

# Litteraturstudie av miljöpåverkan från konventionellt och ekologiskt producerade livsmedel

*Fokus på studier utförda med livscykelanalysmetodik*

av Birgit Landquist, Maria Nordborg och Sara Hornborg

# Innehåll

Förord .....	3
Projektinformation .....	4
Sammanfattning.....	5
Bakgrund .....	8
Projektets mål och syfte.....	8
Avgränsningar.....	9
Del 1 – Sammanställning av svenska rapporter.....	10
Mål, omfattning och metod .....	10
Avgränsningar.....	10
Struktur .....	10
Att jämföra produktionssystem.....	11
Generellt för jordbruksproduktion.....	12
Jämförelser på produktnivå .....	16
Livsmedel från jordbruk .....	16
Mejeriprodukter – Klimat, energianvändning, resursanvändning, övergödning och försurning (2004) .....	16
Vegetabilier – Klimat, försurning, mark- och energianvändning (2005).....	16
Köttprodukter, mejerivaror och vegetabilier – klimat och övergödning (2006).....	17
Mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2006) .....	17
Kött, mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2008).....	17
Ägg – klimat (2009).....	18
Griskött – klimat (2009) .....	18
Mejerivaror och vegetabilier – klimat (2011).....	18
Gröna ärter – klimat (2012) .....	19
Fisk, kött, mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2012).....	19
Köttprodukter, mejerivaror och ägg – flera miljöaspekter (2013) .....	19
Kött mejerivaror och vegetabilier – klimat (2013) .....	20
Fisk och skaldjur.....	21
Intresseorganisationer .....	24
Diskussion del 1 .....	24
Referenser del 1 .....	28
Del 2 – Sammanställning av den vetenskapliga litteraturen .....	30
Mål, omfattning och metod .....	30
Avgränsningar.....	30
Metod.....	30
Livscykelanalys som metod.....	32

Globala och lokala miljöaspekter .....	34
Klimatpåverkan .....	35
Övergödning .....	36
Försurning.....	36
Ekotoxicitet.....	37
Energianvändning .....	38
Markanvändning .....	39
Resultat del 2.....	40
Kommentarer till tabell 3 med avseende på livsmedelsgrupper .....	42
Kommentarer till tabell 3 och tabell 4 med avseende på miljöaspekter .....	43
Andra aspekter .....	46
Skillnader i skördenivåer mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk....	46
Biologisk mångfald.....	47
Ekosystemtjänster .....	48
Användning av fosfor .....	49
Tidigare kunskapssammanställningar .....	51
Diskussion del 2.....	54
Referenser del 2.....	57

# Förord

Livsmedelsverket har uppdragit åt SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut att sammanställa litteratur som jämför miljöpåverkan från konventionellt och ekologiskt producerade livsmedel. Rapporten har författats av Birgit Landquist, Sara Hornborg och Maria Nordborg. Rapporten utgör ett underlag för Livsmedelsverkets arbete med att informera om livsmedelskedjans miljöpåverkan och i arbetet med att ta fram kostråd där matens miljöpåverkan ingår.

Sammanställningen omfattar främst studier där livscykelanalys använts. Livscykelanalys är ett av flera verktyg som kan användas för att uppskatta olika typer av potentiell miljöpåverkan hos varor och tjänster.

Rapporten visar på behov av studier där fler miljöaspekter än klimatpåverkan ingår samt fler studier av livsmedelskedjor. Författarna diskuterar även miljöparametrar som idag inte kan hanteras inom verktyget livscykelanalys såsom ekosystemtjänster. Detta har betydelse när konventionell och ekologisk produktion jämförs på samhälls- och systemnivå eller på produktnivå. Vid jämförelser är det viktigt att ta hänsyn till på vilket sätt de analyserade varornas livscyklar har avgränsats på olika sätt och om livscyklerna producerar likartade tjänster/varor.

Livsmedelsverket har inte tagit ställning till innehållet i rapporten. Författarna svarar ensamma för innehåll och slutsatser.

Livsmedelsverket maj 2016

## **Projektinformation**

Projekt påbörjat

7 januari 2015. Merparten av arbetet gjordes under våren 2015. Mindre korrigeringar gjordes under november-december 2015.

Granskad av

Christel Cederberg, Ulf Sonesson

Projektledare

Birgit Landquist

Projektgrupp

Birgit Landquist, Sara Hornborg, Maria Nordborg

Distributionslista

Livsmedelsverket

Nyckelord

Livsmedel, ekologisk produktion, konventionell produktion

# Sammanfattning

De nya kostråd som Livsmedelsverket publicerade i april 2015 tog även hänsyn till miljöaspekter, förutom närings- och hälsoaspekter. Den här rapporten sammanställer skillnaderna i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel och är ett kunskapsunderlag som Livsmedelsverket kan använda för att belysa frågan om det finns några livsmedelsgrupper där ekologiskt alternativt konventionellt bör lyftas fram. Arbetet har fokuserat på ett antal större livsmedelsgrupper och prioriterat studier som har använt livscykelanalys, LCA. Den senare är en miljösystemanalysmetod som kartlägger den potentiella miljöpåverkan en produkt ger upphov till under sin livscykel, från ”vaggan till graven” (eller en väl avgränsad del av livscykeln, till exempel primärproduktionen).

Projektet har genomförts i två delar. Del 1 består av en sammanställning av svenska rapporter från bland andra SIK och SLU, där skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel har studerats.

Del 2 består av en sammanställning av skillnader i miljöpåverkan (klimatpåverkan, övergödning, försurning, ekotoxicitet, energianvändning och markanvändning) mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel och baseras på kvantitativa data från 57 vetenskapligt publicerade studier. Samtliga resultat uttrycks i relation till kilo produkt (tabell 3 i rapporten). För miljöaspekter som är relevanta från ett lokalt eller regionalt miljöperspektiv (övergödning, försurning och ekotoxicitet), uttrycks resultaten även i relation till brukad areal (per hektar) (tabell 4 i rapporten).

Några miljöaspekter som det i dagsläget saknas LCA-metodik för diskuteras kortfattat, nämligen biologisk mångfald, ekosystemtjänster och användning av fosfor. Dessutom ges en kort översikt över de viktigaste resultaten från tre tidigare publicerade kunskapssammanställningar på området.

Resultatet från del 1 visar att det är svårt att göra rättvisa jämförelser på produktnivå mellan ekologisk och konventionell produktion eftersom växtföljder och produktionssystem oftast är olika och de båda systemen ofta inte producerar samma livsmedelsprodukter. Variationen mellan gårdar inom respektive system är ofta mycket stor och ibland större än mellan produktionssystemen. Resultaten beror också på om jämförelsen görs per hektar eller per kilo produkt. Om skörden är lägre kan en lägre miljöpåverkan per hektar innebära en högre påverkan per kilo produkt.

Rapporterna som har studerats i del 1 har delats upp i två kategorier. Den första kategorin är rapporter som behandlar hur olika odlingssystem inverkar på odlingslandskapet och på möjligheten att uppfylla de nationella miljökvalitetsmålen. Den faktor som oftast framkommer som positiv för den ekologiska odlingen är att kemiska växtskyddsmedel i princip inte används, vilket minskar risken för spridning av naturfrämmande ämnen i miljön. Strukturen på det ekologiska jordbruket är också positiv ur flera aspekter, till exempel för bevarande av biologisk mångfald och för det nationella miljökvalitetsmålet ”Ett rikt odlingslandskap”. Effekten av detta är störst i slättbygderna, i storskaliga landskap. När det gäller klimatpåverkan och övergödning framhålls inte ekologisk odling som bättre än konventionell.

Den andra kategorin rapporter i del 1 har jämfört livsmedel på produktnivå med hjälp av LCA och redovisar resultatet som miljöpåverkan per kilo eller liter produkt. Olika typer av kött, mejeriprodukter och vegetabilier har studerats. De flesta har producerats i Sverige men några är importerade, som banan och kaffe. Eftersom klimatfrågan har varit i fokus de senaste årtiondena finns det flest jämförelser med avseende på klimatavtryck, medan andra miljöaspekter som går att beräkna med LCA, till exempel övergödning, försurning, mark-, energi- och annan resursanvändning, endast ingår i några rapporter. För klimatavtrycket är de ekologiskt odlade produkterna i de flesta fall i nivå med de konventionellt odlade, eller bättre, medan de ekologiska produkterna är sämre än de konventionella när det gäller övergödande ämnen, med undantag för mejeriprodukter där de är bättre eller lika bra. Ett vanligt resultat från livscykelanalyser är att markanvändningen är högre för ekologisk produktion eftersom skördenivån oftast är lägre. I ekologisk odling används inte mineralgödsel, vilket innebär att förbrukningen av fosfor, som är en ändlig resurs, är lägre.

Resultaten från del 2 visar att med avseende på klimatpåverkan och energianvändning per kilo produkt är resultatet i huvudsak otydligt. I sex av nio livsmedelsgrupper går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. Med avseende på övergödningspotential i relation till kilo produkt är resultatet blandat. Med avseende på försurningspotential i relation till kilo produkt har konventionellt producerade livsmedel generellt sett en lägre påverkan. I relation till brukad areal har däremot ekologiska produkter i huvudsak både lägre övergödning- och försurningspotential. Dessa resultat ska tolkas med stor försiktighet och inte generaliseras på grund av att: 1) olika studier har använt olika analysmetoder med avseende på exempelvis systemgränser och allokering, 2) antalet studier är för få för att det ska gå att dra några säkra slutsatser, 3) orsakerna till de observerade skillnaderna är inte kända och 4) endast ett begränsat antal miljöaspekter har studerats.

Sammanställningen i del 2 visar även att ekologiskt producerade livsmedel generellt sett ger upphov till en lägre ekotoxisk miljöpåverkan, men i regel kräver mer mark än konventionellt producerade livsmedel. Dessa resultat betraktas däremot som tämligen säkra eftersom de stämmer överens med resultat från andra publicerade kunskapssammanställningar. Enligt de senare har ekologisk livsmedelsproduktion i genomsnitt cirka 20–25 procent lägre skördar än konventionell livsmedelsproduktion, främjar i de flesta fall den biologiska mångfalden mer, eller har en mindre skadlig effekt på den biologiska mångfalden än konventionellt jordbruk.

Baserat på sammanställningarna i del 1 och del 2 går det sammanfattningsvis inte att säga att det ena produktionssystemet är överlägset det andra från miljösynpunkt för någon livsmedelsgrupp, då miljöpåverkan jämförs i relation till kilo produkt. Det beror på att resultaten från olika studier pekar åt olika håll för enskilda miljöaspekter, eller att resultatet för olika miljöaspekter pekar åt olika håll för samma livsmedelsgrupp. Det kan också bero på att de båda systemen presterar likvärdigt.

I relation till brukad areal är resultatet däremot i huvudsak till det ekologiska jordbrukets fördel. Ekologiskt jordbruk presterar generellt sett bättre än konventionellt jordbruk från ett lokalt och regionalt miljöperspektiv, men det har inte nödvändigtvis en lägre miljöpåverkan per producerad enhet.

Båda perspektiven är relevanta och ger kompletterande information. Vilket perspektiv som är mest relevant i en given situation beror på vilken eller vilka miljöaspekter som prioriteras, samt på de lokala och regionala förhållanden där livsmedelsproduktionen sker, exempelvis tillgången på mark och den bakomliggande miljöbelastningen. För att kunna ta ställning till om en ekologisk produkt är fördelaktig från miljösynpunkt måste målbilden vara bestämd samt vilka miljömål som ska prioriteras. Till detta kommer alla övriga aspekter som kan ha betydelse, som till exempel djurvälstånd, sociala aspekter, arbetstillfällen, risker vid hantering av växtskyddsmedel och risken för resthalter av dessa i livsmedel.



# Bakgrund

Under 2014 inledde Livsmedelsverket ett arbete med att se över de generella kostråden. I december 2014 skickades en första version på öppen konsultation, och de slutliga råden publicerades i april 2015. Utgångspunkten för de nya kostråden är näringsaspekter och bra matvanor ur ett hälsoperspektiv, och dessutom beaktas miljöaspekter.

Rent generellt kan man säga att miljöaspekter kan vara relaterade till hur måltiden sätts samman och vilka livsmedelsprodukter man väljer, eller hur stort matsvinnet är i livsmedelskedjan. Miljöaspekter kan även handla om hur livsmedlet har odlats, eller vilka fiskemetoder som använts. För det sistnämnda alternativet finns idag olika miljömärkningar som gör att konsumenten kan göra ett aktivt val, till exempel ekologiska livsmedel märkta med KRAV eller EU-ekologiskt.

## Projektets mål och syfte

Livsmedelsverket vände sig genom Anna-Karin Johansson till SP Food and Bioscience (före detta SIK – Institutet för Livsmedel och Bioteknik) för att få hjälp med framtagande av ett kunskapsunderlag som belyser frågan om miljöpåverkan från ekologiskt resp. konventionellt producerade livsmedel och om det finns några livsmedelsgrupper där ekologiskt alternativt konventionellt bör lyftas fram eller om det inte finns några sådana klara skillnader. Projektet påbörjades i januari 2015 och merparten av arbetet gjordes under våren 2015. Mindre korrigeringar gjordes under november-december 2015.

Del 1 i projektet består av en genomgång av relevanta rapporter som tidigare publicerats av bland annat SIK och SLU. Dessutom presenteras påstående/ställningstaganden från Naturskyddsföreningen och WWF. Författare till denna del är Birgit Landquist och Sara Hornborg.

Del 2 i projektet består av en studie av den vetenskapliga litteraturen för att kartlägga den senaste kunskapen inom området både internationellt och nationellt. Studien fokuserar på jämförelser där livscykelanalysmetodik (LCA-metodik) har använts. Viktiga miljöaspekter är klimatpåverkan, övergödning, försurning, energi-användning och markanvändning. Denna litteraturstudie är genomförd och sammanställd av Maria Nordborg och Sara Hornborg.

## Avgränsningar

Följande aspekter ingår inte i denna sammanställning:

- Långsiktiga aspekter, till exempel omställning från konventionell till ekologisk produktion.
- Näringsinnehåll i livsmedel.
- Bekämpningsmedelsrester i livsmedel.
- Humantoxicitet, till exempel effekter av hantering av växtskyddsmedel.
- Djurvälfärd.
- Global tillgång på livsmedel.
- Produktionsmetoder i livsmedelsindustrin.
- Sociala aspekter.

Vidare exkluderas livsmedelsgrupper och livsmedel som inte är relevanta ur ett svenskt konsumtionsperspektiv, till exempel livsmedel med låg eller obetydlig konsumtion i Sverige.

Denna rapport är inte en fullständig sammanställning av den publicerade litteraturen inom området. Prioriteringar har gjorts med hänsyn till studiernas vetenskapliga kvalitet, och relevans. Endast ett begränsat antal databaser har genom sökts för vetenskapligt publicerade artiklar

Det ingår inte i denna sammanställning att förklara orsaken till observerade skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel, även om en del sådana förklaringar citeras från andra rapporter. Det ingår inte heller att baserat på denna sammanställning formulera konkreta kostråd, eller rekommendationer om kostråd.

# Del 1

## – Sammanställning av svenska rapporter

### Mål, omfattning och metod

Denna studie omfattar svenska rapporter som publicerats av bland annat SIK, SLU och myndigheter och där jämförelser mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel har gjorts. Rapporterna har hämtats via sökningar på Internet samt respektive organisations hemsida. Fokus låg på redan publicerade sammanställningar av jämförelser och på miljöaspekter som uppstår i primärproduktionen, det vill säga lantbruk, djurhållning, fiskodling och fiske.

### Avgränsningar

För avgränsningar hänvisas till text i inledningen av rapporten.

### Struktur

Först redogörs för några olika metoder att jämföra olika produktionssystem. Därefter sammanfattas de slutsatser från rapporter som framkommit vid genomgången. Under rubriken ”Generellt för jordbruksproduktion” sammanfattas de rapporter som mer generellt diskuterar hur de produktionsmetoder som karakteriserar det ekologiska jordbruket, till exempel den lägre eller obefintliga användningen av växtskyddsmedel, eller den annorlunda strukturen avseende animalieproduktion, påverkar till exempel odlingslandskap, biologisk mångfald och de nationella miljömålen. Efter det följer ett avsnitt som sammanfattar ett antal rapporter där försök gjorts att jämföra olika livsmedelsprodukter från jordbruket mer specifikt, ofta med hjälp av livscykelanalysmetodik. Rapporterna har sorterats i tidsordning, med den äldsta först. Många gånger hänvisar efterföljande rapporter till någon eller några av de föregående och bygger sina slutsatser på dem. Fisk och skaldjur behandlas i ett eget avsnitt.

