

**Slutrapport: Hållbara produktionssystem i ett förändrat klimat, 1173001.**

*Projektledare: Jan Bengtsson, Framtidens lantbruk och Inst. ekologi, SLU.*

*Rapportförfattare: Jan Bengtsson, SLU; Cecilia Kronqvist, SLU; Cecilia Waldenström, SLU, med bidrag från ett antal olika kollegor vid SLU (workshop-deltagare).*

**Bakgrund**

Traditionellt har animalieproduktion och växtproduktion varit intimt förknippade. Restprodukter från växtproduktionen har använts till djurfoder, och djuren har bidragit med gödsel och dragkraft vid brukandet av jorden. I takt med en ökande mekanisering och användning av fossila bränslen, både som drivmedel och vid framställning av mineralgödsel, har växt- och djurproduktion kunnat frikopplas från varandra i allt större utsträckning (Naylor et al., 2005). Detta har inneburit att en ökande andel växtodlingsgårdar saknar djur, och framför allt hållande av enkelmagade djur som gris och fjäderfä kan ske på gårdar med ingen eller liten växtproduktion (Robinson et al., 2011), även om lagstiftningen i t.ex. Sverige motverkar detta. Också mjölkproduktionen har gått mot en ökande andel inköpt foder (Bertilsson et al., 2003), även om vallfodret till mjölkproduktionen är skrymmande och svårt att transportera och därför fortfarande till stor del produceras i anslutning till gården. Drivkrafter bakom den ökande specialiseringen är bl.a. att det då går att rationalisera produktionen. En integrerad produktion är istället mer diversifierad vilket kan innebära fördelar som mindre intäktsvariationer samt att det blir lättare att anpassa resursfördelningen inom gården. Dessutom kan en integrerad produktion bli mindre beroende av insatsvaror som inköpt foder och gödsel.

Sumberg (2003) diskuterade olika dimensioner för integrering: produktion på samma plats, produktion på olika platser men inom samma företag, och/eller samtidig produktion av växter och djur. Slutsatsen var att många av fördelarna med integrering kan uppnås även om integreringen inte är fullständig över alla dimensioner. Bell & Moore (2012) drog dock slutsatsen att utan integrering över alla dimensioner kommer vissa fördelar med integrering att förloras, t.ex. kommer ett system där växt- och djurproduktionen bedrivs vid olika företag inte ha samma möjligheter att optimera arbetskraftsfördelningen jämfört med ett system där växt- och djurproduktion bedrivs vid samma företag.

Det finns en uppsjö olika indikatorer, indikatorlistor och system för att utvärdera uthållighet (Riley et al. 2001). De flesta utvärderar uthållighet med avseende på miljö och naturresurser, men även utvärdering av ekonomisk och social uthållighet ingår som en viktig del i många av dem. Exempel på sådana system som används idag är RISE (Häni et al., 2003), MESMIS (López-Ridaura et al., 2002) och SAFA, som är utvecklat av FAO (2013). Många av de befintliga systemen och verktygen utvärderar hållbarhet ur ett gårdsperspektiv, med fokus på miljöpåverkan från de direkt gårdsrelaterade aktiviteterna. Detta gör att utvärderingen är relevant för det utvärderade företaget, men för en utvärdering av den totala hållbarheten hos ett produktionssystem krävs andra systemgränser, där företaget ses som en del i ett nationellt, regionalt eller globalt system. I system för att utvärdera hållbarheten ur ett företagsperspektiv eller på gårdsnivå saknas ofta den totala mängden producerade livsmedel. Detta är rimligt ur ett gårdsperspektiv, eftersom det är gårdens ekonomi snarare än produktionen i samhället som är i fokus. Ur samhällets perspektiv är det emellertid viktigt att ta hänsyn till att syftet med verksamheten då i många fall är att förse befolkningen med livsmedel. Även om en kraftigt minskad produktion skulle ge fördelar ur t.ex. miljösynpunkt är det bara ett alternativ för det enskilda företaget och inte för livsmedelsproduktionen i en hel region, även om en minskad produktion i en region kan kompenseras av ökad handel med producenter i andra regioner.

Syftet med detta projekt var att ta fram en lista på kriterier för att utvärdera effektivitet, samt en uppsättning indikatorer för uthållighet, och att sedan använda ett antal av dem för att utvärdera och jämföra produktionssystem med olika grad av integrering. En tredje avsikt med arbetet var att diskutera integrering och uthållighet ur ett klimatförändringsperspektiv.

### Material och metoder

Projektet genomfördes med utgångspunkt i två tvådagars-workshops med forskare inom olika områden, framför allt verksamma inom olika institutioner och fakulteter på SLU. Därefter följde ett omfattande arbete kring utvärdering av system med olika grad av integrering, vilket bedrevs av en mindre grupp (markerade med ° nedan) med hjälp av övriga deltagare.

