

En jämförande studie av konventionella och ekologiska odlingsystem på svenska växtodlingsgårdar

– Har de närmats eller skiljt sig åt över tid?

A comparing study of conventional and organic cropping systems on Swedish arable farms

– Have they been influenced by each other or distanced over time?

Danira Behaderovic



Foto: Danira Behaderovic

En jämförande studie av konventionella och ekologiska odlingsystem på svenska växtodlingsgårdar

– Har de närmats eller skiljt sig åt över tid?

A comparing study of conventional and organic cropping systems on Swedish arable farms

– Have they been influenced by each other or distanced over time?

Danira Behaderovic

Handledare: Henrik Eckersten, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för växtproduktionsekologi

Examinator: Anneli Lundkvist, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt 270 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2016

Omslagsbild: Danira Behaderovic

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

Nyckelord: Ekologiska växtodlingssystem, konventionella odlingsystem, odlingsystem, växtföljd, växtnäring, växtskydd

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Förord

Detta arbete är skrivet inom agronomprogrammet mark/växt vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala, på grundläggandenivå inom ämnesområdet biologi (15 hp). Arbetet har genomförts inom Plattformen för odlingssystem, som är ett fakultetsgemensamt ämnesområde beslutat av rektor för SLU den 1:a januari 2014.

Jag vill framförallt tacka min handledare, Henrik Eckersten, professor vid institutionen för växtproduktionsekologi, för mycket god handledning, värdefulla synpunkter och för hjälpen att forma begreppet ”agroekologisk status”, och den mall, som använts för att jämföra odlingssystem. Jag vill även omnämna Göran Bergkvist, docent vid institutionen för växtproduktionsekologi och ordförande för odlingssystemplattformen, som tillsammans med Henrik introducerade mig till projektet. Projektet inspirerade till min uppsats som syftat till att hitta en metod för att utvärdera och jämföra odlingssystem.

Jag vill även passa på att tacka Helena Elmquist, verksamhetsledare för Odling i Balans, som engagerat sig i min frågeställning, rekommenderat material och bidragit med hjälpfulla diskussioner. Tack även till Maria Wivstad, föreståndare för ekologisk produktion och konsumtion (EPOK) vid SLU, som bidragit med material och vägledning rörande ekologiska odlingssystem.

Danira Behaderovic

Uppsala, maj 2016
Agronomstudent, mark-/växtprogrammet 2013
Sveriges Lantbruksuniversitet

Sammanfattning

Begränsad tillgång till odlingsbar mark, krav på minskad negativ miljöpåverkan och en växande världsbefolkning ökar efterfrågan på tillräcklig livsmedelsproduktion och hållbara odlingssystem. De flesta aktörer inom lantbruket kan enas om att hållbara odlingssystem är målet, men vägen för att nå dit skiljer sig. I sammanhanget ställs ofta konventionella och ekologiska odlingssystem mot varandra.

I denna studie har därför ekologiska och konventionella växtodlingssystem analyserats för att undersöka huruvida de över tid har närmat sig varandra och var i respektive odlingssystem svagheter och styrkor finns. Tydliga nutids- och dåtidbilder har för respektive system identifierats, i syfte att mäta förändringen över tid. Konventionella odlingssystem har delats upp i de tidiga produktionsinriktade och dagens miljöprofilerade som följer tydliga odlingssystemkoncept för miljövänlig produktion. Ekologiska odlingssystem har delats upp i de tidiga, utan dispenser, och dagens, med dispenser.

Analysen har gjorts genom att en mall som mäter odlingssystemens gynnande av ekosystemtjänster utformats. Mallen tar hänsyn till representativa metoder inom metodkategorierna växtföljd, växtnäring och växtskydd och metodernas påverkan på kvantitativt mätbara outputs som systemen levererar (skörd, utlakning etc.). Outputs har kopplats till de ekosystemtjänster som de påverkar och ett värde för agroekologisk status, som är ett mått på hur väl ett odlingssystem gynnar ekosystemtjänster, har på så vis beräknats för systemen och använts vid jämförelse.

Det framgår av studien att dagens konventionella miljöprofilerade odlingssystem, genom riktad uppmärksamhet mot miljöproblem, tillämpning av ny teknik och tillgång till mineralgödsel, har god möjlighet att optimera skördenivåer och minska miljöpåverkan. Dagens ekologiska odlingssystem med dispenser har svårt att tillgodose grödans näringsbehov, med låga skördar som konsekvens. Dispenser för att tillföra näring från konventionella produktionsformer, innebär ökade möjligheter att tillföra grödan näring i rätt form, men medför även ökad risk för utlakning. Å andra sidan finns det studier vilka tyder på ökad biologisk mångfald i odlingslandskapet inom ekologisk odling.

Studiens resultat indikerar att dagens konventionella och ekologiska odlingssystem har närmat sig varandra över tid och ligger nära varandra mätt i agroekologisk status. Ökad kunskap om hur våra odlingssystem utnyttjar ekosystemtjänster kommer i framtiden krävas för att kunna utforma optimala odlingssystem och möta en framtid med hårdare odlingsförutsättningar.

Nyckelord: Ekologiska växtodlingssystem, ekosystemtjänster, konventionella växtodlingssystem, växtföljd, växtnäring, växtodlingssystem, växtskydd

Abstract

Limited access to arable land, requirements of reduced negative environmental impact and a growing human population increases the demand for sufficient food production and sustainable cropping systems. Sustainable cropping systems are a global priority, but the view of how to get there varies. In the context conventional and organic cropping systems are often argued to be each other's opposites. Organic and conventional cropping systems are therefore analyzed, to examine if the gap between them has closed up during time, and to identify strengths and weaknesses of both systems.

In order to measure the change of the systems during time, past and present descriptions of both systems have been made. Conventional cropping systems are divided into the early, production-oriented-, and present environmental oriented systems, which follow concepts for environmentally friendly production. Organic cropping systems have been defined as the early, pre-exemption-, and present cropping systems with exemptions.

The analysis has been conducted by formulating a template which measures the cropping systems support of ecosystem services, by considering methods and strategies within the cropping system (crop nutrient, crop protection and crop rotation). These methods have an impact on quantitatively measurable outputs generated by the cropping system (yield, nutrient leaching etc.). By coupling measurable outputs with the ecosystem services, which they affect, a calculation of the value of agro-ecological status for each system has been enabled, which is used for comparison.

This thesis indicates that the present conventional cropping systems, by increased attention towards environmental issues, application of new strategies have great opportunities to optimize yields and minimize negative environmental impact. Organic cropping systems with exemptions struggle to fulfill crop nutrient requirements with low yields as a result. Exemptions for using nutrient originating from conventional production, enhances the opportunity for increasing yields but also increases the risk of nutrient leaching. Several reports however suggest that organic cropping systems contribute to a rise of biodiversity in the farmland. The result of this study indicates that present conventional and organic cropping systems have closed to each other during time, with regards to reaching similar values of agro-ecological status. In order to develop optimized cropping systems, which will meet a future with tougher conditions for producing food, an increased knowledge about the impact of cropping systems on ecosystem services will be required.

Keywords: Conventional farming, crop nutrient, crop protection, crop rotation, cropping systems, ecosystem services, organic farming

Innehållsförteckning

Förord	1
Ordlista och förkortningar	7
Introduktion	8
1.1 Inledning	8
1.2 Syfte	10
1.3 Avgränsningar	10
2 Material och metod	12
2.1 Vad är ett växtodlingssystem?	12
2.2 Hur definieras ett växtodlingssystem?	13
2.3 Hur jämförs växtodlingssystem?	14
2.4 Information	15
3 Konventionella växtodlingssystem (KOP)	17
3.1 Den fria växtföljden	17
3.2 Den lösliga växtnäringen	19
3.3 Kemisk kontroll av skadegörare och ogräs	19
3.4 Outputs: Vad levererar konventionell växtodling (KOP)?	20
3.5 Konventionella växtodlingssystem med miljöprofil (KOM)	22
3.5.1 Växtföljd	22
3.5.2 Nyckeltal och effektivt kväveutnyttjande	23
3.5.3 Integrerat växtskydd	24
4 Ekologiska växtodlingssystem (EO)	26
4.1 Den fasta växtföljden	27
4.2 Hur tillgodoses grödans näringsbehov i EO?	28
4.3 Hur kontrolleras skadegörare och ogräs?	29
4.4 Outputs: Vad levererar ekologisk odling (EO)?	30
4.5 Vad levererar ekologiska växtodlingssystem med dispenser (EOD)?	31
5 Jämförelse av ekologiska och konventionella odlingssystem över tid	33
5.1 Utveckling av miljöprofilerade konventionella växtodlingssystem (KOM)	35
5.1.1 Metodernas påverkan på outputs	35
5.1.2 Agroekologisk status	36
5.2 Förändring av ekologiska växtodlingssystem (EO) över tid	37
5.2.1 Metodernas påverkan på outputs	37
5.2.2 Agroekologisk status	38

5.3	Jämförelse av agroekologisk status för EOD och KOM	39
6	Diskussion	41
6.1	Slutsats	44
6.2	Avslutande reflektioner	45
7	Appendix	47
	Referenslista	48
	Litteratur	48
	Hemsidor	51

Ordlista och förkortningar

Agroekologisk status	Mått på hur väl ett odlingssystem gynnar ekosystemtjänster
BAT	Best Available Technology
Cd	Kadmium
CKB	KompetensCentrum för kemiska bekämpningsmedel
CO ₂	Koldioxid
EO	Ekologiska Odlingssystem utan dispenser
EOD	Ekologiska Odlingssystem med Dispenser
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fånggröda	Gröda som anläggs som insådd, eller mellan två grödor för att förhindra utlakning av växtnärsämnen
Gröngödslingsvall	Vall som anläggs i syfte att öka jordens kvävehalt genom inblandning av baljväxter
ICROFS	Internationalt Center for Forskning i Økologiskt Jordbrug og Føde- varesystemer
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movement
IPM	Integrated Pest Management (Integrerat växtskydd)
KEMI	Kemikalieinspektionen
KOM	Konventionella Odlingssystem med Miljöprofil
KOP	Konventionella Odlingssystem med Produktionsinriktning
KRAV	Organisation och märkning för ekologiskt certifierad produktion/produkter
N ₂ O	Lustgas, dikväveoxid
Nollruta	Ruta som lämnas obehandlad i fält för att kunna värdera effekten av utförd kemisk behandling
NPK	Kväve, fosfor, kalium
Output	Kvantitativt mätbar produkt genererad av odlingssystemet
pH	Logaritmiskt mått på pH
SCB	Statistiska Centralbyrån
SIK	Sveriges tekniska forskningsinstitut
SJV	Statens Jordbruksverk

Introduktion

1.1 Inledning

När människan för ca 10 000 år sedan lämnade jägar-och samlarsamhället för att övergå till att odla mat och bruka jord växte växtodlingssystemet fram. Val av vilka grödor som skulle odlas och hur de skulle odlas givet området geografiska förutsättningar samt de tillgångar människan hade, formade ett odlingssystem (Fogelfors red., 2015). Traditionellt har konventionella odlingssystem och den forskning som bedrivits kring dem haft som mål att skapa högavkastande odlingssystem, där biologiska faktorer har tagits hänsyn till om de har kunnat påvisa en positiv effekt på skördenivåer (Shrestha, 2003).

Det skördeinriktade industrijordbrukets utformning började på allvar ifrågasättas under 70-talet, då dess beroende av fossila bränslen, mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel som lett till negativa bieffekter för människa, djur och ekosystem, fick stor medial uppmärksamhet (Fogelfors red., 2015). Konsumenter började efterfråga livsmedel som producerades med större hänsyn till dessa, och mynnade ut i en ny form av odlingssystem, så kallade ekologiska, vars primära mål var att producera mat med minskad negativ effekt på människa och miljö. Bland annat genom att utesluta kemiska växtskyddsmedel och mineralgödsel (Fogelfors red., 2015).

Det ekologiska synsättet är äldre än så, de tidiga pionjärerna på området framförde liknande idéer redan under slutet på 1800-talet (IFOAM²), men nådde enligt Fogelfors red. (2015) en större marknad först i och med Sveriges EU-inträde och medföljande miljöstöd för ekologiska produktionsformer. Ekologiskt producerad mat har sedan dess marknadsförts som lösningen på många av de miljöproblem det moderna lantbruket tampas med (Kirchmann et al., 2016).

Klimatförändringar, urbanisering och överutnyttjande av odlingsmark har lett till försvårade odlingsförutsättningar i många geografiska områden och ställer krav på nya lösningar för en säker livsmedelsproduktion. Idag är 12,5 procent av den globala landarealen uppbrukt för matproduktion. Uppskattningsvis är omkring 25 procent av landarealen odlingsbar, men en expanderande jordbruksmark innebär sannolikt ett allvarligt hot för kvarvarande ekosystem och dess mångfald enligt Hillel & Rosenzweig (2013).

Jordens befolkning förväntas stabiliseras kring 9,3 miljarder människor till mitten av det här seklet, vilket betyder att jordbruket på redan brukade arealer måste intensifieras, samtidigt som det måste bli mer hållbart, med minimerad miljö- och klimatpåverkan (Hillel & Rosenzweig, 2013). Enligt Garnett (2013) är denna problematik i dagens informationssamhälle allmänt accepterad, och de flesta aktörer inom livsmedelsindustrin är eniga om att det är en global prioritering att skapa hållbarare produktionssystem, även om vägen för att nå dit skiljer sig.

Den generella bilden är att konventionella odlingsystem drivs av lönsamhet medan ekologiska drivs av ett miljö- och hållbarhetstänk. Medan förespråkare för ekologiskt ofta menar att det ekologiska lantbrukets huvudsyfte är att vägleda den konventionella produktionen i rätt riktning (miljövänligare och hållbarare produktion) enligt Wivstad et al., (2004). Var sanningen ligger kan vara svårt att avgöra. Med tanke på att det bör ligga i varje enskild lantbrukares största intresse att värna om den jord de brukar för att gynna en god miljö, samtidigt som produktionen måste vara hög för en god ekonomi och för att täcka försörjningsbehovet, ter det sig därför intressant att undersöka vari skillnaderna mellan det ekologiska och konventionella växtodlingssystemet ligger.