## Att jämföra produktionssystem

Det finns olika möjligheter att göra jämförelser mellan ekologisk och konventionell produktion beroende på vilket syfte man har med sin analys (Jordbruksverket, 2004). Några av dessa är:

- Ett sätt är att jämföra miljönyttan från markanvändningen före och efter omläggning till ekologisk produktion och vilka effekter detta får lokalt. Då tas ingen hänsyn till produktionen från marken, det vill säga mängd och typ av livsmedel som produceras.
- Ett andra sätt är att undersöka vilken miljöpåverkan ett livsmedel har per liter eller kg produkt. Det ger ett mått på vilken skillnad i miljöpåverkan det specifika valet av produkt har för en konsument. I en sådan jämförelse väljer man systemgränser, till exempel kan man välja om man inkluderar miljöpåverkan från produktion av insatsvaror som mineralgödsel och maskiner eller inte. För att kunna göra en riktig jämförelse mellan två sådana studier måste man därför försäkra sig om att systemgränser och andra antaganden är desamma.
- Ett tredje sätt är att jämföra miljöpåverkan från ekologisk och konventionell odling av samma gröda på jämförbara fält för att undersöka den platsspecifika miljöpåverkan från den brukade arealen per hektar. Men jordbruksproduktion går inte till så i praktiken, en gröda odlas i växtföljder tillsammans med andra grödor och ofta i kombination med djurproduktion.
- Ett fjärde sätt är därför att studera en hel växtföljd eller hela årsproduktionen från en gård.

Den första typen av jämförelser blir komplex eftersom omläggning till ekologisk odling ofta medför att omfattningen och typ av odlade grödor liksom djurproduktionen ändras. Det är troligen så att det inte är samma typ och mängd av produkter som kommer från de båda systemen före och efter omläggning.

För den andra typen av jämförelser används ofta LCA-metodik. I del två av denna rapport finns en mer utförlig beskrivning av LCA. Det finns många beräkningar av klimatavtryck per kg livsmedel och det går att göra motsvarande för annan miljöpåverkan, till exempel övergödning. LCA-metodiken har dock sina begränsningar, exempelvis finns det inga allmänt vedertagna metoder för att mäta påverkan på biologisk mångfald eller alla aspekter av toxicitet även om det finns metoder under utveckling. De använda modellerna har dessutom sina begränsningar i att fånga mindre skillnader i till exempel strategier för kvävegödsling eller om miljöpåverkan sker i mer eller mindre känsliga områden. LCA-metodiken har även använts för att studera hela växtföljders och gårdars produktion som i punkt tre och fyra ovan.

Då tar man exempelvis hänsyn till att ekologisk odling ofta kräver fleråriga vallar i växtföljden för att bekämpa ogräs. Produkterna från de system som jämförs är då inte alltid desamma, vilket också försvårar jämförelsen.

En annan komplikation som ger osäkerheter vid kvantitativa jämförelser är osäkerheter i mätdata, till exempel skördenivåer och beräkningsmodeller (Cederberg et al., 2011).

En ytterligare komplexitet när det gäller miljöpåverkan är att det finns många olika miljöaspekter att beakta och att det ibland uppstår målkonflikter. På senare år har klimatfrågan varit i fokus och många analyser har gjorts för att beräkna klimatavtrycket av olika livsmedelsprodukter. Men produktionen av livsmedel har stor betydelse även för exempelvis övergödning, spridning av kemikalier i miljön, biologisk mångfald samt energi- och markanvändning. Det som gör det komplext är att en åtgärd eller en produktionsform som är positiv för en miljöaspekt inte alltid är lika positiv för en annan miljöaspekt, den kan till och med vara negativ.

## **Generellt för jordbruksproduktion**

I Jordbruksverkets rapport Mål för ekologisk produktion 2010 (Jordbruksverket, 2004) analyserades påverkan på miljö och djurvälstånd från ekologisk och konventionell produktion. Fokus låg på att jämföra miljöpåverkan från de två odlingsystemen per hektar odlad mark medan miljöpåverkan per kg produkt inte studerades specifikt. Därför gavs inga svar avseende hur konsumenten kan välja produkter med mindre miljöpåverkan. Jordbruksverket konstaterar att det är stora skillnader i produktionsmetoder inom både konventionellt och ekologiskt lantbruk, och drar slutsatsen att det ändå är generellt fördelaktigt med ekologisk produktion ur miljösynpunkt. Eftersom kemiska växtskyddsmedel inte används i det ekologiska jordbruket bidrar det till att uppfylla miljö kvalitetsmålen ”Ett rikt odlingslandskap” och ”Giftfri miljö”.

Störst effekt fås om ekologisk odling sker i slättbygdsområden där användningen av växtskyddsmedel oftast är som högst. För miljö kvalitetsmålen ”Ingen övergödning” och ”Begränsad klimatpåverkan” dras inga generella slutsatser om skillnader mellan produktionssystemen, och för det sistnämnda miljö kvalitetsmålet (klimat) efterlyses mer kunskapsunderlag. Målen ”Grundvatten av god kvalitet” och ”Levande sjöar och vattendrag” påverkas av samma faktorer som ”Giftfri miljö” och ”Ingen övergödning”.

Jordbruksverket föreslog att om statliga mål för ekologisk odling ska inrättas bör syftet med dem vara att få till stånd ökad omläggning till ekologisk produktion av

- konventionell produktion som bedrivs med hjälp av stor användning av kemiska växtskyddsmedel
- produktion med hög djurtäthet
- nötkreatursföretag med spannmålsodling
- företag med slaktsvin eller slaktkyckling
- produktion med ensidig växtodling
- fortsatt omläggning av övriga inriktningar.

2006 publicerade Konsumentföreningen Stockholm en rapport där miljöpåverkan från svenska ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel studerades (Nilsson, 2006). Rapporten var en litteraturstudie sammanställd av SIK. Man konstaterade att ekologisk produktion främjar det nationella miljö kvalitetsmålet ”Giftfri miljö” eftersom inga kemiska växtskyddsmedel används. Vad gäller övergödning räknat per hektar är den ofta lägre för ekologiska gårdar jämfört med konventionella, men det har betydelse för effekten var gården ligger eftersom övergödning är en delvis lokal påverkan. Skördenivån är ofta lägre i ekologisk produktion, vilket gör att det krävs större arealer och därför blir till exempel övergödningen per kg livsmedel ofta högre för ekologiska livsmedel jämfört med konventionella. Energianvändningen per kg produkt är oftast lägre för ekologisk produktion jämfört med konventionell, och det är energiåtgången för produktion av mineralgödsel som ger upphov till skillnaden.

I en litteraturstudie sammanställd med syftet att belysa kunskapsläget för det ekologiska jordbrukets relation till de nationella miljömålen visade det sig att det fanns ett samband mellan jordbruk och fjorton av de sexton miljö kvalitetsmålen (Nilsson, 2007). För elva av dessa fjorton mål fanns studier som antingen visade på att själva den ekologiska produktionsformen, eller de strukturella skillnader som den ger upphov till, har betydelse för hur snabbt jordbruket kan uppfylla miljö kvalitetsmålen. Växtskyddsmedel, mineralgödsel-medel samt växtföljden var de faktorer för vilka man hittade flest studier som hade betydelse. Varje miljö kvalitetsmål studerades separat och målkonflikter diskuterades men utan djupare analys av hur olika miljö kvalitetsmål ska värderas i förhållande till varandra. Ingen samlad bedömning gjordes om ekologiskt jordbruk är en verktyg för att uppnå miljö kvalitetsmålen. Wivstad et al. (2009) studerade hur ekologisk odling påverkar miljö kvalitetsmålet ”Ingen övergödning” genom att bland annat använda odlingsdata och växtnäringsbalanser i Greppa Näringens databas från knappt

300 ekologiska och ca 3 300 konventionella gårdar framförallt i södra Sverige. För det första konstaterade författarna att det finns en stor risk för växt-näringsöverskott på animaliegårdar som inte producerar sitt eget foder utan köper det från växtodlingsgårdar. På den ekologiska djurgården produceras en stor del av fodret på gården och foderinköpen är därmed ofta lägre jämfört med en konventionell gård. Baserat på uppgifter i litteraturen samt gårdarnas odlingssystem, gödslingsstrategier och växtnäringsbalanser drog man slutsatsen att ekologisk produktion ger mindre risk för övergödning jämfört med konventionell. Kväve-överskottet per hektar på både växtodlings-, kött- och mjölkgårdar var lägre vid ekologisk produktion, och fosforöverskottet var också lägre på kött- och mjölk-gårdar. Däremot var fosforöverskottet högre på ekologiska växtodlingsgårdar, vilket förklarades med att dessa numera har möjligheten att köpa in fosforrika gödselmedel godkända för ekologisk odling.

2012 tog Jordbruksverket fram ett underlag för att beskriva jordbrukets roll för minskningen av utsläppen av växthusgaser till 2050 (Jordbruksverket, 2012). Eftersom man inte med fakta kunde belägga att det finns någon genomgående skillnad i klimatpåverkan från ekologiskt resp. konventionellt jordbruk, valde man att inte skilja på de två produktionssystemen. Att mineralgödselkväve inte används i det ekologiska jordbruket bedömdes i och för sig ge lägre utsläpp av växthus-gaser, men de generellt lägre skördarna i ekologisk odling utjämnade skillnaderna.

I en annan rapport där Jordbruksverket belyser hållbar köttkonsumtion konstaterar man att skillnaderna mellan enskilda gårdar ofta är större än skillnaderna mellan ekologiskt och konventionellt (Jordbruksverket, 2013). Konventionellt ger i genom-snitt högre skördar per hektar, vilket i sig är positivt för miljöpåverkan per kg pro-dukt, men det avgörande på systemnivå är hur man använder den mark som frigörs vid större skördar. Man lyfter också frågan att det finns för lite kunskap om vilken betydelse det har för klimatutsläppen att syntetiska aminosyror, som används i konventionellt gris- och kycklingfoder, inte är tillåtna i ekologisk produkt-ion. Detta innebär att proteinfodret inte utnyttjas lika effektivt, vilket ger effekter både i foderproduktionen eftersom mer proteinfoder behövs, och i gödselhantering-en, där högre kvävehalter i gödseln innebär ökad risk för läckage och ammoniakav-gång. Man ger inte någon rekommendation kring ekologisk kontra konventionell produktion, däremot förs ett resonemang om att olika produktionsmetoder, till ex-empel att långsam uppfödning av djur utomhus i många fall innebär större utsläpp per kg produkt än intensiv produktion inomhus. Dock finns här en målkonflikt mel-lan klimatpåverkan och andra viktiga aspekter, till exempel djurvälstånd. Det gör det svårt att generalisera och exempelvis säga att en intensiv produktion alltid är bra. Även för växtnäringsläckage och användning av växtskyddsmedel kan olika pro-duktionsmetoder innebära skillnader.

Slutsatsen blir att det behövs åtgärder för att stimulera mer hållbara produktionsmetoder, dock är detta inte definierat som ekologiska metoder. Winqvist (2013) konstaterar att ekologiskt lantbruk gynnar den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet, och effekten är störst i storskaliga landskap, det vill säga i slättlandskap där fälten är stora och variationen liten. I de småskaliga landskapen är skillnaden avseende art- och individrikedom liten då man jämför ekologiskt och konventionellt jordbruk. Faktorer som gynnas av ekologisk odling, och även av ett småskaligt landskap, är insektspollinerande ettåriga arter, markfaunan, vissa fågelarter och vilda pollinerare. Ett varierande landskap med stor andel naturliga miljöer som fältkanter, åkerholmar och skogsridåer är positivt för den biologiska mångfalden.

I en litteraturstudie utförd av SIK på uppdrag av Livsmedelsverket (Wallman et al., 2013) belystes miljöpåverkan från produktion av kött, mjölk och ägg som konsumeras i Sverige. Utgångspunkten var att beskriva miljöpåverkan på de nationella miljökvalitetsmålen "Begränsad klimatpåverkan", "Giftfri miljö", "Ingen övergödning", "Ett rikt odlingslandskap" samt "Ett rikt växt- och djurliv". För miljökvalitetsmålet "Giftfri miljö" konstaterades att en övergång från konventionell till ekologisk produktion skulle bidra till att uppfylla målet. För miljökvalitetsmålen "Ett rikt odlingslandskap" och "Ett rikt växt- och djurliv" bedömdes ekologisk och konventionell produktion ha likartade effekter på de båda målen när det gäller de positiva aspekterna, medan ekologisk produktion inte bidrar till negativa aspekter eftersom pesticider inte används. Ekologisk produktion under svenska och västeuropeiska förhållanden kräver större markanvändning än motsvarande konventionell produktion. Författarna gjorde ingen samlad prioritering av produkter eller produktionssystem, dels beroende på att effekterna på olika miljökvalitetsmål ur vetenskaplig synpunkt inte bör eller kan vägas mot varandra, dels för att det finns aspekter som studien inte omfattade, till exempel djurvälstånd.

Utsläpp av kväve från marken orsakar både övergödning och klimatpåverkan. Risker för utsläpp av växthusgasen lustgas hänger till stor del ihop med kväveeffektiviteten (kg bortfört kväve per kg tillfört kväve). Jämfört med konventionella system ligger kväveeffektiviteten för ekologiska mjölkgårdar på samma nivå, medan den på växtodlingsgårdar är lägre på ekologiska jämfört med (Hoffman et al., 2014). Risker för övergödning är kopplat till kväveöverskottet (tillfört kväve till gården minus bortfört kväve med produkter), och ekologiska gårdar har generellt lägre kväveöverskott per hektar jämfört med konventionella, medan det per kg produkt inte är någon skillnad. Man konstaterade att det inte går att generalisera vad gäller skillnaden mellan ekologisk och konventionell jordbruksproduktion avseende övergödning.



## Jämförelser på produktivå

### Livsmedel från jordbruk

#### **Mejeriprodukter – Klimat, energianvändning, resursanvändning, övergödning och försurning (2004)**

Cederberg och Flysjö (2004) gjorde en livscykelanalys av 23 mjölkgårdar (varav sex med ekologisk produktion) i sydvästra Sverige. Resultatet visade att i genomsnitt var användningen av energi, fosfor och kalium lägre för de ekologiska gårdarna medan användningen av mark var större. Variationen i klimatavtryck mellan gårdarna var stor, och det fanns ingen skillnad i klimatavtryck per kg mjölk mellan de olika produktionssystemen. Utsläppen av försurande och övergödande ämnen var lägst från den konventionella gruppen räknat per kg mjölk, men räknat per hektar var de lägst i den ekologiska gruppen.

#### **Vegetabilier – Klimat, försurning, mark- och energianvändning (2005)**

I en fallstudie där fokus var att studera risker med användning av kemiska växtskyddsmedel jämfördes nuläget på bland annat en växtodlingsgård med ett scenario där gården lades om till ekologisk produktion (Cederberg et al., 2005). Eftersom det var ett scenario kunde inte data hämtas från gårdar i drift, istället modellerade man data baserat på tillgänglig kunskap. För grödorna i växtföljden i de båda odlingsystemen gjordes en del antaganden avseende bland annat skördenivåer, ogrästryck, ogrärensning och användning av stallgödsel. Med hjälp av LCA-metoder beräknades indikatorer för fyra olika miljöaspekter för bland annat matpotatis, pasternacka, höstvetete, vårvete och havre/korn. För samtliga dessa grödor krävdes större areal för det ekologiska alternativet vilket förklarades av lägre skördar. Per kg produkt var utsläppen av kväveoxider (som orsakar försurning och främst kommer från användning av diesel) högre för det ekologiska alternativet, utom för havre, där utsläppen var i samma nivå som det konventionella. För matpotatis var även energianvändningen och utsläppen av växthusgaser, båda per kg produkt, högre i det ekologiska alternativet, vilket berodde på en lägre skördenivå. För höst- och vårvete var energianvändningen och utsläppen av växthusgaser per kg produkt lägre i det ekologiska vilket berodde på att mineralgödsel, som kräver mycket energi vid tillverkningen, inte användes, medan för havre var utsläppen av växthusgaser per kg produkt högre för det ekologiska alternativet vilket förklarades av att förbrukningen av energi och kvävegödsel i den konventionella odlingen var låg.

### **Köttprodukter, mejerivaror och vegetabilier – klimat och övergödning (2006)**

I den rapport som publicerades av Konsumentföreningen Stockholm och som nämnts tidigare, studerades även klimatavtryck och övergödning för de enskilda livsmedelsprodukterna mellanmjölk, potatis, morötter, vetemjöl, nötkött, fläskkött, sockerbetor och palsternacka (Nilsson, 2006). Rapporten var en litteraturstudie, och hänvisade bland annat till Cederberg et al., 2005. Det ekologiska alternativet bedömdes som lika bra som eller bättre än det konventionella för samtliga produkter avseende klimatpåverkan och lika bra eller sämre avseende övergödning. Slutsatsen var att för ingen av de studerade produkterna kunde det ekologiska alternativet framhävas som bättre än det konventionella då hänsyn togs till de två studerade miljöeffekterna.