Deltagare var:

- Jan Bengtsson, inst. för Ekologi, SLU°
- Cecilia Kronqvist, inst. för Husdjurens utfodring och vård, SLU°
- Pernilla Tidåker, inst. för Växtproduktionsekologi, SLU°
- Cecilia Waldenström, inst. för Stad och land, SLU°
- Richard Ferguson, inst. för Ekonomi, SLU
- Anna Näsholm, inst. för Husdjursgenetik, SLU
- Rebecca Milestad, inst. för Stad och land, SLU
- Georg Carlsson, inst. för Biosystem och teknologi, SLU
- Eva Spörndly, inst. för Husdjurens utfodring och vård, SLU
- Christine Watson, Soils and system research team, Scotland's Rural College

Under workshoparna diskuterades först olika definitioner av integrering. Det beslöts att i detta projekt operationellt definiera integrering som ett kretslopp *foder-djur-foded*.v.s. att den gödsel djuren producerade skulle spridas på den areal som fodret odlades på. Detta gjorde det möjligt att analysera olika nivåer av integrering, där andelen av det använda fodret som odlas på den mark där gödseln från djuren sprids avgör graden av integrering. Det beslöts därefter att jämförelsen skulle ske mellan två system för mjölkproduktion, eftersom det förekommer integrering i olika hög grad inom mjölkproduktionen i Sverige idag, från besättningar som helt får hemproducerat foder till besättningar där endast grovfodret är hemproducerat. Därefter utarbetades både en hållbarhetskriterielista med indikatorer för att utvärdera kriterierna, samt en lista med olika effektivitetsmått i diskussioner med hela gruppen samlad samt i mindre grupper. De generella ramarna för systemanalysen sattes upp tillsammans med hela gruppen, men beräkningar och konkretiseringar samt rapportförfattande gjordes huvudsakligen i den mindre gruppen.

Som krav på en indikator ställdes att den skulle vara praktiskt mätbar ute på gårdar, helst baserad på redan tillgängliga data som samlas in för andra ändamål, och vara relevant för det den syftar till att mäta. Indikatorerna skulle utvecklas för svenska förhållanden och syfta till att kunna utvärdera uthållighet med avseende på ekonomiska, miljömässiga och sociala faktorer. Det togs också fram tänkbara mått på effektivt utnyttjande av resurser, där basen för effektiviteten i de flesta fall var satt till producerad mängd av en produkt av viss lägsta kvalitet.

Vi analyserade skillnader mellan olika integrerade system med en systemanalys baserat på livscykelanalysmetodik (LCA). Systemanalysens bas beslutades efter diskussioner vara den totala produktionen av mjölk, som i varje system skulle vara 1 miljon kg ECM per år, motsvarande cirka 100 mjölkdjur. Skillnaden mellan systemen skulle helt ligga i att det ena odlade sitt foder själv på mark som användes för att sprida gödseln från djuren, medan det andra odlade vallfodret själv men köpte in större delen av kraftfodret. Spannmål odlades endast i den mån det behövdes för att så in ny vall vart 4:e år. Inga begränsningar i inköpt växtnäring eller mineralfoder sattes upp för något av systemen. Två möjligheter (scenarier) sattes upp för det mindre integrerade systemet med inköpt kraftfoder, ett där proteinfodret

bestod av rapsmjöl, och ett där proteinfodret istället bestod av sojamjöl. I det integrerade systemet odlades vallfoder, korn, åkerböna samt rapsfrö för kornas foderstater.

Näringsbalanser, energianvändning och markanvändning i de tre olika systemen beräknades med hjälp av tidigare insamlade data. Hänsyn togs både till miljöpåverkan direkt från gården, men i fallen med markanvändning och energianvändning även till användning relaterad till produktion av insatsmedel, t.ex. inköpt foder och konstgödning. Även övergödningspotentialen i de olika systemen beräknades. Fodermedel som samproducerades med livsmedel, rapsmjöl och sojamjöl, belastades med miljöpåverkan utifrån deras andel av produkternas ekonomiska värde.

I gruppen diskuterades även effekter av klimatförändringar. Då det är rimligt att tro att ett förändrat klimat ger upphov till mer extrem väderlek är det produktionssystemens motståndskraft mot dessa extremer som är den viktigaste faktorn för hållbarhet i ett förändrat klimat. I många fall kan systemet vara motståndskraftigt fram till en viss punkt, där större förändringar sker och ett nytt tillstånd uppstår. Indikatorer på att ett system går mot en sådan brytpunkt kan vara svåra att hitta, även om det i efterhand kan gå att identifiera möjliga indikationer på en systemförändring. Detta är svårt att beräkna, men diskuteras i texten i relation till de olika systemen.