Den bild som målas upp är ett konventionellt produktionsinriktat odlingsystem (KOP) som vuxit fram i takt med industrialisering och urbanisering. Det ekologiska odlingsystemet (EO) trädde fram som en motreaktion mot det konventionella lantbrukets ohållbarhet, med syfte att styra det i en mer hållbar riktning. Detta drev på utvecklingen av ett miljöinriktat konventionellt odlingsystem (KOM), samtidigt som det ekologiska lantbruket har behövt släppa något på sina ideal och regler för att öka lönsamhet och marknadsandelar, ett s.k. ekologiskt odlingsystem med dispens (EOD).

Den naturliga följdfrågan blir hur mycket skiljer sig dessa två nya system åt, KOM och EOD? Hur mycket har dessa system EOD och KOM

förändrats från sina respektive föregångare EO och KOP? Om KOM och EOD har närmat sig varandra, beror detta på att EO har dragit KOP i rätt riktning eller något annat? Är något av systemen bättre än det andra?

1.2 Syfte

Denna uppsats syftar till att analysera om konventionella och ekologiska växtodlingssystem har närmat sig eller skiljts från varandra, med avseende på vad systemen levererar och de metoder som hör till systemen. Då system är föränderliga är ett syfte att göra en analys över hur systemen har förändrats över tid För att göra denna typ av analys har ett syfte också varit att beskriva en nutidsbild och en dåtidbild av konventionella respektive ekologiska växtodlingssystem

För att besvara frågan om systemen har skiljt sig eller närmat sig, om det ena är bättre än det andra och om EO har lyckats ”dra” KOP i rätt riktning har ett syfte också varit att formulera en mall vilken kan appliceras på de definierade odlingssystemen i syfte att kunna jämföra dessa. Studien avser kunna besvara följande frågeställningar:

- Hur har KOP förändrats över tid?
- Hur har EO förändrats över tid?
- Har EO och KOP närmat sig varandra över tid?
- Vilka styrkor och svagheter har respektive system?

1.3 Avgränsningar

Denna studie är begränsad till biologiska faktorer i växtodlingssystemet på kreaturslösa gårdar, då det föreligger stora skillnader i växtnäringstrategier mellan gårdar med- och utan djurhållning. Det innebär att fokus ligger på att beskriva mark, växtföljd samt de ogräs och växtskadegörare vilka följer med systemet, hur dessa hanteras och hur dessa skiljer sig åt under olika regelverk och odlingskoncept. Även om marknad, politik och ideologi är betydelsefulla görs det här ingen djupare analys av dessas inverkan. Uppsatsen är avgränsad till att behandla svenska regelverk och förhållanden. Främst Skåne och Västra Götaland, där majoriteten av landets spannmålsodling bedrivs och många av de långliggande växtodlingsförsöken ligger, som utgör viktiga underlag för att jämföra kvantitativa skillnader mellan växtodlingssystemen. Dessa utfördes mellan åren 1987-2005 på tre olika platser i f.d. Kristi-

anstads län, med jordar av varierande kvalitet, i syfte att kvantifiera biologiska och ekonomiska skillnader mellan olika typer av växtodlingssystem.

2 Material och metod

2.1 Vad är ett växtodlingssystem?

Odlingssystem är ett av människan målstyrt ekosystem i syfte att producera önskvärda produkter så som mat, fibrer, bränsle och foder (Fogelfors red., 2015). Det naturliga ekosystemet har omformats eller undanröjts och den flora och fauna som ursprungligen dominerade har ersatts med av människan valda plantor samt de ogräs, herbivorer och organismer vilka har anpassats till agroekosystemet. Växternas förmåga att omvandla solens energi, via fotosyntesen, och lagra denna energi i form av protein, stärkelse och kolhydrater utnyttjas i syfte att skapa odlingssystem vilka leverera produkter av den kvalitet och kvantitet som samhället efterfrågar (Källander, 2011; Fogelfors red., 2015).

Redan under yngre järnåldern brukades jorden enligt odlingsprinciper som formats utifrån erfarenhet av vilka metoder som gav bäst skördar. I Sverige odlades under denna period stråsäd efter stråsäd ett antal år, för att brytas av med träda, då skördeökningar noterades om jorden tilläts ligga obrukad under en period. Ytterligare exempel är växelbruket vilket redan under 1800-talet präglade stor del av Sveriges odling. Grödor som potatis, sockerbeter, baljväxter etc. började odlas i större omfattning och erfarenhetsmässigt visade det sig att genom att aldrig tillåta två likartade grödor efter varandra i växtföljden, minskade förekomsten av växtsjukdomar och skördarna ökade (Fogelfors red., 2015).

De fasta växtföljderna kom i mitten av förra seklet att övergå till vad som i stor utsträckning dominerar idag, de fria växtföljderna. Fria växtföljder möjliggjordes tack vare tillgång på mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel. Växtföljden behövde inte längre utgöra huvudverktyget för att klara grödans näringsförsörjning, samt skydd mot sjukdomar och skadegörare. Enligt Fogelfors red. (2015) kunde fokus istället

skiftas till att odla de grödor som gav bäst lönsamhet, vilket i praktiken ofta inneburit samma gröda år efter år.

2.2 Hur definieras ett växtodlingssystem?

Odlingssystemet kan beskrivas som att det utgörs av den mark som brukas, den växtföljd som bedrivs på denna och de åtgärder som utförs för att styra systemet. Växtföljden består av genetiskt material som finns i de arter och sorter som odlas på gården. Växtföljden är både det rumsliga och tidsliga arrangemanget av grödan på fältet, det vill säga vilka grödor som odlas efter varandra, och hur dessa odlas, i exempelvis renbestånd, sambestånd eller med olika radavstånd (Fogelfors red., 2015). Detta kan ses som odlingssystemets avgränsning, men det finns också faktorer utanför systemet som påverkar dess utformning och vad det levererar, t.ex. klimat, politik och marknad (Shrestha, 2003). Dessa kan kallas för yttre krav (IFOAM¹)

Givet dessa förutsättningar, och flera andra, kommer ett odlingssystem att leverera outputs (kvantitativt mätbara produkter) både till det egna systemet, så som kvävefixering, skörderester, nyttodjur etc., och till yttrevärlden, i form av skörd bl.a. Outputs kan också vara av negativ karaktär som utsläpp av växthusgaser, utlakning och spridning av kemikalierester i yt-och grundvatten (Ahnström, 2003).

De komponenter som kan anses utgöra ett växtodlingssystem enligt Fogelfors red. (2015) och egen redigering är följande:

- Växtföljd: Både tidsligt och rumsligt arrangemang av grödorna i fält
- Marken som brukas och de jordbearbetningsmetoder vilka utförs
- Växtnäring: I vilken form man tillför grödan näring via t.ex. stallgödsel, kvävefixering, mineralgödsel
- De skadegörare och ogräs vilka hör till systemet, samt hur dessa hanteras
- Fältkanter som påverkar förekomsten av ogräs och skadegörare i fältet

Det finns ett antal biologiska faktorer som är gemensamma krav för alla system för att dessa ska leverera önskvärda ”outputs” över tid. Näring som bortförs med grödorna vid skörd måste kompenseras genom tillförsel av ny näring (Kirchmann et al., 2016). Grödan behöver skyddas mot ogräs och växtskadegörare, vilka annars kan konkurrerar ut denna (Fogelfors red., 2015), då de grödor som odlas i industrijordbruket är an-

passade till en odlingsmiljö, som genom människans styrning och tillförsel av yttre hjälpmedel säkerställer grödans produktionsförmåga.

2.3 Hur jämförs växtodlingssystem?

För att mäta hur ekologiska och konventionella växtodlingssystem har förändrats över tid, samt för att avgöra om systemen har skiljt sig eller närmat sig varandra har en egen mall utformats som mäter växtodlingssystemens agroekologiska status (ett mått på hur bra ett odlingsystem gynnar olika ekosystemtjänster). Mallen appliceras på de i kapitel 3 och 4, identifierade odlingsystemen; (i) konventionella växtodlingssystem vilka benämns som de tidiga, produktionsinriktade (KOP), (ii) dagens konventionella växtodlingssystem med miljöprofil (KOM), (iii) de tidiga ekologiska växtodlingssystemen utan dispenser (EO) och dagens ekologiska odlingsystem med dispenser (EOD). Mall och resultat presenteras gemensamt i kapitel 5, s. 29.

Mallen är uppbyggd i fyra steg: **(i)** identifiering av metoder vilka är representativa för respektive odlingsystem, där fokus läggs på metodkategorierna växtföljd, växtskydd och växtnäring som beskrivs utefter litteraturstudie i kapitel 3 och 4.

I steg **(ii)** har kvantitativt mätbara outputs identifierats (t.ex. skörd, utlakning, kvävefixering) som påverkas av metoderna identifierade i första steget. Outputs har genom litteraturstudie graderats beroende på hur de olika metoderna inom respektive system bedöms påverka den output som betygsätts. Då KOP har betraktats som en föregångare till de andra odlingsystemen, har denna använts som referens och graderats till 3 för alla outputs. KOMs, EOs och EODs påverkan på outputs har därefter betygsatts på en skala från 1-5, för varje output genom att de har bedömts ha; 1=negativ-, 2=måttligt negativ-, 3=oförändrad-, 4=måttligt positiv och 5=positiv påverkan på outputen i jämförelse med KOP (kapitel 5 s. 29).

I steg **(iii)** har 9 stycken ekosystemtjänster identifierats (tabell 1), som påverkas av odlingsystemet. Hur väl ett odlingsystem gynnar en viss ekosystemtjänst kan bedömas genom att ett antal outputs har kopplats till varje ekosystemtjänst (ekosystemtjänsten pollinering anses t.ex. påverkas av outputarna nyttodjur och bekämpningsmedelsrester i yt- och grundvatten). Därmed kan graderingen som tilldelats outputs i steg (ii), användas för att beräkna agroekologisk status, ett medelvärde av hur mycket varje ekosystemtjänst gynnas av metoderna inom respektive system. I appendix s. 41 presenteras vilka outputs som kopplats till

vilka ekosystemtjänster, och exempel på beräkning av agroekologisk status för ekosystemtjänsterna. Hög gradering av outputs ger hög agroekologisk status av ekosystemtjänsten. Varje output har vägts lika tungt eftersom det saknas modeller för att kunna bedöma eventuella skillnader av deras betydelse. **(iv)** I slutsteget sorteras ekosystemtjänsterna efter vilken tjänstekategori de tillhör (tabell 1), *försörjande*, *stödjande*, *reglerande* eller *kulturella*, beroende på funktionen de fyller för antingen samhället, ekosystemet/miljön, eller odlingssystemet. På så sätt har ett medelvärde för ”agroekologisk status” kunnat tas fram för respektive tjänstekategori samt ”total agroekologisk status” (medelvärde av alla ekosystemtjänstekategorier), vilket kan utnyttjas för att kvantitativt jämföra odlingssystemen (kapitel 5 s. 30)

Tabell 1. *Tjänstekategorier och tillhörande ekosystemtjänster (eget tillägg av ekosystemtjänst nr 8, ”miljöpåverkan”). Källa: Naturvårdsverket (2015)*

Tjänstekategori	<i>Försörjande</i> (för samhället)	<i>Stödjande</i> (för odlingssystemet)	<i>Reglerande</i> (för ekosystemet/miljön)	<i>Kulturella</i> (för samhället)
Ekosystemtjänst	1) Skörd	2) pollinering 3) kvävefixering 4) detoxifiering 5) nedbrytning av organiskt material	6) biologisk kontroll 7) kolinlagring 8) miljöpåverkan	9) upplevelsevärden

2.4 Information

En litteraturstudie har utförts för att beskriva konventionella och ekologiska odlingssystem. Information har erhållits ifrån statliga institutioners hemsidor, statistiska centralbyrån (SCB), vetenskapliga artiklar från ELSEVIER, SIK (Sveriges tekniska forskningsinstitut) och facklitteratur. Statistik grundas i stor utsträckning på data från Skåne och Västra Götaland då drygt en tredjedel av Sveriges åkerareal och knappt hälften av Sveriges spannmålsareal är fördelad på dessa två län.

En allmän beskrivning av konventionella växtodlingssystem med produktionsinriktning (KOP) har gjorts baserat på statistik från SCB, information från Jordbruksverket (SJV) och facklitteratur. En beskrivning har därefter gjorts av konventionella växtodlingssystem med miljöprofil (KOM), som följer tydliga odlingskoncept för miljövänligare produktion (bl.a. Svenskt Sigills klimatcertifiering), och efter hur Gissén red., (2005) beskriver de mest miljövänliga odlingssystemen i Sverige.

Vid beskrivning av ekologiska växtodlingssystem med och utan dispenser (EO och EOD) har information hämtats från Centrum för ekologisk produktion och konsumtion (EPOK), Centrum för uthålligt lant-

bruk (CUL) och KRAV (Sveriges största märkning för ekologisk produktion). Data ifrån långliggande försök i södra Sverige har utgjort en viktig grund vid bedömning av mätbara skillnader för odlingssystemen, likaså Internationalt Center for Forskning i Økologiskt Jordbrug og Fødevarer (ICROFS) omfattande rapport, som jämför ekologiska och konventionella produktionsformer.

3 Konventionella växtodlingssystem (KOP)

Generellt är traditionell konventionell växtodling baserad på system där tillförsel av mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel möjliggör fria växtföljder. Växtföljden styrs av marknadsförhållanden, gårdens möjligheter (biologiska och tekniska), aktuella krav samt förädlingsvärde på grödan enligt Fogelfors red. (2015). Fogelfors red. (2015) beskriver den fria växtföljden enligt: *”ingen särskild plan följs utan de grödor som för tillfället ger de fördelaktigaste ekonomiska resultatet odlas med hänsynstagande till grundläggande biologiska faktorer”*.

