var billigast vid arealer större än ca 90 ha. Hackvagnens kapacitet begränsade skördens totala kapacitet men för ingen av de tre maskinkedjorna behövdes hackvagnens hastighet reduceras för att inte hackens maximala kapacitet skulle överskridas.



Figur 18. Skördekostnaden för skörd med hackvagn i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen.

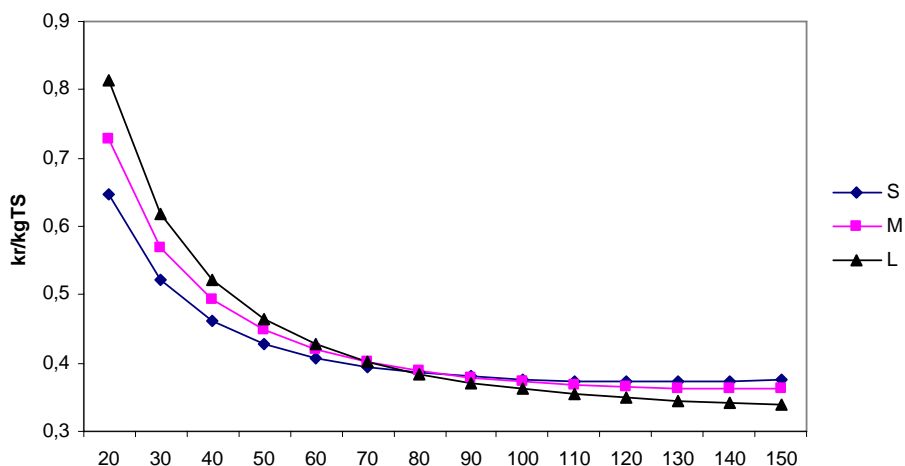
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av totala kostnaderna från 1% till 17% med maskinkedja S (Figur 19).



Figur 19. Skördekostnaden för skörd med hackvagn med maskinkedja S i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen.

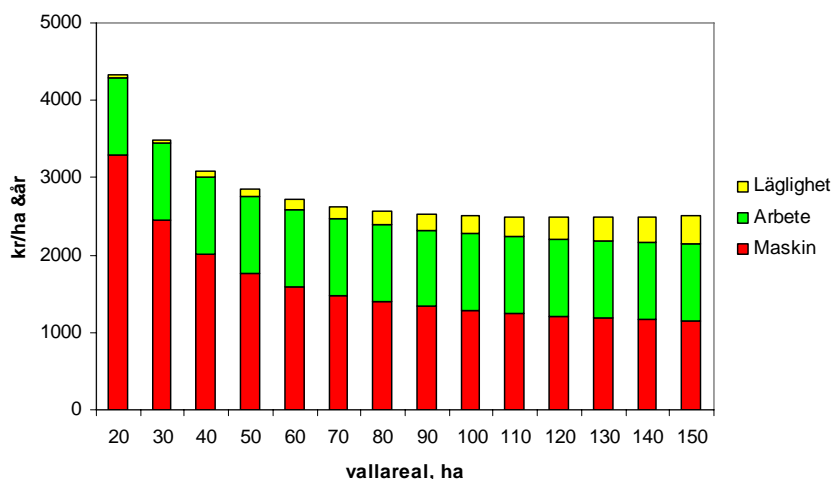
Ekologisk produktion- Exakthack

Skördekostnaderna för skörd med exakthack och varierande vallareal för maskinkedjorna S, M och L framgår av figur 20. Vid arealer mindre än ca 80 ha var den minsta maskinkedjan billigast medan den största maskinkedjan var billigast vid arealer större än ca 80 ha.



Figur 20. Skördekostnaden för skörd med exakthack i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen i ha.

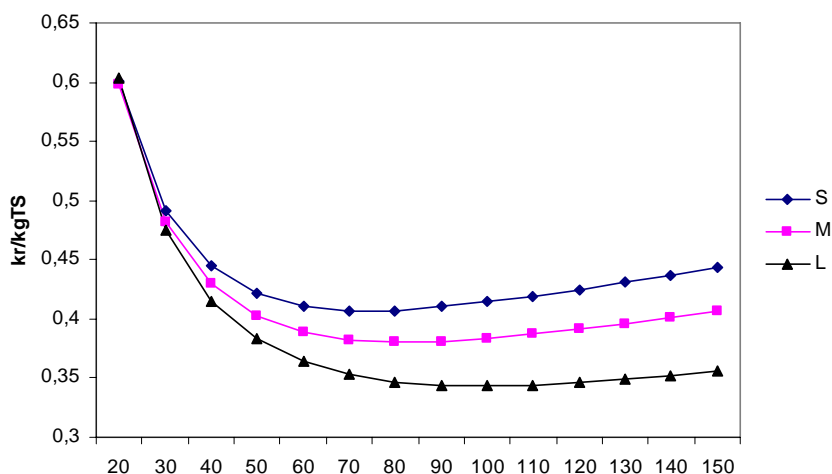
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av totala kostnaderna från 1% till 15% för maskinkedja S (Figur 21).



Figur 21. Skördekostnaden för skörd med exakthack med maskinkedja S i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen.

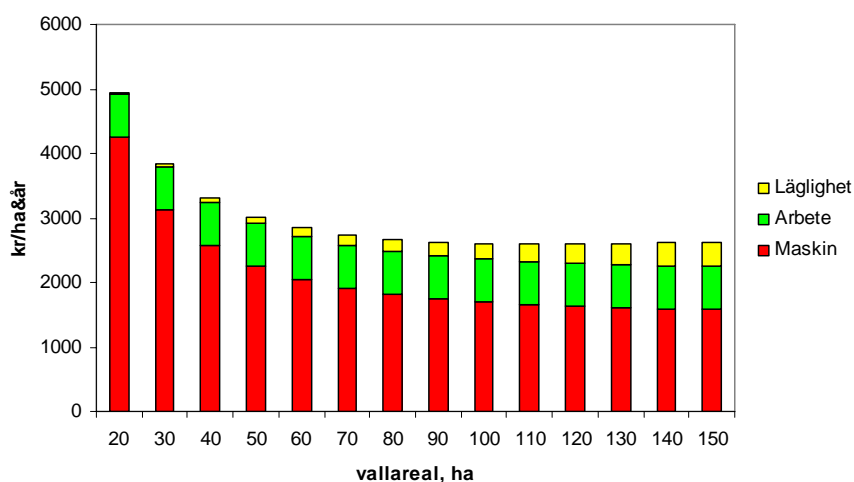
Ekologisk produktion- Rundbalar

Skördekostnaderna för rundbalar för varierande vallareal med maskinkedjorna S, M och L framgår av figur 22. Eftersom samma rundbalspress användes i alla maskinkedjor ökade inte maskinkostnaden för pressning när en större maskinkedja användes. Skillnaden mellan maskinkedjorna var att en större slåtterkross ökade mängden material i strängen. Mer material i strängen ökade pressens och därmed skördens kapacitet och förkortade skördens längd. Oavsett studerad vallareal resulterade den största slåtterkrossen i de lägsta skördekostnaderna (Figur 22).



Figur 22. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen i ha.

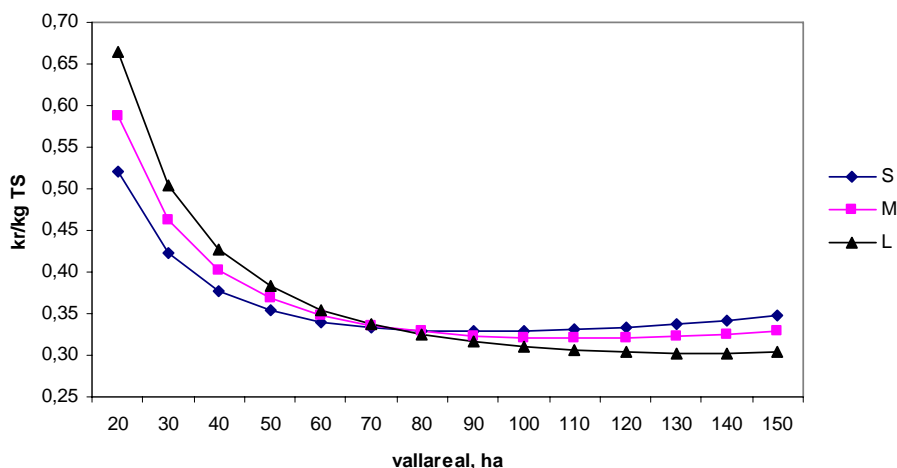
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade andelen läglighetskostnader av total kostnaderna från 0,5% till 14%. Den största maskinkedjan gav de lägsta totala kostnaderna vid 110 ha (Figur 23).



Figur 23. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress med maskinkedja L i ekologisk produktion i Ss som funktion av vallarealen.

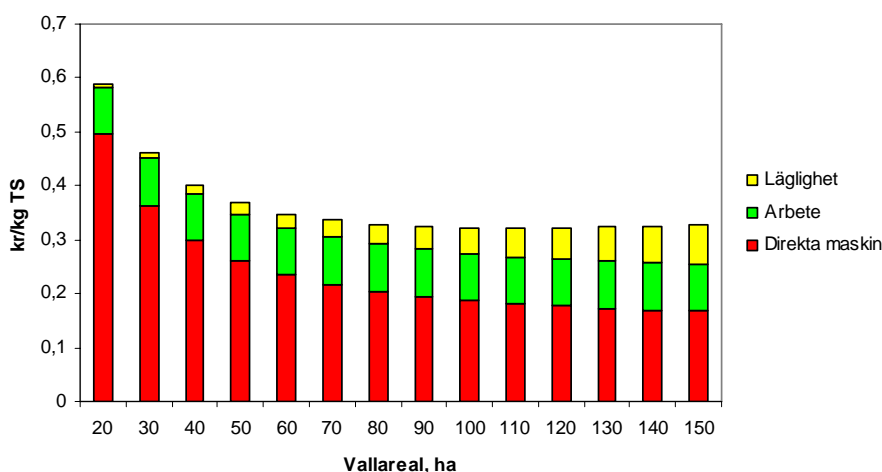
Konventionell produktion- Hackvagn

Figur 24 visar hur den totala skördekostnaden för hackvagn varierar med skördad vallareal. För vallarealer mindre än ca 70 ha gav den minsta skördekedjan de lägsta totala skördekostnaderna. När vallarealen översteg ca 80 ha var den största skördekedjan billigast. För arealer däremellan var skillnaderna i skördekostnad mellan de olika maskinkedjorna små. För den stora maskinkedjan reducerades hackvagnens hastighet för att inte hackens maximala kapacitet ska överskridas. Den extra packtraktorn behövde dock inte användas.



Figur 24. Skördekostnaden för skörd med hackvagn i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen.

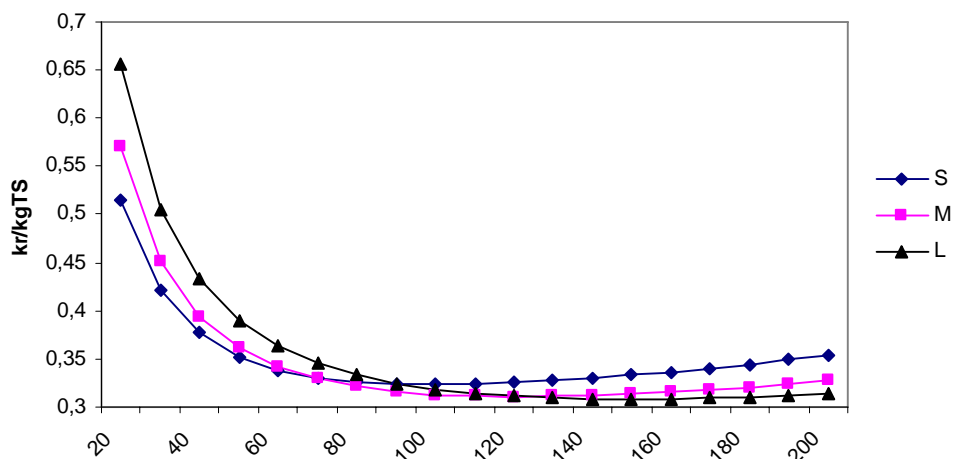
Av figur 25 framgår den totala skördekostnaden per kg skördad vall för maskinkedja M vid varierande vallarealen. När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 22% (Figur 25).



Figur 25. Skördekostnaden för skörd med hackvagn med maskinkedja M i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen.

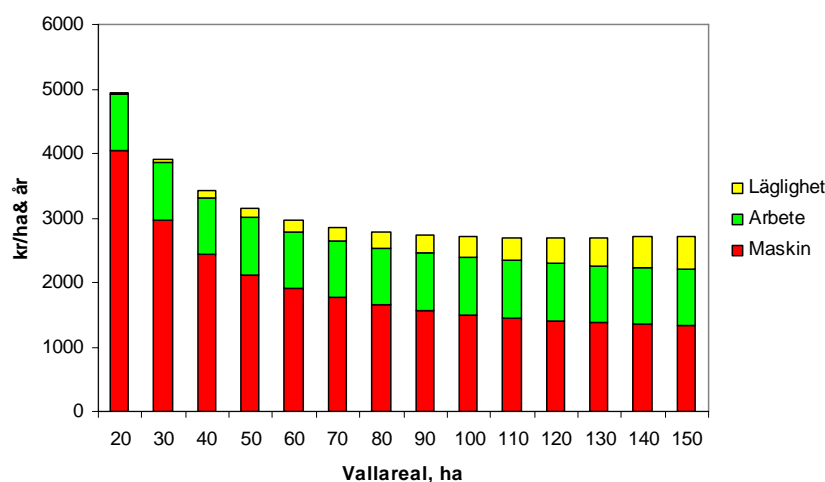
Konventionell produktion- Exakthack

Figur 26 visar hur skördekostnaden med exakthack varierade med skördad vallareal. För den största maskinkedjan överskred inläggningkapaciteten packningskapaciteten när endast en lastmaskin användes för inläggning och packning. Kostnaderna är då beräknades på att en extra traktor lejdes in för att öka packningskapaciteten.



Figur 26. Skördekostnaden för skörd med exakthack i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen i ha.

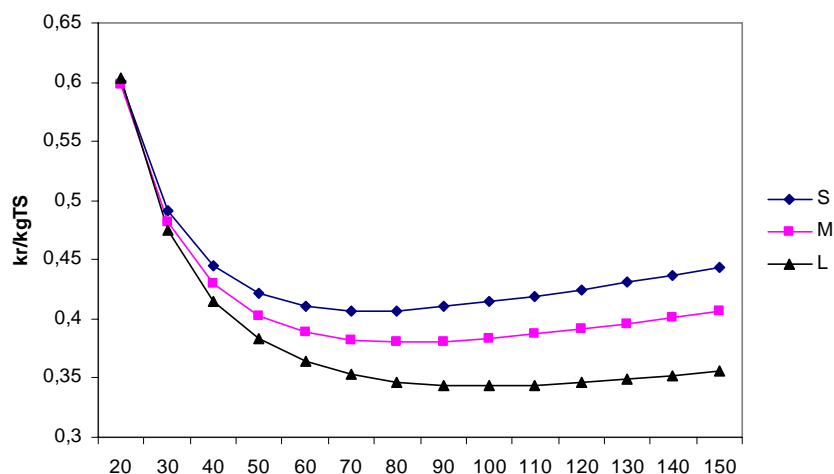
När vallarealen ökade från 20 till 150 ha ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 19% för skörd med maskinkedja M. Läglighetskostnadernas andel av de totala skördekostnaderna framgår av figur 27.