En konsekvens av att definiera integrering med fokus på gödselhantering och produktion av foder är att de effekter av integrering som går att undersöka framför allt blir miljörelaterade. Alternativa sätt att definiera integrering hade givit andra möjligheter till att undersöka skillnader mellan systemen inom andra aspekter av hållbarhet.

## Resultat

### *Effektivitetsmått och uthållighetskriterier*

Ett antal föreslagna mått på effektivt utnyttjande av resurser sammanfattas i tabell 1. De flesta relateras till mängden producerad vara, men kan också mätas t.ex. per ha mark eller per mängd insatt resurs (t.ex. växtnäring eller pengar). När produktion är bas lämpar sig dessa mått bättre på större skala än gårdsnivå, medan ett arealbaserat eller ett resursbaserat mått kan vara lämpligt på gårdsnivå. De utvalda indikatorerna på uthållighet återfinns i tabell 2. De delades upp i tre huvudkategorier för uthållighet, ekonomisk uthållighet, miljömässig uthållighet och social uthållighet, med underkategorier. De flesta av indikatorerna är relevanta på gårdsnivå, men vissa av de miljörelaterade indikatorerna är också applicerbara på produktionssystemnivå. Vissa av de föreslagna indikatorerna kräver mätningar och observationer på gårdsnivån, andra bygger på data som i Sverige samlas in för andra syften. Flera av indikatorerna diskuteras ofta i litteraturen, t.ex. ekonomi, miljöeffekter och biologisk mångfald, även om de sällan använts tillsammans. Vi har också diskuterat en nyligen uppmärksammas aspekt på hållbarhet, nämligen ekosystemtjänster (t.ex. Naturvårdsverket, 2012). Denna aspekt anknyter emellertid ofta till andra hållbarhetsindikatorer som diskuterats

*Tabell 1. Kriterier och indikatorer på effektivt utnyttjande av resurser som utvärderas på gårdsnivå (G) eller produktionssystemnivå (P). Med produkt menas en produkt av viss kvalitet.*

Dimension	Kriterium	Föreslagna indikatorer
Miljö	Mark	Markanvändning/kg produkt (P)
Miljö	Växtnäring	SyNE/produkt (P); överskott av N och P/ha (G);
Miljö	Energi	Energianvändning (direkt och indirekt) i kWh/kg produkt (P)
Ekonomi	Kapital	Avkastning på investerat kapital, omsättning relativt tillgångar (G)

i tidigare litteratur, såsom mullhalt (SOM) och habitat för olika delar av den biologiska mångfalden. Sociala aspekter och djurvälstånd är indikatorer som vi anser behöver ges mer uppmärksamhet för att bli användbara.

*Tabell 2. Kriterier och föreslagna mått och indikatorer för påverkan och produktion från lantbruksproduktionssystem. G=gård, P=produktionssystem, L=landskap, Lo=lokalt, R=region.*

Dimension	Kriterium	Föreslagna mått och/eller indikatorer	Nivå
Ekonomi (avkastning)	Vinst	Vinst för lantbrukaren.	G
Ekonomi (djurhälsa)	Djurhälsa	Dräktighetsprocent, celltal, sjukdomsfrekvens, utslagning, antibiotikaanvändning.	G
Ekonomi (växthälsa)	Växthälsa	Skördens kvalitet, växtsjukdomsincidens.	G P
Miljö (biologisk mångfald)	Biodiversitet <ul style="list-style-type: none"> <li>Habitat</li> <li>Arter</li> </ul>	Areal av habitat med högt bevarande/biodiversitetsvärde, Artantal/förekomst av speciella grupper/arter Proportion perenna grödor i växtföljden.	G, L
Miljö (ekosystem-tjänster)	Ekosystemtjänster <ul style="list-style-type: none"> <li>Produktion</li> <li>Pollinering, biologisk kontroll av skadegörare</li> <li>Kolupplagring</li> <li>Markbördighet</li> </ul>	Producerad gröda/produkt. Habitat för pollinerare och naturliga fiender. Förändring i mullhalt (SOM). Daggmaskmängd och aktivitet.	G, L
Miljöeffekter	Minimera miljöeffekter (inklusive markdegradering) <ul style="list-style-type: none"> <li>Övergödning</li> <li>Pesticidanvändning</li> <li>Växthusgasutsläpp</li> </ul>	Förlust av N och P/ha; potentiell övergödning/kg produkt. Kg aktiv substans/kg produkt, toxicitetsvärdering t.ex. PestLCI/USEtox. CO2e/kg produkt.	G P
Miljö, långsiktig ekonomi	Upprätthålla och förbättra markbördigheten	Nuvarande status och förändring i SOM och näringsämnen (tillgängligt P och K).	G P
Social hållbarhet, (etiska aspekter)	Djurvälfärd	Foder och vattentillgång, frihet från stress och skador. Sjukdomsfrekvens (se ovan),	G
Social hållbarhet, lantbruket	Sysselsättning, arbetsmiljö, ensamhet, jämställdhet, lärande	Sysselsättning, arbetsrelaterade skador och olyckor, ledighet, proportion ensamarbete, andelen kvinnor i lantbruket (sysselsättning och ägande), kompetensutveckling.	G P
Social hållbarhet, landsbygds-utveckling	Arbetsstillfällen, lokala synergieffekter, socialt kapital, lokal service och lokala resurser, jämställdhet	Arbetsstillfällen, samverkan mellan företag och aktörer i lokalsamhället/regionen, nätverk, produktion och utnyttjande av lokal service och resurser, kvinnors delaktighet i produktion och nätverk.	Lo, R