Detta har format agroekosystem där ett mindre antal grödor odlas i majoritet på jordbruksarealen. De dominerande spannmålsgrödorna globalt, enligt Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO):s statistik, är majs, ris och vete vilka står för drygt $\frac{3}{4}$ av den årliga primärproduktionen (Fogelfors red., 2015). Förutom låg variation av arter, odlas låg variation av sorter, 1992 utgjorde t.ex. höstvetesorten Kosack 90 procent av höstvetearalen i Sverige (Ahnström, 2003).

Det konventionella lantbruket har på nationell nivå präglats av en strävan efter högre skördar, vilket har speglats i den grödavkastningsorienterade forskningen, vilken dominerat fram till 1980-talet, med målet att skapa högavkastande odlingssystem, vilka genererade profit och försörjde den växande befolkningen med mat (Shrestha, 2003).

3.1 Den fria växtföljden

KOP är inte beroende av växtföljd för att hämma växtskadegörare, återföra näring till jorden samt hålla nere ogrästrycket. Introduktionen av växtskyddsmedel och mineralgödsel har möjliggjort att växtföljden i större utsträckning kan formas efter andra villkor såsom marknad och

ekonomi (Fogelfors red., 2015). Höstvetete är bland de mest lönsamma grödorna att odla i Sverige tack vare god avkastning till följd av en lång tillväxtperiod (SJV¹, 2016), och odlas därmed även på störst arealer (tabell 2).

År 2014 odlades spannmål på 40 procent av Sveriges totala åkermark och på den kreaturslösa växtodlingsgården är andelen spannmål ännu högre då avsättning för vall och grönfoder saknas (Fogelfors red., 2015). Detta framgår i tabell 3 där spannmålen utgör drygt 60 procent av grödfördelningen på den kreaturslösa växtodlingsgården och vall utgör 6 procent.

Tabell 2. Grödfördelning för spannmål. Andel i procent av den totala åkerarealen i Sverige (SCB², 2015).

Gröda	Spannmål	Höstvetete	Vårvete	Korn	Havre	Resterande ¹
Hektar (%)	39,8	14,6	2,9	12,9	6,3	3,0

1) Består av råg, rågvete och blandsäd

Det odlas en betydande andel höstsäd på den konventionella växtodlingsgården (tabell 3). Höstsådda grödor ger ofta högre avkastning på grund av längre tillväxtperiod samt att de har mera djupgående rotsystem som kan utnyttja både platsbundna och tillförda resurser effektivare än motsvarande vårsorter enligt Fogelfors red. (2015). Den stora andelen höstsäd möjliggörs tack vare tillgången till fungicider då de höstsådda grödorna framförallt utgörs av höstkorn och höstvetete, vilka ofta är utsatta för liknande svampsjukdomar och därmed skapar stort behov av fungicidbehandling (Fogelfors red., 2015; SCB, 2011).

Denna typ av odlingsystem kan ge upphov till ensidiga växtföljder. Några av de mest ensidiga växtföljderna hittas i de regioner i landet där en viss gröda utmärker sig lönsamhetsmässigt gentemot andra grödor. Till exempel odlas i Öster- och Västergötland höstvetete på mer än 40 procent av all areal, exklusive vallareal, och i Östergötland är växtföljder av typen höstvetete- annan gröda- höstvetete, vanligt förekommande (SJV, 2006).

Tabell 3. Grödfördelning på konventionella växtodlingsgårdar. Procentandelen av totala åkermarken på gårdarna. Data är baserad på 460 000 ha konventionell areal (17 procent av totala konventionella arealen). Data är främst insamlad från gårdar i södra Sverige (Wivstad et al., 2009).

Gröda	Vall	Trindsäd	Höstsäd	Vårsäd	Oljevaxter	Socketbetor	Potatis	Grönsaker	Totalt
%	6	3	32	29	7	10	4	0,6	91,6

3.2 Den lättlösliga växtnäringen

Växtnäringsförsörjningen inom KOP tillgodogörs framförallt genom tillförsel av lättlösliga växtnäringsämnen, från mineralgödselmedel. De benämns som lättlösliga då de tillförs i sådan form (nitrat-och ammoniakkväve) att de direkt kan tas upp av grödan utan att först behöva mineraliseras av mikroorganismer vilket är fallet med organiska gödselmedel. Detta ökar möjligheterna till att synkronisera spridningen av näring med den tidpunkt då grödan är i störst behov av denna och är en viktig faktor för att nå höga skördenivåer enligt Torstensson et al. (2006).

År 2013 tillfördes 155 330 ton kväve från mineralgödselmedel till konventionell växtodling (SCB, 2014). I tabell 3 presenteras behovet av växttillgängligt kväve hos några vanliga grödor. Det mest använda mineralgödselmedlet i Sverige 2006/2007 var NPK 21-3-10, som innehåller 206 kg lättillgängligt N/ton och 26 kg P/ton. Utöver mineralgödsel tillförs även växtnäring till åkermarken i form av organiska gödselmedel (stallgödsel), avloppsslam, kväve från kvävefixerande baljväxter och atmosfärisk kvävedeposition (Fogelfors red., 2015).

Principen för närande och tärande grödor behöver inte tillämpas i den konventionella odlingen då lättlösliga gödselmedel kan tillföras där de behövs i växtföljden, och andelen trindsäd och grüngödslingsvall kan därför vara låg (3 procent enligt tabell 3).

Tabell 4. Användning av växttillgängligt kväve från mineralgödsel på gödslade arealer (SCB, 2014).

Gröda	Höstvete	Vårvete	Vårkorn	Matpotatis	Höstraps	Vårraps
Växttillgängligt kväve kg/ha	150	117	93	109	171	112

3.3 Kemisk kontroll av skadegörare och ogräs

KOP är anpassad till ett system som är beroende av kemiska växtskyddsmedel, där det är möjligt att överkomma biologiska hinder vilka annars skulle omöjliggöra en fri växtföljd. Ett exempel är uppförökning av svampsjukdomar vid ensidig stråsådesodling med en hög andel höst-säd, som på grund av sin tidiga såtidpunkt underlättar spridning av växtpatogena svampar från föregående gröda, samt kan ge uppförökning av vinterannuella ogräs (Fogelfors red., 2015).

Odling av höstvete efter höstvete, möjliggörs av tillgången på växtskyddsmedel. Under odlingssäsongen 2009/2010 behandlades 94 procent av all höstveteareal med någon form av pesticider. Högst använd-

ning står herbiciderna för, därefter fungicider medan insekticider används i förhållandevis mindre omfattning (SCB, 2011).

För att ett växtskyddsmedel ska bli tillgängligt på den svenska marknaden måste det först godkännas på EU nivå enligt EUs växtskyddsförordning. Förordningen syftar till att säkerställa hög säkerhet för människa, djur och miljö vid växtskyddsanvändning. Därefter gör kemikalieinspektionen en bedömning innan medlet blir godkänt för användning i Sverige, vilket i praktiken kan innebära att kemiska växtskyddsmedel vilka blir godkända i EU, inte godkänns för användning i Sverige (KEMI, 2015). Sverige har generellt striktare växtskyddslagar jämfört med omvärlden. Kemikalieinspektionen har under upprepade tillfällen fasat ut en rad äldre preparat under projekt som syftar till att omvärdera preparat som funnits på marknaden länge (Fogelfors red., 2015). Genom tiden har även program introducerats på nationell nivå för att minska hälso-och miljörisker vid användning av växtskyddsmedel. Resultatet av dessa program har framförallt blivit att introduktionen av lågdosmedel (medel med högre effektivitet, av vilka lägre doser verksam substans krävs) bidragit till att mängden aktiv substans har minskat (Fogelfors red., 2015). Enligt Fogelfors red. (2015) har därmed hektardoserna som de försålda preparaten räcker till, inte minskat i samma utsträckning, som miljöriskindex och mängden aktiv substans.

Växtskyddscentralerna och Jordbruksverket bär vidare ansvar för prognoser av skadegörare, bekämpningströsklar och bekämpningsrekommendationer vilka ska vara i linje med EUs växtskyddsförordning. Naturvårdsverket ansvarar för föreskrifter och regler för ansvarsfull användning av växtskyddsmedel som t.ex. *vindanpassat skyddsavstånd och sprutfria kantzoner*, för att förhindra spridning till omkringliggande vatten och fält.

3.4 Outputs: Vad levererar konventionell växtodling (KOP)?

KOP har starkt bidragit till att tillgodose världens befolkning med fiber, foder, bränsle och mat till ett billigt pris, vilket varit en förutsättning för den intensiva befolkningstillväxten de senaste 200 åren. Höga skördar kan även bidra positivt till markens bördighet, då en stor mängd växtrötter blir kvar efter skörd vilket gynnar kolinlagringen och marklevande organismer. Effekten kan dock dämpas på grund av tunga överfarter i fält, och en mycket hög mikrobiell aktivitet, till följd av stor andel lättlöslig näring i marken. Den höga mikrobiella aktiviteten kan

orsaka syrebrist och avstannande av nedbrytning av organiskt material (Ahnström, 2003).

Användningen av mineralgödsel, växtskyddsmedel och ensidiga växtföljder har haft stor inverkan på jorden, då jordbruk bedrivs på 12 procent av jordens landareal (Hillel & Rosenzweig, 2013). Även om åtgärder vidtagits för att minska bekämpningsmedelsrester i yt- och grundvatten, uppmäter den nationella miljöövervakningen årligen 10-20 substanser i koncentrationer vilka kan påverka marklevande organismer, i de fyra avrinningsområden som kontrolleras i Sverige (CKB, 2015).

Mellan 1951-1995 har det i Sverige skett en minskning med 60 procent av vilda pollinatörer och en 75-procentig minskning av insekter och spindeldjur i stråsäd enligt Ahnström (2003). Under samma period har antalet svenska gårdar minskat med 67 procent, medan gårdsstorleken ökat med 210 procent och fältstorleken ökat i genomsnitt med 21 procent (Ahnström, 2003). Sedan 1900-talet har även den genetiska variationen i våra odlade växtsorter minskat med 75 procent enligt Fogelfors red. (2015).

Den höga produktionen i KOP är beroende av hög tillförsel av lättlösliga näringsämnen. Mängden tillförd växtnäring är kopplad till näringsöverskott i åkermark, vilket kan leda till utlakning (Wivstad et al., 2009). Mängden växttillgängligt kväve i marken är även kopplad till en förhöjd risk av lustgasavgång (N_2O) från jordbruksmarken, vilket står för en av jordbrukets störst klimatpåverkande poster (Röös et al., 2013). Också framställningen av mineralgödsel är mycket energikrävande och medför höga utsläpp av växthusgaserna CO_2 och N_2O (Cederberg et al., 2011). Mineralgödsel kan även bidra till ansamling av tungmetaller i åkermarken. Även om markens modermaterial är den största källan till tungmetaller, så har användningen av fosforgödselmedel (den huvudsakliga externa källan till kadmium), varit den störst bidragande orsaken till den 33-procentiga ökningen av kadmiumhalter i svensk åkermark mellan åren 1900-1990 enligt Eriksson et al. (2014). Överlag används idag inom svenskt lantbruk nästan kadmiumfria gödselmedel, och atmosfärisk deposition är idag därför den störst bidragande orsaken till ansamling av kadmium i åkermark (Eriksson et al., 2014)

3.5 Konventionella växtodlingssystem med miljöprofil (KOM)

Idag finns flera alternativ till certifiering för miljövänliga produkter för konventionella lantbruksföretag, då det finns en växande efterfrågan från konsumenternas sida för miljövänliga livsmedelsprodukter, vilka de även är redo att betala mer för (Klimatcertifiering för mat, 2010).

Svenskt Sigill är ett miljö- och kvalitetssäkringssystem för svenska livsmedel sedan 1995, deras verksamhet omfattar framförallt spannmålsprodukter och i nuläget är över 60 företag certifierade enligt IP Sigill Spannmål och Oljevaxter (Sigill, 2014). Svenskt Sigill har flera certifieringsnivåer. Förutom certifiering enligt Sigillnivå, där krav utöver svensk lagstiftning finns för bl.a. minskad miljöpåverkan från livsmedelsproduktion, finns möjlighet att tillägga en klimatcertifiering. Denna är ett samarbete mellan KRAV och Svenskt Sigill, som syftar till att minska klimatpåverkan, och är anpassad så att enskilda produktionsgrenar kan erhålla denna (Sigill, 2015). Bland anslutna aktörer finns bl.a. Lantmännen, Lantbrukarnas Riksförbund, Scan och Skåne Mejeri (Klimatcertifiering för mat, 2010).

I följande kapitel redogörs för hur ett miljöprofilerat konventionellt odlingsystem kan se ut, genom att skildra några av IP Sigills växtodlingskoncept under klimatcertifieringen, samt vissa av de odlingsstrategier vilka anses tillämpas i de mest miljömedvetna odlingsformerna i svensk växtodling enligt Gissén red. (2005).

3.5.1 Växtföljd

Enligt IP Sigills klimatcertifiering, bör stråsäd förekomma högst 4 av 6 år i växtföljden för att förebygga en ensidig växtföljd. Undantaget är om havre odlas, då stråsäd får förekomma 5 av 6 år (Sigill, 2011). Enligt Fogelfors red. (2015) är havre en god förfrukt till vete och korn, om halmrester plöjs ner före sådd, tack vare att den angrips av andra växtföljdsjukdomar. Som avbrottsgrödor räknas oljevaxter, baljväxter eller vall. Att växtföljdskraven följs kontrolleras genom att en växtföljdsplan ska kunna visas upp och finnas tillgänglig i 7 år efter utförd åtgärd (Sigill, 2011).