Figur 27. Skördekostnaden för skörd med exakthack med maskinkedja M i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen.

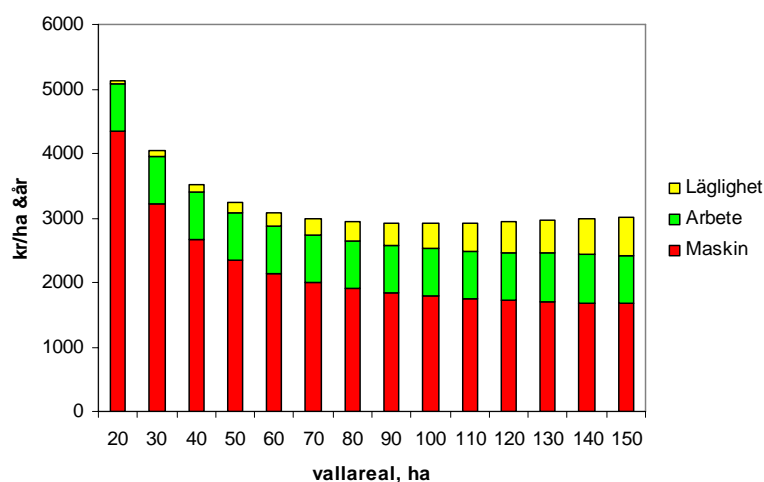
Konventionell produktion- Rundbalar

Skördekostnaderna för varierande vallareal för skörd med rundbalar och maskinkedjorna S, M och L framgår av figur 28. Eftersom samma rundbalspress användes i alla maskinkedjor ökade inte maskinkostnaden för pressning när en större maskinkedja användes. Skillnaden mellan maskinkedjorna var dock att en större slåtterkross gav mer material i strängen. Mer material i strängen ökade pressens och därmed skördens kapacitet och förkortade skördens längd. Oavsett studerad vallareal resulterade den största slåtterkrossen i de lägsta skördekostnaderna (Figur 28).



Figur 28. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen i ha.

När vallarealen ökade från 20 till 150 ha för maskinkedja L ökade läglighetskostnadernas andel av de totala kostnaderna från 1% till 20% (figur 29). Den största maskinkedjan gav de lägsta skördekostnaderna vid 100 ha (Figur 29).



Figur 29. Skördekostnaden för skörd med rundbalspress med maskinkedja L i konventionell produktion i Ss som funktion av vallarealen.

Maskinsamverkan

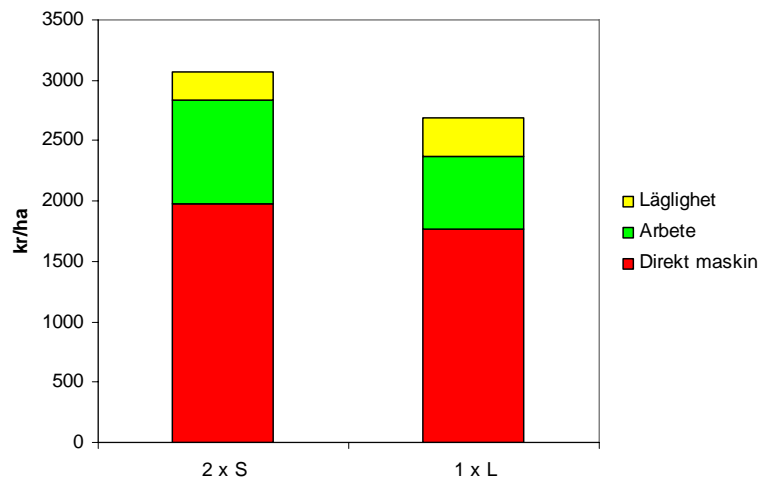
Två typer av maskinsamverkan presenteras för skörd med hackvagn i konventionell produktion i Ss. Ett alternativ är att två gårdar samverkar om maskiner och det andra alternativet är att en maskinring lejs in för att genomföra skörden.

Gemensamt utnyttjande av maskiner

En jämförelse gjordes mellan alternativen att två gårdar, vardera med en vallareal på 50 ha, har egna maskiner eller att maskinsamverkan sker mellan de två gårdarna så att en uppsättning maskiner används på 100 ha. I båda alternativen valdes den maskinkedja som gav lägsta skördekostnad för den givna arealen. Det innebar att de enskilda gårdarna hade egna maskiner enligt maskinkedja S och att gårdarna vid samverkan hade maskiner enligt

maskinkedja L. Av figur 30 framgår att vid maskinsamverkan minskade de totala kostnaderna med 12%.

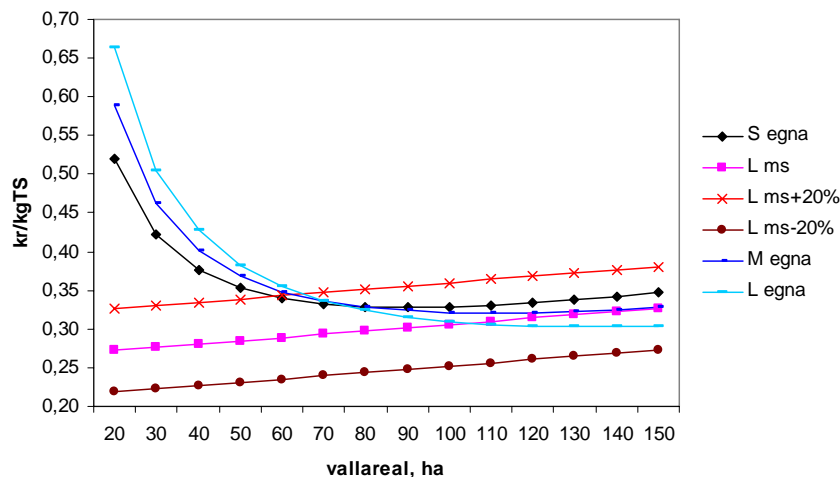
Läglighetskostnaderna ökade vid samverkan eftersom skörden pågick under fler dagar. Även de Toro & Rosenqvist (2005) visar på minskade maskin- och arbetskraftskostnader samt ökade läglighetskostnader vid samverkan mellan spannmålgårdar. När gårdarna skördade var och en för sig fortgick skörden med en kapacitet av ca 5 ton TS h⁻¹ och skörden på varje gård varade knappt 4 dagar. När gårdarna samverkade ökade maskinernas skördekapacitet till ca 7,5 ton TS h⁻¹ och ca 5,5 dagar behövdes för att skörda hela arealen.



Figur 30. Skördekostnader för skörd med hackvagn i Ss för två maskinuppställningar med maskinkedja S på vardera 50 ha (2 x S) respektive med en maskinuppställning med maskinkedja L på 100 ha (1 x L).

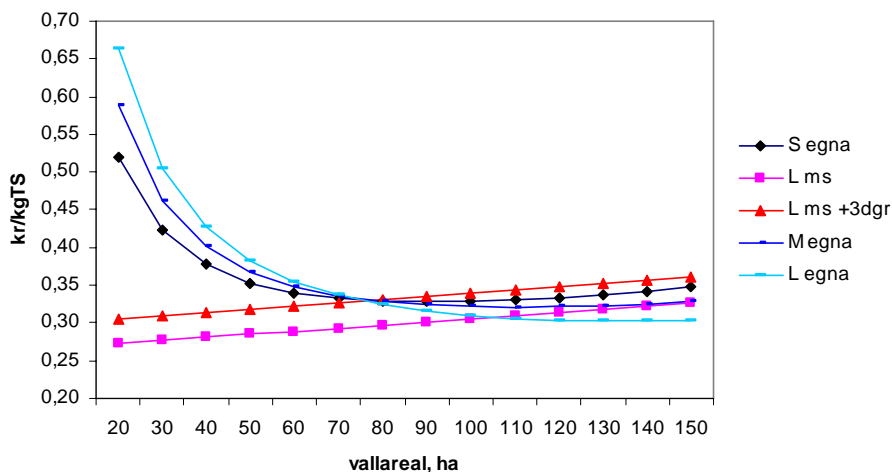
Maskinring

Ett alternativ till att utföra skörden med egna maskiner är att låta skörden utföras av exempelvis en maskinring. Figur 31 visar den totala maskinkostnaden för det fall egna maskiner med maskinkedja S, M och L användes. Denna kostnad jämfördes med kostnaden ifall skörden utfördes som en inlejd maskintjänst av en maskinring eller maskinstation med fast timtaxa som inkluderade maskiner, förare och bränsle. Beroende på att läglighetskostnaderna inkluderades ökade skördekostnaden vid skörd med maskinstation med ökande arealer fastän maskintaxan i kr per timme var konstant. I beräkningarna av kostnader för maskinstation antogs att man endast betalar för det antal timmar som skörden tar exklusive raster, lunch etc. Taxan för maskintjänster varierar mellan maskinstationer och är dessutom endast vägledande.



Figur 31. Skördekostnader för skörd med hackvagn i Ss för maskinkedja S, M och L i egen regi respektive kostnad för att anlita maskinring för skörd med maskinkedja L (L ms) samt med 20% ökning respektive minskning av maskinringstaxan.

Vid arealer mindre än 100 ha utfördes skörden till lägre kostnad av maskinringen jämfört med att ha egna maskiner. Figur 31 visar också effekten på skördekostnaderna av att timtaxan varierade med +/- 20%. Vid 20% högre maskintaxa än vad som antagits i denna studie var egna maskiner det billigaste alternativet jämfört med egna maskiner vid 60 ha vallareal och mer. Vid 20% lägre timtaxa gav skörd med maskinstation de lägsta skördekostnaderna för hela det studerade vallarealintervallet upp till 150 ha.

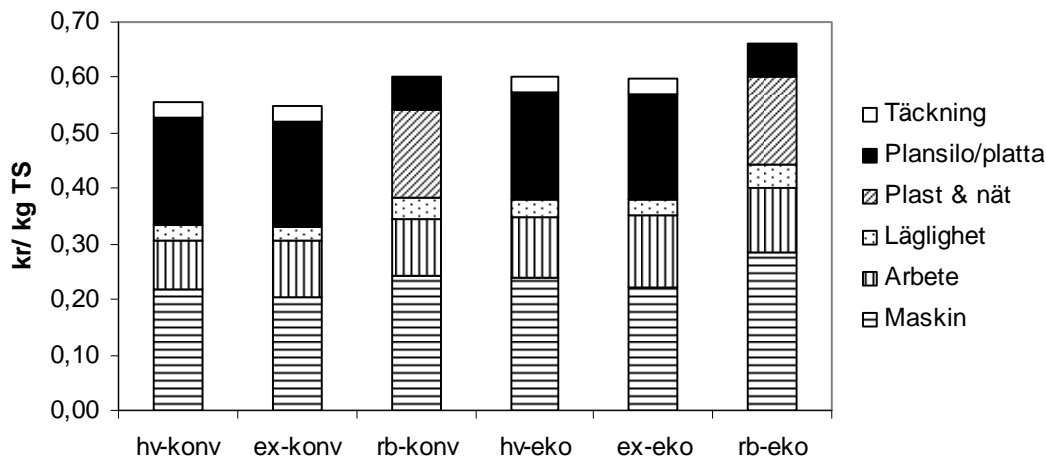


Figur 32. Skördekostnader för skörd med hackvagn i Ss för maskinkedja S, M och L i egen regi respektive kostnad för att anlita maskinring för skörd med maskinkedja L (L ms) när skörden inleds på den dag när värdet är högst samt när skörden inleds tre dagar senare.

Eftersom maskinringar normalt utför skördarbete på mer än en gård finns risk att skörden på varje enskild gård inte kan inledas vid den tidpunkt när skördens värde är maximalt. Därför visas i figur 32 effekten på skördekostnaderna av att skördens försenades tre dagar. Om man var tvungen att vänta i tre dagar på att maskinstationen skulle komma var det billigare att ha egna maskiner redan från arealer på drygt 70 ha och uppåt jämfört med från ca 100 ha när skörden utfördes vid optimal tidpunkt.

Jämförelse mellan skördesystemen

En rättvis jämförelse mellan ensilering i plansilo och i rundbalar kräver att systemen är jämförbara med avseende på vilka kostnader som inkluderas i beräkningarna. Kostnaderna för ensilering ser olika ut för de studerade systemen. Vid ensilering i plansilo är byggnationen av plansilon en investering i en fast anläggning med en lång livslängd medan för ensilering i rundbalar är kostnaden för ensileringsplasten en årligt återkommande rörlig kostnad kopplad till mängden vall som ensileras. När skördesystemen jämfördes antogs i första hand att inga tidigare investeringar hade gjorts i fasta anläggningar och att plansilo respektive en hårdgjord yta för förvaring av rundbalar måste byggas. Avskrivning-, ränte- och underhållskostnader för investering i plansilo respektive lagringsplatta inkluderades när kostnaderna för de olika systemen jämfördes. Dessutom inkluderades kostnader för plast och nät till rundbalar samt plast och arbete till täckning av plansilo. I tabell 18 och i figur 33 summeras kostnaderna för skörd och ensilering för skörd med maskinkedja M vid 70 ha vall i konventionell produktion och 90 ha vall i ekologisk produktion.



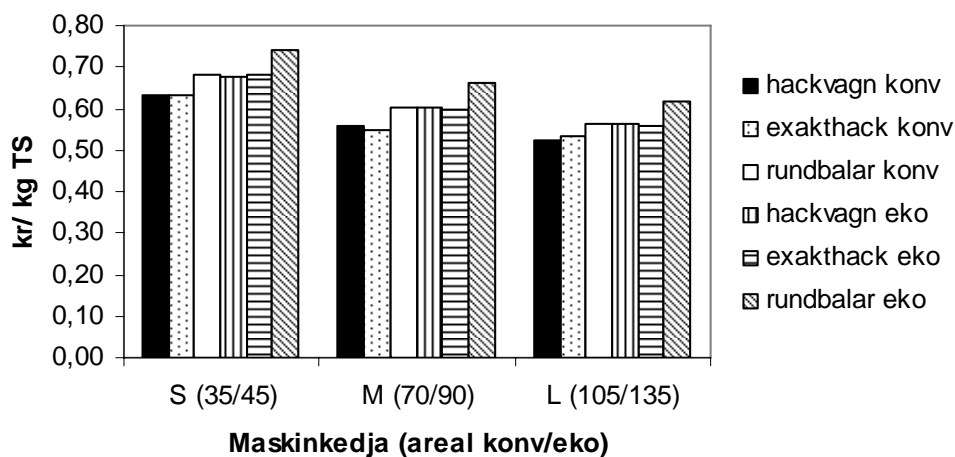
Figur 33. Skörde- och ensileringskostnader i Ss för de studerade maskinsystemen vid 1 km transportavstånd med maskinkedja M och 70 ha i konventionell produktion respektive 90 ha i ekologisk produktion.