### **Mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2006)**

I en rapport publicerad av SIK på uppdrag av Västra Götalandsregionen (Florén et al., 2006) jämfördes ekologiskt och konventionellt producerade alternativ av följande livsmedel: Mellanmjölk, kaffe, bananer och vetemjöl. Studien var en litteraturstudie och för samtliga livsmedel kunde jämförelsen göras för användning av växtskyddsmedel, erosion och jordens bördighet samt biologisk mångfald. För mellanmjölk och vetemjöl gjordes jämförelsen dessutom för energiförbrukning, övergödning, växthuseffekt och försurning. Ekologisk mellanmjölk var bättre än konventionell vad gäller energiförbrukning, spridning av kemiska ämnen i miljön, erosion och markens bördighet samt biologisk mångfald, medan ingen skillnad kunde ses i växthuseffekt, övergödning eller försurning. Den sammanfattande slutsatsen var att det ekologiska alternativet var bättre för mellanmjölk, kaffe och bananer för de miljöaspekter som studerades, medan det för vetemjöl inte gick att avgöra vilket produktionssystem som orsakade minst miljöpåverkan.

### **Kött, mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2008)**

2008 publicerades rapporten På Väg mot miljöanpassade kostråd i Livsmedelsverkets rapportserie, (Lagerberg Fogelberg, 2008). I rapporten, som var en litteraturstudie, redogörs för hur den svenska konsumenten kan konsumera livsmedel på ett mer miljöanpassat sätt, främst i relation till fyra av de nationella miljökvalitetsmålen; ”Begränsad klimatpåverkan”, ”Giftfri miljö”, ”Ett rikt odlingslandskap” och ”Ett rikt växt- och djurliv”. För animaliska livsmedel omfattades även målet ”Ingen övergödning”. Följande livsmedelsgrupper diskuteras i rapporten: Frukt och grönsaker, spannmål, ris och potatis, baljväxter, kött och mejerivaror, matfett och flaskvatten. Livsmedel som godis, läsk, glass, bakverk, snacks och alkoholhaltiga drycker ingick inte i studien. Ägg ingick inte på grund av bristande dataunderlag. Som underlag har bland annat de rapporter som har sammanfattats i föregående

avsnitt använts, och dessutom en del andra studier publicerade före 2008. I rapportens sammanfattning finns en enda rekommendation som berör ekologiska livsmedel. Det är för produktgruppen Frukt och grönsaker där man drar slutsatsen att andelen ekologiskt producerade grönsaker och frukter bör öka. I själva rapporttexten framgår det att detta gäller i synnerhet importerade produkter som bananer, citrus och vindruvor, och att konsumtionen av dessa importerade frukter även bör ersättas av inhemskt producerad frukt (produktionsinriktningen för den inhemska produktionen är inte specificerad). I den sammanfattande texten nämns också att det vore önskvärt att välja ekologiska oljor och fetter, men det finns inte med i den slutliga punktlistan. Ur bakgrundsmaterialet framgår att denna rekommendation grundar sig enbart på att uppfylla miljö kvalitetsmålet ”Giftfri miljö”. För övriga studerade livsmedel ges ingen rekommendation att ekologiska livsmedel bör väljas framför konventionella, även om flera positiva effekter nämns, till exempel att målet om ”Giftfri miljö” och ett ”Rikt odlingslandskap” kan gynnas av ökad ekologisk produktion av till exempel spannmål och animalier.

### **Ägg – klimat (2009)**

I en SIK-rapport från 2009 (Carlsson, 2009a) konstateras att avseende utsläpp av växthusgaser är det ingen skillnad mellan ekologiska och konventionella ägg. Däremot kräver ekologiska ägg mindre energi och använder mindre pesticider, samtidigt som de orsakar högre utsläpp av försurande och övergödande ämnen samt kräver större areal odlingsmark än konventionella ägg.

### **Griskött – klimat (2009)**

I en annan SIK-rapport från 2009 (Carlsson, 2009b) studerades ekologisk grisproduktion. Per kg produkt var utsläppen av växthusgaser, påverkan på övergödning och försurning i samma storleksordning som för konventionellt griskött. För ekologiskt griskött var markanvändningen större, främst eftersom grisarna måste ha tillgång till utevistelse i detta produktionssystem, men även att större areal krävdes för att odla det ekologiska fodret på grund av lägre skördenivå.

### **Mejerivaror och vegetabilier – klimat (2011)**

Cederberg et al. (2011), studerade klimatavtrycket från ekologisk jordbruksproduktion i Sverige och konstaterade att det är komplicerat att beräkna klimatavtryck för ekologisk odling. Växtföljderna är anpassade för att förebygga ogräsproblem och tillgodose växtnärsbehov genom vallodling, som inte är så vanligt förekommande på konventionella växtodlingsgårdar. I konventionell odling kan man studera gröda för gröda i ett ettårsperspektiv, medan man i den ekologiska måste se till

hela växtföljden. Författarna konstaterar att klimatavtrycket för ekologisk spannmål jämfört med konventionell framförallt påverkas av skördenivå och strategier för kvävegödsling, och det går inte att bedöma om det är någon generell skillnad i klimatavtryck mellan systemen. Klimatavtrycket för ekologiska oljeväxter, åkerbönor och ärter är i samma nivå som konventionell odling. För mjölk konstateras att det inte är någon skillnad i klimatavtryck mellan odlingssystemen.

### **Gröna ärter – klimat (2012)**

Landquist (2012), beräknade på uppdrag av Findus klimatavtrycket från ekologisk resp. IP-odlade gröna ärter (IP = integrerad produktion) och fann att klimatavtrycket för ekologiskt odlade ärter var cirka 40 procent högre jämfört med IP-odlade. Ärtor är en kvävefixerande växt, och kräver därför ingen kvävegödsling, vare sig i ekologisk eller konventionell odling. Skördenivån i odling av ekologiska ärter var i genomsnitt cirka 70 procent av skördenivån i konventionell ärtodling, vilket förklarar i princip hela skillnaden i klimatavtryck per kg. Vid samma skördenivå hade klimatavtrycket varit detsamma för ärter från den två odlingssystemen.

### **Fisk, kött, mejerivaror och vegetabilier – flera miljöaspekter (2012)**

2012 genomförde SIK ett projekt på uppdrag av bland annat Västra Götalandsregionen och Göteborgs stad ett projekt med målet att ta fram en ”topplista” för ekologiska produkter (Florén et al., 2012). Produkterna skulle vara rankade utifrån största möjliga miljönytta för den offentliga sektorn för att kunna nå det mål om 25 procent ekologiskt som man hade satt upp. Förutom miljönyttan vägdes även andra faktorer in såsom volym och tillgång (för att nå upp till volymmålet) samt pris. Ett 20-tal potentiella ekologiska produkter valdes ut med hjälp av statistik på inköpta produkter från Göteborgs Stad. Miljönyttan avgjordes genom diskussioner i en expertgrupp samt litteraturstudier. Författarna konstaterade att det inte fanns tillräckligt faktaunderlag i form av jämförelser av miljöpåverkan mellan ekologiska och konventionella livsmedel, och därför baserades mycket av bedömningen på generell erfarenhet och kunskap om jordbruksproduktion samt med inriktningen att målet om 25 procent ekologiska livsmedel skulle uppnås. Prioriteringen (Tabell 1) skulle därför inte tolkas som absolut, men ger en indikation om vilka produkter som är viktiga för aktörer som har satt ett mål för andel ekologiska inköp.

### **Köttprodukter, mejerivaror och ägg – flera miljöaspekter (2013)**

I en litteraturstudie som Wallman et al. gjorde på uppdrag av Livsmedelsverket (Wallman et al., 2013) konstaterades att avseende utsläpp av växthusgaser och övergödning per kg produkt kunde inga systematiska skillnader konstateras mellan

ekologisk och konventionell produktion av de olika animalieprodukterna. De animalieprodukter som studerades var kött från nöt, gris, fågel och lamm samt mejeriprodukter och ägg. Ett förslag på tänkbara konsumentprioriteringar togs fram, och vad gäller ekologiskt producerade animalieprodukter föreslogs att om man som konsument vill undvika spridning av kemikalier ska man välja ekologiskt. Men om man som konsument prioriterar klimatfrågan ska man istället minska konsumtionen av animalieprodukter eller välja kött med lägre klimatpåverkan. För övergödning rekommenderades också att minska köttkonsumtionen och/eller välja animalieprodukter från gårdar som deltar i program för att minska växtnäringsförlusterna, till exempel Greppa Näringen. Det sistnämnda kommenterades speciellt, eftersom det är svårt, om inte omöjligt för konsumenten att utläsa detta i en butik. Men man ville ändå lyfta fram gårdar som kommit långt vad gäller effektiv växtnäringsanvändning.

### **Kött mejerivaror och vegetabilier – klimat (2013)**

Röös et al., 2013 gjorde en sammanställning av kunskapsläge och forskningsbehov för ekologisk produktion och klimatpåverkan. För vegetabilier konstateras att eftersom den ekologiska produktionen inte använder mineralgödsel undviks utsläpp av växthusgaser vid produktion av mineralgödseln, men denna fördel kan inte alltid kompenseras eftersom den ekologiska produktionen ofta har lägre skördar. Författarna konstaterar också att eftersom vegetabilier har låga utsläpp per kg produkt jämfört med animaliska produkter och står för en mindre andel av klimatavtrycket från våra livsmedel, är en eventuell skillnad i klimatpåverkan beroende på odlingssystem av mindre betydelse. För animaliska produkter konstaterar författarna att det inte går att generellt avgöra om ekologisk produktion har lägre klimatavtryck per kg produkt än den konventionella. Variationerna mellan enskilda gårdar är ofta lika stora som eventuella skillnader mellan ekologisk och konventionell produktion.

Tabell 1. Lista på ekologiska produkter rangordnad utifrån volym, merkostnad, tillgång och miljönytta (förenklad från Florén et al., 2012).

	Livsmedel	Främsta miljöargument för att välja ekologiskt
1	Sej, sill, hoki, torsk	Tar hänsyn till bestånd, samt fångstmetodens effekter på omgivande ekosystem
2	Banan	Konventionella bananer är kraftigt besprutade
3	Kaffe	Konventionella kaffeböner är kraftigt besprutade
4	Mjök	Ekologiskt kraftfoder vilket gynnar biologisk mångfald och minskar användningen av växtskyddsmedel Ekologiskt och stor andel grovfoder är klimatsmart och bidrar till bördighet och biologisk mångfald. Stor andel av fodret odlas på den egna gården underlättar hushållning med näringsämnen
5	Fil och yoghurt	Se mjök
6	Havregryn	Ekologisk produktion av spannmål ger samma eller lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med konventionell. Främsta orsaken att man inte använder mineralgödsel inom ekologisk odling. Ingen mineralgödsel – man sparar det ändliga ämnet fosfor
7	Vetemjöl	Se havregryn
8	Pannkaka	Se mjök, ägg och vetemjöl
9	Morötter	Ingen mineralgödsel vilket bidrar till lägre utsläpp av växthusgaser och man sparar det ändliga ämnet fosfor. Restriktioner vad gäller växtskyddsmedel gynnar biologisk mångfald
10	Vitkål	Se morötter
11	Grädd, crème fr.	Se mjök
12	Ägg	Ekologiskt kraftfoder vilket gynnar biologisk mångfald och minskar användningen av växtskyddsmedel Stor andel av fodret odlas på den egna gården – vilket underlättar hushållning med näringsämnen
13	Nötkött	Se mjök
14	Pasta	Se havregryn
15	Köttbullar/korv	Se mjök

## Fisk och skaldjur

Fiske av fisk och skaldjur är lite annorlunda än livsmedelsproduktion från jordbruk; inget fiske använder växtskyddsmedel eller gödselmedel som inom jordbruket, även om giftiga ämnen används för att bekämpa marin påväxt på till exempel båtskrov.

Fisk- och skaldjursproduktion från odling har dock mer likheter med jordbruk.

Odlingar i framförallt Asien kan tillsätta gödselmedel för att öka produktionen, och alla odlingar kan bidra till övergödning om den odlade arten kräver tillsats av foder och sker i öppna system som inte renar vattnet. Dessutom innehåller fodret en allt större andel produkter som är odlade på åkermark där det används både mineralgödsel och växtskyddsmedel. Viktiga miljöaspekter för fiske är istället beståndssituation, bifångst, energiåtgång, bottenpåverkan, samt fångstkvalitet (Ziegler 2008).

När det gäller odlad fisk är de viktigaste aspekterna behov av foderproduktion, energiåtgång i kedjan från odling till konsument samt lokala miljöeffekter såsom

risk för rymning och övergödning i fiskodlingens närhet. Med det sagt så finns det förbättringspotentialer för fisk- och skaldjursproduktion, men hur stor miljönytta som kan uppmätas för olika produktionssätt varierar beroende på vad de olika miljöcertifieringarna har med bland sina kriterier, och vad man kan anse vara en ekologisk produktion. Detta får även konsekvenser för miljöpåverkan för en ekologisk jämfört med en konventionell fisk- och skaldjursprodukt.

I ett livscykelperspektiv är det i de flesta fall fisket eller fiskodlingen i sig som står för den största delen av växthusgasutsläppen från produkten. Detta kan minskas från fiskodlingar genom att till exempel begränsa fodermängden som krävs eller optimera fodersammansättningen, då foderproduktionen oftast står för det dominerande bidraget till klimatpåverkan. Kriterier för detta finns satta inom KRAVs regelverk för certifiering. För fisket gäller det att det sker på hållbara och starka bestånd. Detta är en förutsättning för uthålligt fiske och en grundprincip för alla miljöcertifieringar. Då minskar även fisketiden som krävs per kg fångad fisk och därmed bränslebehovet, bottenpåverkan, m.m. per kg fisk som landas. Under själva fiskefasen kan även läckage av en del kylmedier ha en betydande klimatpåverkan.

I en rapport sammanställd som underlag för miljöanpassade kostråd för fisk och skaldjur gick man igenom om det finns miljömässiga skillnader mellan för konsumenten likvärdiga alternativ som konsumeras i stor utsträckning i Sverige idag samt några som kunde vara aktuella i framtiden (Ziegler, 2008). Ekologisk produktion diskuterades till viss del, och bedömdes som fördelaktig för att minska miljöpåverkan från till exempel fiskodlingar; ekologiska vegetabilier i fodret kan medföra en lägre klimatpåverkan än om konventionella vegetabilier används. Dessutom kan många av de ekologiska effekter som ses som ett bekymmer för fiskodling, som övergödning och spridning av sjukdomar, minskas med landbaserade odlingar; dessa odlingssystem innebär dock en ökad energiförbrukning och kan idag inte certifieras som ekologiska i EU:s och KRAVs miljömärknings-system. Rapportens slutsats var att det finns stora skillnader mellan likvärdiga typer av fisk och skaldjur vad gäller miljöpåverkan. Dessutom kan fisk- och skaldjurskonsumtion göras betydligt mindre miljöbelastande bara genom att välja de mest skonsamma fisket, oavsett om de är miljöcertifierade eller ej.

Vad gäller miljöcertifiering av fisk och skaldjur från fiske så är den internationellt mest etablerade märkningen för produkter från fiske Marine Stewardship Council (MSC). MSC ser till en rad olika aspekter av uthålligt fiske, som beståndssituation och bifångster, men inkluderar inte andra som energibehov och klimatpåverkan. En motsvarande miljöcertifiering för odlade fisk och skaldjur har nyligen lanserats, Aquaculture Stewardship Council (ASC), och den har en annan approach än MSC.

De sätter upp specifika kriterier för de olika arter som odlas, istället för som för fisket där MSC- standarden gäller generellt för alla fisken som bedömningsgrund. Inom ASC har man för till exempel lax satt upp riktlinjer för växthusgasutsläpp.

I Sverige certifierar KRAV både fiskade och odlade fisk- och skaldjursprodukter. KRAV- certifiering av fiske innebär, utöver att fisken ska vara uthålligt producerad ur ett ekosystemperspektiv, att till exempel gränsvärden är satta för en högsta tillåten bränsleförbrukning, kylmedier med hög klimatbelastning är förbjudna på båtarna, enbart godkända båtottenfärger får användas mot påväxt, vissa fiske- metoder är förbjudna, m.m. För fiskodling gäller bland annat att foderingredienserna från jordbruk i första hand ska komma från KRAV-certifierad produktion, foderingredienser från fiske ska komma från bärkraftiga bestånd och helst inte av råvaror som vanligtvis går till människoföda (som till exempel biprodukter). Miljönyttan av detta kan ses i en studie KRAV gjorde tillsammans med SIK, där man beräknade växthusgasutsläppen för ett certifierat torskblock från fiske kontra ett ickecertifierat, från fisket till transport till butikens centrallager (KRAV 2010). Resultaten i rapporten visade att växthusgasutsläppen för KRAV-torsken var lägre jämfört med både ett genomsnittsblock och det vanligaste blocket, som hade högst utsläpp. De hade även en teoretisk beräkning på vad utsläppet från KRAV-märkt torsk skulle kunna vara i ett värsta fall som visade på att den ändå är 40 % mer klimatsmart än genomsnittstorsken. För odlad fisk finns riktlinjer från KRAV för till exempel fisktätheten i odlingarna och vilket foder och fodermängd som får användas. Rent teoretiskt har det en positiv effekt på miljöavtrycket och djurvälståndet, men det har inte utvärderats ännu.