I de långliggande växtföljdsförsöken, där de mest miljömedvetna odlingsformerna tillämpades, beskrevs enligt Gissén red. (2005) strategin, i det konventionella kreaturslösa växtföljdsförsöket, enligt följande: ”fånggrödor användes i högsta möjliga mån, 1-3 gånger under en sexårig växtföljd och i övrigt var växtföljden varierad. Gödsling och bekämpning utfördes med bästa teknik och miljöhänsyn. Halmrester och

blast fick ligga kvar efter skörd” (Gissén red., 2005). Fånggrödor, vilka odlas för att fånga upp näring och minimera växtnäring förluster, odlas enligt Kirchmann et al. (2016) på 10 procent av den konventionella arealen. Om fånggrödan består av en annan gröda än baljväxt, vilket är vanligast förekommande i konventionella system, anses näringsläckaget kunna minska med uppemot 50 procent.

3.5.2 Nyckeltal och effektivt kväveutnyttjande

Ett av huvudmålen för växtodlingen är att minska lättillgängligt kväve i marken efter skörd. Förutsättningarna för detta skiljer sig beroende på gårdens premisser varför regelverket ställer krav på att producenten har en plan för hur detta mål ska nås snarare än konkreta krav (Klimatmarkningen, 2012). Det ställs krav på att välmotiverad växtodlingsplan, årlig kvävebalans, nyckeltal för gårdens kväveutnyttjande (tillförd kväve – bortförd kväve i skörd) och gödslingsplan med motiverade givor, ska kunna uppvisas. Jordbruksverkets riktlinjer för gödsling betraktas som maximala tillåtna kvävegivor och mängden tillförd kväve ska baseras på grödans behov, förväntad skörd, förfruktseffekt, stallgödselns långsiktiga effekt och markkartering (Sigill, 2011).

Konkreta krav gällande gödsling finns för spridning av urin och flytgödsel som inte får höstspridas till höstsådd spannmål, då detta innebär en risk för att två tredjedelar av kvävet kan gå förlorat på grund av dess lättillgänglighet med avsaknad av gröda som kan utnyttja näringen optimalt (Källander, 2005). Stallgödsel måste myllas ner inom fyra timmar efter spridning på öppen mark. BAT-gödselmedel ska användas (Sigill, 2011), d.v.s. gödselmedel producerade med ”bästa tillgängliga teknik”, där utsläpp av koldioxid ekvivalenter reducerats till drygt hälften (Cederberg et al., 2011).

Avloppsslam får inte spridas vid odling av certifierade grödor och övriga avloppsfraktioner och restprodukter får endast tillföras om de är hygieniserade och kvalitetssäkrade enligt IP Sigill standard (Sigill, 2011).

Kadmiuminnehållet får inte överstiga 12 mg Cd/kg P vid fosforgödsling respektive 30 mg Cd/kg P vid kvävegödsling (Sigill, 2011). Detta är enligt kemikalieinspektionen ett säkert riktvärde, tillskillnad från det enligt lag tillåtna kadmiuminnehållet på 100 mg Cd/kg P (Kemikalieinspektionen, 2011).

Lantmännen har krav på att N-sensor eller annan teknik för precisionsodling ska användas vid spridning av mineralgödsel efter begyn-

nande stråskjutning inom odlingskonceptet *Klimat och Natur* (Lantmännen, 2016).

Ovan nämnda principer är lika de strategier Greppa Näringen tillämpar, som ger rådgivning till svenska lantbrukare bl.a. i syfte att minska övergödning. De har påvisat en minskning av kväveförluster med drygt 30 procent mellan 1985 och 2009 på de svenska gårdarna. Fosforförlusterna har under samma period minskat med 9 procent. (Greppa Näringen², 2015).

De flesta svenska jordarna behöver även tillföras kalk i någon form, då vårt humida klimat, gödsling, surt nedfall och skördeuttag bidrar till försurning av åkermarken. På senare tid har tillförsel av bränd eller släckt kalk (Greppa Näringen¹, 2015) hjälpt till att återställa markens pH, vilket bidrar till högre näringsstillgänglighet av flera näringsämnen samt minskar växternas upptag av skadliga tungmetaller så som kadmium (Fogelfors red., 2015).

3.5.3 Integrerat växtskydd

De växtskyddsmedel som är godkända för användning på den svenska marknaden får användas vid IP Sigills klimatcertifiering, med undantag av stråförlösningsmedel vilket är förbjudet att använda i korn, vete, havre och rågvete (Sigill, 2011). Vid användandet av växtskyddsmedel ska integrerat växtskydd tillämpas (IPM) vilket innebär att förebyggande åtgärder ska utföras innan växtskyddsmedel används. Exempel på förebyggande åtgärder kan vara att välja motståndskraftiga sorter, planera en växtföljd där skadegörare missgynnas och beakta aktuella växtodlingsråd från växtskyddscentralerna och följa upp effekten av utförda behandlingar m.h.a. nollrutor (SJV, utan årtal). Vid korrekt tillämpning av IPM reduceras beroendet av växtskyddsmedel då biologiska metoder/kontroller utnyttjas i större utsträckning än då IPM inte tillämpas (SJV, utan årtal).

IPM är ett EU-direktiv och gäller således för all växtodling i Sverige. Förhoppningen är att åtgärderna ska bidra till minskat beroende av kemiska växtskyddsmedel och ökad ekonomisk lönsamhet i längden (SJV, utan årtal). En miljöcertifiering kan innebära att IPM följs i större utsträckning då kontroller utförs mer regelbundet än för icke-certifierade lantbruk. T.ex. ställs kravet att växtskyddsjournal förs för varje utförd behandling, utan fördröjning, och att denna sparas i tre år (Sigill, 2011).

Direktsådd möjliggörs även i konventionella odlingssystem tack vare tillgången på kemiska växtskyddsmedel, då systemet inte är beroende av djupbearbetning för att förhindra spridning av sjukdomar, som sprids med halm och skörderester. Direktsådd har visat sig ha stor positiv betydelse för markens kolinlagringsförmåga (Shrestha et al., 2015) och har ökat i Sverige senaste tiden, och bidrar också till lägre körkostnader.

4 Ekologiska växtodlingssystem (EO)

Ekologiska odlingssystem definieras genom att de följer regelverk för certifieringar och olika typer av stödformer. De generella principerna som finns för modernt ekologiskt lantbruk har formats av IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movement) som verkar på internationell nivå och ligger till grund för EUs regelverk (Fogelfors red., 2015). IFOAM:s fyra grundprinciper handlar kort om att värna om biologisk mångfald, värna om ekosystem och genom effektivisering och näringsämnesrecirkulation generera hälsosamma jordar vilka producerar hälsosamma grödor (IFOAM¹).

För Sverige gäller EUs regelverk för ekologisk produktion. Därtill finns KRAV, som tolkar EUs föreskrifter och vars certifiering minst motsvarar EUs regelverk för ekologisk odling. Detta innebär att KRAV följer alla EU-föreskrifter men har lagt till ytterligare krav och restriktioner för att kriterier för KRAV-certifiering ska uppfyllas. Benämningen ekologisk produktion avser därmed att ett lantbruk är certifierat enligt EUs föreskrifter för ekologisk produktion medan KRAV-certifiering avser lantbruk vilka valt att certifieras enligt KRAV.

Av Sveriges jordbruksmark brukades knappt 17 procent med ekologiska produktionsmetoder år 2014 vilket motsvarar 502 200 ha, majoriteten av arealen utgörs av betes- och slåttervall (230 500 ha). Av den totala ekologiska arealen är 77 procent anslutna till KRAV (386 700 ha) (SCB¹, 2015). KRAVs regelverk och principer för växtodling utgör därför basen i beskrivningen av det ekologiska odlingssystemet.

Den ekologiska växtproduktionen starkaste kännetecken är förbudet mot att använda mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel och dess målsättning kan summeras med en strävan efter att bevara markens bördighet, skydda biologisk mångfald, minska växthusgasemissioner, undvika naturfrämmande ämnen och skapa system oberoende av änd-

liga resurser, genom att utnyttja biologiska processer (Källander, 2005; KRAV, 2016).

4.1 Den fasta växtföljden

Inom EO är det inte tillåtet att använda kemiska växtskyddsmedel och inte heller mineralgödsel, i stället utgör växtföljden det centrala verktyget för att tillgodose grödans näringsbehov och skydd mot växtskadegörare. Det krävs att växtföljden är varierad och planerad så att biologiska och platsbundna resurser kan utnyttjas till fullo, och att skadegörare missgynnas. Detta görs bäst genom att inte odla grödor vilka angrips av samma skadegörare för tätt i växtföljden (Fogelfors red., 2015).

Inom EO nämns begreppen som långsiktig och kortsiktig växtföljds-effekt. Kortsiktig växtföljds-effekt syftar till den effekt förgående gröda har på nästkommande gröda i växtföljden, kallat förfruktseffekt. Den långsiktiga växtföljden är den totala effekten av alla grödor i växtföljden (Källander, 2005). Detta system grundar sig på principen om närande och tärande grödor, växling mellan höstsådda och vårsådda grödor samt variation av ettåriga och fleråriga grödor (Pedersen, 2015).

Då möjligheten att tillföra grödorna lättillgänglig näring inom ekologiska system, är begränsad, är strategin att bygga upp markens bördighet genom tillförsel av organiska gödselmedel och genom att odla vall, baljväxter och grön gödselingsvallar (Källander, 2005).

Baljväxter, vilka har förmåga att fixera kväve, tack vare symbios med de kvävefixerande rhizobiumbakterierna, kallas för närande grödor. De förser marken med kväve och vid skörd blir ett kväveöverskott kvar i marken, vilket kan utnyttjas av nästkommande gröda, t.ex. stråsäd som benämns som tärande, då de förbrukar kvävet (Källander, 2005). Dock är detta överskott vanligen större än grödans upptagande förmåga eller dåligt synkroniserat med denna och leder ofta till näringsöverskott av kväve (Torstensson et al., 2006). Det ställs inga krav från KRAV:s sida för hur stor baljväxtandelen ska vara (som uppgår till 11 procent enligt tabell 5). Däremot ställs kravet att minst 20 procent av växtföljden ska bestå av vallodling eller grön gödselingsvall (KRAV, 2016). Vall kan bidra till att öka mullhalt och vattenhållande förmåga i marken samt förbättra markens struktur tack vare vallens djupgående rötter (Källander, 2005).

Spannmålsodlingen på den ekologiska växtodlingsgården består av större andel vårsäd än höstsäd, trots att höstsådda grödor ofta ger högre avkastning (Wivstad et al., 2009). Detta kan delvis förklaras genom den

högre andelen ogräs, både i antal ogräsplantor och i antal ogräsarter i fält, som det ekologiska systemet medför (Ivarsson et al., 2001), då det inte finns några godkända herbicider att tillgå inom ekologisk odling (KRAV, 2016). Ogrästrycket kan i stället hållas nere genom ökad variation av höst- och vårsådda grödor i växtföljden för att inte gynna en viss typ av ogräs. Vårsådd innebär även att större utrymme finns för att bekämpa ogräsen mekaniskt än vid höstsådd, då tillfälle ges både efter skörd på hösten samt innan sådd på våren (Gosme et. al, 2012).

Tabell 5. Grödfördelning på ekologiska gårdar. Procentandelen av totala åkermarken på gårdarna, baserad på Greppa Näringsens insamling av data från 276 ekologiska gårdar (Wivstad et al., 2009).

Gröda	Vall	Trindsäd	Höstsäd	Vårsäd	Oljevaxter	Socketbetor	Potatis	Grönsaker	Totalt
%	30	11	15	25	4	3	2	2,8	92,8

4.2 Hur tillgodoses grödans näringsbehov i EO?

Då mineralgödsel inte är tillåtet inom EO är ett av problemet för den ekologiska växtodlingen att vissa näringsämnen förs bort i större mängd än vad som tillförs till systemet. Framförallt kalium och fosfor visar tydliga underskott vid växtnäringsbalanser, och det uttrycks en oro för hur grödans behov av dessa näringsämnen ska tillgodoses i jordar där markfosforförrådet är lågt (Ivarsson et al., 2001). Kväve kan variera i underskott och överskott då det går att tillföra i större mängder med stallgödsel, baljväxter och grön gödsling. Detta innebär dock inte att grödans kvävebehov tillgodoses, då organiskt kväve frigörs långsamt vilket gör det svårt att synkronisera tillförseln med tidpunkten då grödans kvävebehov är som störst. Överskottet av kväve riskerar i stället att utlakas, vilket växtnäringsbalanser för ekologiska växtodlingssystem, med höga kväveöverskott vittnar om (Gissén red., 2005; Ivarsson et al., 2001).

Tillåtna gödselmedel inom ekologisk produktion är stallgödsel, här tillåts även stallgödsel från konventionella gårdar, då den ekologiskt producerade stallgödseln inte räcker till för att tillgodose totalbehovet. Stallgödseln ska dock komma från gårdar med extensiv djurhållning då produktionen inte ska skilja sig för mycket från KRAVs principer (KRAV, 2016). Reglerna kring användandet av avloppsslam har ändrats över tid, idag är det inte tillåtet att använda någon form av avloppsslam inom ekologisk produktion (KRAV, 2016; Wivstad, 2004).

Inom den ekologiska produktionen framhålls vikten av kretsloppstänkande och näringskällor såsom källsorterat hushållsavfall, biogödsel, restprodukter från livsmedelsindustrin och slakterier får användas som gödning om de lever upp till ett antal certifieringar och krav som ställs för halter av olika icke-önskvärda ämnen (KRAV, 2016). Detta innebär att näring från konventionella produktionsformer utgör en viktig näringskälla inom det ekologiska växtodlingssystemet. Biofer är ett exempel på gödselmedel som härrör från konventionella produktionsformer, och är det mest använda gödselmedlet inom ekologisk produktion. Biofer består av benmjöl framställt ur slakterirester och har en hög fosforhalt i förhållande till kväve. På senare år har användningen av Biofer orsakat höga fosforöverskott i de ekologiska växtodlingssystemen enligt Wivstad et al. (2009).