*Systemanalys av mer eller mindre integrerade mjölkproduktionssystem*

Mjolkproduktionen i de mindre integrerade systemen, 1a och 1b, beräknades till ca 10000 kg ECM per ko och år, medan produktionen per ko i det helt integrerade systemet 2 beräknades till ca 9000 kg ECM/ko och år. Den lägre produktionen beror på att de egenproducerade fodermedlen har en annan sammansättning än de inköpta. Följaktligen behövs fler kor i det integrerade systemet för att produktionen ska bli densamma. De totala årliga foderbehoven för de tre jämförda systemen (system 1a med inköpt kraftfoder med rapsmjöl som proteinkälla, system 1b med inköpt kraftfoder med sojamjöl som proteinkälla, och system 2 med egenproducerat kraftfoder i form av spannmål, åkerböna och rapsfrö) visas i tabell 3. De skiljer sig åt på grund av den olika graden av integrering och vilket kraftfoder som köps in och används. Den lokala markanvändningen var betydligt större i det integrerade system 2, men den totala markanvändningen var tämligen lika (Tabell 4). De mindre integrerade systemen 1a och 1b hade 5,1 % respektive 3,7 % större markanvändning än system 2. Den totala användningen av primärenergi var 13,2 % högre i system 1b och 7,4 % högre i system 1a jämfört med system 2. Systemen 1a och b visar ett högre överskott av kväve (N) jämfört med system 2, som visar negativa fosfor- (P) och kalium (K)-balanser.

*Tabell 3. Totala foderbehov per år (ton ts) för de tre systemen*

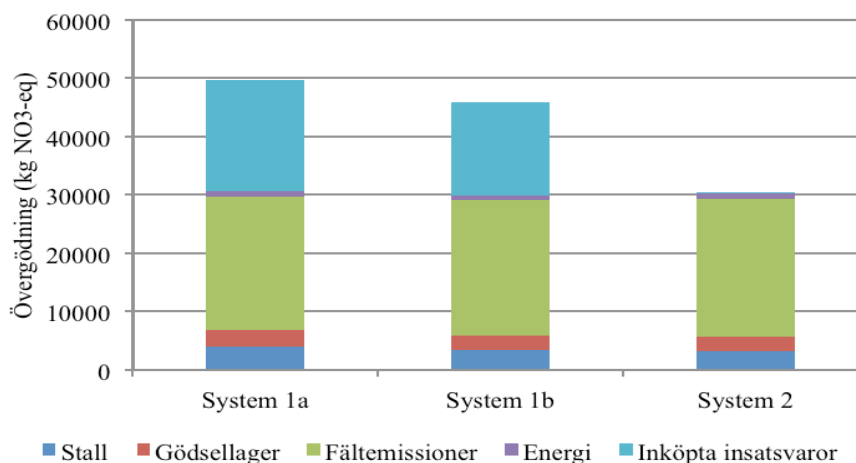
	System 1a	System 1b	System 2
Ensilage	579	579	641
Korn	244	255	214
Åkerböna	110	110	136
Rapsmjöl	85	0	0
Rapsfrö	0	0	16
Sojamjöl	0	48	0
Mineralfoder	0.90	0.90	0.99

*Tabell 4. Markanvändning lokalt (på gården) och totalt för foderproduktion, primärenergi-användning totalt samt kväve-, fosfor- och kaliumbalanser per ha och år på gårdsnivå för de tre systemen.*

	System 1a	System 1b	System 2
Markanvändning lokalt, ha	180	180	273
Markanvändning totalt, ha	287	283	273
Primärenergi totalt, GJ	3340	3520	3110
N-balans, kg/ha	40	31	12
P-balans, kg/ha	3	0	-4
K-balans, kg/ha	7	3	-4