Om skördesystemen ska jämföras i ett vidare perspektiv bör hänsyn tas även till arbets- och resursåtgång samt förluster från ensilering till foderbord. När hänsyn togs till TS-förluster under ensileringsprocessen och under lagring enligt Honig (1977) och Lingvall & Spörndly (1996) innebar det att skördekostnaderna var något lägre för skördesystemen med rundbalar (Tabell 18). Eftersom dessa förluster uppkommer efter att vallen skördats och lagts in i silon så har de inte inkluderats i beräkningarna av skörde- och ensileringskostnaderna.

Tabell 18. Kostnader för skörd och ensilering med maskinkedja M för de studerade systemen vid 70 ha vall i konventionell produktion respektive 90 ha i ekologisk produktion

Kostnader Kr (kg TS) ⁻¹	KONV			EKO		
	Hackvagn	Exakthack	Rundbalar	Hackvagn	Exakthack	Rundbalar
Maskin	0,22	0,20	0,24	0,24	0,22	0,28
Arbete	0,087	0,10	0,10	0,11	0,13	0,12
Läglighet	0,031	0,025	0,039	0,031	0,026	0,042
Skördekostnader	0,34	0,33	0,38	0,38	0,38	0,44
Plast & nät			0,16			0,16
Plansilo/platta	0,19	0,19	0,06	0,19	0,19	0,06
Täckning plansilo	0,03	0,03		0,03	0,03	
Skörd+ ensilering	0,56	0,55	0,60	0,60	0,60	0,66
Lagring- och ensileringsförluster, % av TS	17	17	7	17	17	7
Skörd+ ensilering inkl förluster	0,67	0,66	0,65	0,72	0,72	0,71

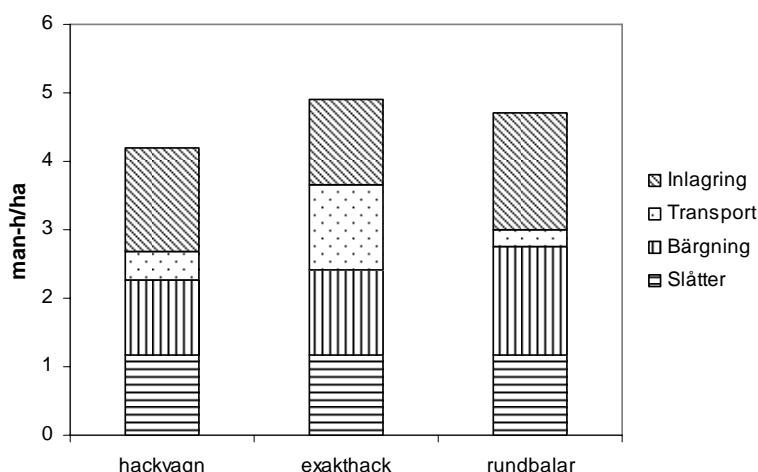
Av figur 34 framgår att förhållandet mellan de olika skördesystemens kostnader var liknande för maskinkedja S, M och L. I figur 34 är vallarealen 35/45 ha beräknad för att behövas för att fylla två fack i plansilon, 70/90 för att fylla fyra fack och 105/135 ha för att fylla sex fack i plansilon i konventionell respektive ekologisk produktion. För alla skördesystem och storlek på maskinkedjor har exakthack eller hackvagn lägre skördekostnader jämfört med rundbalar vid 1 km transportavstånd.



Figur 34. Skörde- och ensileringskostnader i Ss för de studerade maskinsystemen vid 1 km transportavstånd. X-axeln visar maskinkedja samt vallarealen (KONV/EKO) i ha.

Arbetskraftbehov

De olika skördesystemen är olika arbetsintensiva och av figur 35 framgår att arbetsbehovet för maskinkedja M räknat som man-timmar per ha var störst för skörd med exakthack. Slätter skedde separat från övriga skörden och hade samma arbetsbehov i alla skördesystem. Transport och inlagring av rundbalar i figur 35 kunde ske efter skördeperioden vilket gav att rundbalsalternativet i praktiken hade lägst behov av arbetskraft under skördeperioden.



Figur 35 Arbetskraftbehovet i man-timmar per ha för maskinkedja M i konventionell skörd i Ss.

Antagandet att slätter kunde ske parallellt med bärgningsarbetet innebar att skörd med hackvagn krävde tre personer, skörd med exakthack krävde fyra personer medan skörd med rundbalar krävde två personer. Om slätter istället kunde ske under den tid när ingen bärgning skedde minskades antalet personer som behövdes för respektive system med en person. När ytterligare en transportvagn användes vid skörd med exakthack ökade arbetsbehovet med en person. Dessutom behövdes en person till ifall packningskapaciteten utökades med en extra traktor.

Bränsleåtgång

Av tabell 19 framgår att bränsleförbrukningen i liter per skörd ton TS var lägst i konventionell produktion i Gss där också avkastningen var högst.

Tabell 19. Bränsleförbrukning för ingående maskiner i ekologisk (EKO) respektive konventionell (KONV) i Götalands södra slättbygd (Gss) respektive Svealands slättbygd (Ss)

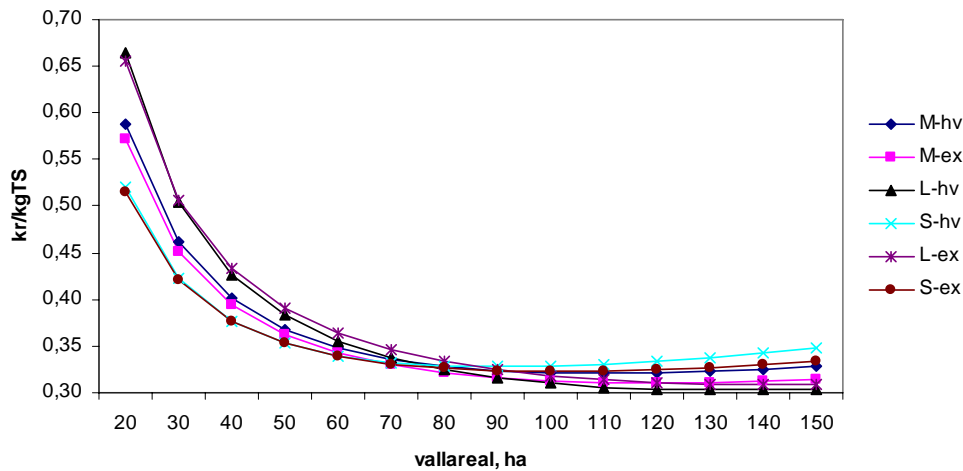
l (ton TS) ⁻¹	Gss EKO	Gss KONV	Ss EKO	Ss KONV
Hackvagn, S	6,4	5,6	7,3	6,3
Hackvagn, M	6,5	5,6	7,4	6,4
Hackvagn, L	6,4	5,6	7,3	6,3
Exakthack, S	6,1	5,2	7,0	6,0
Exakthack, M	6,3	5,4	7,2	6,2
Exakthack, L	6,4	5,3	7,5	6,2
Rundbalspress, S	6,1	5,4	6,9	6,1
Rundbalspress, M	6,1	5,4	6,9	6,1
Rundbalspress, L	6,1	5,4	6,9	6,1

Känslighetsanalys

Allmänt

I första hand gjordes känslighetsanalysen för skördesystemet konventionell produktion i Svealands slättbygder. Känslighetsanalysen sammanfattas i tabell 21. Med skördekostnaden avses maskin-, arbets- och läglighetskostnaderna. I figur 36 sammanställs skördekostnaderna

för exakthack och hackvagn med maskinkedjorna S, M och L vid varierande vallareal och vid 1 km transportavstånd.



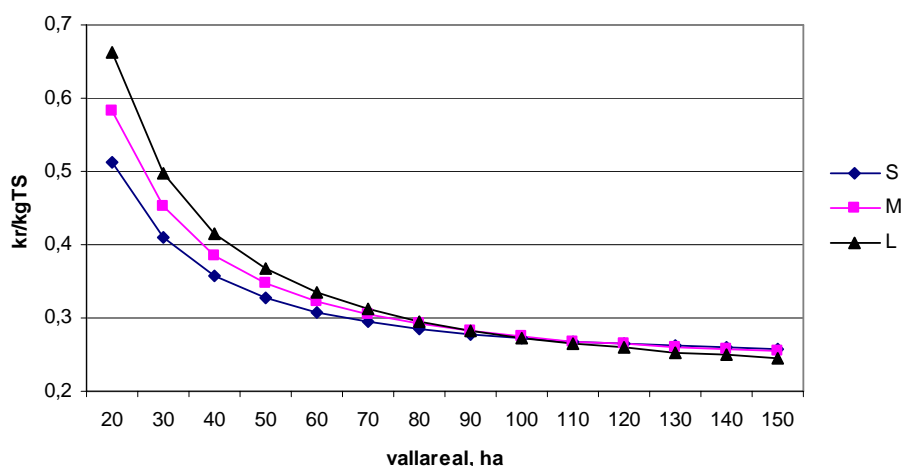
Figur 36. Skördekostnader för skörd med hackvagn (hv) och bogserad exakthack (ex) i konventionell produktion i Ss för maskinkedja S, M och L vid 1 km transportavstånd.

Vid små vallarealer var skillnaden i skördekostnad mellan de olika maskinkedjorna större än vid stora vallarealer. Vid stora vallarealer varierade skördekostnaden för alla studerade maskinkedjor med mindre än 5 öre $(\text{kg TS})^{-1}$ (Figur 36). Vid exempelvis 130 ha var skördekostnaden lägst och $0,30 \text{ kr } (\text{kgTS})^{-1}$ med hackvagn L. Då kostade skörd med både exakthack M och exakthack L $0,31 \text{ kr } (\text{kgTS})^{-1}$. Det innebär en större ökning av skördekostnaderna att ha överkapacitet vid små vallarealer än att ha underkapacitet vid stora vallarealer.

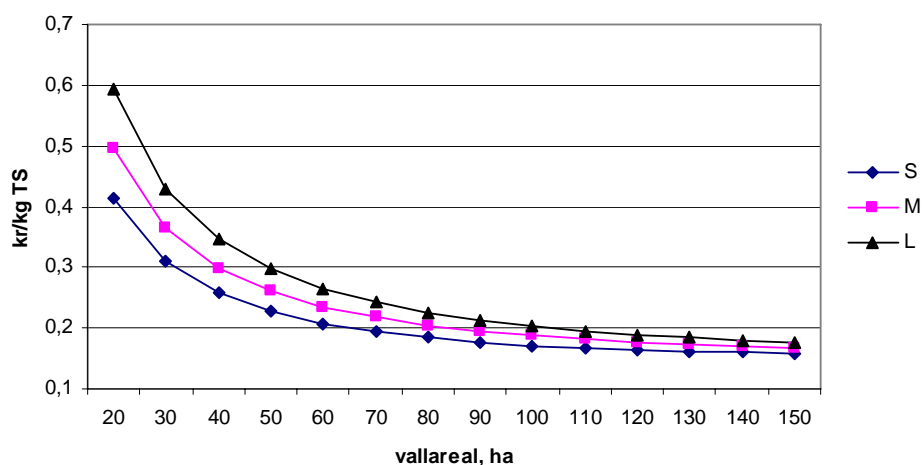
Effekten av att inkludera läglighetskostnader

Läglighetskostnaderna räknat per ha ökade när vallarealen ökade eftersom skörden tog längre tid. Detta resulterade i att när hänsyn togs till läglighetskostnaderna erhöles för varje maskinkedja en areal där maskinkedjan hade sin lägsta skördekostnad. Om ingen hänsyn togs till läglighetskostnaderna skulle skördekostnaderna fortsätta minska när vallarealen ökade och maskinkedjan skulle inte ha en areal där dess skördekostnader hade ett minimivärde. Att inte ta hänsyn till läglighetskostnader vid skörd av ensilage underskattade skördekostnaderna och man riskerade att välja för låg kapacitet på sina skördemaskiner.

I figur 24 framgår att för konventionell produktion i Ss vid skörd med hackvagn gav den största maskinkedjan lägst skördekostnader vid arealer större än ca 80 ha. Om endast maskinkostnader och arbetskostnader (dvs. inte läglighetskostnader) inkluderades var största maskinkedjan billigast först vid 110 ha (Figur 37). Av figur 38 framgår att om endast maskinkostnaderna inkluderades i skördekostnaderna var de fortfarande lägst för den minsta maskinkedjan vid 150 ha.



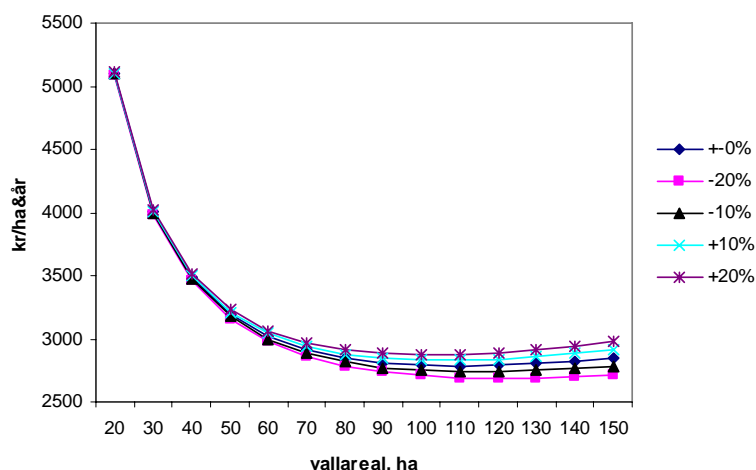
Figur 37. Maskin- och arbetskostnader (exklusive läglighetskostnader) vid skörd med hackvagn i konventionell produktion i Ss.



Figur 38. Maskinkostnader (exklusive arbets- och läglighetskostnader) vid skörd med hackvagn i konventionell produktion i Ss.