Om grödan har påvisad brist av något mikronäringsämne, ges undantagstillstånd att använda konventionella gödselmedel, då godkända ekologiska preparat saknas på marknaden. Vad avser strukturförbättrande medel, såsom tillförsel av kalk får endast dessa medel tillföras i naturlig, oprocessad form. Bränd och släckt kalk får således inte användas, utan endast mald kalksten och gips (KRAV, 2016), som inte har kunnat bevisas ha någon större effekt (Greppa Näringen¹, 2015).

4.3 Hur kontrolleras skadegörare och ogräs?

Inom ekologisk odling används primärt förebyggande metoder, som växtföljd och biologisk bekämpning, för att få bukt med växtskadegörare och ogräs då kemiska växtskyddsmedel inte tillåts. Allmänt tillämpade strategier inom ekologisk odling för att förebygga växtskadegörare är att ha en god växtföljd, välja motståndskraftiga sorter, gynna biologisk mångfald kring odlingen (genom välplanerade fältkanter t.ex.) och gynna skadegörarnas naturliga fiender eller att sätta ut dessa (Källander, 2005).

Det finns drygt 25 KRAV-godkända växtskyddspreparat, dessa ska endast användas om direkt hot mot gröda förekommer. Exempel på godkända medel är preparat baserade på ämnen med vegetabiliskt eller animaliskt ursprung, mikroorganismer vilka kan användas för biologisk bekämpning, och ämnen som produceras av mikroorganismer. Ogräs kan även bekämpas termiskt eller elektriskt (KRAV, 2016), och utsäde får värmebehandlas eller betas med Cedomon och Cerall som innehåller jordartsbakterien *Pseudomonas* (Pedersen, 2015).

Av de ovan nämnda preparaten finns inget som fungerar mot ogräs, vilket är den största svårigheten att få bukt med på växtskyddssidan i EO. Ogräs kan förebyggas genom mekanisk bekämpning som plöjning, harvning, blindharvning, radhackning och stubbearbetning, vilket kan medföra att antalet överfarter i fält blir fler än vid användning av kemisk bekämpning.

Den mekaniska bearbetningen har god effekt mot platsbundna roto-gräs, medan de vandrande perennerna kan gynnas av upprepad sönderdelning av vegetativa delar då detta stimulerar ökad groning (SJV, 2015). De årliga ogräsen kan hanteras med lyckat utfall genom variation av höstsådda och vårsådda grödor, samt växling mellan sena och tidiga sorter då variationen gör det svårt för en viss typ av ogräs att uppföras. Flerårig vall kan även användas som strategi för att minska ogrässtrycket då vallen har ogrässanerande effekt mot både årliga och perenner (Fogelfors red., 2015). Ogräsen är snabba på att etablera sig i luckiga och dåligt etablerade bestånd, vilket ofta kan vara fallet i ekologiska system där lägre skördenivåer vittnar om sämre etablerade grödor (Kirchmann et al., 2015). Dispenser ges ofta för konventionellt utsäde, då den ekologiska utsädesproduktionen inte är tillräcklig till följd av bl.a. inblandning av främmande arter (ogräs) och svårigheten att skydda sig mot utsädesburna sjukdomar som sotax och mjöldryga (SJV², 2016)

4.4 Outputs: Vad levererar ekologisk odling (EO)?

EO bidrar, enligt den omfattande danska studien publicerad av ICROFS till 30 procent högre biologisk mångfald än motsvarande konventionell växtodling (ICROFS, 2015). Det konstateras flera andra positiva effekter så som möjlighet till minskad resistensutveckling hos växtpatogener, och stor positiv påverkan för nyttodjur så som pollinerare och markorganismer. Det har påvisats att yt- och grundvatten och natur kan skyddas mot pesticidföroreningar och överlag fastslogs att ekologisk produktion hade en övergripande positiv bidragande effekt för samhällsnyttan (ICROFS, 2015).

Inga skillnader för utlakning av växtnäring eller utsläpp av växthusgaser per kg producerad produkt kunde konstateras mellan ekologiska och konventionella växtodlingssystem (ICROFS, 2015).

Enligt Gissén red., (2005) har EO påvisats ha lägre kväveeffektivitet än konventionella odlingssystem, då det som tidigare nämnts är svårt att synkronisera grödans kväveupptag med frigörelsen av kväve från orga-

niska gödselmedel. Det sämre kväveutnyttjandet är den största orsaken till att ekologiska odlingssystem levererar skördar vilka i medeltal ligger på 52-59 procent av konventionella skördenivåer (Gissén red., 2005).

Gissén red. (2005) visar att ogräsförekomsten i EO både till antalet arter och plantor i fält är högre än för det konventionella. Detta är dock en viktig faktor till att EO bidrar till ökad artdiversitet i åkerlandskapet.

Det ekologiska systemet tycks klara växtskyddet bra utan användning av kemiska växtskyddsmedel genom att variera växtföljden. Dock kan problem med svampsjukdomar i potatis och höstsäd utgöra viktiga skördenedsättande faktorer (Ivarsson, et al., 2001). För skadegörare är resultatet av större variation, där lika stort eller lägre tryck påvisats i ekologiska grödor än konventionella (Ahnström, 2003).

4.5 Vad levererar ekologiska växtodlingssystem med dispenser (EOD)?

KRAV startade som en ideell förening 1985, men har idag ombildats till en ekonomisk förening med medlemsorganisationer så som Arla Foods, Kooperativa Förbundet, Naturskyddsföreningen etc. (Wivstad et al., 2004). KRAVs nuvarande regelverk är därför ett resultat av politik, ekologisk ideologi och medlemsorganisationernas egenintressen, medan målsättningarna speglar de ideal vilka vill uppnås. De ekologiska målsättningarna har vuxit fram hos människor vilka själva arbetat med praktiskt lantbruk och som upplevt behovet av att skapa mer hållbara alternativ till konventionella odlingsformer. I takt med att försäljningen av ekologiska produkter ökat, har ett dilemma uppstått då KRAV, för att nå ut till alla konsumenter behöver samarbeta med flera stora livsmedelsföretag (Wivstad et al., 2004). Dessa marknadsaktörer kan ha starka ekonomiska intressen och andra ideal än KRAV enligt Wivstad et al. (2004). KRAVs regelverk är därför under ständig reform till följd av balansgången mellan konsumenters och aktörers önskemål, samt vad som är praktiskt genomförbart (Källander, 2005).

Avsaknaden av lösliga gödselmedel utgör ett produktionshinder och ett försök att komma till rätta med problemet har gjorts genom att tillåta att under växtsäsongen gödsla med organiska gödselmedel som övervägande är baserade på lösliga näringsämnen. Dessa preparat kan bidra till fosforöverskott (Wivstad et al., 2004). Biofer, en restprodukt från konventionella produktionsformer likt många av de andra specialgödselmedel vilka är tillåtna inom ekologisk produktion, är ett

sådant exempel, som i kapitel 4.2 diskuterades hur det på grund av högt fosforinnehåll bidrog till höga fosforöverskott.

Tillåtelse att köpa in stallgödsel från konventionella gårdar kan även ses som en dispens från KRAVs målsättning, då oberoende från konventionella produktionsformer eftersträvas. Så är även fallet med spårämnesgödning som varit på väg att strykas ur regelverket då det endast finns konventionella mikronäringsgödselmedel tillgängliga. Det är dock fortsatt tillåtet för att komma till rätta med skördenivåer och för att inte urlaka marken på sikt, på mikronäringsämnen såsom mangan t.ex. (Wivstad et al., 2004).

5 Jämförelse av ekologiska och konventionella odlingssystem över tid

I tabell 6 har en sammanställning gjorts av de metoder och strategier vilka identifierats inom respektive system i kapitel 3 och 4. Metoderna har kopplats till de outputs, i tabell 7, vilka de enligt egen bedömning anses ha störst påverkan på. I tabell 7 presenteras även graderingen av outputs. Metoderna inom respektive system, KOM, EO samt EOD ger olika påverkan på outputs och jämförs mot KOP som ses som den tidiga föregångaren till alla odlingssystem. KOP graderas till 3 för alla outputs, och de övriga odlingssystemen bedöms utefter om de har positiv-, måttligt positiv-, oförändrad-, måttligt negativ- eller negativ påverkan på outputen jämfört med KOP (tabell 7). Resonemanget som legat till grund för gradering av outputs beskrivs i de efterföljande avsnitten och baseras på egna bedömningar utefter faktasammanställning från kapitel 3 och 4.

Tabell 6. Översikt av de metoder och strategier som omnämnts i kapitel 3 och 4, inom respektive metodkategori (växtföljd, växtskydd och växtnäring), vilka kan anses vara representativa inom respektive system och påverkar graderingen av de outputs vilka odlingssystemen påverkar (tabell 7).

Metodkategori	Odlingssystem		
	KOP	KOM	EO (EOD)
Växtföljd	-Fri: ensidig, hög andel spannmål -Variation vårsådda/höstsådda	-Fri: förfruktseffekt & avbrottsgrödor -Variation vårsådda/höstsådda -Fånggrödor	-Fast: Varierad med närande/tärande grödor -Vall/gröngödsling -Fånggrödor
Växtskydd	-Kemisk	-Kemisk -IPM	-Jordbearbetning -Växtföljd (-KRAV-godkända preparat)
Växtnäring	-Mineralgödsel	-Mineralgödsel (BAT, låga Cd-halter)	-Organiska gödselmedel, egen produktion (-Stallgödsel från extensiva konventionella

		-Strukturkalkning -Precisionsodling	produktionsformer) (-Mikronäringsgödselmedel) (-Specialgödselmedel t.ex. Biofer)
--	--	--	--

Tabell 7. Presentation av de identifierade strategierna under respektive metodkategori, vilka har identifierats för KOP, KOM, EO och EOD (tabell 6). Strategierna har kopplats till de outputs vilka de påverkar. Metodernas påverkan på outputs för EO, EOD och KOM har i detta steg graderats i förhållande till KOP (1=negativ-, 2=måttligt negativ- 3= oförändrad-, 4= måttligt positiv-, 5= positiv påverkan i jämförelse med KOP, som graderats till 3 för alla outputs). Graderingarna är gjorda efter egna bedömningar av faktasammanställning i kapitel 3 och 4.

Metoder	Outputs	Gradering			Medel
		KOP	KOM	EO(EOD)	
Växtföljd					
-Fri växtföljd (ensidig, hög andel spannmål)	-Nyttodjur	3,0	4,0	5,0 (5,0)	4,3
	-Biologisk mångfald	3,0	4,0	5,0 (5,0)	4,3
-Fast växtföljd (omväxlande närande/tärande grödor)	-N-fixering	3,0	4,0	5,0 (5,0)	4,3
-Variation	-Skörderester, rötter och org. material	3,0	4,0	2,0 (4,0)	3,3
vårsådda/höstådda grödor	-Skörd	3,0	4,0	1,0 (2,0)	2,5
-Vall/gröngödsling	-Markanspråk	3,0	4,0	1,0 (2,0)	2,5
-Fånggrödor					
Växtskydd					
-Kemisk	-Bekämpningsmedelsrester i yt-och grundvatten	3,0	4,0	5,0 (5,0)	4,3
-Jordbearbetning					
-KRAV-godkända preparat	-Resistens	3,0	4,0	5,0 (5,0)	4,3
-IPM	-Växtskadegörare	3,0	4,0	4,0 (4,0)	3,8
	-Ogräs	3,0	3,0	1,0 (2,0)	2,3
Växtnäring					
-Mineralgödsel	-GHG	3,0	4,0	4,0 (4,0)	3,8
-Organiska gödselmedel	-Näringsämnesutnyttjande	3,0	5,0	2,0 (3,0)	3,3
-Specialgödselmedel (KRAV-godkända)	-Säkra livsmedel (hygien och kemikalierester)	3,0	4,0	4,0 (4,0)	4,0
-Strukturförbättrande medel	-Utlakning	3,0	4,0	4,0 (3,0)	3,5
	-Utnyttjande av icke-förnyelsebara resurser	3,0	4,0	4,0 (4,0)	3,8

Outputs i tabell 7 har i nästa steg kopplats till de 9 ekosystemtjänster vilka beskrivs i kapitel 2 s. 11. En eller flera outputs har kopplats till varje ekosystemtjänst i tabell 8. Alla outputs påverkar inte alla ekosystemtjänster, vilka outputs som kopplats till respektive ekosystemtjänst finns angivet i appendix s. 42. Därmed har graderingen av outputs i tabell 7 använts vid medelvärdesberäkning av respektive odlings-systems gynnan-degrad av varje ekosystemtjänst (agroekologisk status). I appendix s. 42 redogörs även för exempelberäkningar.

I tabell 8 har ekosystemtjänsterna sorterats efter de tjänstekategorier vilka de tillhör (*försörjande, stödjande, reglerande eller kulturella*), och på så sätt har ett medelvärde av agroekologisk status kunnat beräknas för varje tjänstekategori, vilket också presenteras i tabell 8. Medelvärdet av agroekologisk status för alla tjänstekategorier presenteras även i tabell 8.

Tabell 8. Presentation av ekosystemtjänsterna och resultat av beräkningarna gjorda för agroekologisk status för respektive ekosystemtjänst, enligt appendix s. 42. Ekosystemtjänsterna är sorterade efter de ekosystemtjänstekategorier de tillhör (försörjande, stödjande, reglerande och kulturella). Medelvärde för respektive tjänstekategori presenteras och även medelvärde av alla tjänstekategorier, som resulterar i ett medelvärde av agroekologisk status.