Ytterligare en rapport jämförde två panerade fiskfiléer som är vanliga på den svenska marknaden: en baserad på krokfångad torsk från Barents hav och en baserad på Alaska pollock fångad med pelagisk trål (Sund, 2009). Den senare var vid tidpunkten för studien miljöcertifierad av Marine Stewardship Council (MSC). Växthusgasutsläppen från den torskbaserade produkten var högre per kg produkt jämfört med Alaska pollock-produkten. Studiens övergripande slutsats var dock att det är viktigare hur man fiskar än var man fiskar; fiskemetoden är mest avgörande för produktens miljöprestanda. Båda produkterna är idag miljöcertifierade men fångstmetoden är fortfarande avgörande för till exempel klimatpåverkan: det pelagiska trålfisket för Alaska pollock är bränsleeffektivare än krokfisket efter torsk.



## **Intresseorganisationer**

Naturskyddsföreningen ger på nätet (januari 2015) i sin ”Grön guide” råd om miljösmarta livsmedelsval ([www.naturskyddsforeningen.se](http://www.naturskyddsforeningen.se)). Att välja ekologiskt producerade livsmedel är ett av deras huvudbudskap, oavsett livsmedelsprodukt, och gärna också svenskproducerat. För frukt och grönt är miljöargumentet att inga kemiska växtskyddsmedel eller mineralgödsel använts i odlingen. Exotiska frukter som ananas och passionsfrukt påstås ofta vara hårt besprutade och kan vara fraktade med flyg, så dem ska man antingen undvika eller konsumera i liten omfattning, som en lyx någon gång. Vad gäller kött ges rådet att välja ekologiskt för då gör man stor nytta både i Sverige och i andra delar av världen eftersom djuren främst föds upp på foder producerat på den egna gården. Nästan lika bra som ekologiskt kött är att välja svenskt naturbeteskött, och argumentet är att det bidrar till att hålla landskapet öppet och skapa biologisk mångfald.

WWF konstaterar att den största fördelen för ekologisk produktion är att kemiska växtskyddsmedel inte används, samt att biodiversiteten i landskapet ökar (Richert, 2013). WWF har även en fiskguide riktad till konsumenter som utkommer varje år med grönt, gult och rött ljus satta för olika fisk- och skaldjur. Den är baserad på kriterier som WWF har satt upp som viktiga för uthålligt fiske, och ger grönt ljus för alla miljömärkta produkter. Under 2015 har WWF dessutom publicerat en Köttguide.

## **Diskussion del 1**

I denna litteratursammanställning ingår ett antal rapporter som publicerats i Sverige under det senaste årtiondet. Valet har gjorts utifrån relevans för uppdraget och frågeställningen. Det finns säkert fler rapporter och sammanställningar, men den begränsade tid som varit avsatt till projektet har inte tillåtit ytterligare fördjupning. I de flesta rapporterna har man studerat miljöpåverkan från primärproduktionen, vilket betyder att efterföljande led i livsmedelskedjan, till exempel från transporter, livsmedelsindustri och handel inte ingår. I några studier har detta nämnts som en avgränsning eftersom man antar att miljöpåverkan från dessa steg är densamma för båda produktionstyperna.

Rapporterna som handlar om livsmedel från jordbruksproduktion kan delas upp i två olika kategorier. Den första kategorin är rapporter som handlar om hur olika odlingssystemen inverkar på odlingslandskapet och på möjligheten att uppfylla de nationella miljökvalitetsmålen. Den faktor som oftast framkommer som positiv för den ekologiska odlingen är att kemiska växtskyddsmedel i princip inte används,

vilket minskar risken för spridning av naturfrämmande ämnen i miljön. Strukturen på det ekologiska jordbruket är också positiv ur flera aspekter, till exempel för bevarande av biologisk mångfald och miljökvalitetsmålet ”Ett rikt odlingslandskap”, och effekten av detta är störst i slättbygderna, i storskaliga landskap. Vad gäller klimatpåverkan och övergödning framhålls inte ekologisk odling som bättre än konventionell. Påverkan per hektar odlad mark kan i och för sig vara mindre, men eftersom skördenivån i många fall är lägre blir utsläppen av växthusgaser och övergödande ämnen ofta högre per kg produkt för den ekologiska produktionen. Samma resonemang gäller energianvändningen vilken ofta är lägre i den ekologiska produktionsformen eftersom mineralgödsel inte används, men denna fördel kan motverkas av den lägre skördenivån då man räknar om energianvändningen till mängd produkt. Den lägre skördenivån innebär också att det ekologiska jordbruket kräver större arealer för att producera samma mängd livsmedel, vilket man måste ta hänsyn till för att kunna göra systembaserade jämförelser mellan produktionsystemen. Det bör i detta sammanhang noteras att den markareal som tas i anspråk till jordbruksproduktion i Sverige har minskat över tid, och att igenväxning av jordbruksmark anses missgynna den biologiska mångfalden. Mellan 1990 och 2012 minskade den totala jordbruksmarken i Sverige med fyra procent och åkermarken med åtta procent. Det antagande man gör om vad den vid konventionell odling friställda marken används till, får stor betydelse för slutsatserna. Man kan tänka sig ett system med högavkastande produktion på en mindre yta som möjliggör att mark avsätts för ekosystemtjänster, buffertzoner eller energiproduktion, eller en produktion med lägre skördar (exempelvis ekologisk) på en större yta som levererar lite nytta överallt.

Den andra kategorin rapporter för jordbruksprodukter är sådana där underlaget är jämförelser på produktnivå med livscykelanalys, redovisat som miljöpåverkan per kg eller liter produkt. En del rapporter är fallstudier där man samlat in data och gjort beräkningar från jordbruk för ett livsmedel, några är modellstudier och andra är litteratursammanställningar. Olika typer av kött, mejeriprodukter och vegetabilier har studerats, de flesta producerade i Sverige men även några importerade som banan och kaffe. Eftersom klimatfrågan har varit i fokus de senaste årtiondena har klimatavtrycket beräknats i samtliga rapporter, medan andra miljöaspekter som går att beräkna med livscykelanalys, till exempel övergödning, försurning, mark-, energi- och annan resursanvändning ingår i några rapporter. För utsläpp av växthusgaser är ekologiskt odlade produkter i nivå med de konventionellt odlade eller bättre, med undantag för gröna ärter (förklaringen till att ärter särskiljer sig är att det är en kvävefixerande växt som inte behöver någon mineralgödsel, samt att skördenivån i ekologisk odling är 30 procent lägre än konventionell). För övergödande ämnen är de ekologiska produkterna sämre än de konventionella, med undantag för mejeriprodukter där de är bättre eller lika bra. Ett vanligt livscykelana-

lysresultat är att markanvändningen är högre för ekologisk produktion, eftersom skördenivån oftast är lägre. I ekologisk odling används inte mineralgödsel, vilket innebär att förbrukningen fosfor, som är en ändlig resurs, är lägre.

Det får stor betydelse för hur man gör jämförelserna mellan systemen. För miljöaspekter som inte är beräknade med metoder baserade på livscykelanalys, som spridning av främmande ämnen i miljön och biologisk mångfald, är de ekologiska produkterna bättre än de konventionella. En aspekt som nämns i några rapporter är att det ofta är större variationer mellan gårdar än mellan de olika odlingssystemen, och att det är svårt att göra rättvisa jämförelser eftersom oftast hela produktionsystemen är olika och genererar olika mängd och typ av livsmedelsprodukter.

Ekologisk produktion har alltså en del miljöfördelar jämfört med konventionell men det finns andra aspekter där konventionell är bättre. Det går därför inte att säga att det ena odlingssystemet är överlägset det andra ur miljösynpunkt, utan att man har definierat vilken målbild man har, det vill säga prioriterat de olika miljömålen. Naturskyddsföreningen har tagit ett tydligt ställningstagande för att man ska välja ekologiska livsmedel och deras huvudsakliga argument är att då undviker man spridning av kemiska ämnen i miljön. Det är alltså användningen av växtskyddsmedel som har värderats som den viktigaste miljöaspekten, och då är det den aspekten som överväger även om annan miljöpåverkan kan vara större.

Fisk och skaldjur är annorlunda än livsmedelsprodukter från jordbruk. Produkter från fiske har andra typer av miljöpåverkan än jordbruket, där viktiga aspekter är till exempel beståndssituationen, bifångst och bottenpåverkan, medan produkter från fisk och skaldjursodlingar har mer beröringspunkter med jordbruk, framförallt vad gäller foderfrågan. För fisk och skaldjur finns dels KRAV-certifierad produktion, men även andra miljömärkningar (som MSC resp. ASC). Kriterierna för miljömärkning skiljer sig åt mellan de olika certifieringarna. KRAV går något längre än MSC vilket kan medföra att resultatet av en jämförelse mellan olika produkters miljönytta är beroende av vad märkningen omfattar. Ur klimat- och energibehov har det till exempel stor betydelse vilket redskap som används i fisket. Om beståndssituationen är bra medför det energieffektivitet inom samma redskapstyp jämfört med samma fiske på ett utfiskat bestånd. Vissa redskapstyper kan dock vara önskvärda ur en miljöaspekt, som att minska bifångster, men istället vara mindre energieffektiva. Även om en god beståndssituation är en förutsättning för fiske (vilket är en förutsättning för märkning) så behöver man även här definiera vilken målbild man har för att kunna ta ställning för om ekologiskt alltid är bättre än alternativen.

De viktigaste slutsatserna från denna del kan sammanfattas i följande punkter:

- När man jämför olika odlingssystem avseende miljöpåverkan är det viktigt att ha klart för sig om man räknat per hektar eller per kg produkt. En lägre påverkan per hektar kan, om skörden är lägre, innebära högre påverkan per kg produkt.
- Att göra rättvisa jämförelser på produktnivå mellan ekologisk och konventionell odling är svårt eftersom växtföljderna och produktionssystemen är olika och producerade livsmedelsprodukterna från systemen inte är desamma.
- Variationen mellan gårdar kan vara mycket stora, större än mellan produktionssystemen.
- Kväveeffektivitet och strategier för kvävegödning spelar stor roll för båda systemen, liksom dieselanvändning och skördenivån.
- Ekologisk odling minskar risken för spridning av främmande ämnen från växtskyddsmedel i miljön, och är positiv för biologisk mångfald, speciellt i storskaliga jordbrukslandskap.
- I ekologisk odling används inte mineralgödsel, vilket ger en lägre förbrukning av energi eftersom framställning av mineralgödselmedel som innehåller kväve är energikrävande, samt en lägre förbrukning av den ändliga resursen fosfor.
- Skördenivån är oftast lägre för ekologisk produktion i det svenska jordbruket, och därmed är till exempel markanvändningen ofta större per kg produkt.
- För många ekologiska livsmedel är klimatpåverkan lika eller något lägre jämfört med konventionell per kg produkt.
- För övergödning är det tvärt om, där är konventionella livsmedel lika eller något bättre jämför med ekologiska.
- De långsiktiga effekterna som till exempel påverkan av biologisk mångfald, utsläpp av främmande ämnen, förbrukning av fosfor och fossila bränslen är svåra att mäta och kvantifiera i ett produktperspektiv.
- För att kunna ta ställning till om en ekologisk produkt är fördelaktig ur miljösynpunkt måste man ha bestämt sig för sin målbild och bestämt vilka miljömål som prioriteras. Till detta kommer alla övriga aspekter som man som konsument kan väga in djurvälstånd, socialt ansvar, arbetstillfällen med mera.
- Det inte att säga för någon livsmedelsgrupp att livsmedel från det ena produktionssystemet är överlägset det andra baserat på den metod som använts i denna del av denna rapport.

# Referenser del 1

- CARLSSON, B., SONESSON, U., CEDERBERG, C. OCH SUND, V. 2009a. Livscykelanalys (LCA) av svenska ekologiska ägg. SIK-rapport nr 797. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- CARLSSON, B., SONESSON, U., CEDERBERG, C. OCH SUND, V. 2009b. Livscykelanalys (LCA) av svenskt ekologiskt griskött. SIK-rapport nr 798. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- CEDERBERG, C. OCH FLYSJÖ, A. 2004. Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden. SIK -rapport nr 728. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- CEDERBERG, C., WIVSTAD, M., BERGKVIST, P., MATTSSON, B. OCH IVARSSON, K. 2005. Hållbart växtskydd. Analys av olika strategier för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel. Rapport MAT21 6/2005.
- CEDERBERG, C., WALLMAN, M., BERGLUND, M. OCH GUSTAVSSON, J. 2011. Klimatavtryck av ekologiska jordbruksprodukter. SIK-rapport nr 830. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- FLOREN, B., FLYSJÖ, A., OCH LORENTZON, K. 2006. Ekologiska produkters miljönytta. SIK- rapport nr 749. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- FLOREN, B., SUND, V., OCH WALLMAN, M. 2012. Eko(logiska) val med mervärden – en prioritering av ekologiska livsmedel för offentligt sektor. SIK rapport nr 840. SIK – Institutet för Livsmedel och Bioteknik.
- HOFFMAN, R, WIVSTAD, M., MIE, A., WALLENBECK, A. OCH ULLVÉN, K. 2014. Varför köpa ekologisk mat? Får vi det vi förväntar oss? Nedladdad 2015-01-10 från [http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/epok/konsument\\_kortversion\\_webb.pdf](http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/epok/konsument_kortversion_webb.pdf)
- JORDBRUKSVERKET. 2004. Mål för ekologisk produktion 2010. Jordbruksverket. Rapport 2004:19
- JORDBRUKSVERKET. 2012. Ett Klimatvänligt Jordbruk 2050. Jordbruksverket. Rapport 2012:35. JORDBRUKSVERKET. 2013. Hållbar köttkonsumtion - Vad är det? Hur når vi dit? Jordbruksverket. Rapport 2013:1.
- KRAV (2010). Klimatsmart KRAV-fisk. Utsläpp av växthusgaser från 400 gr torskblock. En jämförelse mellan KRAV-godkända torskblock och genomsnittliga block.[http://www.krav.se/sites/www.krav.se/files/kravs\\_rapport\\_klimat\\_o\\_torskblock\\_slutlig\\_0.pdf](http://www.krav.se/sites/www.krav.se/files/kravs_rapport_klimat_o_torskblock_slutlig_0.pdf)

- LAGERBERG FOGELBERG, C. 2008. På väg mot miljöanpassade kostråd. Vetenskapligt underlag inför miljökonsekvensanalysen av Livsmedelsverkets kostråd. Livsmedelsverket rapport 9 -2008.
- LANDQUIST, B. 2012. Jämförelse av klimatpåverkan av ekologiskt resp. IP-odlade gröna ärter. SIK rapport nr 838. SIK – Institutet för livsmedel och Bioteknik.
- NILSSON, J. 2007. Ekologisk produktion och miljö kvalitetsmålen – en litteraturgenomgång. Centrum för uthålligt lantbruk CUL, SLU - Sveriges lantbruksuniversitet.
- NILSSON, K. 2006. Jämförande studie på miljöpåverkan från ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på växthuseffekt och övergödning. Konsumentföreningen Stockholm.
- RICHERT, A. 2013. Mapping and Analysis – Sustainable Food for All. Discussion paper, WWF Sweden. RÖÖS, E., SUNDBERG, C., SALOMON, E. OCH WIVSTAD, M. 2013. Ekologisk produktion och klimatpåverkan – en sammanställning av kunskapsläge och framtida forskningsbehov. EPOK . Centrum för ekologisk produktion och konsumtion, SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet.
- SUND, V. (2009). Environmental assessment of Northeast arctic cod caught by long-lines and Alaska pollock caught by pelagic trawls. SIK Report No 799. ISBN 978-91-7290-290-9.
- WALLMAN, M., M. BERGLUND, OCH C. CEDERBERG. 2013. Miljöpåverkan från animalieprodukter - kött, mjölk och ägg. Livsmedelsverkets rapportserie, nr 17/2013.
- WINQVIST, C. 2013. Ekologiskt lantbruk, biologisk mångfald och ekosystemtjänster i ett landskapsperspektiv. EPOK. Centrum för ekologisk produktion och konsumtion, SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet.
- WIVSTAD, M., SALOMON, E., SPÅNGBERG, J. OCH JÖNSSON, H. 2009. Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning. . EPOK. Centrum för ekologisk produktion och konsumtion, SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet.
- ZIEGLER, F. 2008. Delrapport fisk: På väg mot miljöanpassade kostråd. Livsmedelsverket rapport 10. Uppsala.