Läglighetsfaktorer

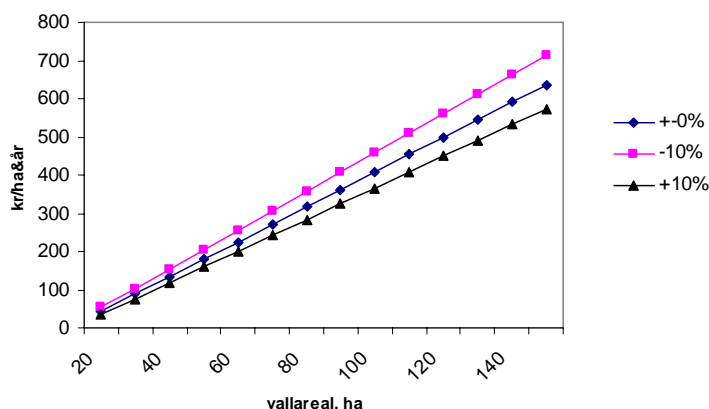
När spannmålspriset eller mjölkpriset ökar medför det högre läglighetsfaktorer. Dessutom som framgår av figurer 2-5 varierade läglighetsfaktorerna mycket mellan de tio år som läglighetsberäkningarna gjordes för. Därför undersöktes hur skördekostnaderna påverkades av förändrade läglighetsfaktorer genom att variera läglighetsfaktorerna för första, andra respektive tredje skörd med +/-20% för maskinkedja M (Figur 39). Vid 100 ha vallareal innebar det att skördekostnaderna varierade med +/-2,9% när läglighetsfaktorerna varierade med +/-20%.



Figur 39. Skördeknoster vid skörd med hackvagn med maskinkedja M i konventionell produktion i Ss när läglighetsfaktorerna varierar med upp till +/-20%.

Sannolikhet för tjänligt väder

Läglighetskostnaderna påverkas även av att andelen dagar när skörden kan genomföras förändras pga. vädervariationer mellan år eller förändrat klimat. I studien togs hänsyn till att skörden inte kan genomföras alla dagar eller försenas på grund av regn med hjälp av en faktor som angav sannolikheten för tjänligt väder. Den anger hur stor andel av alla dagar i en viss skördeperiod som skörd kan genomföras. Den inverkar på resultatet genom att vid beräkning av läglighetskostnaderna förlänga den tid skörden tar att genomföra. Om sannolikhetsfaktorn ökade med 10% innebar det att skörden kunde genomföras på kortare tid eftersom uppehållen pga. dåligt skördeväder blev färre. Ur figur 40 framgår att vid exv. 100 ha minskade läglighetskostnaderna med 10,2% och totala kostnaderna med 1,5% när andelen dagar som skörd kunde genomföras ökade med 10%. Om andelen dagar som skörden kunde genomföras minskade med 10% ökade läglighetskostnaderna med 12,4% och totala kostnaderna med 1,8%.

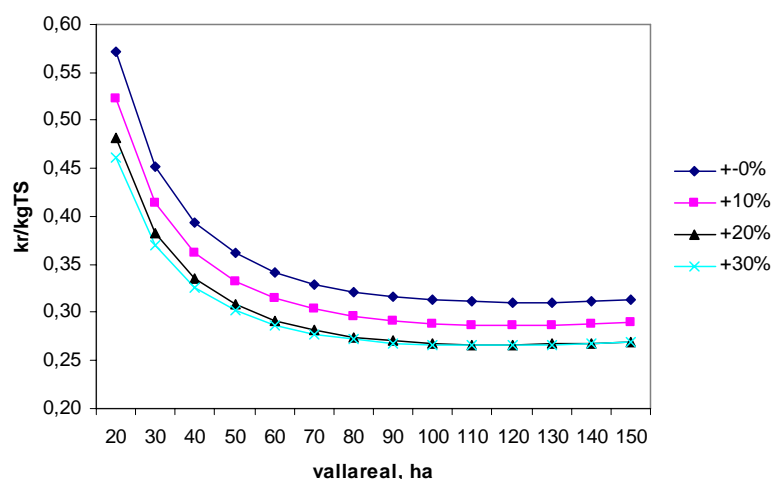


Figur 40. Läglighetsknoster vid skörd med hackvagn och maskinkedja M i konventionell produktion i Ss när sannolikhetsfaktorn för tjänligt väder varierade med +/-10%.

Avkastningsförändringar

Mängden material i strängen bestäms av avkastning och av arbetsbredden på slätterkrossen samt av eventuell sammanslagning av strängar. Tillsammans med körhastigheten bestämde mängden material i strängen kapaciteten och avverkningen i strängen. När maskinens kapacitet överskred den antagna maximala kapaciteten som maskinen klarar av att bearbeta reducerades körhastigheten tills kapaciteten åter underskred den maximala. Av figur 41 framgår att när avkastningen ökade så minskade skördekostnaderna räknat per kg TS förutsatt att exakthacken kunde köras med oförändrad hastighet eller att dess kapacitet inte begränsades av efterföljande moment.

När avkastningen minskade med 10% minskade skördens längd med 2,7% för hackvagnen och 1,1% för exakthacken. Detta gjorde att kostnaderna för hackvagnen minskade mer än för exakthacken (-2% jämfört med -1,4%). I båda fallen begränsades skördens kapacitet av hackens respektive hackvagnens kapacitet. Redan innan avkastningen sänktes kördes exakthacken respektive hackvagnen med den antagna maximala hastigheten och denna förändrades alltså inte när avkastningen sänktes. Tiden hackvagnen respektive exakthacken hackade påverkades således inte av avkastningsändringen. Hackvagnen transporterade också gräset till plansilon och den lägre avkastningen gjorde att mindre material måste transporteras samt att det tog längre tid att fylla vagnen. Därför påverkades hackvagnens kostnader mer av sänkt avkastning.



Figur 41. Skördekostnadernas variation med ändrad avkastning med exakthack med maskinkedja M för varierande vallareal i konventionell produktion i Ss

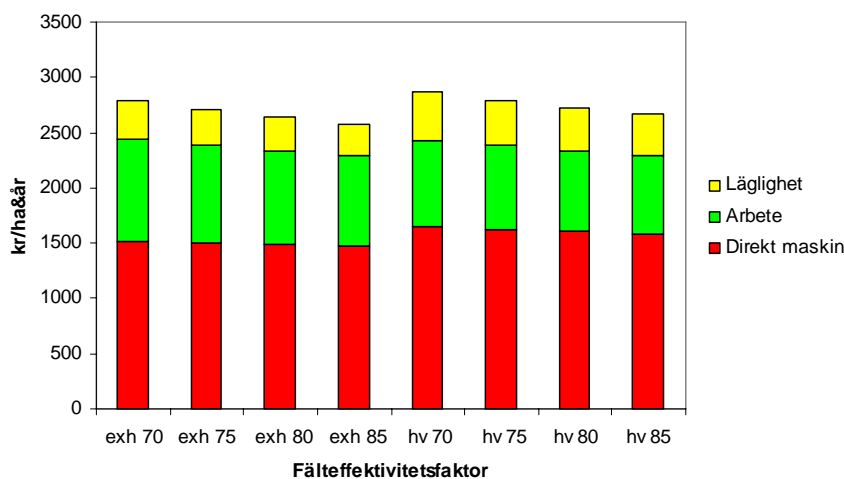
Om avkastningen ökade så mycket att hastigheten måste sänkas för att inte maximal kapacitet skulle överskridas sänktes skördens kapacitet och kostnaderna påverkades mer än om hacken kunde köras med oförändrad hastighet. Vid upp till 20% ökad avkastning kunde exakthacken köra på samma hastighet och skördens längd påverkades endast i liten grad (fler transporter gav oftare byte av vagnar vilket minskade hackens praktiska kapacitet något). Vid 30% avkastningsökning måste exakthacken reducera hastigheten för att inte överskrida maximal kapacitet vilket gjorde att skördens totala kapacitet minskade, skörden tog längre tid och skördekostnaderna ökade mer jämfört med vid skördeökning från 10 till 20%. Detta illustreras av figur 40 där fastän skörden ökade från 20% till 30% så var skördekostnaderna i stort sätt oförändrade. Mellan 10 och 20% skördeökning ökade totala kostnaderna med ca 1% och mellan 20 och 30% ökade de med 9%. För skörd med rundbalspress resulterade en

avkastningsvariation på +/-10% i en variation av skördekostnader på +/-2,1% vid 100 ha vall i konventionell produktion i Ss.

Fälteffektivitetsfaktor

Varje skördemaskin har en maximal teoretisk kapacitet vilken är beroende av många faktorer såsom hacklängd, TS-halt, vallart etc. och därmed svår att ge ett generellt värde. Den teoretiska kapaciteten beskriver avverkningen i draget och bestäms av maskinens storlek och körhastigheten samt av hur mycket material som finns i strängen. Vid beräkningar av skördens kapacitet är det däremot den praktiska kapaciteten som är intressant. Den beräknas utifrån den teoretiska kapaciteten med hänsyn till tidsmoment när maskinen inte utför produktivt arbete såsom vändningar, överlappning i kördraget, ställtider, stopp för justeringar, tömningar, byte av vagnar etc. (Witney, 1995). Tidsåtgången för dessa moment varierar för olika maskiner och maskinkedjor, varierar med fältform och fältstorlek men är även beroende av skicklighet och erfarenhet hos den som kör maskinen.

I denna studie har förhållandet mellan praktisk och teoretisk kapacitet beskrivits med en fälteffektivitetsfaktor. Fälteffektivitetsfaktor antogs samma värde för exakthack och hackvagn. I fälteffektiviteten inkluderades inte tid för exakthacken för att byta vagnar eftersom det var ett moment som skiljde hackvagn och exakthack åt.



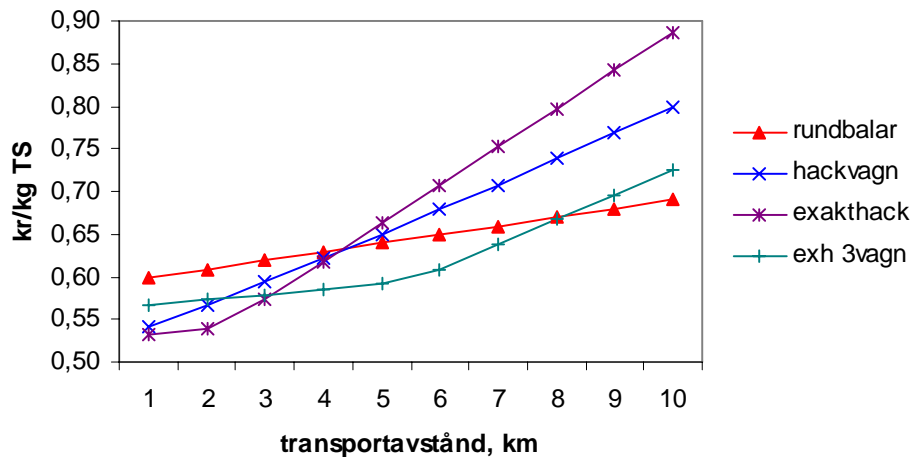
Figur 42. Skördekostnaden med varierande fälteffektivitetsfaktor för exakthack respektive hackvagn med maskinkedja M och 100 ha vallareal i konventionell produktion i Ss.

När fälteffektivitetsfaktorn ökade från 75% till 85% för exakthacken respektive hackvagnen ökade hackens respektive hackvagnens skördekapacitet (tonTS h^{-1}) med 12 respektive 9%. Totala kostnaden minskade samtidigt med 4,9 respektive 4,4% (Figur 42).

Transportavstånd

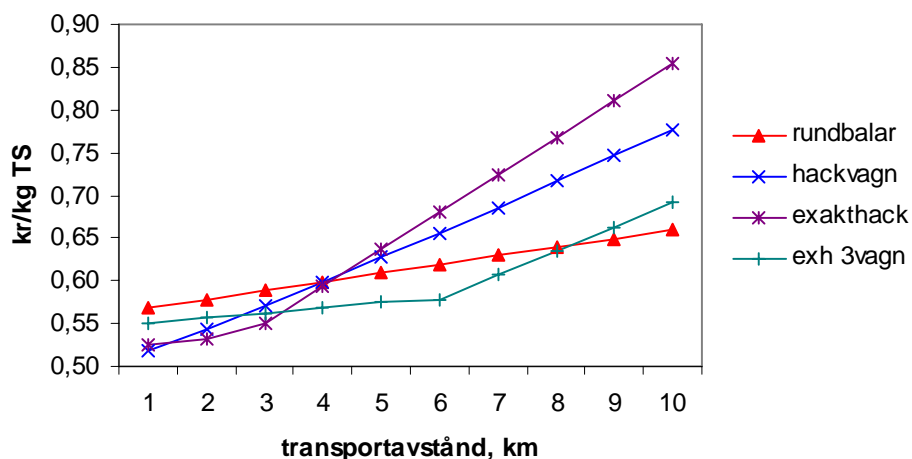
Eftersom skördesystemen påverkas olika av förändringar i transportavstånd undersöktes skördekostnaderna för alla tre studerade skördesystem i konventionell skörd i Ss för transportavstånd mellan 1 och 10 km. För ett rättvisande jämförelse adderades ensileringskostnaderna till skördekostnaderna. Skörd med exakthack och separata vagnar kräver samordning och matchning av skördekapaciteten för hackning och transport för att undvika dyra fördröjningar och väntetider. För skörd med exakthack och maskinkedja M började transporten begränsa skördens kapacitet vid 3 km transportavstånd. Därför inkluderades alternativet att antalet transportvagnar ökades till 3 stycken. Vid 6 km

transportavstånd var transportkapaciteten begränsande för skördens kapacitet även med 3 transportvagnar och ytterliggare utökad transportkapacitet skulle kunna sänka skörde- och ensileringskostnaderna för skördesystemet med exakthack (Figur 43). För maskinkedja L med exakthack och två transportvagnar begränsade transportkapaciteten skörden redan vid 2 km transportavstånd (Figur 44).



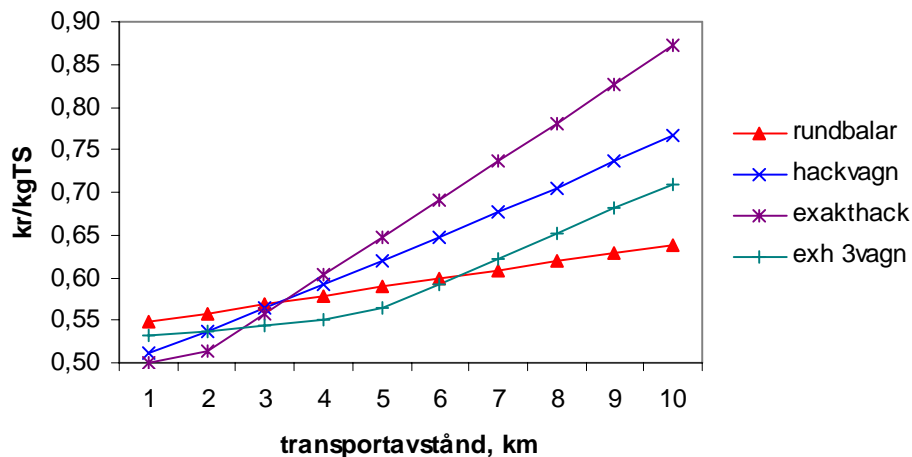
Figur 43. Skörde- och ensileringskostnader vid varierande transportavstånd vid skörd av 90 ha med maskinkedja M med de tre studerade skördesystemen samt ett skördesystem med exakthack och 3 transportvagnar i konventionell produktion i Ss.