Tjänstekategorier och tillhörande ekosystemtjänster	Agroekologisk status per ekosystemtjänst			Agroekologisk status för respektive tjänstekategori		
	KOP	KOM	EO(EOD)	KOP	KOM	EO(EOD)
Försörjande -Mat, bränsle, fibrer, foder	3,0	3,6	2,2 (2,6)	3,0	3,6	2,2 (2,6)
Stödjande -Pollinering -Kväveeffektivitet -Detoxifiering -Nedbrytning av organiskt material	3,0 3,0 3,0 3,0	4,0 4,5 4,0 4,0	5,0 (5,0) 3,5 (4,0) 5,0 (5,0) 3,3 (4,0)	3,0	4,1	4,2 (4,3)
Reglerande -Kolinlagring -Biologisk kontroll -Miljöpåverkan	3,0 3,0 3,0	4,0 4,0 4,0	3,3 (4,0) 5,0 (5,0) 4,3 (4,0)	3,0	4,0	4,2 (4,3)
Kulturella -Upplevelsevärden	3,0	4,0	3,0 (3,5)	3,0	4,0	3,0 (3,5)
	Medelvärde agroekologisk status			3,0	3,9	3,4 (3,7)

5.1 Utveckling av miljöprofilerade konventionella växtodlingssystem (KOM)

5.1.1 Metodernas påverkan på outputs

Metoderna inom KOM (tabell 6) bedömdes bidra måttligt eller mycket positivt till alla outputs vid jämförelse med KOP, utom för växtskadegörare och ogräs. Högre andel direktsådd kan tala för uppförökning av växtföljdssjukdomar och ogräs, medan ökad variation i växtföljd kan missgynna dessa, men något större faktaunderlag saknades för att göra en annan bedömning än att påverkan förblev oförändrad för dessa två outputs (3,0) (tabell 7).

Större beaktning av förfruktseffekter och krav på avbrottsgrödor inom certifieringar bedömdes ge måttlig positiv påverkan (4,0) på outputarna biologisk mångfald, nyttodjur och kvävefixering för KOM. Genom tillämpning av ny teknik, som precisionsodling, och genom att utnyttja förfruktseffekter i en mer varierad växtföljd ansågs KOM kunna generera högre skördar (4,0) vilket bidrar till lägre markanspråk och ökad halt av organiskt material i marken (4,0) än för KOP. Hårdare

reglering kring kadmiumhalter i gödselmedel, strukturkalkning av jordar och striktare reglering kring spridande av avloppsslam än KOP bedömdes ge ökad livsmedelssäkerhet (4,0). IPM och striktare reglering kring vilka växtskyddsmedel som får användas bedömdes ge minskad risk för resistensutveckling och måttligt positiv påverkan på ouputen bekämpningsmedelsrester i yt- och grundvatten (4,0) (tabell 7).

Outputarna utsläpp av växthusgaser (4,0) och utlakning (4,0) (tabell 7) påvisades vara lägre för KOM tack vare BAT-gödselmedel, större andel fånggrödor och tillämpning av precisionsodling (Aronsson & Wallman, 2012). Möjligheten att med precision tillföra lättlösliga näringsämnen, gav ett högt näringsämnesutnyttjande (5,0) som i kombination med minskad markpackning (till följd av reducerad bearbetning), medförde minskad risk för N₂O, även om hög omsättningen av organiskt material och hög mikrobiell aktivitet i marken i KOM talade för ökad risk av N₂O (Berglund & Wallman, 2011).

5.1.2 Agroekologisk status

Medelvärde för agroekologisk status blev 3,9 för KOM jämfört med 3,0 för KOP (tabell 8). För tjänstekategorin *försörjande*, erhöll KOM vid beräkning, en agroekologisk status på 3,6. Bidragande faktorer var ökade möjligheter till högre skörd och ökad livsmedelssäkerhet jämfört med KOP.

En mer varierad växtföljd, nedbrukning av skörderester, reducerad bearbetning och IPM förväntades bidra till att öka den biologiska mångfalden jämfört med KOP. Detta beräknades ge en förstärkning av framförallt de *stödjande* ekosystemtjänsterna (4,1) (tabell 8), då nyttodjur som daggmaskar gynnas av högre andel organiskt material och färre tunga överfarter i fält (Ahnström, 2003). Agroekologisk status för ekosystemtjänsterna kväveeffektivitet (4,5) och nedbrytning av organiskt material (4,0) blev högt, då tillförseln av näring kan synkroniseras med grödans upptag. I system där halmrester tillåts ligga kvar och där lättillgänglig näring tillförs, ökar den biologiska aktiviteten i marken som bidrar till frigörelse av näringsämnen (Ahnström, 2003). Av samma skäl ökade agroekologisk status för ekosystemtjänsten detoxifiering som utförs av marklevande organismer (4,0).

De *reglerande* ekosystemtjänsterna kolinlagring och biologisk kontroll ökade i agroekologisk status (tabell 8) och tyder på att de gynnas mer av odlingsstrategierna i KOM än KOP. Kolinlagringen gynnades av ökad tillförsel av organiskt material i form av halm och skörderester och reducerad bearbetning (Shreshta et al., 2015). Biologisk kontroll

gynnades av större variation i växtföljd och IPM. Minskad användning av kemiska växtskyddsmedel, minskad risk för resistensutveckling vid korrekt tillämpning av IPM, och minskad risk för utlakning och utsläpp av växthusgaser bidrog till ett högre värde för ekosystemtjänsten miljöpåverkan (4,0) (tabell 8).

Den *kulturella* tjänstefaktorn ökade (4,0) (tabell 8) tack vare att biologisk mångfald ansågs kunna öka i KOM och ny teknik ansågs kunna bidra till effektivare utnyttjande av uppodlad mark, d.v.s. ge ett lägre markanspråk jämfört med KOP (tabell 8).

5.2 Förändring av ekologiska växtodlingssystem (EO) över tid

5.2.1 Metodernas påverkan på outputs

Förbudet mot att använda kemiska växtskyddsmedel och den varierade växtföljden med hög andel baljväxter, bidrog till att EO och EOD bedömdes ha mycket positiv påverkan (5) på outputerna nyttodjur, biologisk mångfald, kvävefixering, resistens utveckling och bekämpningsmedelsrester i yt- och grundvatten jämfört med KOP (tabell 7). För outputerna skörd och markanspråk ansågs systemen ha måttligt negativ (EOD) eller negativ påverkan (EO) jämfört med KOP, till följd av svårigheten att tillgodose grödans näringsbehov. Trots högt betyg för kvävefixering, begränsades skördarna av att kvävet inte frigörs vid den tidpunkt då grödan är i störst behov av kväve (Gissén et al., 2005). EOD ansågs ha bättre möjligheter till att tillgodose näringsbehovet då dispens för olika växtnäringspreparat införts vilket låg bakom högre betyg för outputarna skörd och markanspråk, jämfört med EO (2,0 respektive 1,0) (tabell 7). EOD gavs därför också högre betyg i näringsutnyttjande än EO (3,0 respektive 2,0). Förutom svårigheten att tillgodose grödans näringsbehov låg även större ogräsproblem bakom de lägre skördarna inom ekologiska odlingsystem, som betygsatts till 1,0 respektive 2,0 för EO och EOD. Högre skördar för EOD än för EO, ansågs kunna göra bestånden mer konkurrenskraftiga mot ogräs. Vad avsåg växtskadegörare ansågs EO och EOD ligga på samma nivå (4,0), även om allt fler KRAV-godkända växtskyddspreparat finns tillgängliga för EOD så saknades underlag för att avgöra effekten av dessa. Ökningen gentemot KOP grundas på högre utnyttjande av biologisk kontroll inom de ekologiska systemen samt den varierade växtföljden. Lägre skördenivåer bedömdes även påverka tillförseln av organiskt

material till marken måttligt negativt (2,0) för EO, medan EOD ansågs kunna kompensera för lägre skörderester tack vare ökad tillförsel av organiska gödselmedel, t.ex. stallgödsel från konventionell produktion, och bedömdes ha måttlig positiv påverkan (4,0). Av denna anledning bedömdes även EOD ha större risk för utlakning än EO (3,0 respektive 4,0) (tabell 7). Vad avsåg outputarna säkra livsmedel och utsläpp av växthusgaser saknades underlag för att bedöma om skillnader mellan EOD och EO som båda betygsattes till måttlig positiv påverkan (4,0) jämfört med KOP, framförallt då gödsling med avloppsslam inte tilläts och då mineralgödsel inte används (direkt).

5.2.2 Agroekologisk status

EO beräknades en lägre agroekologisk status än EOD för den *försörjande* tjänstekategorin (2,2 respektive 2,6) (tabell 8). Detta berodde främst på dispenser för specialgödselmedel och tillåtelse att använda stallgödsel från konventionella gårdar vilket ansågs gynna skördenivåer för EOD.

Medelvärde för *stödjande* ekosystemtjänster blev något högre för EOD än EO (4,3 respektive 4,2) då dispenser för specialgödselmedel gynnade ekosystemtjänsten kväveeffektivitet som blev högre för EOD än EO (tabell 8), på grund av att mer lättillgänglig näring kommer finnas i odlingsystemet.

Förbud mot att använda kemiska växtskyddsmedel i kombination med en varierad växtföljd gynnade ekosystemtjänsterna pollinering och detoxifiering som utförs av marklevande organismer och beräknades ha en agroekologisk status på 5,0 (tabell 8).

EOD fick även för de *reglerande* ekosystemtjänsterna aningen högre medelvärde än EO (4,3 respektive 4,2). Ekosystemtjänsten kolinlagringen beräknades ett högre värde i EOD än EO (3,3 respektive 4,0) genom ökad möjlighet att tillföra jorden organiskt material samt att ökade skördar bidrog till ökad kolinlagring. Ekosystemtjänsten biologisk kontroll beräknades till samma värde för både EO och EOD. Däremot fick EO ett högre värde i agroekologisk status för miljöpåverkan än EOD, främst då utlakningsrisken ansågs högre för EOD med mer löslig näring i odlingsystemet (Wivstad et al., 2009). Ses det till utsläpp/utlakning per producerad enhet i stället för per ytenhet kan resultatet dock bli ett annat enligt Kirchmann et al., (2016) eftersom att EOD har bättre förutsättningar att generera högre skördar än EO. För EO uteblev utsläpp vilka genererades av produktionen av mineralgödsel vid jämförelse med KOP, medan bedömningen av EODs växthusgase-

missioner kunde belastas med utsläpp genererade av mineralgödselproduktion. Ökad dieselförbrukning p.g.a. av fler överfarter i fält blev försumbar i sammanhanget (Cederberg et al., 2011). Däremot kunde markpackning till följd av djupbearbetning och hög tillförsel av organiskt material i EOD medföra en ökad N₂O-avgång jämfört med EO. N₂O-avgången från mark är svår att mäta och påverkar därför inte EODs betyg av växthusgasutsläpp.

EOD bedöms ha något positivare bidrag till tjänstekategorin *kulturella*, än EO (3,0 respektive 3,5), då möjligheten till ökade skördar för EOD medförde minskat markanspråk.

5.3 Jämförelse av agroekologisk status för EOD och KOM

Resultaten visade att EOD och KOM låg nära varandra i medelvärde för agroekologisk status (3,7 respektive 3,9) (tabell 8). KOM hade en högre agroekologisk status för de *försörjande* och *kulturella* tjänstekategorierna, medan EOD hade högre agroekologisk status för de *stödjande* och *reglerande* (tabell 8). Skillnaderna låg främst i att KOM hade högre skördar tack vare högt näringsutnyttjande, medan EOD framförallt bidrog till ökad biologisk mångfald (genom hög variation i växtföljd och förbud mot kemiska växtskyddsmedel).

KOM fick betydligt högre agroekologisk status för den *försörjande* tjänstekategorin än EOD (3,6 respektive 2,6) (tabell 8). Den störst bidragande faktorn var de högre skördarna som KOM genererade. EODs skördar låg på 52-59 procent av KOM enligt Gissén red. (2005)), vilket bidrog till högre markanspråk för EOD än för KOM (tabell 7). Vad avsåg livsmedelsäkerhet gavs KOM och EOD samma gradering (4,0) då de hade liknande regleringar för tillförsel av avloppsslam och gränser för kadmiumhalter i gödselmedel (tabell 7).

För den *stödjande* tjänstekategorin beräknades agroekologisk status för EOD till 4,3 och KOM till 4,1 (tabell 8), vilket berodde på att EOD fick högre värde för de *stödjande* ekosystemtjänsterna detoxifiering och pollinering, (Ahnström, 2003; ICROFS, 2015) än KOM. KOM fick högre värde för ekosystemtjänsten kväveeffektivitet (tabell 8) än EOD, då näringsämnesutnyttjandet var högre i KOM, trots en låg kvävefixering jämfört med EOD. Enligt Gissén red. (2005) låg denna på 12 kg N/ha för KOM och på 74 kg N/ha för EOD. Här hade också strukturkalkning med bränd eller släckt kalk en betydelse för KOM, som bidrog till att höja jordens pH och följaktligen öka tillgängligheten av närings-

ämnen och grödans näringsupptagförmåga. Nedbrytningen av organiskt material beräknades till 4,0 för både EOD och KOM (tabell 8), lägre skördar och mindre skörderester i EOD bedöms kompenseras genom att nyttodjur gynnas av den höga tillförseln av organiska gödselmedel och frånvaron av kemiska växtskyddsmedel.

EOD hade ett högre medelvärde för den *reglerande* tjänstekategorin än KOM (4,3 respektive 4,0). Skillnaden låg framförallt i högre utnyttjande av biologisk kontroll i EOD som beräknades till 5,0 respektive 4,0 för KOM (tabell 8). Aktiva åtgärder som välplanerade fältkanter, ingen kemisk bekämpning och varierad växtföljd ansågs gynna naturliga fiender i EOD.

Ekosystemtjänsten, kolinlagring, beräknades till samma värde för båda system (4,0) (tabell 8). Enligt Gissén red. (2005) tycktes markens kolinlagring (humushaltförändring) mest bero på platsens förutsättningar och inga starka samband påvisades mellan humushaltförändring och odlingssystem. Slutsatsen drogs att de högre skördarna i de konventionella miljövänliga försöken och skörderesterna, vilka tilläts ligga kvar, hade samma effekter i KOM som en gröngödslingsvall hade i EOD.