Den totala övergödningspotentialen för de tre systemen, mätt i NO<sub>3</sub>-ekvivalenter, skiljer sig obetydligt åt i den lokala påverkan, trots att system 2 har en mycket större foderproduktion lokalt. Effekten av inköpt foder är dock stor och gör att system 1a och 1b totalt har över 50 % högre övergödningspotential jämfört med system 2, som antas köpa in väldigt lite foder (Figur 1). System 1a har nästan 65 % högre övergödningspotential än det integrerade system 2, medan system 1b (med sojamjöl) uppskattas ha ca 50 % högre övergödningspotential. En stor del av övergödningspotentialen uppkommer p.g.a. fältemissioner. I modellen antogs att stallgödseln spreds jämnt fördelat i all gröda. Då ammoniakförlusterna är högre vid spridning i växande vallgröda än vid spridning till spannmål gjordes också en modellering där gödselgivan optimerades för att minska ammoniakförlusterna. Övergödningspotentialen i system 2 blev då ca halva den i system 1a och 1b. Detta visar på en ökad flexibilitet i det

integrerade systemet, då fler grödor odlas och en större andel av marken är bevuxen med annat än vallgröda.



Figur 1. Övergödningspotential i de tre systemen. Inköpta insatsvaror är mestadels inköpt foder.

Då det integrerade systemet har en lägre mjölkproduktion per djur och därigenom ca 11 % fler djur för att komma upp i samma totala mjölkproduktion kommer det dels att produceras mer kött som en biprodukt till mjölken i system 2, och dels finns det också möjlighet för att lokalt beta en större yta naturbetesmarker, vilket kan bidra till högre biodiversitetsvärden. När det gäller systemens hållbarhet och motståndskraft mot förändringar kopplade till ett förändrat klimat är det mer komplicerat att dra några direkta slutsatser. De största problemen relaterade till en ökning av temperaturen är inte den genomsnittliga ökningen, utan extremvärdena. Olika egenskaper hos systemen kommer att vara olika viktiga beroende på vilka extremsituationer som uppstår. Att helt basera sin mjölkproduktion på foder som odlas på gården kan vara en fördel ekonomiskt om t.ex. stora delar av världens spannmålsproduktion drabbas av torka, vilket leder till lägre skördar och högre marknadspriser. Däremot medför en lokal foderproduktion ökad känslighet för lokala förändringar och lokalt sänkta skördar. Ur ett systemperspektiv minskar behovet av insatsvaror om foder- och djurproduktion integreras, vilket kan minska systemets sårbarhet för globala skeenden.

Sammanfattningsvis uppvisade det integrerade systemet något lägre total markanvändning, en lägre energiåtgång och mer balanserade näringsbalanser räknat per ha. De negativa näringsbalanserna som blev fallet för P och K, kan på längre sikt korrigeras med hjälp av inköpt växtnäring.

## Diskussion

I takt med att medvetenheten om uthållighetsproblemen i lantbruket har ökat har även intresset för att utveckla system att utvärdera uthållighet ökat, vilket resulterat i att ett flertal olika system nu finns tillgängliga. Detta beskrevs redan i början av 2000-talet som en indikator explosion (Riley et al., 2001). Trots det finns det idag inget system som används i större utsträckning för att utvärdera hållbarhet i flera dimensioner på lantbruk i Sverige.

De indikatorer som föreslagits här är framtagna för att kunna utvecklas och användas under svenska förhållanden. Det har emellertid inte funnits möjlighet att inom projektet pröva dem på befintliga lantbruksföretag. Fokus på svenska förhållanden har inneburit att indikatorer som t.ex. ett effektivt utnyttjande av färskvattenresurser samt faktorer som överbetning inte har tagits hänsyn till, då detta inte är kopplat till problem som dagens