Vid transportavstånd mindre än 4 km resulterade skörd med exakthack och hackvagn i lägre skörde- och ensileringskostnader jämfört med rundbalssystemet (Figur 43). Upp till tre km transportavstånd var systemet med exakthack och 2 transportvagnar billigare än att använda 3 vagnar. Från 4 km transportavstånd var det endast exakthacken med 3 vagnar som gav lägre skörde- och ensileringskostnader än rundbalssystemet. Vid avstånd längre än 8 km gav rundbalspressning de lägsta skörde- och ensileringskostnaderna.



Figur 44. Skörde- och ensileringskostnader vid varierande transportavstånd vid skörd av 135 ha med maskinkedja L med de tre studerade skördesystemen samt ett skördesystem med exakthack och 3 transportvagnar i konventionell produktion i Ss.

Figur 44 visar skörde- och ensileringskostnaderna vid 135 ha med maskinkedja L. På samma sätt som vid 90 ha vallareal var kostnaderna högst för skörd med rundbalspress vid transportavstånd kortare än 4 km. Skörd med hackvagn gav de lägsta skörde- och ensileringskostnaderna vid en km transportavstånd. Skörd med exakthack och 2 vagnar gav de lägsta skörde- och ensileringskostnaderna upp till drygt 3 km och med 3 vagnar upp till 8 km, därefter var rundbalsystemet billigast.



Figur 45. Skörde- och ensileringskostnader vid varierande transportavstånd vid skörd av 70 ha med maskinkedja M med de tre studerade skördesystemen samt ett skördesystem med exakthack och 3 transportvagnar i konventionell produktion i Gss.

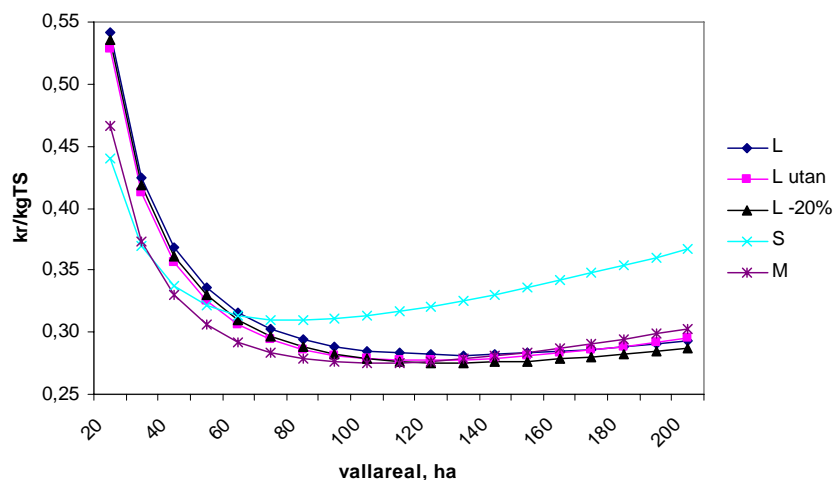
Figur 45 visar motsvarande beräkning för Gss och 70 ha vallareal. Med de avkastningar som användes i dessa beräkningar gav 70 ha vall i Gss samma avkastning som 90 ha i Ss. Exakthack med 2 eller 3 transportvagnar gav lägre skörde- och ensileringskostnader än de andra systemen upp till 6 km transportavstånd. Skörd med rundbalsystemet var billigast när transportavståndet översteg 6 km.

Ökad packningskapacitet

För att undvika att skördens kapacitet begränsades av lastmaskinens kapacitet att lasta in i silon och packa fanns alternativet att utöka packningskapaciteten genom att leja in en extra traktor för att packa. Ett sätt att sänka timkostnaden för den extra traktorn är att samverka om traktorn med en spannmålgård som annars inte skulle använda traktorn under den tid när vallskörden sker. Den extra packtraktorn som användes i detta fall beräknades öka packningskapaciteten från 9 till 12 ton TS h⁻¹. Eftersom den extra traktorn för packning framför allt användes när avkastningen var hög gjordes denna beräkning för skörd med exakthack i Gss. Denna lösning skulle framförallt vara intressant vid första skörd pga. att både skörden ofta är störst då och läglighetskostnaden också är störst vid första skörden, se figur 2 och figur 3.

Som framgår av figur 46 och av figur 14 gav maskinkedja M lägst skördekostnader från 40 ha upp till 140 ha jämfört med maskinkedja L med den extra packtraktorn. Maskinkedja L med extra packtraktor var den billigaste maskinkedjan vid arealer över ca 150 ha. Maskinkedja L var utan extra packtraktor den billigast över ca 120 ha. Och ifall timkostnaden sänktes med 20% för den extra packtraktorn var den det billigaste alternativet vid ca 115 ha. För arealer mindre än 115ha gav maskinkedjan M alltid de lägsta skördekostnaderna. För maskinkedjan

M behövdes ingen extra traktor lejas in eftersom skördekedjans kapacitet inte överskred maximal packningskapacitet.

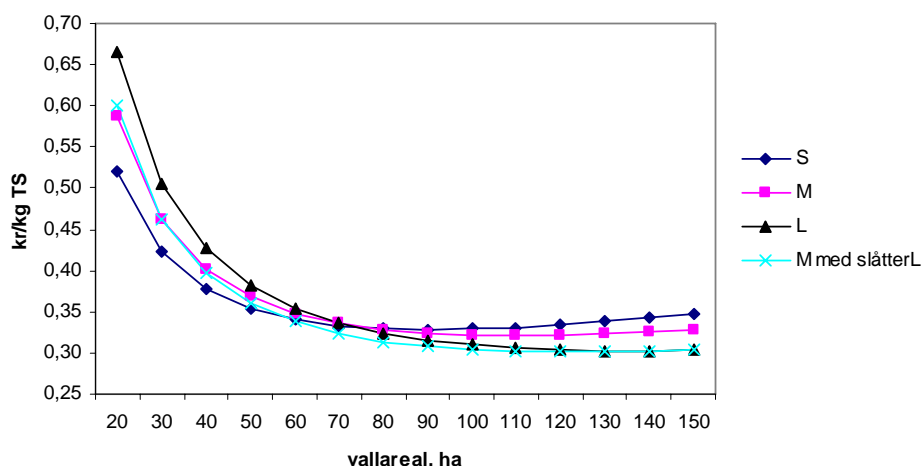


Figur 46. Skördekostnader för skörd med exakhack i Gss för maskinkedja S, M och L. Dessutom inkluderades för maskinkedja L alternativet utan extra packtraktor samt med 20% lägre timkostnad för den extra packtraktorn.

Jämfört med maskinkedja M ökade maskinkedja L visserligen skördens kapacitet men inte tillräckligt mycket för att de högre maskinkostnaderna vägdes upp av lägre läglighets- och arbetskostnader. Om skörden utfördes med maskinkedja L utan den extra packtraktorn så begränsades skördens hastighet av packningskapaciteten och skördens kapacitet blev bara något ($2,62$ jämfört med $2,52 \text{ ha h}^{-1}$) högre än med maskinkedja M med sin lägre maskinkostnad. Om skördens kapacitet begränsades av packningen innebar det att transport och hack blev stillastående. För maskinkedja M var kapaciteten på hack och packning relativt lika stora och endast transporten hade överkapacitet. Detta gjorde att maskinkedja M utnyttjade sin kapacitet bra i förhållande till vad den kostade. Den större kedjan kostade mer och kunde inte utnyttja sin kapacitet pga. väntetider för transport och hack (Figur 46).

Ökad slätterkapacitet

För skörd med rundbalspress skiljde endast storleken på slätterkrossen de tre maskinkedjorna åt. Resultatet var att vid samma storlek på rundbalspress gav större slätterkross lägre skördekostnader. Detta resultat gällde även för skörd med hackvagn och maskinkedja M där byte mot den större slätterkross L sänkte skördekostnaderna med $1,8 \text{ öre (kg TS)}^{-1}$ eller $5,5\%$ vid 100 ha vall. Alternativet maskinkedja M med slätterkross L gav lägre skördekostnaderna än maskinkedja L ända upp till 130 ha (Figur 47).

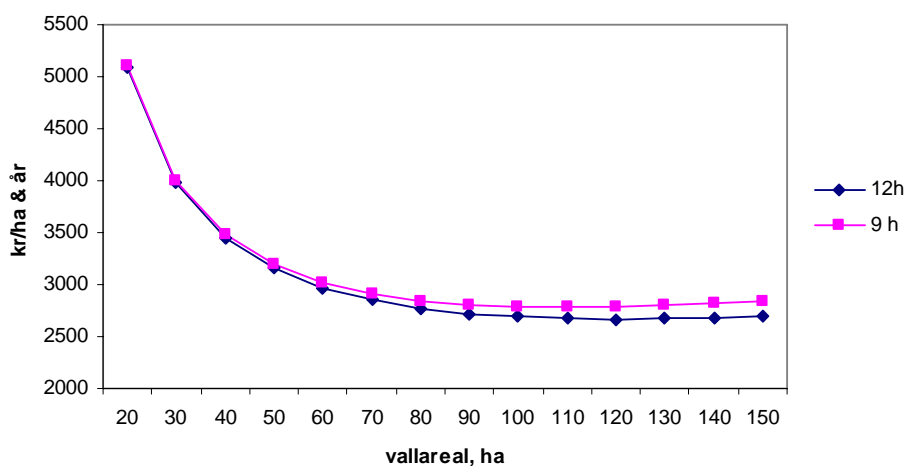


Figur 47. Skördekostnader för skörd med hackvagn i konventionell produktion i Ss för maskinkedja S, M och L. Dessutom inkluderades för maskinkedja M alternativet byte till den större slåtterkrossen L.

Bytet till en större slåtterkross ökade skördens kapacitet eftersom strängen innehöll mer material. Skördens kapacitet ökade från 6,2 ton TS h⁻¹ för maskinkedja M till 6,8 ton TS h⁻¹ för maskinkedja M med den större slåtterkrossen. Skördekapaciteten med maskinkedja L var 7,7 ton TS h⁻¹ men pga. högre direkta maskinkostnader gav den inte lägst skördekostnader förrän vid 150 ha.

Förlängd arbetsdag

Ett sätt att minska skördekostnaderna är att förlänga arbetsdagen. Lägghetskostnaderna minskar då eftersom skörden genomförs på färre antal dagar. Totala kostnaden påverkades mer av ändrade lägghetskostnader vid större arealer eftersom lägghetskostnadernas andel av totala kostnaderna där var högre. Om arbetsdagens längd ökade från i grundfallet 9 timmar till 12 timmar förändrades kostnaderna enligt figur 48. Den effektiva arbetstiden på fält då hänsyn tagits till lunch och raster ökade från 7,5 till 10 timmar. Timkostnaden var oförändrat 180 kr per timme.



Figur 48. Skördekostnaderna för skörd med hackvagn M i konventionell i Ss med 9 h samt 12 h arbetsdag.

Vid 60 ha vall minskade totala kostnaderna med 1,7% och vid 120 ha med 4,3% när arbetsdagens längd ökade med 33%.

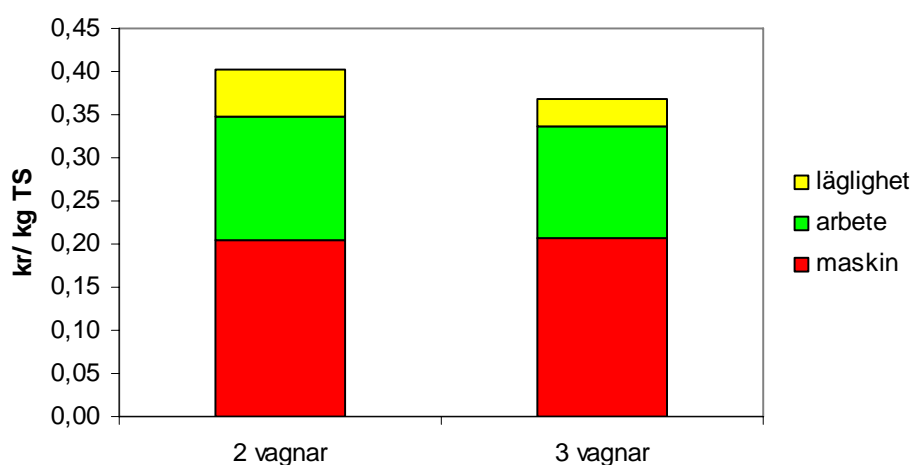
Arbetskostnader och arbetskraft

Beroende på hur arbetsintensiv maskinkedjan är samt hur hög skördekapaciteten är varierar effekten på skördekostnaderna av ändrad arbetskostnad. Påverkan på skördekostnaden av förändrad arbetskostnad var högst för skörd med exakthack (Tabell 20).

Tabell 20. Skördekostnadernas ökning i kr (kg TS)⁻¹ när timkostnaden för arbete ökade med 20% för skörd med maskinkedja M i konventionell produktion i Ss

		20 ha	100 ha
	kr (kg TS) ⁻¹	%	%
Exakthack 2 vagnar	0,020	3,5	6,3
Exakthack 3 vagnar	0,038	5,0	7,5
Hackvagn	0,017	2,9	5,3
Rundbalar	0,019	3,2	5,1

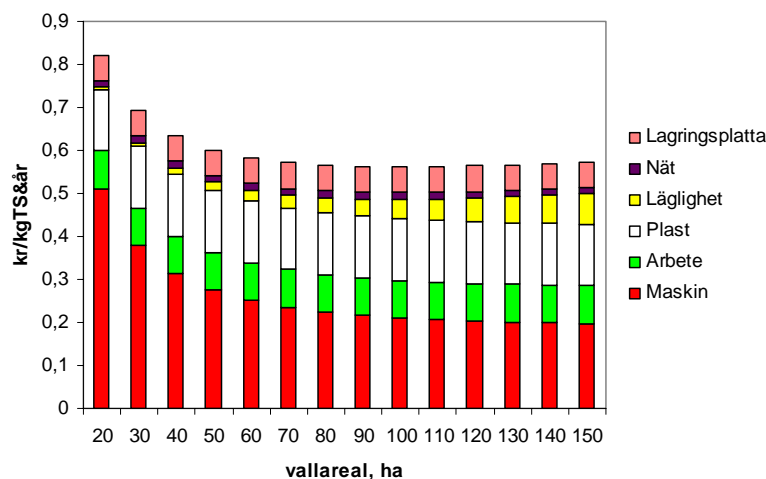
Skörd med exakthack och 3 istället för 2 transportvagnar krävde att ytterligare en person deltog i skörden. Trots det minskade arbetskostnaderna eftersom skördens kapacitet ökade och skörden kunde genomföras på kortare tid (Figur 49). Skördens kapacitet vid 4 km transportavstånd ökade från i genomsnitt 1,7 till 2,6 ha h⁻¹ när antalet transportvagnar ökade från två till tre stycken.