## **Del 2**

# **– Sammanställning av den vetenskapliga litteraturen**

### **Mål, omfattning och metod**

Denna delrapport syftar till att sammanställa kunskapsläget vad gäller skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel, baserat på den vetenskapliga litteraturen.

Projektet fokuserar på miljöaspekter i samband med primärproduktionen, det vill säga lantbruk, djurhållning, fiskodling och fiske. Endast studier som jämfört ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel har inkluderats för att meningsfulla jämförelser ska kunna göras. För litteratursammanställningen har studier som tillämpat livscykelanalys som analysmetod prioriterats. Fokus är på primärproduktionen (livscykel från vagga till gårdsgrind, inklusive insatsmedel till jordbruket). Alla typer av miljöaspekter inkluderas, med fokus på klimatpåverkan, övergödning, försurning, ekotoxicitet, energianvändning och markanvändning.

### **Avgränsningar**

För avgränsningar hänvisas till text i inledningen av rapporten.

### **Metod**

Kortfattat utfördes i denna del litteratursökning, litteraturgranskning, datainsamling, dataanalys och sammanställning av data. Vi sökte i databaserna Web of Science, Science Direct och Google Scholar, på söktermer så som life cycle assessment, conventional och organic. Dessutom gick vi igenom referenslistor på intressanta artiklar för att lokalisera ytterligare publikationer. Denna breda litteratursökning genererade 181 unika publikationer.

Dessa 181 publikationer genomgick därefter en närmare granskning och sortering, där vi tillämpade följande urvalskriterier:

- Artikel publicerad i internationell vetenskaplig tidskrift (fackgranskad).
- Originalstudie.
- Publicerad mellan 2000 och 2015.
- Jämför ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på minst en av följande miljöaspekter: klimat, övergödning, försurning, ekotoxicitet, energianvändning och markanvändning.
- Presenterar kvantitativa resultat för undersökta miljöaspekter.
- Relevant ur ett svenskt konsumtionsperspektiv.

Därtill prioriterade vi studier som tillämpade standardiserad LCA metodik, fokuserade på primärproduktionen av enskilda livsmedel (det vill säga lantbruk, djurhållning, fiskodling och fiske), presenterade resultat för miljöpåverkan i relation till kg produkt (eller tillhandahöll data så att resultat för miljöpåverkan uttryckt i relation till kg produkt enkelt gick att beräkna), samt höll god vetenskaplig kvalitet.

Denna genomgång och prioritering resulterade i att 60 publikationer uteslöts ur materialet. Resterande 121 publikationer sorterades i fyra kategorier:

- Produktorienterade LCA studier som uppfyller samtliga kriterier: 62 st (varav 34 st ingår i sammanställningen av Meier et al. 2015).
- Litteratursammanställningar och metaanalyser: 18 st.
- Icke-produktorienterade studier som jämför ekologiskt och konventionellt jordbruk med avseende på till exempel biologisk mångfald, ekosystemtjänster och markkvalitetsaspekter: 24 st.
- Övriga studier: 17 st.

Vi utgick från den sammanställning av data från 34 publikationer som Meier et al. (2015) gjort, och utökade denna med kvantitativ data från ytterligare 23 studier från gruppen med produktorienterade LCA studier som uppfyller samtliga kriterier. För dessa studier samlade vi in följande information:

- Livsmedelskategori
- Livsmedel



- Land
- Undersökta miljöaspekter
- Metod/modell (för varje undersökt miljöaspekt)
- Systemgränser
- Datakälla (som en indikation på studiens representativitet och kvalitet)
- Produktivitet (skördenivå/avkastning) i ekologisk produktion
- Produktivitet (skördenivå/avkastning) i konventionell produktion
- Procentuell skillnad i produktivitet mellan ekologisk och konventionell produktion
- Resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per produkt i ekologisk produktion
- Resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per produkt i konventionell produktion
- Procentuell skillnad i resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per produkt mellan ekologisk och konventionell produktion
- Resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per areal i ekologisk produktion
- Resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per areal i konventionell produktion
- Procentuell skillnad i resultat för samtliga undersökta miljöaspekter per areal mellan ekologisk och konventionell produktion

Dessutom redogör vi kort för resultaten från icke-produktorienterade studier som jämfört ekologiskt och konventionellt jordbruk med avseende på aspekter som sällan inkluderas i LCA-studier, men som ändå är viktiga i sammanhanget, nämligen biodiversitet, ekosystemtjänster och användningen av fosfor.

## **Livscykelanalys som metod**

Livscykelanalys (LCA) är en miljösystemanalysmetod som syftar till att kartlägga den potentiella miljöpåverkan en produkt ger upphov till under sin livscykel. Genom att följa produkten från ”vaggan till graven”, det vill säga från utvinning av råmaterial till avfallshantering, kartläggs resursförbrukning och energianvändning samt utsläpp till luft, vatten och mark av olika substanser under hela livscykeln (inventering). En LCA kan också fokusera på en väl avgränsad del av livscykeln, till exempel primärproduktionen.

Flera olika typer av miljöpåverkan är relevanta att beakta i relation till livsmedelsproduktion, se tabell 2. Vi använder ibland det mer inkluderande begreppet ”miljöaspekt” istället för ”miljöpåverkan” för att understryka att det är skillnad mellan till exempel de faktiska utsläppen av olika substanser, och de skador de utsläppta substanserna potentiellt orsakar. Resursanvändning är till exempel en relevant miljöaspekt att beakta, men är inte synonym med den miljöpåverkan resursanvändning potentiellt ger upphov till. Ett annat exempel är markanvändning som kan ge upphov till en rad olika typer av miljö påverkan (till exempel klimatpåverkan, och påverkan på ekosystemtjänster och biologisk mångfald).

Generellt är utsläpp av substanser och resursanvändning enklare att mäta, än de effekter de orsakar. Inom LCA brukar även begreppet miljöpåverkanskategori användas.

Tabell 2. Olika typer av miljöaspekter som livsmedelsproduktionen potentiellt påverkar, samt analysmetoder.

Miljöaspekt	Exempel	Analysmetod
Resursanvändning	Mark, energi, fosfor, vatten	LCA: inventeringsresultat
Utsläpp av substanser	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , växtskyddsmedel	LCA: inventeringsresultat
Miljöpåverkan	Klimatpåverkan, övergödning, försurning, ekotoxicitet	LCA: miljöpåverkansresultat. Beräknat genom att 1) identifiera alla utsläpp som bidrar till en viss miljöpåverkanskategori, och 2) vikta bidragen från olika substanser till den aktuella miljöpåverkanskategorin.
Biologisk mångfald <sup>1</sup>	Förekomst av organismer, artrikedom	Till största del andra analysmetoder än LCA, men metodutveckling pågår även inom LCA
Ekosystemtjänster	Pollinering, erosionsskydd	Till största del andra analysmetoder än LCA, men metodutveckling pågår även inom LCA

<sup>1</sup> Synonym till biodiversitet

Vid genomförande av en LCA ska data och emissioner från inventeringen tillskrivas olika miljöeffekter. Det är viktigt att notera att ett utsläpp av ett ämne kan ge bidrag till flera olika miljöeffekter, till exempel utsläpp av ammoniak som bidrar till både försurning och övergödning.

Resultat från LCA-studier kan rapporteras dels som så kallade inventeringsresultat (till exempel resursanvändning per produkt, eller utsläpp av substanser per produkt), eller i form av miljöpåverkansresultat (till exempel klimatpåverkan per produkt). Kartläggningen av energi-, vatten och markanvändning är relaterat till systemets inflöden medan miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, försurning och övergödning är relaterade till systemets utflöden.

Den miljöpåverkan som en produkt potentiellt orsakar beräknas genom att

- 1) identifiera alla utsläpp som bidrar till den aktuella miljöpåverkanskategorin, och
- 2) vikta bidragen från olika substanser till den aktuella miljöpåverkanskategorin.

Bidragen från olika substanser viktas eftersom olika substanser bidrar olika mycket till olika typer av miljöpåverkan. Exempelvis är metan en starkare växthusgas än koldioxid, som därmed har en starkare klimatpåverkan, och högre viktningsfaktor.

Viktningsfaktorer beräknas med hjälp av olika modeller. Inom en viss miljöpåverkanskategori finns flera olika modeller för att beräkna miljöpåverkan, som olika forskargrupper utvecklat. Samma modell kan också utvecklas över tid, allt eftersom forskningen avancerar. Det innebär att olika modeller kan ha använts i olika studier, vilket begränsar möjligheterna att direkt jämföra resultaten.

### **Globala och lokala miljöaspekter**

Vissa miljöaspekter är mer relevanta från ett globalt perspektiv, medan andra är mer relevanta från ett regionalt eller lokalt perspektiv. Klimatpåverkan (den förstärkta växthuseffekten) är en global miljöeffekt, eftersom oavsett var utsläppen av växthusgaser sker, bidrar det till att höja koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Övergödning däremot är en regional miljöeffekt, eftersom den potentiella effekten av utsläpp av övergödande ämne beror på känsligheten hos det akvatiska eller terrestra system där dessa ämnen slutligen deponeras.

I en LCA relateras resultaten till en eller flera funktionella enheter. För livsmedel är både ”kg produkt” och ”brukad areal” relevanta funktionella enheter, som förmedlar kompletterande information.

Vilken funktionell enhet som är mest relevant att använda i en given situation beror vilken/vilka miljöaspekter som prioriteras. För globala miljöaspekter är det

mest relevant att relatera miljöpåverkan till kg produkt. För regionala/lokala miljöaspekter däremot, är både ”kg produkt” och ”brukad areal” relevanta funktionella enheter. Miljöpåverkan uttryckt i relation till kg produkt är ett slags effektivitetsmått som är relevant från ett samhälls- och ett livsmedelssäkerhetsperspektiv där man önskar producera så mycket som möjligt med så låg miljöpåverkan som möjligt per producerad enhet. Miljöpåverkan uttryckt i relation till brukad areal ger information om hotbilden mot den lokala miljön. Vilket perspektiv som bör ges störst vikt i en given jämförelse beror även på lokala/regionala förhållanden där livsmedelsproduktionen sker, till exempel tillgången på mark och den bakomliggande miljöbelastningen.

## **Klimatpåverkan**

Jorden värms upp av direkt solinstrålning. Den uppvärmda jordkorpan avger sedan värmeinstrålning i det infraröda våglängdsområdet. Denna strålning absorberas delvis av gaser i jordens atmosfär och en viss del emitteras tillbaka till jordytan och bidrar till en uppvärmning. Denna effekt är känd som ”växthuseffekten”. Utan denna ”naturliga” växthuseffekt skulle jordens medeltemperatur vara 33°C lägre än vad den är i dag.

Det vi idag kallar växthuseffekt är den extra tillförseln av växthusgaser som uppstår genom mänsklig aktivitet, och som rubbar jordens strålningsbalans. De klimatförändringar som uppstår till en följd av den förstärkta växthuseffekten är en höjning av jordens medeltemperatur, vilket i sin tur kan leda till att vissa områden kan drabbas av torka, att havsytan kan komma att stiga, samt att vissa havsströmmar kan ändra riktning. Växthuseffekten är en global miljöeffekt, det vill säga, oavsett var utsläppen sker, sprids de i atmosfären, och effekten blir global. De viktigaste växthusgaserna från jordbruket är koldioxid, metan och dikväveoxid (lustgas).

FNs klimatpanel IPCC samordnar arbetet med att sammanställa forskningen på klimatområdet, och de olika växthusgasernas viktningsfaktorer. Genom att vikta bidragen från olika växthusgaser kan den totala klimatpåverkan uttryckas i koldioxidekvivalenter. Vilka viktningsfaktorer som används i en LCA-studie beror på vilken version av IPCCs rapport som använts, samt vilket tidsperspektiv som beaktats, det vill säga under hur lång tid klimatpåverkan summerats. Olika tidsperspektiv kan vara relevanta att beakta eftersom olika växthusgaser har olika lång livslängd i atmosfären, och eftersom olika studier har olika syften. De flesta studier beräknar klimatpåverkan i ett 100-års perspektiv, men andra tidsperspektiv kan väljas och kan ha stor påverkan på det slutliga resultatet. Allteftersom ny forskning tillkommer uppdaterar IPCC viktningsfaktorerna för växthusgaser.

## Övergödning

Övergödning uppstår på grund av för stor tillgång på främst kväve och fosfor i mark och vatten. Ökad tillgång på dessa näringsämnen gynnar till exempel ökad primärproduktion i hav och sjö, vilket kan leda till algblooming med påföljande syrgasbrist, samt igenväxning av sjöar. Näringsämnena kan dels komma via luftnedfall till mark och vatten av kväveoxider som härstammar från till exempel biltrafik, sjöfart och kraftverk, och dels via direkta utsläpp till vatten från jordbruk, avloppsreningsverk och industrier. Övergödning är en regional/lokal miljöeffekt.

Inom LCA skiljer man på övergödning i mark och i vatten, och vidare på övergödning i sötvatten och havsvatten. I denna rapport görs dock ingen skillnad på olika typer av övergödning.

De viktigaste övergödande ämnen från jordbruket är kväve- och fosforföreningar, särskilt  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$  och  $\text{PO}_4$ . Fosfor är ofta det begränsande näringsämnet i sjöar medan kväve är det begränsande näringsämnet i havssystem. I LCA uttrycks den totala övergödningspotentialen på gemensam form, till exempel kg P-ekvivalenter eller kg N-ekvivalenter, genom att vikta bidragen från olika övergödande substanser till ett samlat index. Viktningsfaktorer för olika övergödande substanser skiljer sig mellan olika modeller.

## Försurning

Förbränning av fossila bränslen ger upphov till, förutom koldioxid, även svaveldioxid och kväveoxider. Dessa gaser omvandlas, förenar sig med vatten, och bildar syror. Syrorna sänker pH-värdet i regnvattnet och orsakar försurning i mark och vattendrag. Ytterligare ett ämne med försurande egenskaper är ammoniak där stallgödseln från animalieproduktionen är den utan jämförelse största utsläppskällan. Trots att ammoniak är en bas kan ämnet ofta få en försurande effekt i naturmiljön. Ammoniak deponeras som ammoniumjoner. Sker ett upptag i växterna av denna kväveform är markreaktionen neutral. Men ofta omvandlas ammoniumet till nitratkväve och i denna markreaktion bildas två vätejoner ( $\text{H}^+$ ) per ammoniumjon. Tas nitratkvävet upp av växterna avges en hydroxidjon ( $\text{OH}^-$ ) och en av vätejonerna neutraliseras. Är marken kvävemättad och inget växtupptag sker, kommer kvävet att utlakas och ingen av de bildade vätejonerna i neutraliseras i marken. Den surgörande effekten av ammoniak beror således på markförhållanden där ammoniakkvävet deponeras.

Påverkan av försurande ämnen har ett stort geografiskt beroende. Huvuddelen av Sverige (med undantag för Öland, Gotland och Skåne) är extremt känsliga för för-

surning beroende på den kalkfattiga berggrunden. Försurningen påverkar bland annat träden negativt och leder till att vatten med lågt pH löser ut toxiska kvantiteter aluminium ur marken som når sjöar och vattendrag. Försurning är en regional miljöeffekt.

Ämnen med en försurande effekt är bland annat SO<sub>2</sub> (svaveldioxid), NO<sub>x</sub> (kväveoxider), och NH<sub>3</sub> (ammoniak). I LCA beräknas den totala försurningspotentialen genom att vikta samman bidragen från de olika försurande substanserna. Resultatet uttrycks som till exempel H<sup>+</sup>-ekvivalenter, eller SO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Viktningsfaktorer för olika försurande ämnen skiljer sig mellan olika modeller, och kan vara mer eller mindre regional anpassade.

## Ekotoxicitet

Toxicitet är substansers fysiska och/eller biologiska egenskaper att skada levande organismer med icke-mekaniska medel (FAO, 2003). Inom LCA skiljer man mellan ekologisk toxicitet (ekotoxicitet) och humantoxicitet. I denna rapport inkluderas endast ekotoxicitet. Vidare skiljer man på ekotoxicitet i akvatisk miljö, och på land, och på akvatisk ekotoxicitet i sötvattenmiljö och marin miljö. I denna rapport görs ingen skillnad på olika typer av ekotoxicitet.