svenska lantbruk möter. Ytterligare områden än de som finns med i tabellen bedömdes i flera fall vara viktiga, t.ex. påverkan på genetisk diversitet och landskapets värde för rekreation, men eftersom ingen lämplig indikator visade sig kunna hittas togs de inte med. I de indikatorer som är föreslagna finns växthusgasutsläpp med, och att minska dessa är en del i arbetet mot ett robust system i ett förändrat klimat (Ingwersen et al., 2014). Ett systems anpassningsbarhet är dock svårare att bedöma, eftersom effekterna av ett förändrat klimat är svåra att förutse och olika egenskaper hos systemet kan vara gynnsamma beroende på vilken situation som uppstår. Det största hotet från ett förändrat klimat är att risken för extrema händelser, t.ex. kraftig nederbörd eller längre torka, kommer att öka. Att lantbruket är robust även under extrema förhållanden och klarar av att stå emot eller anpassa sig till stora förändringar kommer att vara en förutsättning för hållbarhet. Troligen kommer olika system vara olika anpassade beroende på regionala skillnader i hur klimatförändringens effekter slår. Ett minskat beroende av insatsvaror och en ökad självförsörjning, t.ex. genom att odla eget foder till djuren kan ses som positivt (Ingwersen et al., 2013), men kan också ge försämrade möjligheter att klara lokala extremväder och problem med skörden eftersom det kan medföra ett mindre fokus på en välutvecklad infrastruktur (Godber & Wall, 2014). Dessa författare bedömde dock att klimatförändringens påverkan på osäkerheten i Sverige var relativt låg, samtidigt som Sverige bedömdes ha bra förutsättningar att klara av olika anpassningar, och därför kan det vara en bra strategi att satsa på lokal foderproduktion i integrerade system för det svenska lantbruket.

Huvuddimensionerna för hållbarhet, som ofta beskrivs som tre (miljö, ekonomisk och social hållbarhet), men som i SAFA (FAO, 2014) är fyra (de tre ovanstående samt ”good governance”, d.v.s. styrning), hänger samman. För ett långsiktigt hållbart lantbruk krävs det att alla dimensionerna är tillfredsställande hållbara. Dock kom det under diskussionerna upp en del motsättningar mellan de olika områdena. Ett lantbruk som är ekonomiskt hållbart kanske t.ex. har investerat i att mekanisera mycket av driften, och därigenom kunna sänka behovet av arbetskraft. Ett sänkt behov av arbetskraft kan dock leda till en lägre social hållbarhet på grund av stor mängd ensamarbete och färre arbetstillfällen på landsbygden. Historiskt sett har mekanisering i hög grad bidragit till avfolkning av landsbygder och nedläggning av lantbruk. I vilken mån mekaniseringen bidrar till social hållbarhet i lantbruket och på landsbygden beror på andra förhållanden, som alternativ sysselsättning, totalt arbetsbehov i företagen, samverkan med andra, i vad mån det leder till bättre hälsa och ekonomisk vinst för lantbruksföretagen, etc. Social hållbarhet är ofta på detta sätt kontextuell, och beror på sammanhang och relationer mellan olika förhållanden som uppstår lokalt. Kriterier för social hållbarhet kan dessutom både mätas som subjektiva mått, t.ex. lantbrukares uppfattning om arbetet och dess värden, och som objektiva mått, som t.ex. antalet arbetstillfällen, antal nätverk och andel män respektive kvinnor som äger mark osv.

Resultaten från systemanalysen är fokuserade på miljöeffekter av integrering, eftersom detta låg till grund för systemens utformande. Effekter av denna typ av integration på t.ex. social hållbarhet visade sig svåra att diskutera eftersom basen för systemens konstruktion inte inkluderade dessa aspekter. Därför har vi avstått från detta. I sammanställningen ovan har vi delat in tänkbara kriterier för social hållbarhet i *lantbruket* på gårds- och produktionssystemnivå, och för social hållbarhet på *landsbygden* kriterier med fokus på lokal eller regional utveckling. Vi har dessutom en kategori för etiska värden vad gäller djurvälstånd som del av den sociala hållbarheten. Denna kan mätas på gårdsnivå, men kan mycket väl också ses som en etisk fråga i hela produktionssystemet. Andra frågor är möjliga att lyfta fram som etiska aspekter av produktionen, som t.ex. lantbrukares och lantarbetares arbetsmiljö, hanteringen av lantbrukets externaliteter osv. Det är möjligt att etisk hållbarhet bör utgöra en egen kategori, men detta avviker så mycket från tidigare diskussioner om hållbarhet att vi avstått från detta i föreliggande rapport.

Resultaten från systemanalysen visade att den totala markanvändningen var ganska lika i de tre systemen, även om det integrerade systemet använde mer mark lokalt. De mindre integrerade systemen hade sålunda en avsevärd s.k. exporterad markanvändning genom sina inköp av framför allt kraftfoder producerat annorstädes. Näringsbalanserna var något bättre i det integrerade systemet. Energianvändningen var ganska likartad mellan systemen, medan det var lägre användning i det integrerade systemet. Om endast energianvändning på gården beaktades i beräkningarna var användningen emellertid högre i det integrerade systemet, vilket visar på vikten av att välja vilken skala som används i utvärderingar av hållbarhet. För övergödningspotentialen sågs samma mönster, skillnaden i övergödningspotential var nästan obefintlig innan de inköpta fodermedlen inkluderades i de två mindre integrerade systemen 1a och 1b. Den exporterade markanvändningen påverkar alltså flera hållbarhetskritierier på ett markant sätt, och kan i vissa fall helt ändra bedömningen. Dessa systemavgränsningsproblem är väl kända men svåra att lösa eftersom olika produktionssystem ofta delvis ingår i varandra såväl inom som utanför jordbruket.