Figur 49. Skördekostnaderna för konventionell skörd i Ss med exakthack M och två respektive tre transportvagnar samt 4 km transportavstånd.

Plastkostnad

För skörd och ensilering med rundbalspress står plasten som lindas runt balarna för en stor del av totala kostnaderna, enligt denna studie 0,14 kr (kg TS)⁻¹. Rundbalarna antogs innehålla 260 kg TS per bal. Till varje bal åtgår 1,59 kg plast vilket motsvara 6,4 kg plast (ton TS)⁻¹ ensilage. Plaståtgången beror på balarnas storlek och antal varv plast som lindas runt balarna och kan jämföras med en studie av Strid & Flysjö (2007) som anger 5,4 kg plast per ton TS.

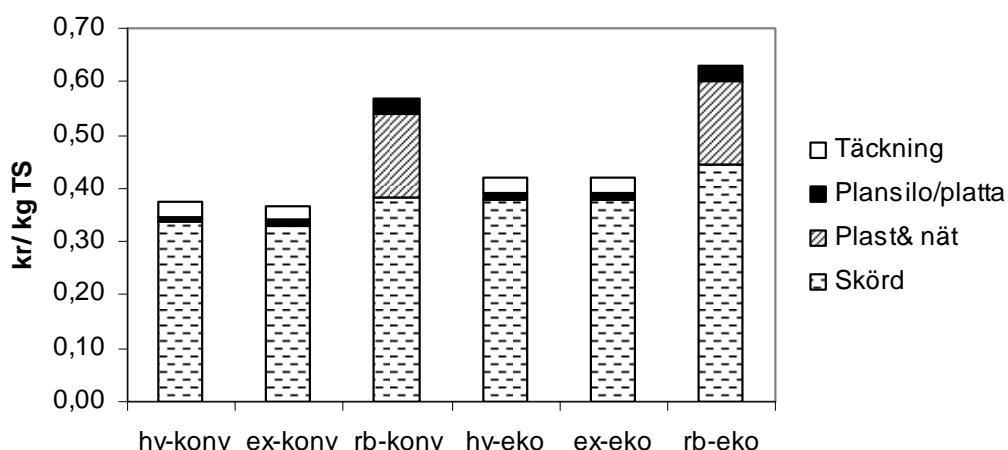


Figur 50. Skörde- och ensileringskostnader med rundbalspress med maskinkedja L för varierande vallareal i konventionell produktion i Ss

Plastkostnadens andel av de totala skörde- och ensileringskostnaderna varierade enligt figur 50. Av den framgår att för skördesystem där en stor areal skördades med rundbalar fick höjda plastpriser en större effekt på totala kostnaden jämfört med när endast mindre arealer skördades med rundbalspress. Därför gav 20% ökning respektive minskning av priset på plast 7% ökade respektive minskade skörde- och ensileringskostnaderna vid 100 ha och 5% ökade respektive minskade skörde- och ensileringskostnaderna vid 40 ha. Kostnadsökningen per kg TS var dock oberoende av vallarealen.

Befintlig plansilo och lagringsplatta för rundbalar finns

En situation som kan uppstå är att investeringen i den fasta resurser i form av plansilo eller lagringsyta för rundbalar redan har gjorts. Oavsett om resursen används eller inte så finns kostnaden för avskrivning och ränta för anläggningen. För en lantbrukare i den situationen är det relevant att jämföra skördesystemen utan att inkludera kostnaden för avskrivning och ränta för respektive fasta anläggning.



Figur 51. Skörde- och ensileringskostnader i Ss för de studerade maskinsystemen exklusive avskrivning- och räntekostnader för plansilo och lagringsplatta för rundbalar vid 1 km transportavstånd med maskinkedja M och 70 ha konv respektive 90 ha eko.

Av figur 51 framgår att vid jämförelse mellan systemen blev då resultatet att både i ekologisk och konventionell produktion gav skörd med hackvagn och exakthack lägre skördekostnader än skörd med rundbalar.

Sammanfattning av känslighetsanalysen

En sammanfattning av hur variationer i olika parametrar påverkar skördekostnaderna visas i tabell 21.

Tabell 21. Sammanfattning av känslighetsanalysen som visar förändringen av skördekostnaden vid procentuell ökning eller minskning av olika parametrar

Parametrar och skördesystem	Maskinkedja och areal	Minskning, %	Förändring skörde-kostnad, %	Ökning, %	Förändring skörde-kostnad, %
<i>Avkastning, kg ha⁻¹ år⁻¹</i>					
Hackvagn	Ss KONV M 100ha	10	-2		
Exakthack	Ss KONV M 100ha	10	-1,4	10	+1,4
	Ss KONV M 100ha			20	+2,8
	Ss KONV M 100ha			30	+10,6
rundbalar	Ss KONV M 100ha	10	-2,1	10	+2,1
<i>Maskinstations-taxa</i>					
Hackvagn	Ss KONV L 100ha	20	-15,8	20	+15,8
<i>FE-faktor</i>					
Hackvagn	Ss KONV M 100ha	7 (FE 75=>70)	+2,7	7 (FE 75=>80)	-2,3
Hackvagn	Ss KONV M 100ha			6 (FE 75=>85)	-4,4
Exakthack	Ss KONV M 100ha	7 (FE 75=>70)	+3,0	7 (FE 75=>80)	-2,6
Exakthack	Ss KONV M 100ha			6 (FE 75=>85)	-4,9
<i>Timtaxa packtraktor</i>					
Exakthack	Gss KONV L 100ha	20	-2,2		
<i>Arbetskostnad</i>					
Exakthack 2 vagn	Ss KONV M 100ha			20	+6,3
Exakthack 3 vagn	Ss KONV M 100ha			20	+7,5
Hackvagn	Ss KONV M 100ha			20	+5,3
Rundbalar	Ss KONV M 100ha			20	+5,1
<i>Tjänligt väder</i>					
Hackvagn	Ss KONV M 100ha	10	+1,8	10	-1,5
<i>Läglighetsfaktor</i>					
Hackvagn	Ss KONV M 100ha	10	-1,5	10	+1,5
Hackvagn	Ss KONV M 100ha	20	-2,9	20	+2,9
<i>Förlängd arbetsdag</i>					
Hackvagn	Ss KONV M 100ha			33	-3,5

DISKUSSION

Läglighetsfaktorer och läglighetskostnader

Orsak till skillnaderna i läglighetsfaktorernas storlek mellan Gss och Ss samt mellan ekologisk och konventionell produktion var framför allt varierande avkastning men även att skillnaden i kvalitetsförsämring gick snabbare i konventionell produktion vilket kan bero på högre klöverhalt i den ekologiska vallen.

Lägre vallavkastningen per ko i ekologisk jämfört med konventionell produktion gjorde att skillnaden mellan de studerade systemen minskade om läglighetsfaktorerna uttrycktes per kg TS. Tog man dessutom hänsyn till att mjölkavkastningen var lägre och ensilageförbrukningen högre per ko och år var läglighetsförlusterna per producerad kg mjölk lika stora eller större i ekologisk produktion (Tabell 22). På grund av bete reducerades ensilageförbrukningen per ko och år med 800 kg TS.

Tabell 22. Läglighetsfaktorer presenterade som kostnad per ha, per kg TS och per ton mjölk för var dags försening

Läglighetsfaktorer	kr ha ⁻¹ dag ⁻¹	kr (kg TS) ⁻¹ dag ⁻¹	kr (ton ECM) ⁻¹ dag ⁻¹
<i>Gss KONV</i>			
1	81	0,022	6,3
2	28	0,006	1,8
3	30	0,005	1,5
<i>Gss EKO</i>			
1	62	0,023	8,3
2	26	0,009	3,1
3	9	0,003	0,9
<i>Ss KONV</i>			
1	60	0,019	5,5
2	23	0,007	2,0
3	14	0,005	1,3
<i>Ss EKO</i>			
1	31	0,015	5,3
2	19	0,009	2,9
3	10	0,004	1,2

Om exempelvis 400 ton ECM mjölk (energikorrigerad mjölk) producerades per år med vall skördat i Ss och med den fördelning mellan skördarna som har räknats med i denna studie innebär det i konventionell produktion en läglighetskostnad av 720 kr för var dags försening av första skörden, 280 kr för var dags försening av andra skörden samt 170 kr för var dags försening av tredje skörden. Motsvarande siffror för ekologisk produktion var 600 kr, 370 kr samt 190 kr för var dags försening av första, andra och tredje skörd. För att producera 400 ton ECM mjölk i Gss var läglighetsförlusterna för var dags försening av skörden högre i ekologisk jämfört med i konventionell produktion. För konventionell produktion var läglighetskostnaderna 770 kr, 270 kr samt 190 kr för var dags försening av första, andra och tredje skörd. Motsvarande siffror för var dags försening i ekologisk produktion var 940 kr, 400 kr samt 140 kr för var dags försening av första, andra respektive tredje skörd.

Som framgår av figur 2-5 varierade läglighetsfaktorerna mycket mellan de tio år som inkluderades i studien. En ökning eller minskning av läglighetsfaktorerna med 20% påverkade skördekostnaderna med 3%. I en studie av spannmålsskörd redovisar även (de Toro 2005)

stora årliga variationer av läglighetskostnader. I likhet med tidigare studie (Gunnarsson m.fl., 2005) var läglighetsfaktorerna högst för första skörd.

De dagar när det är optimalt att inleda skörden inföll något senare (1-5 dagar) i konventionell jämfört med ekologisk produktin både i Gss och Ss. I genomsnitt över de tio år som beräkningarna gjordes för skedde första skörd under första veckan i juni, andra skörden under sista veckan i juli och tredje skörden under tredje veckan i september.

De indata som använts i denna studie för att beräkna vallens avkastning är framtagna från försök utförda under åren 1960-1980 (Belotti, 1987). Även vallens näringsinnehåll bygger på äldre försöksmaterial (Jönsson, 1981). Det skulle vara intressant att aktualisera vallavkastningsmodellen med indata från nyare försöksmaterial så att hänsyn tas till nya sorters eventuella ändrade avkastning och tillväxt. De data som använts bygger dock på ett stort försöksmaterial och det är osäkert om motsvarande nyare försöksdata finns att tillgå i samma stora omfattning.

Vid beräkning av läglighetskostnaderna antogs att hela vallarealen mognar samtidigt. I verkligheten finns dock skillnader i mognad mellan fält och mellan vallar av olika ålder. De Rs-värden som användes i valltillväxtmodellen för att beräkna avkastningen använde ett genomsnitt av Rs-värden för första-, andra- och tredjeårsvall. Genom olika mognadstidpunkt för första-, andra- och tredjeårsvall samt sortval kan läglighetskostnaderna minskas. I en studie av spannmålsskörd visar de Toro A. & Hansson (2004) att läglighetskostnaderna minskar när arealen delas upp i mindre enheter för vilka läglighetskostnaderna beräknas separat jämfört med när kostnadsberäkningen sker för hela arealen som en enhet. Det tyder i så fall på att läglighetskostnaderna för skörd av vall i denna studie är överskattade eftersom hela arealen antas nå optimal skördetidpunkt samtidigt.

Ett antagande som kan ha resulterat i underskattning av läglighetskostnaderna var antagandet att alla skördar utfördes vid optimal tidpunkt. När optimal skördetidpunkt för andra och tredje skörd beräknades antogs att första skörden skett vid optimal tidpunkt. Om första skörden hade försenats hade det påverkat läglighetsberäkningarna för andra och tredje skörd.

Maskinsystem allmänt

De maskinsystem som studerats har olika generella för- och nackdelar vilka sammanfattas i tabell 23. I studien har endast inkluderats kostnader fram till att grödan är inlagd i silon. Arbets- och resursbehov vid inomgårdstransporter och utfodring samt förluster av TS under ensileringsprocessen och lagringen varierar mellan de olika systemen men innefattas inte i denna studie.

Tabell 23. Generella för- och nackdelar med de studerade systemen

	Fördelar	Nackdelar
Hackvagn	Enkelt att organisera skörd	Förlorar i kapacitet vid långa transportavstånd
	Litet arbetskraftsbehov	
Exakthack	Hög skördekapacitet	Stort behov av arbetskraft och traktorer Kräver bra organisation för att samordna ingående maskiner Packningskapaciteten i silo kan bli begränsande
Rundbalar	En person kan utföra skörden själv Transport kan ske efter skörd och då ej begränsa skördekapacitet Kräver ingen stor investering i fast siloanläggning	Hög plastkostnad Balar känsliga för skador i plast vid transport

Skördekostnader

Fördelning av kostnader

Vid små arealer hade maskinernas kapitalkostnad stor betydelse för den totala skördekostnaden. Detta stämmer överens med de Toro A. & Rosenqvist (2005) som säger att stora gårdar vanligtvis har lägre maskinkostnader per hektar eftersom de fasta maskinkostnaderna kan fördelas på en större areal. Maskin- arbets- och läglighetskostnaderna påverkades på olika sätt av ändrad vallareal. Maskinkostnaderna räknat per kg eller per ha skördad vall minskade med ökande areal eftersom maskinernas årliga användningstid ökade. Läglighetskostnaderna i sin tur ökade med ökande vallareal eftersom skörden tog längre tid att genomföra. Arbetskostnaderna per kg TS var oberoende av skördad vallareal. I likhet med arbetskostnaden var plastkostnaden per ha eller kg TS vid skörd med rundbalspress oberoende av vallarealen med följd att skördar vid större arealer var mer känsliga för kostnadsförändringar jämfört med vid små vallarealer.

Eftersom läglighetskostnaderna ökade med ökande areal samtidigt som maskinkostnaderna minskade med ökande areal hade varje maskinkedja en areal där skördekostnaderna var som lägst. Den arealen uppnåddes när de ökande läglighetskostnaderna vägde upp minskningen av maskinkostnaderna. Beroende främst på skillnader i avkastning var den vallareal där varje maskinkedja hade sin lägsta skördekostnad mindre i södra Sverige jämfört med i mellersta Sverige vid jämförelse inom ekologisk respektive konventionell produktion (Tabell 16 och 17). De arealer där respektive maskinkedja hade sin lägsta skördekostnad var de samma för ekologisk produktion i Gss och konventionell produktion i Ss vilka har ungefär samma avkastning. Avkastningen som användes i dessa beräkningar var ca 30% högre i konventionell jämför med ekologisk produktion samt 27% högre i Gss jämfört i Ss för jämförelse inom ekologisk respektive konventionell produktion. De avkastningar som använts är de som beräknades med den valltillväxtmodell som använts i denna studie för att bestämma optimala tidpunkter.