Vad avsåg miljöpåverkan fick KOM och EOD samma medelvärde (4,0) (tabell 8), trots att skillnader förekom inom systemen. EOD gavs högsta gradering för resistens (tabell 7) då resistensutveckling påverkas positivt av utebliven kemisk bekämpning. KOM gavs gradering 4,0 (tabell 7) då tillämpning av IPM ansågs minska beroendet av kemiska bekämpningsmedel. Utsläpp av växthusgaser bedömdes vara detsamma för EOD och KOM. KOM hade höga växthusgasemissioner p.g.a. användandet av mineralgödsel, men då de slås ut per producerad enhet blev det ingen större skillnad i växthusgasemissioner eftersom att EOD gav lägre skördar. EOD belastades även för en del av de växthusgasemissioner genererade av mineralgödselproduktion då näring från konventionella produktionsformer tilläts (ICROFS, 2015; Kirchmann et al., 2016). Utnyttjandet av icke förnyelsebara resurser bedömdes vara lika, då båda systemen är beroende av fossila bränslen och t.ex. fosfor. EOD bedömdes ha större risk för utlakning (3,0) jämfört med KOM (4,0) (tabell 7), då KOM hade bättre verktyg för att synkronisera näringstillförseln med grödans behov enligt Torstensson et al., (2006).

KOM fick högre värde än EOD för den *kulturella* tjänstefaktorn (4,0 respektive 3,5) (tabell 8), då KOM kräver mindre mark i anspråk än EOD, även om EOD genererar högre biologisk mångfald.

6 Diskussion

Genom implementering av IPM, ökad variation i växtföljd, och aktiva åtgärder för att minska utlakning av näringsämnen såsom fånggrödor och strukturkalkning, och användandet av BAT-mineralgödsel för att minska växthusgasemissioner, har KOM lyckats minska sin negativa miljöpåverkan. Detta utan att göra avkall på skördenivåer (Gissén red., 2005; Aronsson & Wallman, 2012; Torstensson et al., 2006) som har genererat ett högre medelvärde i agroekologisk status för KOM än för KOP (3,9 respektive 3,0) (tabell 8). Ökningen i agroekologisk status för KOM berodde även på att utvärderingen baserats på beskrivning både från miljöcertifieringar, men också enligt hur de mest miljövänliga lantbruken i Sverige ser ut enligt Gissén et al., (2005).

Även EO, som sågs som föregångaren till EOD, fick ett högre medelvärde i agroekologisk status (3,4) jämfört med KOP (3,0) (tabell 8). Detta främst då uteblivet användande av kemiska bekämpningsmedel och mineralgödsel, hade positiv påverkan på alla ekosystemtjänster, utom de *försörjande* ekosystemtjänsterna (ICROFS, 2015). EOD ökade i agroekologisk status (3,7) tack vare olika dispenser, jämfört med EO, framförallt eftersom att skörderelaterade faktorer gavs stort utrymme i denna studie. Det gynnade EOD som ansågs kunna generera högre skördar än EO (Kirchmann et al., 2016). Dispenser för användning av växtnäring från konventionella produktionsformer och mikronäringsämnesgödsling ansågs bidra positivt till skördenivåer och således även markens kolinlagring och näringsutnyttjandeförmåga. Det på bekostnad av ökad risk för utlakning, och ökade lustgasemissioner vid jämförelse med EO (Wivstad et al., 2009; Röös et al., 2013).

Resultaten i studien antyder följaktligen att KOM och EOD har närmat sig varandra genom att de båda ökade i agroekologisk status jämfört med sina föregångare, EO och KOP. Det förekom dock skillnader vari förbättringen låg (tabell 8). KOM hade framförallt blivit bättre på

att tillföra näring i den form och mängd som behövs, och gynna markens bördighet genom strukturkalkning, reducerad bearbetning och genom att låta skörde- och halmrester ligga kvar, medan EOD har funnit tillvägagångssätt för att öka den biologiska mångfalden och dra större nytta av nyttodjur, naturliga fiender och växtföljdseffekter. Då de som beskrivs som dagens konventionella och ekologiska odlingssystem (KOM och EOD) erhöll nästan lika högt medelvärde i agroekologisk status 3,9 respektive 3,7, tyder mina resultat på att EO kan ha gjort sitt för att driva KOP i rätt riktning, men att det fortfarande finns utrymme för de båda systemen att finna lösningar hos det andra (tabell 8). Kirchmann et al., (2016) bedömde att konventionella odlingssystem förmodligen bidrar ännu positivare till miljö- och samhällsnyttan, än ekologiska, om utsläpp/utlakning per producerad enhet skulle slås ut över en hel växtföljd, då ekologiska odlingssystem är beroende av grüngödslingsvallar bl.a. som inte genererar någon faktisk skörd.

Om det är EO som har varit drivkraften för KOP att gå mot en miljövänligare produktion går inte att besvara baserat på resultat från denna studie. Men det kan spekulerats kring att den ekologiska odlingens riktade uppmärksamhet mot miljö- och hälsoproblem, relaterade till livsmedelsproduktion, har ökat konsumenternas efterfrågan på miljövänligare produktion, vilket kan ha varit en av bakomliggande drivkrafter för utvecklingen av KOM.

Mina resultat tyder även på att det ekologiska lantbruket kan ha svårt att leva upp till vissa av sina ursprungliga ekologiska principer, framförallt beroendet av restprodukter, mikronäringsämnesgödsel och växtnäring vilka är genererade av konventionella produktionsformer vittnar om svårigheten att skapa ett självförsörjande system. Detta resultat stöds av den problematik, som beskrivs enligt Gissén et al. (2005), att på sikt inte urlaka marken, då växtnärbalanser från ekologiska försöksled visar på negativa balanser för flera växtnärbalansämnen.

Markens kolinlagringsförmåga är en viktig aspekt ur miljösynpunkt, och de olika systemens inverkan på denna är svårbedömd. Det finns metoder inom respektive system som både gynnar/hämmar denna ekosystemtjänst. Vallodling, tillförsel av organiskt material, reducerad bearbetning, växtföljd etc. är exempel på metoder som påverkar kolinlagringen i marken. Större möjligheter till direktsådd inom konventionella odlingssystem har enligt Shreshta et al. (2015) störst potential till att öka markens kolinlagring (jämfört med växtföljd och tillförsel av organiskt material). Enligt Kirchmann et al. (2016) bör kolinlagring

sättas i relation till nettoprimärproduktion, då 20 procent av kolinlagringen i ekologiska system kan hänföras till ogräs.

Metoden för analys genom att gradera ekosystemtjänster kan kännas godtycklig, då detta är ett förhållandevis nytt område och sätt att tänka på. De bedömningar som fattats har jag gjort efter bästa förmåga, men har inget större kvantitativt underlag, och bör inte ses som absoluta, utan snarare som ett bidrag till utveckling av en metod vilken skulle kunna tillämpas för att bedöma olika odlingssystem. Min ansats illustrerar det problematiska i att jämföra odlingssystem. För att göra rättvisa och säkra bedömningar skulle ett mycket större faktaunderlag krävas och ett mer transparent och nyanserat graderingssystem där långt fler faktorer tas med vid bedömning. Kirchmann et al. (2016) poängterar att försök där konventionella och ekologiska odlingssystem jämförs bör ha striktare utformning (förutsättningarna ska vara desamma, t.ex. markens ursprungliga näringsstatus) och att resultaten i större utsträckning bör slås ut över hela växtföljder, samt presenteras per producerad enhet (istället för per ytenhet).

Att jämföra underlag för systemen blir också godtyckligt då resultatet skiljer beroende på försökets utformning, förutsättningar och tidsperiod för försöket, varför de slutsatser som dras är starkt beroende av den delvis subjektiva analysmetoden. Tidsaspekten är särskilt svårbedömd, då ekologiska odlingssystem är relativt nya, och processerna i marken långsamma, varför den fulla påverkan av de ekologiska systemen troligtvis ännu inte är kända. Även rumsaspekten är svårbedömd. Ekologiska odlingssystem får bäst effekt i landskap med låg komplexitet. I Sverige är majoriteten av de ekologiska arealerna småskaliga och belägna i skogsbygd och Norrland, vilket generellt är landskap med hög komplexitet. Min studie avsåg främst de stora odlingsområdena, Skåne och Västra Götalands slättbygder.

Det är också viktigt att sätta dessa två system i en helhetsbild och inte endast bedöma dem som två fristående enheter. Enligt Gosme et al. (2012) gynnas konventionella fält när de ligger nära ekologiska fält då de kan dra nytta av den ökade biologiska mångfalden dessa främjar vilket i sin tur gynnar t.ex. biologisk kontroll och andra nyttodjur.

I denna studie där endast växtodlingsgårdar analyserats är det viktigt att beakta att dessa inte ger en helhetsbild av lantbruket, där många gårdar bedriver växtodling parallellt med djurhållning. På de gårdarna är graden av självförsörjning högre, både inom det konventionella och ekologiska systemet, då den näring vilken djuren genererar kan återföras till åkern. Även om dessa gårdar likaså är beroende av externa nä-

ringskällor, då enbart stallgödsel inte kan tillgodose växtnäringsbehovet på lång sikt. I andra änden av växtodlingsgårdar vilka importerar näring, finns de gårdar vilka enbart bedriver köttproduktion, och på dessa gårdar blir näringsöverskottet i stället mycket högt.

En viktig sak att ha i åtanke är att Sverige skiljer sig från många andra länder. Vi har tillgång till ny teknik som precisionsodling och strikta lagar när det kommer till växtskyddsmedel som underlättar att följas eftersom att vi är förskonade från många växtskadegörare och patogener, som inte kan fullborda sina livscyklar på våra nordliga breddgrader. Detta minskar behovet av kemisk bekämpning. Vi har även relativt unga, bördiga jordar i många delar av landet där det går att bedriva ekologiskt lantbruk tack vare att jordens marknäringsförråd är högt. Vi har regelverk som ställer höga miljökrav och organ såsom Greppa Näringen och Jordbruksverket. Genom rådgivning, kompetensutveckling och konkreta åtgärder jobbar dessa organ för att minska lantbrukets negativa miljöeffekter som övergödning, minskad biologisk mångfald, resistensutveckling, kemikalierester i yt- och grundvatten etc. En liknande studie i andra länder hade kunnat visa på större olikheter mellan ekologiska och konventionella odlingsystem. Enligt en rapport från Niggli (2014) påvisas större positiva effekter av ekologiska växtodlingssystem med avseende på produktionsförmåga, markbördighet, utlakning och växthusgasemissioner än vad som framkommit i min studie. Framförallt påpekas att ekologiska odlingsstrategier i områden med dåliga odlingsförutsättningar (t.ex. vissa regioner i Afrika söder om Sahara) medför högre skördar än konventionella odlingsystem.

6.1 Slutsats

Resultatet från denna studie antyder att ekologiska och konventionella odlingsystem har närmat sig varandra över tiden. Det tidiga KOP har drivits mot en miljöinriktad produktion (KOM), utan att göra avkall på skördenivåer. EO har genom reformer av regelverket och införandet av dispenser närmat sig konventionella odlingsformer, med t.ex. tillåtelse att utnyttja näring från konventionella produktionsformer.

KOP har vid övergång till KOM, enligt resultaten i denna studie höjt sin agroekologiska status och gynnar alla ekosystemtjänster *försörjande, stödjande, reglerande* och *kulturella*. Tillämpning av ny teknik, effektivisering, ändrade odlingsstrategier och striktare reglering rörande insatsmedel (växtnäring och växtskydd) har varit bakomliggande orsaker.

Också EO har höjt sin agroekologiska status över tid. Vid övergång till EOD har alla ekosystemtjänster gynnats, om än marginellt. Disperserna får i vissa fall negativ påverkan på odlingssystemet och omgivande miljö. Den viktigaste orsaken för höjningen av agroekologisk status har berott på ökade förutsättningar att tillföra växtnäring i lättlös- lig form.

Resultatet indikerar att EO i Sverige uppnått sitt mål vad avser att styra KOP i rätt riktning, men att både odlingssystemen kan bli bättre. KOM kan i högre grad gynna biologisk mångfald och på så sätt utnyttja biologisk kontroll och nyttodjur i större utsträckning. För EOD finns utrymme att förbättra näringsämnesutnyttjande för att nå högre skördenivåer och minska näringsöverskott vilka kan leda till utlakning. Resultatet tyder på att systemen sett till producerad enhet genererar lika stor miljöpåverkan, men att det finns större potential för KOM att binda kol i marken än för EOD tack vare högre andel skörderester och möjligheten till reducerad jordbearbetning, vilket har pekats ut som den viktigaste faktorn för att öka jordens kolinlagringsförmåga.

En djupare analys av hur olika outputs påverkar ekosystemtjänster och ett större hänsynstagande till att en output kan påverka flera ekosystemtjänster, än vad som tagits med i beräkningarna i denna studie, skulle kunna ge andra resultat. Likaså en modell som beaktar att outputs kan väga olika tungt vid beräkning av agroekologisk status för en ekosystemtjänst, hade kunnat ge ett mer riktigt resultat. Svagheter och styrkor för de olika systemen skulle på så vis kunna pekats ut tydligare. I modellen hade även den ekonomiska aspekten kunnat vävas in.

6.2 Avslutande reflektioner

Även om resultatet enligt denna studie indikerar att EO i Sverige uppnått sitt mål för att styra KOP i rätt riktning, är ekologiska odlingssystem betydelsefulla, då de bidrar till flera viktiga samhällsnyttor, som även det konventionella odlingssystemet kan dra nytta av. Att KOM enligt denna studie fick en nästan lika hög agroekologisk status som EOD är således inget bevis på att det ena är klart bättre än det andra. Styrkorna från de två systemen bör kombineras för att skapa motståndskraftiga odlingssystem, vilka utnyttjar ekosystemtjänster och främjar biologisk mångfald samtidigt som de försörjer en växande befolkning med säkra livsmedel.