En skillnad mellan system 1 (a och b) och 2 är att produktionen av kött blir högre i system 2, som ett resultat av att fler djur behövs för att uppnå målsättningen för mjölkproduktion. Förutsatt att efterfrågan av kött i samhället är konstant kommer det att leda till ett sänkt behov av köttproduktion från andra resurser. Zehetmeier et al. (2012) visade att miljöpåverkan från mjölkproduktionen minskar med ökande produktion per djur, om behovet av mjölk hålls konstant, så länge fokus ligger helt på mjölkproduktionen. Om däremot även köttproduktion tas med i beräkningarna minimeras miljöpåverkan om samma djurpopulation producerar både mjölk och kött, då t.ex. djurens underhållsbehov av foder kommer att slås ut på både mjölk och kött. En beräkning av effekten av en ekonomisk allokering av mjölk och kött gjordes, d.v.s. en beräkning av hur stor andel av miljöpåverkan som bör läggas på mjölkproduktionen baserat på hur stor andel av intäkterna som kommer från mjölk respektive kött. Resultaten visade att eftersom en så pass stor andel som 88-90% av intäkterna kommer från mjölk i båda systemen kommer effekten av den ökade köttproduktionen (ca 11 % då antal kor är ca 11 % högre i det integrerade systemet) att vara marginell, omkring 1-1,5 %-enheter lägre miljöpåverkan i det integrerade systemet.

Valet av mjölkproduktion som grund för systemen som jämfördes är inte självklart. Det finns många grenar inom animalieproduktionen som är både mer och mindre integrerade, och ett byte av produktionsgren kommer inte självklart leda till samma slutsatser som den systemanalys som är redovisad här. För att kunna göra konkreta beräkningar inom en rimlig tid var det en nödvändighet att begränsa och förenkla analyserna, och mjölkproduktion valdes eftersom det är en produktionsgren där det idag finns en avsevärd variation i integreringsgrad i Sverige.

De restriktioner som systemen sattes upp inom ledde till att det helt integrerade systemet baserade sin utfodring på produkter som går att odla och fodra direkt, utan samtidig produktion av livsmedel. De två systemen med lägre grad av integrering hade tillgång till biprodukter från oljeframställning i form av rapsmjöl eller sojamjöl. Dessa produkter bär inte hela miljöpåverkan från raps- respektive sojaodling eftersom den totala miljöpåverkan allokeras till de olika produkterna. Det är dock svårt att jämföra systemen om produktionen är olika, varför vi valde dessa begränsningar. Det skapar större svårigheter med foderstatskompositionen, eftersom biprodukterna från rapsoljaframställning är mer användbara i foderstater än de obehandlade fröna, då en stor del av fetttagits bort. Fettet begränsar inblandningen av rapsfrö i foderstaten, och det kan därför vara svårt att täcka proteinbehovet för högproducerande kor. En betydligt mer ingående analys där såväl kött- och mjölkproduktion integreras i olika grad skulle kunna belysa dessa aspekter ytterligare.

Andra skillnader mellan det integrerade och de två mindre integrerade systemen är svårare att kvantifiera i en LCA, men kan ändå spela roll i en hållbarhetsutvärdering. Eftersom det



integrerade systemet behöver ha fler djur för att komma upp i den fastställda mjölkproduktionen, och därmed har större möjligheter att producera kött som biprodukt, finns också möjlighet att i större utsträckning beta naturbetesmarker med höga biodiversitetsvärden. Möjligheten att göra detta beror dock på många olika faktorer, såsom landskapets historik och om gården har några sådana mångfaldsmarker, vilket inte alls alltid är fallet. Det integrerade systemet kan också uppleva ett större värde i att bevara de platsbundna ekosystemtjänsterna eftersom de kommer markägaren direkt till nytta. Förvaltning av ekosystemtjänster har blivit mycket uppmärksammat nationellt under projektperioden (t.ex. SOU, 2013). Ekosystemtjänster som pollinering och biologisk kontroll av skadegörare är platsbundna i större utsträckning än t.ex. biologisk mångfald. Såväl ekosystemtjänster som biologisk mångfald och djurhälsa och djuretik kan vara lättare att reglera och ha kontroll över i ett integrerat system, även om olika certifieringssystem tillåter detta även i, enligt vår definition, ointegrerade system. Dessa aspekter på hållbarhet behöver belysas ytterligare.