Den ekotoxiska miljöpåverkan beror på spridningen, exponeringen och den toxiska effekten hos enskilda substanser. Spridning syftar på hur de toxiska substanserna fördelas i miljön efter ett utsläpp, och beror på substansernas fysiska, kemiska och biologiska egenskaper, till exempel nedbrytningshastighet och benägenhet att binda till markpartiklar. Spridning av toxiska substanser är svårt att modellera, eftersom det beror på en stor mängd substans- och platsspecifika parametrar. Det finns en modell som beräknar spridningen av växtskyddsmedel från jordbruksmark till omkringliggande miljö, nämligen PestLCI (Dijkman et al. 2012), men det flesta LCA-studier använder inte sådana modeller, utan grundar spridningen på förenklade antaganden. Vilka antaganden som används skiljer sig från studie till studie, och arbete är på gång för att utveckla mer standardiserade metoder att hantera utsläpp av växtskyddsmedel inom LCA (Rosenbaum et al. 2015).

Exponering syftar på organismers kontakt med toxiska ämnen. Toxisk effekt syftar på de skador som levande organismer åsamkas, till följd av exponering. De effekter som uppstår beror på de toxiska substansernas fysiska, kemiska och biologiska egenskaper, exponeringens varaktighet och dos, samt känsligheten hos de exponerade organismerna.

I modellering av ekotoxisk miljöpåverkan i LCA kan alla substanser som har en ekotoxisk effekt inkluderas, till exempel växtskyddsmedel och tungmetaller, men vilka substanser som faktiskt inkluderas skiljer sig från studie till studie och beror på vilka beräkningsmodeller som används. Att en LCA inkluderar ekotoxicitet betyder inte nödvändigtvis att de ekotoxiska effekterna av växtskyddsmedel har beaktats, och likaledes innebär inte inkludering av växtskyddsmedel i kartläggningen av insatsmedel i en LCA nödvändigtvis att de ekotoxiska effekterna av användningen av växtskyddsmedlen har beaktats.

Ibland används mängden använda växtskyddsmedel, ofta räknad som aktiv substans, som en enkel indikator på den ekotoxiska miljöpåverkan, trots att den varken beaktar spridningen, exponeringen eller den toxiska effekten hos de olika substanserna. Så även i denna rapport, på grund av att många studier enbart rapporterar denna förenklade indikator.

Under de senaste 20 åren har minst tio olika modeller utvecklats för att beräkna ekotoxisk miljöpåverkan i LCA. Dessa modeller skiljer sig med avseende på hur de beräknar spridning, exponering och potentiell ekotoxisk effekt. Under de senaste åren har USEtox (Rosenbaum et al. 2008) kommit att bli en av de mest väl-etablerade modellerna, och utsågs nyligen till ”bäst” i klassen av modeller för söt-vattenekotoxicitet och humantoxicitet (Hauschild et al. 2013).

## **Energianvändning**

Energianvändning är ett mått på den samlade mängd energi som förbrukas under loppet av en produkts livscykel. De flesta LCA-studier på livsmedel beräknar energianvändningen som summan av direkt och indirekt förbrukning. Dieselanvändningen i traktorer är ett exempel på direkt energi, medan energi och utsläpp för att extrahera och raffinera råolja samt transportera dieseln till gården är exempel på indirekt energi. Ett annat exempel på indirekt energi är energi som används för att producera andra insatsmedel, exempelvis mineralgödsel. Den samlade energianvändningen beräknas genom att konvertera bidragen från olika energislag till gemensam form via dess energiinnehåll, och uttrycks vanligen som MJ-ekvivalenter. Vilka energiflöden som inkluderas skiljer sig mellan studier, och vissa studier inkluderar endast direkt användning av energi, eller endast fossil energi.

Energi är en resurs, och energianvändning rapporteras som ett inventeringsresultat. Det vill säga, energianvändning i sig ger inte nödvändigtvis upphov till en miljöpåverkan. Energianvändning kan däremot ge upphov till flera olika typer av miljöpåverkan, beroende på vilka utsläpp den genererar (exempelvis klimatpåverkan

och ekotoxisk miljöpåverkan). Denna miljöpåverkan hanteras inom de andra miljö-  
påverkanskategorierna och energianvändning ska främst ses som en indikator för  
användning av ändliga energiresurser.

## **Markanvändning**

Markanvändning är ett mått på den totala arealen mark som används under loppet  
av en produkts livscykel. Markanvändningen beräknas genom att summera all an-  
vändning av mark, från produktion av till exempel foder, till direkt användning av  
mark i det studerade systemet. Ibland delar man upp markanvändningen i olika  
typer av mark, till exempel i odlingsmark, betesmark och mark som avskogats.  
Så även i denna rapport, i de fall det är relevant.

Mark är en resurs, och markanvändning rapporteras som ett inventeringsresultat.  
Markanvändning i sig ska inte betraktas som en form av miljöpåverkan, men kan  
ge upphov till olika typer av miljöpåverkan. Olika brukningsmetoder påverkar  
marken på olika sätt, exempelvis vad gäller upprätthållande av mullhalt, mark-  
packning, erosion, och påverkan på olika växt- och djurarter som lever på och  
i marken. I de allra flesta LCA-studier rapporteras endast hur mycket mark som  
används, men metoder som kan kvantifiera hur markanvändningen påverkar olika  
ekosystemtjänster och biologisk mångfald håller på att utvecklas (Koellner et al.  
2013). Även positiva effekter är tänkbara. En svårighet i att kvantifiera miljö-  
effekter från markanvändning är att det beror på vad man jämför med.



## Resultat del 2

- Tabell 3 och 4 presenterar översiktliga jämförelser mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på miljöpåverkan och resursanvändning. Tabell 3 presenterar resultaten uttryckta i relation till kg produkt och tabell 4 presenterar resultaten uttryckta i relation till brukad areal. Varje cell i tabell 3 och 4 representerar en miljöaspekt och en livsmedelsgrupp.
- Resultaten måste ses i relation till det antal jämförelser som ligger till grund (anges i resp. tabell). Ju färre jämförelser desto osäkrare resultat p.g.a. svårigheten, eller rent av olämpligheten, i att generalisera resultaten från enskilda jämförelser till hela livsmedelsgrupper – detta gäller särskilt stora livsmedelsgrupper som innehåller många olika grödor med olika produktionssätt, exempelvis gruppen grönsaker. Resultaten ska därför tolkas med stor försiktighet i de fall endast en eller ett fåtal jämförelser ligger till grund, se vidare i Diskussionen. Även det faktum att orsakerna till de observerade skillnaderna inte analyseras inom ramen för denna rapport, innebär att resultaten ska tolkas med stor försiktighet.
- Tabell 3 visar att resultatet uttryckt per kg produkt är blandat. Flest enskilda celler (21 av 54) är gula, vilket innebär att ekologisk och konventionell produkt presterar likvärdigt eller att resultaten från enskilda studier pekar åt olika håll (det vill säga att det inte går att dra några slutsatser om vilket system som är bäst). 18 celler är röda vilket innebär att konventionell produkt presterar bättre än ekologisk produkt, och 14 celler är gröna vilket innebär att ekologisk produkt presterar bättre än konventionell produkt.
- Tabell 4 visar att resultatet uttryckt per brukad areal huvudsakligen är till fördel för ekologiskt jordbruk. Det vill säga, ekologiskt jordbruk presterar generellt sett bättre än konventionellt jordbruk från ett lokalt/regionalt miljöperspektiv.

Tabell 3. Översiktlig jämförelse mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på miljöpåverkan och resursanvändning i relation till kg produkt. Förklaring till färgerna finns under tabellen. Siffror längst ner till höger i cellerna anger antalet jämförelser resultaten baseras på. Jordbruksgrödor inkluderar vete, råg, potatis, sockerbetor, morot, ris, raps, soja och hela växtföljder med jordbruksgrödor. Grönsaker inkluderar matlök, purjolök, tomat, bönor, broccoli, salladskål, sallat, sparris och ärtor. Frukt och bär inkluderar apelsin, citron, vindruvor, äpple, persika, kiwi, päron, aprikos, banan, blåbär, körsbär, jordgubbar, valnötter, mandel och oliver.

Livsmedelsgrupp	Klimat	Övergödning	Försurning	Ekotoxicitet	Energi-användning	Mark-användning
Mjök	32	6	6	5	9	13
Nötkött	5	7	3	9	3	4
Fläskkött	4	6	4	4 <sup>a</sup>	4	5
Kycklingkött	4	6	4	4 <sup>a</sup>	2	5
Ägg	2	3	2	1	2	2
Fisk & skaldjur	4	3	4	3	3	0
Jordbruksgrödor	21	11	10	12	18	9
Grönsaker	13	4	4	9	8	2
Frukt och bär	22	4	4	2	9	2

<sup>a</sup> endast jämförelser som inkluderar växtskyddsmedel i beräkningen av ekotoxisk miljöpåverkan.



= ekologisk och konventionell produkt presterar likvärdigt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; ekologisk produkt skiljer sig med mindre än  $\pm 10$  procent i genomsnitt från konventionell produkt vid  $< 3$  jämförelser; och/eller resultaten från enskilda jämförelser pekar åt olika håll.



= ekologisk produkt presterar bättre än konventionell produkt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; ekologisk produkt presterar minst tio procent bättre i genomsnitt än konventionell produkt vid  $< 3$  jämförelser. Bättre prestanda innebär lägre miljöpåverkan eller lägre resursanvändning.



= konventionell produkt presterar bättre än ekologisk produkt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; konventionell produkt presterar minst tio procent bättre i genomsnitt än ekologisk produkt vid  $< 3$  jämförelser. Bättre prestanda innebär lägre miljöpåverkan eller lägre resursanvändning.



= data saknas, eftersom metodik för markanvändning eller motsvarande för denna kategori saknas.

## Kommentarer till tabell 3 med avseende på livsmedelsgrupper

- Ekologisk mjölk ger upphov till lägre övergödning, ekotoxicitet och energianvändning än konventionell mjölk, och högre markanvändning. Med avseende på klimat och försurning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Ekologiskt nötkött ger upphov till lägre ekotoxicitet än konventionellt nötkött, och högre övergödning, försurning och markanvändning. Med avseende på klimat och energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Ekologiskt fläskkött ger upphov till lägre ekotoxicitet än konventionellt fläskkött, och högre markanvändning. Med avseende på klimat, övergödning, försurning och energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Ekologiskt kycklingkött ger upphov till lägre ekotoxicitet än konventionellt kycklingkött, och högre klimatpåverkan, övergödning, försurning och markanvändning. Med avseende på energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Endast ett fåtal jämförelser finns för ägg. Dessa indikerar att ekologiska ägg ger upphov till lägre övergödning och ekotoxicitet än konventionella ägg, och högre försurning, energianvändning och markanvändning. Med avseende på klimat går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Ekologiska fisk- och skaldjursprodukter ger upphov till lägre klimatpåverkan än konventionella fisk- och skaldjursprodukter. Med avseende på övergödning, försurning, ekotoxicitet och energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. Markanvändning har inte studerats. Ekologiska jordbruksgrödor ger upphov till lägre ekotoxicitet än konventionella jordbruksgrödor, och högre markanvändning. Med avseende på klimatpåverkan, övergödning, försurning och energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.
- Två jämförelser som båda avser bönor indikerar att ekologiskt odlade grönsaker använder mindre mark än konventionellt odlade grönsaker. Vidare har ekologiskt odlade grönsaker högre klimatpåverkan, övergödning, försurning och energianvändning än konventionellt odlade grönsaker. Med avseende på ekotoxicitet går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. Detta sistnämnda resultat baseras på uppgifter från endast två studier (åtta jämförelser med bönor och en jämförelse med purjolök), varför det inte

kan generaliseras till hela gruppen grönsaker. Vidare kan det konstateras att ekologiskt producerad purjolök och bönor presterar bättre än, eller likvärdigt, konventionellt producerad purjolök och bönor i sju av nio jämförelser. Det räcker dock inte för grönt ljus, enligt de kriterier som definierats här. I studien på bönor (Abeliotis et al. 2013), uppges förbränning av kol för elproduktion vara en av de största källorna till utsläpp av substanser med ekotoxisk miljöpåverkan, och då ekologiskt odlade bönor använder mer energi än konventionellt odlade bönor, blir den ekotoxiska miljöpåverkan högre. Studien inkluderar inte den ekotoxiska miljöpåverkan från användningen av växtskyddsmedel, varför resultat från denna studie bör tolkas med viss försiktighet.

- Ekologiska frukter och bär ger upphov till lägre övergödning, försurning och ekotoxicitet än konventionella frukter och bär, och högre markanvändning. Med avseende på klimat och energianvändning går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst.

## **Kommentarer till tabell 3 och tabell 4 med avseende på miljöaspekter**

- Med avseende på klimatpåverkan är resultatet huvudsakligen otydligt (tabell 3). I sex av nio livsmedelsgrupper går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. I två livsmedelsgrupper (kycklingkött och grönsaker) har ekologiska produkter högre klimatpåverkan än konventionella produkter, och i en livsmedelsgrupp (fisk och skaldjur) har ekologiska produkter lägre klimatpåverkan än konventionella produkter.
- Med avseende på övergödning i relation till kg produkt är resultatet blandat (tabell 3). I tre livsmedelsgrupper (fläskkött, fisk och skaldjur, samt jordbruksgrödor) går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. I tre livsmedelsgrupper (mjölk, ägg och frukt och bär) ger ekologiska produkter upphov till lägre övergödning än konventionella produkter, och i tre livsmedelsgrupper (nötkött, kycklingkött och grönsaker) ger ekologiska produkter upphov till högre övergödning än konventionella produkter. I relation till brukad areal däremot (tabell 4) är resultatet huvudsakligen till fördel för ekologiskt jordbruk (i fem av åtta livsmedelsgrupper).
- Med avseende på försurning i relation till kg produkt är resultatet huvudsakligen till fördel för konventionell produktion (tabell 3). I fyra av nio livsmedelsgrupper går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst. I fyra livsmedelsgrupper (nötkött, kycklingkött, ägg och grönsaker) ger ekologiska produkter upphov till högre försurning än konventionella produkter, och i en livsmedelsgrupp (frukt och bär) ger ekologiska produkter upphov

till lägre försurning än konventionella produkter. I relation till brukad areal däremot (tabell 4) är resultatet huvudsakligen till fördel för ekologiskt jordbruk (i sju av åtta livsmedelsgrupper).

- Med avseende på ekotoxisk miljöpåverkan i relation till kg produkt är resultatet huvudsakligen till fördel för ekologisk produktion (tabell 3). Ekologiska livsmedel ger upphov till lägre ekotoxisk miljöpåverkan i sju av nio livsmedelsgrupper. I två livsmedelsgrupper (fisk och skaldjur, och grönsaker) går det inte att urskilja vilket produktionssystem som presterar bäst (se kommentar om grönsaker ovan). Även i relation till brukad areal (tabell 4) är resultatet huvudsakligen till fördel för ekologisk produktion (i sju av åtta livsmedelsgrupper).
- Med avseende på markanvändning är resultatet huvudsakligen till fördel för konventionell produktion (tabell 3). Det krävs mindre mark för att producera konventionella livsmedel i sju av åtta livsmedelsgrupper.

Tabell 4. Översiktlig jämförelse mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på miljöpåverkan i relation till brukad areal baserat på litteraturstudien. Förklaring till färgerna finns under tabellen. Siffror längst ner till höger i cellerna anger antalet jämförelser resultaten baseras på. Jordbruksgrödor inkluderar vete, råg, potatis, ris, raps, soja och hela växtföljder med jordbruksgrödor. Grönsaker inkluderar matlök, purjolök, tomat och bönor. Frukt och bär inkluderar apelsin, citron och vindruvor.

Livsmedelsgrupp	Övergödning	Försurning	Ekotoxicitet
Mjök	6	6	5
Nötkött	7	3	9
Fläskkött	6	4	4 <sup>a</sup>
Kycklingkött	6	4	7
Ägg	1	1	1
Fisk & skaldjur	0	0	0
Jordbruksgrödor	11	10	12
Grönsaker	4	4	9
Frukt och bär	4	4	2

<sup>a</sup> endast jämförelser som inkluderar växtskyddsmedel i beräkningen av ekotoxisk miljöpåverkan.



= ekologisk och konventionell produkt presterar likvärdigt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; ekologisk produkt skiljer sig med mindre än  $\pm 10$  procent i genomsnitt från konventionell produkt vid  $< 3$  jämförelser; och/eller resultaten från enskilda jämförelser pekar åt olika håll.



= ekologisk produkt presterar bättre än konventionell produkt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; ekologisk produkt presterar minst tio procent bättre i genomsnitt än konventionell produkt vid  $< 3$  jämförelser. Bättre prestanda innebär lägre miljöpåverkan eller lägre resursanvändning.