Skillnader mellan systemen

Vid långa transportavstånd är det enligt Schick & Stark (2002) fördelaktigt ur kostnadssynpunkt att separera skörd och transport dvs. låta skörd och transport ske med olika maskiner. För hackvagnen innebär det att den vid långa transportavstånd kommer att tillbringa mycket tid i transport istället för att utföra arbete i fält. Detta stämmer överens med resultatet från denna studie där hackvagnen gav lägst skördekostnader vid 1 km transportavstånd medan den förlorade i konkurrenskraft jämfört med de andra skördesystemen när transportavståndet ökade. Rundbalarna förlorade inte i skördekapacitet när transportavståndet ökade eftersom transporten inte behövde ske under skörden. Skörd med rundbalar var dyrast vid korta (<3-4 km) transportavstånd och billigast vid långa transportavstånd (>7-8 km). Skillnaden i skörde- och ensileringskostnad mellan de tre skördesystemen ökade när transportavståndet ökade. Denna studie visade också att kostnadsskillnaden mellan de olika maskinkedjorna ökade med ökande vallareal.

Vid beräkning av balvikt har hänsyn tagits till att högre körhastighet resulterar i lägre baldensitet (DLG, 2007). Baldensiteten är något lägre än vad som uppgevits av Knicky m.fl. (2007) vid pressning av gräs med en TS-halt av 42% med rundbalspress med integrerad plastare. Knicky m.fl. (2007) redovisar även en bränsleförbrukning av 2,3 liter (ton TS)⁻¹ vid en avkastning på 4,2 ton TS ha⁻¹. Detta är högre än de 1,7 liter (ton TS)⁻¹ som beräknades för konventionell skörd i Gss vilket hade de högsta skördarna i denna studie på i snitt knappt 3,6 ton TS per ha och skörd efter skördeförluster.

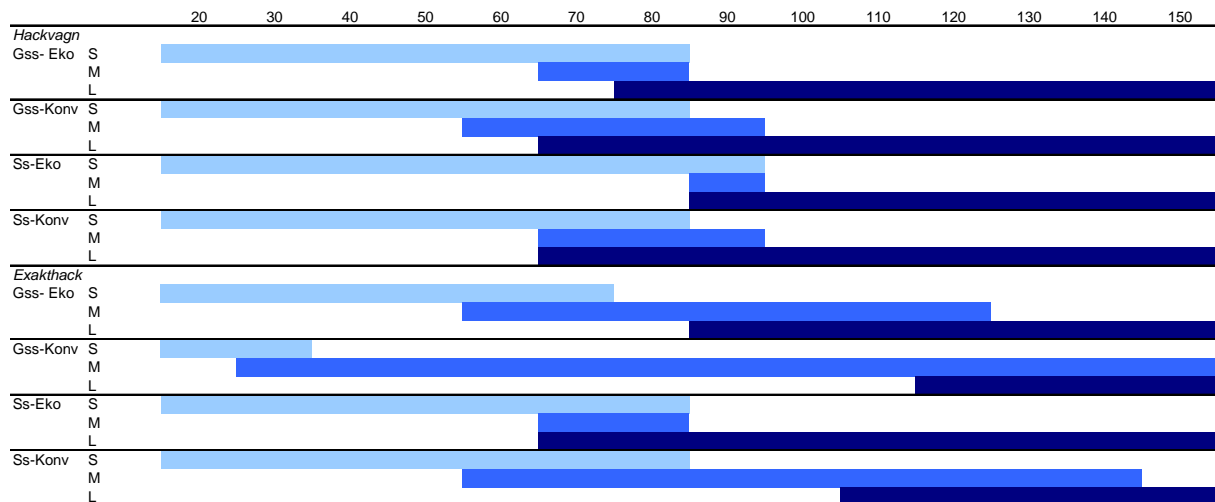
De studerade systemen var olika arbetsintensiva, dvs. det antal personer som behövs samtidigt varierade. Skörd med rundbalar kräver 1-2 personer beroende på om slåtter sker parallellt med bärgning. Beroende på när slåttern skedde krävde skörd med hackvagn 2-3 personer medan skörd med exakthack krävde 3-5 personer. Om man räknade i man-timmar dvs. antal personer gånger den tid arbetet tar är dock skillnaden mellan systemen mindre. Skörd med exakthack krävde många personer men eftersom kapaciteten var högre genomfördes skörden på kortare tid. Rundbalar hade fler man-h per ha än hackvagn beroende på låg kapacitet på transporten. Om man tar hänsyn till att transport och inlagring av rundbalarna kan ske efter skördeperioden hade skörd med rundbalar lägst antal man-h per ha under skördeperioden. En arbetstidsstudie från Schweiz (Schick & Stark, 2002) jämför arbetsbehovet för skörd med självgående exakthack med rundbalar. I den studien är arbetsbehovet för rundbalar ca 5,5 man-h ha⁻¹ jämfört med 4,7 man-h ha⁻¹ i vårt fall. Pga. varierande förutsättningar är resultaten svåra att direkt jämföra.

Så länge inte timkostnaden ändrades när arbetsdagens längd ökade pga. tillägg för obekvämt arbetstid var det endast läglighetskostnaden som påverkades av förlängd arbetsdag. Känsligheten för höjda timkostnader för arbete var högst för skördesystemet med exakthack eftersom det var mer arbetsintensivt. Beroende på hur kostnaderna hos de olika skördesystemen fördelar sig mellan fasta och rörliga kostnader skiljer sig känsligheten av förändrade insatsmedel som diesel, plast, arbetskraft. Vid 70 ha vall i konventionell produktion i Ss och skörd med maskinkedja M utgjorde kostnaden för plast 24 % av de totala skörde- och ensileringskostnaderna.

Denna studie visade att val av skördesystem hade måttlig effekt på bränsleförbrukningen varför den inte ska vara avgörande för vilket system som väljs. Eftersom packningsmomentet uteblev vid rundbalsensilering var dieselåtgången enligt denna studie lägst för skörd med rundbalar (Tabell 19) vilka således har en fördel vid höjda dieselpriser jämfört med ensilering i plansilo. Dieselförbrukningen per ton TS var något högre för hackvagnen jämfört med exakthacken eftersom bränsleförbrukningen vid transport med hackvagn var högre än med separata transportvagnar.

Val av maskinkapacitet och storlek på maskinkedja

Vid jämförelse mellan de tre maskinkedjorna visar figur 51 vid vilken areal varje maskinkedja resulterade i lägst skördekostnad. Eftersom det vid skörd med rundbalspress alltid var maskinkedja L som resulterade i de lägsta skördekostnaderna finns det systemet inte med i sammanställningen i figur 52. När kostnadsskillnaden mellan maskinkedjorna var mindre än 0,5 öre (kg TS)⁻¹ antogs skördekostnaderna för maskinkedjorna vara desamma. Det innebär att när maskinkedjorna i figur 52 överlappar varandra var skillnaden i skördekostnad mindre än 0,5 öre (kg TS)⁻¹.



Figur 52. Areal där maskinkedja S, M och L gav lägst skördekostnad för skördesystemen med hackvagn och exakthack.

En skillnad mellan exakthack och hackvagn var att hackvagnen hade samma maximala hackkapacitet för alla maskinkedjor medan exakthacken hade tre hackar med varierande hackkapacitet. Dessutom var skillnaden i maskinkostnader mindre mellan de tre hackvagnskedjorna jämfört med mellan exakthackskedjorna. Detta kan förklara varför hackvagnens maskinkedjor i figur 52 överlappar varandra i högre grad jämfört med maskinkedjorna med exakthack.

För skörd med exakthack skiljde sig resultatet för skörd i Gss i konventionell produktion genom att maskinkedja M gav de lägsta skördekostnaderna för en stor del av de studerade vallarealerna. Kapaciteten hos maskinkedja L kunde inte utnyttjas i så hög grad eftersom kapaciteten för inlastning och packning inte räckte till. När skörd genomfördes med maskinkedja M däremot räckte inlastnings- och packningskapaciteten till. Resultaten blev att den billigare maskinkedjan M endast hade något lägre kapacitet men mycket lägre maskinkostnader. För att minimera skördekostnader är det viktigt att utnyttja maskinernas kapacitet så mycket som möjligt. Alla maskiner som ingår i skördekedjan ska stämma överens med avseende på kapaciteten annars uppstår kostsamma väntetider.

Ett sätt att öka kapaciteten är att öka mängden material i strängen. Det kan ske genom sammanslagning av strängar eller större slätterkross. Större slätterkross påverkar fälteffektiviteten eftersom antalet körningar och vändningar minskar. Känslighetsanalysen visade att effekten på kostnader av ändrad fälteffektivitetsfaktor (FE) var relativt stor och en 7% ökning av FE-faktorn minskade kostnaderna med ca 2,5% för hackvagn och exakthack.

Vid rundbalspressning har studien visat att de lägsta skördekostnaderna fås med den största maskinkedjan, dvs den största slätterkrossen eftersom rundbalspressen var densamma i samtliga maskinkedjor. Alla skördekostnader förutom slätterkrossens maskinkostnad

minskade när maskinkedjan ökar från S till L eftersom skördens kapacitet ökade. Maskinkostnaden för slätter ökade när maskinkedjan blev större men inte mycket eftersom prisskillnaden mellan slätterkrossarna var liten och slättern utgjorde en mindre del av maskinkostnaden. Transportkostnaden för rundbalar påverkades inte av att de övriga skördemaskinerna ändras. Denna studie visade också att oberoende av produktionsmetod, geografiskt läge och vallareal resulterade en stor slätterkross i de lägsta skördekostnaderna. Kostnadsskillnaden i att investera i en större eller mindre slätterkross var liten samtidigt som den större slätterkrossen ökade efterföljande maskins kapacitet vilket resulterade i lägre skördekostnader. Att tänka på är dock att större slätterkross kan ge längre torktid och ojämna torkning i strängen vilket är negativt framför allt vid rundbalsensilering.

Vid den optimala arealen för respektive maskinkedja med avseende på skördekostnader resulterade genomgående större maskinkedjor i lägre skördekostnader räknat per ha. Undantaget var skörd med exakthack i Gss där maskinkedja M gav de lägsta skördekostnaderna pga. kostnaden för den extra packtraktorn som lagts till maskinkedja L.

Maskinsamverkan

Generellt gäller att högre årlig användning av maskinerna ger lägre maskinkostnader. Detta kan uppnås genom att två eller flera lantbrukare går samman och genom att gemensamt använda maskinerna kan investera i större maskiner eftersom den årliga användningstiden ökar. Jämfört med egna maskiner ökade läglighetskostnaderna eftersom skörden inte kunde utföras parallellt med två maskinuppsättningar. Detta kompenseras dock av att de större maskinernas högre skördekapacitet och högre årlig användningstid båda inverkar positivt på skördekostnaden. När två gårdar skördade med gemensamma maskiner med den största maskinkedjan kunde den totala skördetiden minskas med en tredjedel och totala skördekostnaderna med 12%. I en studie av samarbete mellan danska mjölkgårdar rapporterar Nielsen (1999) att maskinkostnaderna vid samarbete mellan gårdar för arbete på fält kan reduceras med 24-38% men den studien inkluderade samtliga grödor som odlades på gården och inte enbart vallskörden. Maskinsamverkan med en växtodlingsgård är ett sätt att öka den årliga användningstiden för traktorerna och därmed sänka de direkta maskinkostnaderna. Det är dessutom speciellt intressant för första vallskörden då läglighetskostnaderna är störst samtidigt som växtodlingsgårdens traktorerna normalt inte är upptagna under denna tiden på säsongen.

En farhåga är att man om man lejer in skörden riskerar att få vänta på att skörden utförs och därigenom får försämrad kvalitet på skörden. Å andra sidan kan skörden vid inlejšning utföras med högre kapacitet pga. större maskiner. Denna studie visade att vilket alternativ som var mest fördelaktigt med avseende på kostnader var beroende av såväl vallarealen som av maskintaxan samt av hur länge man fick vänta på att få skörden utförd. Att lägga ut skörden på entreprenad var speciellt intressant vid små vallarealer. Desto mindre vallareal desto större var vinsten av samverkan om maskiner, ett resultat som stämmer överens med de Toro & Rosenqvists (2005) studie av maskinsamverkan mellan spannmålsgårdar.

För skörd med hackvagn i Svealands slättbygd gav skörd på entreprenad de lägsta skördekostnaderna vid arealer under 100 ha. Om maskinentreprenören inledde skörden tre dagar efter optimal tidpunkt kunde skörden utföras billigare med egna maskiner redan från ca 80 ha. Om maskintaxan var 20% högre än den antagna var egna maskiner billigare redan från 60 ha. Oavsett förseningar av skörd med tre dagar och lägre maskintaxor var egna maskiner ett dyrare alternativ jämfört med att låta skörden utföras med maskinstation när vallarealen understeg 40 ha. Ett argument mot maskinsamverkan är risken för höga läglighetskostnader under år med svåra väderförhållanden (de Toro & Rosenqvist, 2005) för det fall att maskinstationen inte kommer precis den dagen som skörden optimalt bör utföras.

GENERELLA SLUTSATSER OCH RÅD

De läglighetsfaktorer som tagits fram i denna studie är även användbara i kommande studier för beräkning av läglighetskostnader för olika vallskördesystem.

Det är viktigt att ha kunskap om vilken dag som skörden har sitt maximala värde eftersom en försenad start av skörden ökar läglighetskostnaderna oberoende av skördekapacitet. Eftersom första skörden har högst läglighetskostnader är det viktigast att undvika att första skörden försenas. Där finns också mest att vinna på att minska läglighetskostnaderna genom att öka skördens kapacitet.

Om hänsyn inte tas till läglighetskostnaderna underskattas skördekostnaderna och risken finns att för låg skördekapacitet väljs. Betydelsen av att inkludera läglighetskostnaderna vid beräkning av skördekostnaderna och vid val av maskinkapacitet ökar ju större vallareal som ska skördas.

Läglighetsfaktorerna är när de uttrycks per ha vall högre i Götalands södra slättbygder jämfört med Svealands slättbygder samt högre i konventionell jämfört med ekologisk produktion. Om de istället uttrycks per kg TS eller per producerad kg mjölk är läglighetsförlusterna ungefär lika stora eller högre i ekologisk vallproduktion eftersom vall- och mjölkavkastningen då är lägre samtidigt som grovfodergivan är högre.

Plasten står för en stor andel av skörde- och ensileringskostnaderna för rundbalar och i likhet med förändringar i läglighets- och arbetskostnaden får förändrat plastpris större effekt på totala skörde- och ensileringskostnaden vid skörd av stora vallarealer eftersom de då svarar för en större andel av de totala kostnaderna.

Generellt sätt ger den minsta skördekedjan lägsta skördekostnader upp till ca 60 ha vall. I intervallet 60-90 ha vallareal är kostnadsskillnaden mellan de olika maskinkedjorna små och val av maskinstorlek inverkar inte stort på skördekostnaderna. Den största maskinkedjan ger lägst skördekostnader när vallarealen överstiger ca 90 ha.

Hög slätterkapacitet är ett billigt sätt att öka skördekapaciteten - åtminstone så länge inte den högre skördekapaciteten begränsas av inläggnings- och packningskapaciteten i plansilo.