### **Publikationer och resultatförmedling**

Projektet presenteras utförligt i en rapport på engelska som inom kort kommer att publiceras i en av SLUs rapportserier och finnas fritt tillgänglig via SLU-biblioteket. Resultaten kommer att presenteras på Framtidens Lantbruks konferens om svensk livsmedelsstrategi i oktober 2014.

### **Slutsatser**

Inom ramen för projektet har en lista över indikatorer på hållbarhet tagits fram för att användas under svenska förhållanden. I listan finns indikatorer för ekonomisk hållbarhet, miljömässig hållbarhet (både globalt, t.ex. växthusgasemissioner, och lokalt, t.ex. fosforöverskott i marken), samt social hållbarhet (t.ex. sysselsättning och jämställdhet). Många möjliga indikatorer, framför allt sociala sådana, men också de som berör biologisk mångfald, ekosystemtjänster och genetiska resurser samt djurhälsa och djurvälstånd, behöver emellertid mer arbete innan de kan användas praktiskt. Det har dessutom visat sig vara svårt att kombinera indikatorer som beskriver olika dimensioner av hållbarhet. Även om LCA är ett bra redskap för vissa indikatorer måste dessa analyser alltid sättas in i ett större sammanhang, och kan inte enkelt jämföras med t.ex. sociala indikatorer eller biologisk mångfald. Framtidens Lantbruk vid SLU kommer att påbörja ett arbete för att utveckla hållbarhetsindikatorer i svenskt jordbruk. Tillämpandet av vissa av de framtagna indikatorerna i en systemanalys av hållbarheten hos mjölkproduktion med olika grad av integrering visar på möjligheter och utmaningar med integrering. För ökad hållbarhet i mjölkproduktionen antyder våra analyser att man behöver utnyttja den fulla potentialen med att integrera djur- och växtproduktion, vilket kan vara att använda växtproduktionens biprodukter som djurfoder eller att optimera växtföljder och gödselhantering, men också att integrera kött- och mjölkproduktion.

### **Framtida forskning kring hållbarhet**

Under de senaste decennierna har många olika system för att analysera hållbarhet hos företag och produktionssystem tagits fram. Detta projekt har aktualiserat ett antal frågor kring hållbarhetsindikatorer i det svenska jordbruket. Hur kan man se till att indikatorer och systemanalysmetoder kommer till användning, och hur väl fungerar de certifieringssystem vi har idag (Svenskt sigill, KRAV etc.) för att öka hållbarheten? Hur påverkar olika definitioner av integrering jämförelser av hållbarhet mellan väl integrerade system och icke-integrerade system? Hur kan man kombinera olika dimensioner av hållbarhet vid en hållbarhetsvärdering? Framtidens Lantbruk kommer under 2015-16 att utifrån föreliggande projekt att fortsätta

arbetet med att analysera och utveckla hållbarhets-kriterier och -indikatorer för det framtida svenska jordbruket.

### Referenser

- Bell, L. W. & Moore, A. D. 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agricultural systems* 111, 1-12
- Bertilsson, J., Cederberg, C., Emanuelson, M., et al. 2003. Möjligheter och konsekvenser av en ökad användning av närproducerat foder till mjölkkor. Svensk Mjolk, rapport nr 7017-P.
- FAO 2013. SAFA, Sustainability Assessment of Food and Agricultural Systems Guidelines version 3.0. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Godber, O. F. & Wall, R. 2014. Livestock and food security: Vulnerability to population growth and climate change. *Global Change Biology* 20, 3092-3102.
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., et al. 2003. RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *International Food and Agribusiness Management Review* 6, 78-90.
- Ingwersen, W. W., Garmestani, A. S., Gonzalez, M. A. & Templeton, J. J. 2014. A systems perspective on responses to climate change. *Clean Techn Environ Policy* 16, 719-730.
- López-Ridaura, S., Masera, O. & Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators* 35, 1-14.
- Naturvårdsverket. 2012. Sammanställd information om Ekosystemtjänster. Rapport till Regeringen NV-00841-12.
- Naylor, R., Steinfeld, H., Falcon, W., et al. 2005. Losing the links between livestock and land. *Science* 310, 1621-1622.
- Riley, J. 2001. The indicator explosion: local needs and international challenges. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 119-120.
- Robinson et al. (ed) 2011. Global livestock production systems. International Livestock Research Institute (ILRI), Food and Agriculture Organization (FAO).
- SOU, 2013. Synliggöra värdet av ekosystemtjänster. Statens Offentliga Utredningar 2013:68.
- Sumberg, J. 2003. Towards a dis-aggregated view of crop-livestock integration in Western Africa. *Land Use Policy* 20, 253-264.
- Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H., & Heissenhuber, A. 2012. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6, 154-166.