= konventionell produkt presterar bättre än ekologisk produkt i minst 2/3 av fallen vid  $\geq 3$  jämförelser; konventionell produkt presterar minst tio procent bättre i genomsnitt än ekologisk produkt vid  $< 3$  jämförelser. Bättre prestanda innebär lägre miljöpåverkan eller lägre resursanvändning.



= data saknas.

## **Andra aspekter**

Livscykelanalyser (LCA) av livsmedel inbegriper inte alla relevanta miljöaspekter, och ger därmed inte en heltäckande bild av skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel. En orsak till detta är avsaknad av metodik inom LCA; en annan är att viss typ av miljöpåverkan är svår att relatera till enskilda produkter, och mer relevant att relatera till jordbrukssystemet i stort. Detta kapitel ger en kort översikt över miljöaspekter som är viktiga att beakta i sammanhanget, men som inte fångats upp av sammanställningen av LCA-studier.

Ytterligare aspekter som inte täcks in här är till exempel växthusgasflöden från marken, där Skinner et al. (2014) sammanställt den tillgängliga litteraturen avseende skillnader mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, och markkvalitetsaspekter, som till exempel Fließbach et al. (2007) studerat efter 21 år med ekologiskt och konventionellt jordbruk.

## **Skillnader i skördenivåer mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk**

Ekologiskt jordbruk kritiseras ibland för bristande förmåga att föda världens växande befolkning (Connor, 2013, Connor, 2008, Trewavas, 2001), p.g.a. att det krävs mer mark för att producera ekologiska livsmedel, jämfört med konventionella livsmedel. Tre systematiska litteraturgenomgångar av vetenskapliga studier på skillnader i skördenivåer mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk har genomförts och publicerats de senaste åren. De viktigaste resultaten från dessa litteraturgenomgångar sammanfattas här:

Seufert et al. (2012) rapporterade att skördarna i ekologiskt jordbruk uppgår till i genomsnitt 75 procent av skördarna i konventionellt jordbruk (det vill säga 25 procent lägre skördar i ekologiskt jordbruk), baserat på 316 jämförelser på 34 grödor från 66 studier. Flest enskilda jämförelser var på spannmål (51 procent).

de Ponti et al. (2012) rapporterade att skördarna i ekologiskt jordbruk uppgår till i genomsnitt 80 procent av skördarna i konventionellt jordbruk (det vill säga 20 procent lägre skördar i ekologiskt jordbruk), baserat på 362 jämförelser på 67 grödor från 43 länder. Flest enskilda jämförelser var på spannmål (43 procent).

Ponisio et al. (2015) rapporterade att skördarna i ekologiskt jordbruk uppgår till i genomsnitt 81 procent av skördarna i konventionellt jordbruk (det vill säga 19 procent lägre skördar i ekologiskt jordbruk), baserat på 1 071 jämförelser på 52 grödor från 115 studier och 38 länder. Flest enskilda jämförelser var på spannmål (52 procent).

## **Biologisk mångfald**

Effekter på biologisk mångfald inkluderas sällan i produktorienterade LCA-studier, delvis på grund av avsaknad av metodik, och delvis på grund av det är svårt (och inte alltid meningsfullt) att relatera effekter på biologisk mångfald till enskilda livsmedel. Förändringar i påverkan på biologisk mångfald sker långsamt, och behöver således studeras under lång tid. Rimligen är jordbrukssystemet mer avgörande för den biologiska mångfalden, än de specifika grödor som odlas enskilda år. Metoder för att inkludera påverkan på biologisk mångfald inom LCA är dock under utveckling (Lindqvist, 2015; de Baan et al. 2013; de Souza et al. 2013; Milà i Canals et al. 2014), och har testats i pilotstudier (se till exempel Mueller et al. 2014, och Coelho et al. 2014).

Jordbrukets påverkan på biologisk mångfald, och skillnader mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, är dock ett relativt väl utforskat område, om än med andra metoder än LCA. På senare tid har flera litteraturgenomgångar sammanställt skillnader i påverkan på biologisk mångfald mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk. De viktigaste resultaten från tre av de mest omfattande, och aktuella, litteraturgenomgångarna (som vi hittat) sammanfattas här.

Bengtsson et al. (2005) fann att ekologiskt jordbruk i genomsnitt har 30 procent högre artrikedom (fåglar, insekter, markorganismer och växter), än konventionellt jordbruk, baserat på resultat från 63 studier. Vidare fann de att ekologiskt jordbruk i genomsnitt har 50 procent högre förekomst av organismer (antal per ytenhet; fåglar, insekter, spindlar, markorganismer och växter), än konventionellt jordbruk, baserat på jämförelser från 117 studier. 84 procent av studierna (63 st) rapporterade högre artrikedom i ekologiskt jordbruk, än i konventionellt jordbruk, medan 16 procent av studierna rapporterade lägre artrikedom i ekologiskt jordbruk, än i konventionellt jordbruk. 82 procent av studierna (117 st) rapporterade högre förekomst av organismer i ekologiskt jordbruk, än i konventionellt jordbruk.

Hole et al. (2005) fann att ekologiskt jordbruk har högre biologisk mångfald än konventionellt jordbruk i 67 procent av jämförelserna; blandat resultat eller ingen skillnad i 25 procent av jämförelserna, och lägre biologisk mångfald i ekologiskt jordbruk än i konventionellt jordbruk i åtta procent av jämförelserna. Detta var baserat på resultat från 76 studier som jämförde biologisk mångfald (artrikedom och/eller förekomst av organismer) i ekologiskt och konventionellt jordbruk med avseende på fåglar, däggdjur, fjärilar, spindlar, dagmaskar, insekter, växter och markmikrober.



Rahmann (2011) fann att ekologiskt jordbruk har högre biologisk mångfald än konventionellt jordbruk i 83 procent av jämförelserna; ingen skillnad i 14 procent av jämförelserna, och lägre biologisk mångfald i ekologiskt jordbruk än i konventionellt jordbruk i tre procent av jämförelserna, baserat på resultat från 396 studier. I studierna jämfördes biologisk mångfald (artrikedom och/eller förekomst av organismer) i ekologiskt och konventionellt jordbruk med avseende på växter, ryggradslösa djur, ryggradsdjur, bakterier, jästsvampar och markbiota.

Sammanfattningsvis finns det alltså starka belägg för att ekologiskt jordbruk i de flesta fall främjar den biologiska mångfalden mer, eller har en mindre skadlig effekt, än konventionellt jordbruk.

### Ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster kan definieras som ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande, och brukar delas in i fyra kategorier: försörjande, reglerande, stödjande och kulturella tjänster. Stödjande tjänster syftar på tjänster som krävs för att upprätthålla andra processer och funktioner.

En majoritet av ekosystemtjänster är idag hotade till följd av utbredd mänsklig aktivitet, förändrad markanvändning och ökad efterfrågan på ekosystemtjänster, så som livsmedel (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Jordbruket kan både främja, och bidra till att försämra, flera viktiga ekosystemtjänster, se tabell 5.

Tabell 5. Exempel på ekosystemtjänster som är knutna till jordbruket, uppdelat på kategorier.

Försörjande	Produktion av livsmedel från växter och djur, produktion av foder, bioenergi och biomassa
Reglerande	Klimatreglering, luft- och vattenrening
Stödjande	Pollinering, biologisk kontroll av skadegörare, jordmånsbildning/markbördighet
Kulturella	Estetiska värden, rekreation, utbildning

Påverkan på ekosystemtjänster inkluderas sällan i produktorienterade LCA-studier, delvis på grund av avsaknad av metodik, och delvis på grund av det är svårt (och inte alltid meningsfullt) att relatera påverkan på ekosystemtjänster till enskilda livsmedel. Påverkan på ekosystemtjänster sker ofta långsamt, och behöver studeras över lång tid. I detta avseende är jordbrukets produktionsform mer avgörande, än de specifika grödor som odlas enskilda år.

Metodutveckling är dock på gång, särskilt inom LCA kopplat till markanvändning (Koellner et al. 2013), men hittills är tillämpningen av nya metoder begränsad till

ett fåtal pilotstudier, se till exempel Milà i Canals et al. (2013), Helin et al. (2014) och Michelsen et al. (2014).

Mondelaers et al. (2009) påpekar att mindre intensiv livsmedelsproduktion (exempelvis ekologisk, som kräver mer mark) kan innebära att ny mark (med höga ekosystemtjänstvärden) behöver tas i bruk vilket totalt sett kan innebära en nettoförlust av ekosystemtjänster. Därför behöver värdet av ekosystemtjänster på en given plats vägas mot behovet av att producera livsmedel och tillgången på mark.

Vi har inte hittat någon studie som systematiskt jämför ekologiskt och konventionellt jordbruk med avseende på påverkan på olika ekosystemtjänster. Sandhu et al. (2010) hävdar att ekologiskt jordbruk har en mer gynnsam påverkan på ekosystemtjänster än konventionellt jordbruk, men presenterar få belägg.

### **Användning av fosfor**

Fosfor är ett näringsämne som är nödvändigt för att växter ska kunna växa och utvecklas normalt och tillförs framför allt med mineralgödsel och stallgödsel. Oavsett jordbrukets produktionsform (ekologisk eller konventionell) krävs fosfor, men kan ha olika ursprung. Mineralgödsel, innehållande fosfor utvunnen från fosfatmalm, är ett insatsmedel som används inom konventionellt jordbruk istället för, eller som komplement, till stallgödsel. Från jordbruket kan fosfor läcka ut och bidra till övergödning i hav och sjö, med giftiga algblomningar, syrefria bottenar och igenväxning som följd. Fosfor släpps också ut indirekt via konsumerad mat och avloppsvatten. Miljöpåverkan kopplad till övergödning ingår vanligtvis i LCA-studier på livsmedel och har inkluderats i sammanställningen av LCA-studier. Här diskuteras istället användningen av fosfor som resurs.

”Peak fosfor” har på senare tid blivit ett begrepp som symboliserar det faktum att fosfatresurserna är begränsade, vårt beroende av mineralisk fosfor och sårbarhet vid en eventuell framtida bristsituation (Cordell och Neset, 2014). Mot bakgrund av begränsade fosfatresurser och problem med övergödning är det viktigt att fosfor i högre grad inkluderas i ett näringskretslopp där fosfor cirkulerar mellan åker och livsmedel och tillbaka till åker. KRAV-certifierad ekologisk produktion syftar till att uppnå ”en nära koppling mellan djurhållning och foderproduktion samt att kretsloppet mellan stad och land ska slutas utan att åkermarken riskerar att förorenas”<sup>2</sup>. Användningen av fosfor ser därmed olika ut inom ekologiskt och konventionellt jordbruk.

Hansen et al. (2001) sammanställde skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk i Danmark. De noterade att ekologiskt jordbruk har en

förmåga att samtidigt orsaka fosforutarmning och fosforöverskott (på olika platser), samt att konventionella mjölkgårdar hade betydligt högre överskott av fosfor än ekologiska mjölkgårdar. Överskott av fosfor kan indikera överanvändning.

Endast ett fåtal studier som sammanställts inom ramen för denna rapport har rapporterat användningen av fosfor. Dessa studier visar att ekologisk livsmedelsproduktion använder mindre mängd mineralisk fosfor (Dekker et al., 2011; Alig et al., 2012; Nemecek et al., 2011), samt att konventionella äggproduktionsgårdar har cirka tio gånger högre fosforöverskott än ekologiska äggproduktionsgårdar och att ekologisk äggproduktion i högre grad än konventionell äggproduktion orsakar fosforutarmning i marken (Dekker et al., 2011).

---

<sup>2</sup> <http://www.krav.se/regel/43-godselmedel-jordforbattningsmedel-1> (2015-03)

## Tidigare kunskapssammanställningar

Tre kunskapssammanställningar på skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel och/eller ekologiskt och konventionellt jordbruk har tidigare publicerats, enligt vår kännedom. Här sammanfattas de viktigaste resultaten från dessa kunskapssammanställningar.

Mondelaers et al. (2009) gjorde en kvalitativ och kvantitativ sammanställning på skillnader mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, med avseende på markens halt av organiskt material, utsläpp av nitrat, fosfat och växthusgaser, markanvändning samt biologisk mångfald (kunskapsunderlaget inkluderade, men begränsades inte till, studier som tillämpat LCA). Den kvantitativa datasammanställningen analyserades med statistiska metoder. De fann att:

- Det är ingen statistiskt signifikant skillnad i utsläpp av växthusgaser per kg produkt mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, baserat på 52 jämförelser från två studier.
- Ekologiskt jordbruk ger upphov till lägre utsläpp av nitrat per brukad areal än konventionellt jordbruk – en minskning som är signifikant, enligt 116 jämförelser från 14 studier. Ser man däremot enbart till gårdar som både har växtodling och djurhållning är skillnaden inte lika tydlig; ekologiskt jordbruk ger fortfarande upphov till lägre utsläpp av nitrat per brukad areal, men skillnaden är inte statistiskt signifikant, baserat på 42 jämförelser. Uttryckt per kg produkt är det ingen skillnad i utsläpp av nitrat mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, baserat på 59 jämförelser från sex studier.
- Baserat på resultat från tre studier som direkt har studerat utsläpp av fosfat per brukad areal (två långtidsförsök i fält, och en modelleringsstudie) går det inte att dra några generella slutsatser. Om fosforbalansen används som en förklarande indikator för fosfatläckage pekar resultaten (78 jämförelser från åtta studier) på lägre fosfatutsläpp från ekologiskt jordbruk, men skillnaden är inte signifikant.
- Fyra studier fann inga skillnader i markens halt av organiskt material mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk, medan tolv studier fann att ekologiskt jordbruk har högre halt organiskt material i marken, än konventionellt jordbruk. Sammantaget har ekologiskt jordbruk 6 procentenheter högre halt organiskt material – en skillnad som är signifikant, enligt 77 jämförelser från sju studier där statistik analys kunde tillämpas. Möjliga förklaringar att ekologiskt jordbruk har högre halt organiskt material än konventionellt jordbruk uppges exempelvis vara mer utbredd användning av naturgödsel, grüngödsling, fånggrödor, jordförbättringsmedel och tillämpning av växtföljder.

- Skördenivån i ekologiskt jordbruk ligger i genomsnitt på 83 procent av skördenivån i konventionellt jordbruk (det vill säga 17 procent lägre skördar i ekologiskt jordbruk) – en skillnad som är signifikant, baserat på 70 jämförelser från tio studier. Ekologiskt jordbruk gynnar såväl biologisk mångfald i jordbruket (sorter som odlas och djurraser som föds upp), som naturlig biologisk mångfald.

Tuomisto et al. (2012b) sammanställde kvalitativa och kvantitativa skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel i Europa, med avseende på markens halt av organiskt material, näringsläckage (kväve, lustgas, ammoniak, fosfor), utsläpp av växthusgaser, övergödning, försurning, energianvändning och markanvändning, baserat på 257 jämförelser från 71 studier. Sammanställningen inkluderade, men begränsades inte till, studier som använt LCA som analysmetod. Den kvantitativa datasammanställningen analyserades med statistiska metoder. Tuomisto et al. (2012b) sammanställde även 38 studier med avseende skillnader i påverkan på biologisk mångfald mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk.

Generellt sett fann Tuomisto et al. (2012b) en stor spridning i resultaten från olika studier, p.g.a. att de studerade systemen skiljer sig i flera avseenden, och p.g.a. att olika metoder används i olika studier, men att ekologiskt producerade livsmedel generellt sett har lägre miljöpåverkan per brukad areal än konventionellt producerade livsmedel. I relation till kg produkt däremot är resultatet mer blandat.

Mer specifikt fann Tuomisto et al. (2012b) att:

- Det är ingen skillnad i utsläpp av växthusgaser mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel (median = 0 %).
- Det krävs i median 21 procent mindre energi per kg ekologisk produkt än per kg konventionell produkt – en skillnad som är signifikant. Den främsta anledningen är energiförbrukning vid produktion av mineralgödsel som används i konventionellt jordbruk.
- Med avseende på övergödning ger ekologiskt jordbruk upphov till högre övergödningspotential per kg produkt, och lägre övergödningspotential per brukad areal, än konventionellt jordbruk. De främsta anledningarna uppges vara lägre tillförsel av växtnäring och lägre skördenivå i ekologiskt jordbruk.
- Med avseende på försurning ger ekologiskt jordbruk upphov till högre försurningspotential per kg produkt, och lägre försurningspotential per brukad areal, än konventionellt jordbruk. De främsta anledningarna uppges vara lägre tillförsel av kväve och lägre skörd i ekologiskt jordbruk. Andra delförklaringar

uppges vara lägre proteinhalt i foder på ekologiska mjölkgårdar, lägre djurtät-  
het på ekologiska grisgårdar och mer utbredd användning av fånggrödor om  
vintern på ekologiska gårdar.