När transportavståndet och vallarealen ökar, ökar även skillnaden i skördekostnad mellan olika maskinkedjor och maskinsystem. Det är alltså viktigare att välja rätt maskinkapacitet och maskinsystem vid stora vallarealer och långa transportavstånd.

Av de studerade systemen har skörd med rundbalar minst och skörd med exakthack störst behov av arbetskraft. Den högre skördekapaciteten för skörd med exakthack gör dock att skörden går snabbare och skillnaden i arbetsbehov mellan systemen räknat i man-timmar är mindre. Om arbetskraft saknas för något moment i skörden leder det till kostsamma väntetider, reducering av skördens kapacitet samt ökade skördekostnaderna.

Vid korta transportavstånd (1 km) har skörd med hackvagn och exakthack lägst skörde- och ensileringskostnader. Exakthack med två eller tre transportvagnar ger de lägsta kostnaderna vid 2-7 km transportavstånd. Vid längre transportavstånd är skörd med rundbalar det billigaste skördesystemet av de som undersökts i denna studie.

Eftersom transporten inte behöver ske under skörden så förlorar inte rundbalarna i skördekapacitet när transportavståndet ändras. Det gör däremot hackvagn och exakthack eftersom transportkapaciteten minskar när transportavståndet ökar. Rundbalar är ett intressant alternativ om vallarealen ska utökas med fält långt ifrån gården och plansilo för ensilering av den extra arealen saknas.

Om hänsyn tas till att förlusterna av TS under ensilering och lagring är lägre vid ensilering i rundbalar jämfört med i plansomlo gör det att skörde- och ensileringskostnaderna för skörd med rundbalar är något lägre jämfört med skörd med hackvagn och exakthack.

Maskinsamverkan är ett bra sätt att sänka skördekostnaderna, framför allt vid små vallarealer, eftersom ökad årlig användning av maskinerna sänker maskinkostnaderna och gör att större maskiner med högre kapacitet kan användas. För att undvika höga läglighetskostnader är det dock viktigt att skörden inleds vid rätt tidpunkt. Vid vilken vallareal egna maskiner lönar sig är beroende av maskintaxan och skördetidpunkten.

REFERENSER

Tryckta referenser

Andersson H., Blad F., Lagerkvist C.-J. & Samuelsson J. 2004. Ekonomiska vinster av samverkan mellan lantbruksföretag. *Jordbrukskonferensen 2004, SLU. 23-24 november 2004*. Rapport nr. 68: 42-45.

ASABE. 2006. Agricultural Machinery Management. ASAE EP496.2 FEB2006. St. Joseph, Michigan, USA. 385-390.

ASABE. 2006b. Agricultural Machinery Management Data. ASAE D497.5 FEB2006. St. Joseph, Michigan, USA. 391-398.

Belotti C. 1987. Vallekko: Rådgivningsmodell för planering i vallfoderproduktion. Projekt- och modellbeskrivning. Småskriftserien nr. 2, Inst. För ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Belotti C. 1990. (Red) Vallboken, Speciella skrifter 40. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Bertilsson J. & Burstedt E. 1983. Effect of conservation method and stage of maturity upon the feeding value of forage to dairy cows. *Swedish Journal of Agricultural Research* **13**: 189-200.

De Toro A. A. & Hansson P.-A. 2004. Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability. *Agricultural Systems* **79**: 109-129.

De Toro A. A. & Rosenqvist H. 2005. Maskinsamverkan-tre fallstudier. Rapport-miljö, teknik och lantbruk 2005:03, Institutionen för biometri och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

de Toro A. 2005. Influences on Timeliness Costs and their Variability on Arable Farms. *Biosystems Engineering* **92**(1): 1-13.

DLZ. 1996. Futterernte: Arbeitskettens im Kostenvergleich. *DLZ agrarmagazin Ausgabe Österreich* (4):20-24.

Ekman S. 1997. Programhandledning till JTI-Maskinkalkyl. Version 1.1. Jordbrukstekniska institutet JTI, Uppsala.

Eldelind J., Carlson G. & Larsson A. 1974. Förtorkning till hetluftstorkning. Meddelande nr 353. Uppsala, Jordbrukstekniska institutet JTI, Uppsala.

Fagerberg B., Torssell B. W. R. & Nyman P. 1990. Summary: Users manual for the computer programme PCVALL. Part III: Model description with biological- physical background. Växtodling 21, Inst. för växtodlingslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Gunnarsson C. & Hansson P.-A. 2004. Optimisation of field machinery for an arable farm converting to organic farming. *Agricultural Systems* **80**: 85-103.
- Gunnarsson C., Spörndly R. & Hansson P.-A. 2005. Timeliness Costs for Silage Harvest in Conventional and Organic Milk Production. *Biosystems Engineering* **92**(3): 285-293.
- Harrigan T. M. 2003. Time-Motion Analysis of Corn Silage Harvest Systems. *Applied Engineering in Agriculture* **19**(4): 389-395.
- Honig H. 1977. Schätzung der Verluste an TM und Energie bei verschiedenen Konservierungsverfahren. Översatt av Pauly, T., SLU 2007-08-13. Institutionen för husdjurens utfodring & vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 018-671657
- Höglind M. 1997. Blandvall med vitklöver- vallfoderpris bestämmer kvävegivan. Fakta mark/växter nr 13, Informationsavdelningen, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jordbruksverket. 2006. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2007. Rapport 2006:33, Jordbruksverket.
- Jönsson N. 1981. Kvalitetsförändringar hos vallväxter. Resultat från skördetidsförsök med olika arter och sorter. Rapport 93, Inst. för växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Knicky M., Lingvall P. & Spörndly R. 2007. Wide-spreading vs. swathing and loading wagon vs. combi-baler in silage-making. Kungsängen Dagarna 2007. R. Spörndly (red), Rapport 267: 25-34. Inst. för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- KRAV. 2008. Regler för KRAV-certifierad produktion. Utgåva januari 2008. KRAV ekonomisk förening, Uppsala.
- Lindgren K. & Benfalk C. 2003. Drivningsgator och rastning av ekologiska uppbundna kor-underlag, gödselbelastning, renhet och tekniska hjälpmedel. JTI-rapport Lantbruk & Industri 319, Institutet för jordbruks- och miljöteknik JTI, Uppsala.
- Lingvall P. & Spörndly R. (1996). Databok för driftsplanering. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Maskinkalkylgruppen. 2007. Maskinkostnader 2007, underlag och kalkylexempel på timkostnader för lantbruksmaskiner. LRF Konsult Linköping, Hushållningssällskapet Malmöhus.
- Nielsen V. 1999. The Effect of Collaboration between Cattle Farms on the Labour Requirement and Machinery Costs. *Journal of Agricultural Engineering Research* **72**: 197-203.
- Nilsson B. 1976. Planering av jordbrukets maskinsystem- Problem, modeller och tillämpningar. Rapport Nr 38, Inst. för arbetsmetodik och teknik, lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Petersson J. 2005. Rundbalar låter pengarna rulla. *Husdjur* (4): 28-33.
- Schick M. & Stark R. 2002. Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. FAT-Berichte Nr. 588, Eidgenössische Forschungsanstalt fuer Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon TG, Schweiz.
- Schneeberger W. & Bär F. J. 1997. Einfluss der Terminkosten auf die optimale Dauer der Zuckerruebenernte aus Sicht einer Rodegemeinschaft. *Die Bodenkultur* **48**(2): 137-143.
- Spörndly R. 2003.(red.) Fodertabeller för idisslare 2003. Rapport 257, Inst för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Stenberg M., Nilsson-Linde N. & Tuvevesson M. 2001. Vitklöver i tvåskördesystem. I: Vallbaljväxter- senaste nytt från odlingsförsöken. Rapport nr. 7: 8-16, Fältforskningsenheten, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Strid I. & Flysjö A. 2007. Livscykelanalys (LCA) av ensilage- jämförelse av tornsilo, plansilo och rundbal. Rapport MAT 21 nr 3/2007, MAT 21, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Svensk Mjök. 2004. Tillsatsmedel vid ensilering, Svensk Mjök och Husdjursföreningarna.

Torssell B. W. R. & Kornher A. 1983. Validation of a Yield Prediction Model for Temporary Grasslands. *Swedish Journal of Agricultural Research* **13**: 125-135.

Torssell B. W. R., Kornher A. & Svensson A. 1982. Optimization of parameters in a yield prediction model for temporary grasslands. Rapport 112. Inst. för växtodling, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Witney B. 1995. *Choosing and Using Farm Machines*, Land Technology Ltd, Scotland UK.

Internetreferenser

Agrimach 2000- Agrimach Multimedia, <http://www.agrimach.com/>. 2007-12-12.

Agriwise (2007). Databoken 2007:

http://www.agriwise.org/databoken/databok2k7/databok2007htm/kap11/18_kostnadsexempel_for_plansilo.htm. 2007-12-17.

DLG (2007). DLG-Pruefbericht 5717F.

<http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/testzentrum/pruefberichte/ernte.html#Ballenpressen>. 2007-12-13.

Holmes, B. J. & Muck, R. E. (2006). Bunker Silo Silage Density Calculator:

[http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm#Storage%20Sizing%20and%20Management%20\(silage\)](http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm#Storage%20Sizing%20and%20Management%20(silage)). 2007-11-10.

Personliga meddelanden

Pauly, Thomas. Forskare, Institutionen för husdjurens utfodring & vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 018-671657. 2007-12-13

TIDIGARE PUBLIKATIONER

Examensarbeten

- 2007:01 Giers, H. Kvalitetssäkring av hushållsnära avloppsfraktioner.
- 2007:02 Erlandsson, Å. Miljösystemanalys av VA-system i omvandlingsområden – Fallstudie i Värmdö kommun.
- 2007:03 Paulsson, P. Energianalys av etanolproduktion; En fallstudie av Lantmännen Agroetanols produktionssystem i Norrköping.
- 2007:04 Westman, C. Energibalanser och emissioner av växthusgaser för socker- och stärkelsebaserad etanol – en systemstudie av fordonsetanol hos SEKAB BioFuels & Chemicals AB.
- 2006:01 Bengtsson, L. & Paradis, H. Miljöeffekter av alternativa system för behandling av hushållsavfall i Santiago, Chile – en jämförelse mellan deponering och förbränning med energiutvinning.
- 2005:01 Hårsmar, D. Bättre enskilda avlopp i Sigtuna kommun – möjligheter för bebyggelse i Odensala socken.
- 2005:02 Svensson, M. Desalination and the environment: Options and considerations for brine disposal in inland and coastal locations.
- 2005:03 Jakobsson, D. Retention av tungmetaller I en anlagd våtmark: studier av Vattenparken I Enköpings kommun.
- 2005:04 Leonardsson, J. & Östensson, E. Inverkan av torrsbstanshalt och temperatur på kompostens syrabildning.
- 2005:05 Ulf, D. Miljöpåverkansbedömning vid tillverkning av etanol från cellulosabaserade råvaror: ekologisk gård självförsörjande med drivmedel.
- 2004:01 Ericsson, N. Uthållig sanitet i Peru – En förstudie i staden Picota.
- 2004:02 Ekvall, C. LCA av dricksvattendesinfektion – en jämförelse av klor och UV-ljus.
- 2004:03 Wertsberg, K. Behandling av lakvatten med kemiska oxidationsmedel för att delvis bryta ned oönskade organiska föreningar – En studie utförd vid Hovgårdens avfallsanläggning i Uppsala.
- 2004:04 Degaart, S. Humanurin till åkermark och grönytor: avsättning och organisation i Göteborgsområdet.
- 2004:05 Westlin, H. Utvärdering av ett silotorks-system för spannmål utrustat med omrörare.

Rapport – miljö, teknik och lantbruk

- 2007:01 Lindgren, M. A methodology for estimating annual fuel consumption and emissions from non-road mobile machinery – Annual emissions from the non-road mobile machinery sector in Sweden for year 2006.

- 2007:02 Lindgren, M., Hansson, P-A. & Wetterberg, C. Arbetsmaskinernas bidrag till luftföroreningar i tätorter.
- 2007:03 Wetterberg, C., Magnusson, R., Lindgren, M. & Åström, S. Utsläpp från större dieseldrivna arbetsmaskiner – Inventering, kunskapsuppbyggnad och studier om åtgärder och styrmedel.
- 2007:04 Bernesson, S. Användningsområden för biprodukterna vid pressning och omförrestring av rapsolja.
- 2007:05 Lindgren, M., Linder, M., Wetterberg, C., Strid, I., Johansson, B. & Hansson, P-A. Optimal measures in order to reduce total emissions from non-road mobile machinery in a national and economic perspective – Annual emissions from the non-road mobile machinery sector in Sweden for 2006 to 2020.
- 2006:01 Kjellin, J. Low-velocity flows in constructed wetlands: Physico-mathematical model and computer codes in Matlab environment.
- 2006:02 Ottosson, J., Nordin, A. & Vinnerås, B. Hygienisering av gödsel med urea och ammoniak.
- 2005:01 Jönsson, H., Vinnerås, B. & Ericsson, N. Källsorterande toaletter. Brukarnas erfarenheter, problem och lösningar.
- 2005:02 Gebresenbet, G. Effect of transporttime on cattle welfare and meat quality.
- 2005:03 de Toro, A. & Rosenqvist, H. Maskinsamverkan – tre fallstudier.
- 2005:04 Vinnerås, B. Hygienisering av klosettvattnen för säker växtnäring återförsl till livsmedelsproduktionen.
- 2005:05 Tidåker, P. Wastewater management integrated with farming. An environmental systems analysis of the model city Surahammar.
- 2005:06 Sundberg, C. Increased aeration for improved large-scale composting of low-pH biowaste.
- 2005:07 Bernesson, S. & Nilsson, D. Halm som energikälla. Översikt av existerande kunskap.

Licentiatavhandling

- 03 Forkman, J. 2005. Coefficients of variation: an approximate F-test.
- 04 Lindholm, E-L. 2006. Energy use in Swedish forestry and its environmental impact.
- 05 Niwagaba, C. 2007. Human excreta treatment technologies – prerequisites, constraints and performance.
- 06 Nordin, A. 2007. Ammonia based sanitation technology – Safe plant nutrient recovery from source separated human excreta.
- 07 Al-Sarraj, R. 2007. Contributions to explicit variance component estimation.

Denna rapportserie som utges av Institutionen för biometri och teknik, SLU, innehåller uppsatser som anses lämpliga att publicera i denna form. Tidigare nummer redovisas på de sista sidorna och kan i mån av tillgång anskaffas från institutionen.

This series is published by Department of biometry and engineering. It contains reports or papers considered suitable for publication in this form. Earlier issues are listed on the last pages and can be obtained - if still available - upon application to the department.

DISTRIBUTION:

SLU

Institutionen för biometri och teknik

Box 7032

750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 10 00

pdf.fil: www.bt.slu.se

SLU

Department of Biometry and Engineering

Box 7032

S-750 07 UPPSALA

SWEDEN

Phone +46 18 671000