Ekologiska odlingssystem riskerar att utarma våra jordar på sikt, medan tidiga konventionella odlingssystem allvarligt har minskat den bio-

logiska mångfalden inom agroecosystemet och rubbat den globala näringsbalansen. Det ekologiska lantbruket har visat att det går att utforma odlingsystem som gynnar biologisk mångfald, med ett *lägre* beroende av växtskyddsmedel och mineralgödsel (samtidigt som det visar på svårigheten att helt göra sig fri från dessa, vilket reformer av regelverket och dispenser tyder på). Odlingsstrategier inom ekologiskt lantbruk kan därmed fungera som inspiration för konventionella odlingsformer, när fler växtskyddspreparat fasas ut. T.ex. de jordbearbetningsstrategier som används för att bekämpa ogräs mekaniskt inom ekologisk odling.

Å andra sidan har man inte lyckats hitta en lösning på näringsfrågan inom ekologiska växtodlingssystem. Medan dagens konventionella odlingsystem har goda möjligheter att tillgodose grödornas växtnäringsbehov, optimera skördar och därmed minska risken för utlakning.

Med en växande befolkning och medelklass vilka vill kunna leva enligt samma standard som västvärlden, och ett föränderligt klimat som hotar många av dagens odlingsystem, bör debatten i framtiden inte handla om ekologiskt *eller* konventionellt. Ett framtida mål bör vara en kombinerad lösning som är anpassad efter lokala odlingsförutsättningar.

7 Appendix

Bilaga 1. Presentation av ekosystemtjänster och vilka outputs som anses vara mest bidragande till respektive ekosystemtjänst. De outputs som kopplas till en ekosystemtjänst och graderingen dessa givits i tabell 6 s. 30, tas med vid medelvärdesberäkning för respektive ekosystemtjänst.

Ekosystemtjänst	Outputs	KOM	EO	EOD
Mat, fibrer, bränsle, foder	1) Skörd 2) Markanspråk 3) Säkra livsmedel 4) Ogräs 5) Växtskadegörare	3,6	2,2	2,6
Pollinering	1) Bekämpningsmedelsrester i yt-och grundvatten 2) Nyttodjur	4,0	5,0	5,0
Kväveeffektivitet	1) N-fixering 2) Näringsämnesutnyttjande	4,5	3,5	4,0
Detoxifiering	1) Bekämpningsmedelsrester i yt-och grundvatten 2) Nyttodjur	4,0	5,0	5,0
Nedbrytning av org. material	1) Skörd 2) Skörderester, rötter i mark och org. material 3) Nyttodjur 4) Bekämpningsmedelsrester i yt-och grundvatten	4,0	3,3	4,0
Kolinlagring	1) Skörd 2) Skörderester, rötter i mark och org. material 3) Nyttodjur 4) Bekämpningsmedelsrester i yt-och grundvatten	4,0	3,3	4,0
Biologisk kontroll	1) Bekämpningsmedelsrester 2) Nyttodjur	4,0	5,0	5,0
Miljöpåverkan	1) GHG 2) Utlakning 3) Utnyttjande av icke förnyelsebara resurser 4) Resistens	4,0	4,25	4,0
Upplevelsevärden	1) Markanspråk 2) Biologisk mångfald	4,0	3,0	3,5

Bilaga 2. Mall för beräkning av ekosystemtjänsterna. Exempel för beräkning av ekosystemtjänsten upplevelsevärden för KOM.

	Kopplade outputs	Gradering av output från tabell 6
Upplevelsevärden	1) skörd 2) biologisk mångfald	1) 4,0 2) 4,0
Ekvation	Summan av gradering för kopplade outputs/ antal kopplade outputs	
Beräkning av agroekologisk status	$(4,0 + 4,0)/2 = 4$	

Referenslista

Litteratur

- Ahnström, J. (2003). *Ekologiskt lantbruk och biologisk mångfald-en litteraturgenomgång*. Uppsala: Centrum för uthålligt lantbruk (CUL).
- Aronsson, A. & Wallman, M. (2012). *Kvantifiering av klimatcertifierings effekter - Växtodling*. Göteborg: SIK (SIK Uppdrag mars 2012). Tillgänglig: <http://www.klimatmarkningen.se/wp-content/uploads/2014/02/Kvantifiering-av-klimatcertifieringens-effekter---vaxtodling.pdf> [2016-04-16]
- Cederberg, C., Wallman, M., Berglund, M. & Gustavsson, J. (2011). *Klimatavtryck av ekologiska jordbruksprodukter*. Göteborg: SIK (SIK rapport nr 830 2011). Tillgänglig: <https://sverigesradio.se/diverse/appdata/isidor/files/3345/11175.pdf> [2016-04-13]
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. Lund: Studentlitteratur. s. 297- 303
- Fogelfors, H. (red) (2015). *Vår mat. Odling av åker- och trädgårdsgrödor. Biologi, förutsättningar och historia*. 1:1 uppl. Lund: Studentlitteratur AB. s. 67-79, 127, 527-529. 197-210, 238-243, 532
- Garnett, T. (2013). Three perspectives on sustainable food security: efficiency, demand, restraint, food system transformation. What role for life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, vol. 73, ss. 10-18.
- Gissén, C. & Larsson, I.,(red) (2008). *Miljömedvetna och uthålliga odlingsformer 1987-2005. Rapport från tredje växtföljdsomloppet 2000-2005 i de skånska odlings-systemförsöken*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.(Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Rapportserie 2008:1) Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/8682/3/gissen_et_al_120402.pdf [2016-03-23]

- Gosme, M. (2012). Local and neighborhood effects of organic and conventional wheat management on aphids, weeds and foliar diseases. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 161, ss. 121-129.
- ICROFS (2015). *Økologiens bidrag til samfundsgoder Vidensyntes 2015*. Danmark, Foulum: Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer-systemer (ICROFS). 2 utgåva, 1. Upplaga.
- Ivarsson, I., Hansson, E., Folkesson, Ö., Andersson, I.L., Gunarsson, A., Fogelfors, H. & Lundkvist, A. (2001) *Försök med konventionella och ekologiska odlingsformer 1987-1998*. Uppsala: Sveriges Lantbruks Universitet. Rapport från de första två växtföljdsomloppen 1987-1998. Nr 53.
- Kemikalieinspektionen (2011). *Kadmiumhalten måste minska- för folkhälsans skull. En riskbedömning av kadmium med mineralgödsel i fokus*. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. Rapport från ett regeringsuppdrag. Rapport 1/11. Tillgänglig: <http://www.kemi.se/global/rapporter/2011/rapport-1-11.pdf> [2016-04-16]
- Kirchmann, H., Kätterer, T., Bergström, L., Börjesson, G. & Bolinder, M.A. (2016). *Flaws and criteria for design and evaluation of comparative organic and conventional cropping systems*. *Field Crops Research* 186 (2016) s. 99-106.
- KRAV (2016). *Regler för KRAV-certifierad produktion 2016*. Uppl. 2016. Uppsala: KRAVS ekonomiska förening. s. 25-33, 73-99.
- Källander, I. (2005). *Ekologiskt lantbruk-odling och djurhållning*. Danmark: Natur och Kultur. s. 74-75, 154
- Lantmännen (2016). *Kort om vänligare vete med odlingskonceptet Klimat & Natur – Till SLU student Feb 2016*. Opublicerad sammanställning. Stockholm: Lantmännen.
- Naturvårdsverket (2015). *Guide för värdering av ekosystemtjänster*. Bromma: Naturvårdsverket. Rapport 6690. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6600/978-91-620-6690-1/>
- Niggli, U. (2014) *Sustainability of organic food production: innovations and challenges*. Switzerland, Frick: Research Institute of Organic Agriculture. *Proceedings of the nutrition society* (2015) 74, 83-88.
- Pedersen, R.T. (2015). *Starta eko-växtodling*. Stockholm: Jordbruksverket. JO15:6. (Broschyr) Tillgänglig: <http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jo156.html> [2016-02-15]
- Röös, E., Sundberg, C., Salomon, E. & Wivstad, M. (2013). *Ekologisk produktion och klimatpåverkan*. Uppsala: SLU, EPOK. Tillgänglig: <http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/epok/Publikationer/Eko-prod-o-klimatp-webb.pdf> [2016-05-07]

- SCB¹ (2015). *Ekologisk växtodling 2014- omställda arealer och arealer under omställning*. JO 13 SM 1501. Stockholm. Sveriges Officiella Statistik. JO-Jordbruk, skogsbruk och fiske.
- SCB² (2015). *Jordbruksmarkens användning 2014 slutgiltig statistik*. JO 10 SM 1501. Stockholm. Sveriges Officiella Statistik. JO-Jordbruk, skogsbruk och fiske.
- SCB (2014). *Gödselmedel i jordbruket 2012/2013. Mineral- och stallgödsel till olika grödor samt hantering och lagring av stallgödsel*. MI 30 SM 14 02, Statistiska Centralbyrån. MI 30 Gödselmedel och kalk i jordbruket. Tillgänglig: <http://www.scb.se/sv/ /Hitta-statistik/Publiceringskalender/Visa-detaljerad-information/?publobjid=22603+> [2016-04-07]
- SCB (2011). *Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010-användning i grödor*. Stefan Lundgren. MI 31 SM 1101. Tillgänglig: http://www.scb.se/statistik/MI/MI0502/2009I10/MI0502_2009I10_SM_MI31SM1101.pdf [2016-04-10]
- Shrestha, A. (2003). *Cropping systems. Trends and Advances*. Binghamton, NY: Food Production Press. Tillgänglig: https://books.google.se/books?id=Utf1hIH2insC&pg=PP10&lpg=PP10&dq=journal+of+crop+production+shrestha&source=bl&ots=xrPOGIcri&sig=27KISbZuETI161wXfPmCWD89Pys&hl=sv&sa=X&ved=0ahUKEwib1_HZldnLAhXJbZoKHQlnB6oQ6AEIGzAA#v=onepage&q&f=false [2016-03-25] s. 2-10.
- Shrestha, B.M., Singh, B.R., Forte, C & Certini, G. (2015). *Long-term effects of tillage, nutrient application and crop rotation on soil organic matter quality assessed by NMR spectroscopy*. British society of soil sciences; Journal soil use and management Vol.31(3) September 2015. p. 358-366
- Sigill (2011). *IP Sigill Spannmål och Oljeväxter – Standard för kvalitetssäkrad spannmåls- och oljeväxtproduktion med tillval klimatcertifiering*. Utgåva 2011:1. Stockholm: Sigill Kvalitetssystem AB. IP Sigill Standard.
- SJV (2006). *Miljöeffekter av träda och olika växtföljder -rapport från projektet CAP:s miljöeffekter*. Jönköping: Jordbruksverket i samarbete med naturvårdsverket och Riksentikvarieämbetet. RA06:4 Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra06_4.pdf [2016-04-13]
- Torstensson, G., Aronsson, H. & Bergström, L. (2006) *Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping systems in Sweden*. American society of agronomy publications: Agronomy Journal. Vol.99. No. 3 p. 603-615.
- Wivstad, M., Milestad, R. & Lunde, V. (2004). *Regelverk – möjligheter och hinder att uppnå målen för ekologiskt lantbruk*. Uppsala: Centrum för uthålligt lantbruk. s. 13-14, 17-19, 32-33

Wivstad, M., Salomon, E., Spångberg, J. & Jönsson, H. (2009). *Ekologisk produktion-
möjligheter att minska övergödning*. Uppsala. Centrum för uthålligt lantbruk, SLU.
s. 27-36.

Hemsidor

CKB (2015-04-28). *Tillståndet i sjöar och vattendrag*. Tillgänglig:

<http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-kemiska-bekämpningsmedel/information-om-bekämpningsmedel-i-miljon1/tillstandet-i-sjoar-och-vattendrag/> [2016-05-07]

Greppa Näringen¹ (2015-05-04). *Kalka för bättre markstruktur*. Tillgänglig:

<http://www.greppa.nu/atgarder/kalka-for-battre-markstruktur.html> [2016-05-07]

Greppa Näringen² (2015-04-15). *Övergödning*. Tillgänglig:

<http://www.greppa.nu/miljo-och-klimat/overgodning.html> [2016-05-07]

IFOAM¹. *Principles of organic agriculture*. Tillgänglig:

<http://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture> [2016-02-28]

IFOAM². *History*. Tillgänglig: <http://www.ifoam.bio/en/about-us/history> [2016-02-28]

KEMI (2015-01-16). *Regler för växtskyddsmedel*. Tillgänglig:

<http://www.kemi.se/hitta-direkt/lagar-och-regler/regler-for-vaxtskyddsmedel> [2016-04-14]

Klimatcertifiering för mat (2010-06-10). *3 av 4 vill välja mat med lägre klimatpåverkan*. Tillgänglig: <http://www.klimatmarkningen.se/3-av-4-vill-valja-mat-med-lagre-klimatpaverkan-1592> [2016-04-16].

Sigill (2014-09-15). *Spannmål och oljeväxter*. Tillgänglig: <http://sigill.se/IP-Certifiering/CERTIFIERADE-FORETAG/IP-CERTIFIERADE-FORETAG/CERTIFIERADE-FORETAG/Spannmal/> [2016-05-23]

Sigill (2015-01-28). *Vad är IP-certifiering*. Tillgänglig: <http://sigill.se/IP-STANDARD/CERTIFIERING-ENLIGT-IP/CERTIFIERING-ENLIGT-IP/VAD-AR-IP-CERTIFIERING/> [2016-05-23]

SJV (2015-10-02). *Ekologisk spannmålsodling*. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/vaxtodling/saharodlardu/spannmal.4.2399437f11fd570e6758000472.html> [2016-02-28]

SJV (utan år). *Integrerat växtskydd – IPM*. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/integreratvaxtskydd.4.765a35dc13f7d0bf7c42af0.html> [2016-05-08]

SJV¹ (2016-05-03). *Nyhetsbrev om priset på jordbruksprodukter mars*. Tillgänglig:
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/handelmarknad/allmantomhandelsoc-hjordbrukspolitik/nyhetsbrevomprisetpajordbruksprodukter.4.2e937121386c0f243f8000210.html>
[2016-04-13]

SJV² (2016-05-16). *Utsäde i ekologisk produktion*. Tillgänglig:
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoochklimat/ekologiskproduktion/reglerochcertifiering/utsade.4.7850716f11cd786b52d80001409.html> [2016-05-20]