- Ekologiskt jordbruk har 31 procent lägre utsläpp av kväve per brukad areal än konventionellt jordbruk (i median), men 49 procent högre utsläpp av kväve per kg produkt än konventionellt jordbruk (i median) – skillnader som är signifikanta. Den främsta anledningen är lägre tillförsel av kväve i ekologiskt jordbruk.
- Det är ingen skillnad i förlust av fosfor mellan ekologiskt och konventionellt jordbruk.
- Ekologiskt jordbruk har sju procent högre halt organiskt material i marken än konventionellt jordbruk i median – en skillnad som är signifikant. Den främsta anledningen uppges vara högre tillsats av organiskt material i ekologiskt jordbruk, exempelvis i form av naturgödsel eller kompost, troligen i kombination med mer vallodling i växtföljden. Andra möjliga förklaringar är snabbare nedbrytning av växtmaterial i ekologiskt jordbruk och mindre intensiv plöjning.
- Det krävs 84 % mer mark (i median) för att producera ekologiska livsmedel, jämfört med konventionella livsmedel i Europa (statistiskt signifikant skillnad), baserat på begränsade resultat från tolv jämförelser som tillämpat LCA-metodik. Den främsta anledningen är lägre skörd i ekologisk odling, i kombination med behovet av att inkludera kvävefixerande grödor (gröngödsling) i växtföljden. I de studier varpå detta resultat baseras har ekologiskt odlade grödor i genomsnitt 25 procent lägre skördenivå än konventionellt odlade grödor p g a begränsad tillgång till växtnäring och mer problem med ogräs, skadeinsekter och växtsjukdomar.

Meier et al. (2015) sammanställde skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel från 34 studier som tillämpat LCA-metodik. De fann en stor spridning i resultaten från olika studier, men att en majoritet av studier (53 procent) dragit den generella slutsatsen att ekologiskt producerade livsmedel ger upphov till lägre miljöpåverkan än konventionellt producerade livsmedel, medan en mindre andel (18 procent) dragit slutsatsen att ekologiskt producerade livsmedel ger upphov till lägre miljöpåverkan med avseende på vissa aspekter, och högre med avseende på andra aspekter.

Vidare fann Meier et al. (2015) att jämförande LCA-studier på skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel dras med brister som begränsar möjligheterna att dra generella slutsatser, nämligen:

- Brister kopplat till modellering av kväveflöden (utsläpp av kväve påverkar klimat, övergödning och försurning). Vanligtvis används modeller utvecklade inom det konventionella jordbruket (med mineralgödsel), trots att dessa modeller inte är fullt ut tillämpbara i det ekologiska jordbruket (med naturgödsel). Detta är en viktig potentiell felkälla i jämförande LCA-studier.
- Ofullständig täckning av relevanta miljöaspekter: i nästan hälften av studierna inkluderas endast en miljöpåverkanskategori (oftast klimatpåverkan). Viktiga aspekter som sällan inkluderas är biologisk mångfald och markaspekter.
- Bristande representativitet p.g.a. begränsat dataunderlag (data från färre än tio gårdar) och korta tidsserier (data från enskilda år).

Meier et al. (2015) fann också att:

- Mjök är det enskilt mest undersökta livsmedlet (32 procent av studierna).
- De flesta studierna är av europeiskt ursprung (88 procent).
- 18 procent av studierna tillämpar någon form av känslighetsanalys med avseende på metodval.
- 21 procent av studierna tillämpar någon form av osäkerhetsanalys för att kvantifiera osäkerheter.

## Diskussion del 2

Det finns flera anledningar till att resultaten från denna sammanställning ska tolkas med stor försiktighet, och inte generaliseras:

- Metodmässiga skillnader mellan olika studier med avseende på exempelvis systemgränser (vilka delar av livscykeln som inkluderas); allokeringmetoder (hur miljöpåverkan fördelas mellan olika produkter i ett produktsystem), och metoder som använts för att beräkna miljöpåverkan. Inom ramen för denna studie har det inte varit möjligt att granska metodmässiga skillnader, eller analysera dess konsekvenser. På grund av att dessa metodmässiga skillnader trots allt existerar, presenteras inte resultaten i form av absoluta tal, utan enbart i form av relativa skillnader mellan ekologiska och konventionella produkter.
- Begränsat dataunderlag. För flera livsmedel och miljöaspekter finns endast en eller ett fåtal jämförelser. Ju färre jämförelser desto osäkrare resultat och desto mer olämpligt att göra generaliseringar. Många studier behövs för att kunna dra säkra slutsatser om faktiska skillnader. I vissa fall där flera jämförelser finns pekar resultaten åt olika håll. Beräknade medelvärden ska tolkas med

stor försiktighet och alltid ses i relation till spridningen i resultat (max – min), och i relation till det antal jämförelser som ligger till grund. I de fall två eller flera studier pekar åt helt olika håll är medelvärdet ett föga relevant mått.

- Icke fullt ut jämförbara system. Vår ambition har varit att endast inkludera jämförbara system (det vill säga göra relevanta jämförelser). Bedömningen av vad som är jämförbara system baseras i de flesta fall på artikelförfattarnas bedömningar. I de flesta fall skiljer sig dock de studerade systemen med avseende på fler aspekter än produktionsformen. Detta gäller särskilt lokala mark- och klimatförhållanden. Den begränsade omfattningen på denna studie har inte tillåtit oss att fördjupa oss i orsakerna till de observerade skillnaderna mellan ekologiska och konventionella produkter. Risken finns att skillnader beror på andra faktorer än jordbrukets produktionsform, vilket gör jämförelserna mindre relevanta.
- Skillnader i innebörden av ekologiskt och konventionellt jordbruk. Det finns ingen universellt vedertagen definition av vad ekologiskt och konventionellt jordbruk innebär (Rigby & Cáceres, 2001). Olika certifieringsorgan har olika standarder för ekologisk produktion. Det skiljer även mellan länder, till exempel med avseende på vilka växtskyddsmedel och gödselmedel som är tillåtna. Vi har utgått från de olika artikelförfattarnas bedömningar av vad som är ”ekologiskt” respektive ”konventionellt” jordbruk/ djurhållning, samt i vissa fall gjort egna bedömningar. Exempelvis har ”integrerad” produktion ansetts motsvara konventionell produktion i ett par fall.
- Regionala skillnader i produktionsmetoder. De flesta studierna kommer inte från Sverige, och studiernas geografiska ursprung representerar inte alltid de länder varifrån Sverige importerar livsmedel. Vi har exkluderat ett fåtal studier p.g.a. bristande relevans från ett svenskt konsumtionsperspektiv, men i de flesta fall inkluderat de studier som finns, då vi bedömt att produktionsmetoder är jämförbara med produktionsmetoder som används i Sverige, eller med produktionsmetoder som används i andra länder varifrån Sverige importerar livsmedel. Regionala skillnader i produktionsmetoder innebär att generaliseringar bortom studiernas specifika sammanhang ska göras med stor försiktighet.
- Bristande beaktning av alla relevanta aspekter. I denna rapport har vi fokuserat på miljöaspekter som behandlas i produktorienterade LCA-studier. I en mer fullständig analys av skillnader i miljöpåverkan mellan ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel behöver fler aspekter beaktas, exempelvis påverkan på biologisk mångfald och ekosystemtjänster, samt användning av mineraliskt fosfor, vilka endast behandlats översiktligt här.



- Huruvida ekologisk eller konventionell produktion är mer fördelaktig i en given situation beror även på lokala förutsättningar och förhållanden där produktionen sker, till exempel tillgången på mark och den bakomliggande miljöbelastningen. Lokala förutsättningar och förhållanden påverkar också vilken funktionell enhet (miljöpåverkan uttryckt i relation till kg produkt, eller i relation till brukad areal) som är mest relevant att beakta.

## Referenser del 2

ABELIOTIS, K., DETSIS, V. & PAPPID, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *Journal of Cleaner Production*, 41, 89-96.

ALIG, M., GRANDL, F., MIELEITNER, J., NEMECEK, T. & GAILLARD, G. 2012. Life Cycle Assessment of Beef, Pork and Poultry. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.

BASSET-MENS, C. & VAN DER WERF, H. M. G. 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 105, 127-144.

BENGTSSON, J., AHNSTRÖM, J. & WEIBULL, A. C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 42, 261-269.

BOGGIA, A., PAOLOTTI, L. & CASTELLINI, C. 2010. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. *Worlds Poultry Science Journal*, 66, 95-114.

BOS, J. F. F. P., DE HAAN, J., SUKKEL, W. & SCHILS, R. L. M. 2014. Energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands. *Njas-Wageningen Journal of Life Sciences*, 68, 61-70.

CASEY, J. W. & HOLDEN, N. M. 2006. Greenhouse gas emissions from conventional, agri-environmental scheme, and organic Irish suckler-beef units. *Journal of Environmental Quality*, 35, 231-239.

CEDERBERG, C. & MATTSSON, B. 2000. Life cycle assessment of milk production — a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 8, 49-60.

CEDERBERG, C. & FLYSJÖ, A. 2004. Life cycle inventory of 23 dairy farms in south-western Sweden. Göteborg, Sweden: SIK - the Swedish Institute for Food and Biotechnology.

COELHO, C. R. V. & MICHELSEN, O. 2014. Land use impacts on biodiversity from kiwifruit production in New Zealand assessed with global and national datasets. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 285-296.

- CONNOR, D. J. 2008. Organic agriculture cannot feed the world. *Field Crops Research*, 106, 187-190. CONNOR, D. J. 2013. Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *Field Crops Research*, 144, 145-147.
- CORDELL, D. & NESET, T. S. S. 2014. Phosphorus vulnerability: A qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multi-dimensional stressors of phosphorus scarcity. *Global Environmental Change*, 24, 108-122.
- DE BAAN, L., ALKEMADE, R. & KOELLNER, T. 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: a global approach. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1216-1230.
- DE BACKER, E., AERTSENS, J., VERGUCHT, S. & STEURBAUT, W. 2009. Assessing the ecological soundness of organic and conventional agriculture by means of life cycle assessment (LCA): A case study of leek production. *British Food Journal*, 111, 1028-1061.
- DE PONTI, T., RIJK, B. & VAN ITTERSUM, M. K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1-9.
- DE SOUZA, D. M., FLYNN, D. F., DECLERCK, F., ROSENBAUM, R. K., DE MELO LISBOA, H. & KOELLNER, T. 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: proposal of characterization factors based on functional diversity. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1231-1242.
- DEKKER, S. E. M., DE BOER, I. J. M., VERMEIJ, I., AARNINK, A. J. A. & KOERKAMP, P. W. G. G. 2011. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139, 109-121. DIJKMAN, T. J., BIRKVED, M. & HAUSCHILD, M. Z. 2012. PestLCI 2.0: a second generation model for estimating emissions of pesticides from arable land in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 973-986.
- DOURMAD, J. Y., RYSCHAWY, J., TROUSSON, T., BONNEAU, M., GONZALEZ, J., HOUWERS, H. W. J., HVIID, M., ZIMMER, C., NGUYEN, T. L. T. & MORGENSEN, L. 2014. Evaluating environmental impacts of contrasting pig farming systems with life cycle assessment. *Animal*, 8, 2027-2037.
- FEDELE, A., MAZZI, A., NIERO, M., ZULIANI, F. & SCIPIONI, A. 2014. Can the Life Cycle Assessment methodology be adopted to support a single farm on its environmental impacts forecast evaluation between conventional and organic production? An Italian case study. *Journal of Cleaner Production*, 69, 49-59.

- FLIEßBACH, A., OBERHOLZER, H.-R., GUNST, L. & MÄDER, P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 273-284.
- FLYSJÖ, A., CEDERBERG, C., HENRIKSSON, M. & LEDGARD, S. 2012. The interaction between milk and beef production and emissions from land use change - critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production*, 28, 134-142.
- GRAEFE, S., DUFOUR, D., GIRALDO, A., ARMANDO MUNOZ, L., MORA, P., SOLIS, H., GARCES, H. & GONZALEZ, A. 2011. Energy and carbon footprints of ethanol production using banana and cooking banana discard: A case study from Costa Rica and Ecuador. *Biomass & Bioenergy*, 35, 2640-2649.
- GRÖNROOS, J., SEPPÄLÄ, J., VOUTILAINEN, P., SEURI, P. & KOIKKALAINEN, K. 2006. Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117, 109-118.
- GUERCI, M., KNUDSEN, M. T., BAVA, L., ZUCALI, M., SCHOENBACH, P. & KRISTENSEN, T. 2013. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 54, 133-141.
- GÜNDOĞMUŞ, E. 2006. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. *Energy conversion and management*, 47, 3351-3359.
- HAAS, G., WETTERICH, F. & KÖPKE, U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83, 43-53.
- HANSEN, B., ALRØE, H. F. & KRISTENSEN, E. S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83, 11-26.
- HAUSCHILD, M. Z., GOEDKOOP, M., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HUIJBREGTS, M., JOLLIET, O., MARGNI, M., DE SCHRYVER, A., HUMBERT, S. & LAURENT, A. 2013. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 683-697.
- HELIN, T., HOLMA, A., SOIMAKALLIO, S. 2014. Is land use impact assessment in LCA applicable for forest biomass value chains? Findings from comparison of use of Scandinavian wood, agro-biomass and peat for energy. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 770-785.

- HOKAZONO, S. & HAYASHI, K. 2012. Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 28, 101-112.
- HOLE, D. G., PERKINS, A. J., WILSON, J. D., ALEXANDER, I. H., GRICE, P. V. & EVANS, A. D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, 113-130.
- HÖRTENHUBER, S., LINDENTHAL, T., AMON, B., MARKUT, T., KIRNER, L. & ZOLLITSCH, W. 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems-model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25, 316-329.
- JONELL, M. & HENRIKSSON, P. J. G. 2014. Mangrove-shrimp farms in Vietnam—Comparing organic and conventional systems using life cycle assessment. *Aquaculture* doi:10.1016/j.aquaculture.2014.11.001.
- JURASKE, R. & SANJUÁN, N. 2011. Life cycle toxicity assessment of pesticides used in integrated and organic production of oranges in the Comunidad Valenciana, Spain. *Chemosphere*, 82, 956-962.
- KAVARGIRIS, S. E., MAMOLOS, A. P., TSATSARELIS, C. A., NIKOLAIDOU, A. E. & KALBURTI, K. L. 2009. Energy resources' utilization in organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production. *Biomass and bioenergy*, 33, 1239-1250.
- KALTSAS, A. M., MAMOLOS, A. P., TSATSARELIS, C. A., NANOS, G. D. & KALBURTI, K. L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, ecosystems & environment*, 122, 243-251.
- KAVARGIRIS, S. E., MAMOLOS, A. P., TSATSARELIS, C. A., NIKOLAIDOU, A. E. & KALBURTI, K. L. 2009. Energy resources' utilization in organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production. *Biomass and bioenergy*, 33, 1239-1250.
- KEHAGIAS, M. C., MICHOS, M. C., MENEXES, G. C., MAMOLOS, A. P., TSATSARELIS, C. A., ANAGNOSTOPOULOS, C. D. & KALBURTI, K. L. 2014. Energy equilibrium and CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O-emissions in organic, integrated and conventional apple orchards related to Natura 2000 site. *Journal of Cleaner Production*.
- KIEFER, L., MENZEL, F. & BAHRS, E. 2014. The effect of feed demand on greenhouse gas emissions and farm profitability for organic and conventional dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 97, 7564-7574.
- KNUDSEN, M. T., FONSECA DE ALMEIDA, G., LANGER, V., SANTIAGO DE ABREU, L. & HALBERG, N. 2011. Environmental assessment of organic

juice imported to Denmark: a case study on oranges (*Citrus sinensis*) from Brazil. *Organic Agriculture*, 1, 167-185.

KNUDSEN, M. T., QIAO, Y.-H., LUO, Y. & HALBERG, N. 2010. Environmental assessment of organic soybean (*Glycine max.*) imported from China to Denmark: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1431-1439.

KOELLNER, T., DE BAAN, L., BECK, T., BRANDÃO, M., CIVIT, B., MARGNI, M., I CANALS, L. M., SAAD, R., DE SOUZA, D. M. & MÜLLER-WENK, R. 2013. UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1188-1202.

KRISTENSEN, T., MOGENSEN, L., KNUDSEN, M. T. & HERMANSEN, J. E. 2011. Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Science*, 140, 136-148.

LEINONEN, I., WILLIAMS, A., WISEMAN, J., GUY, J. & KYRIAZAKIS, I. 2012. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poultry science*, 91, 26-40.

LINDQVIST, M. 2015. Research on methodologies for impact assessment on biodiversity in LCA – the case of biobased products. Licentiate Thesis. Chalmers University of Technology. ESA-report 2015:2.

LITSKAS, V. D., MAMOLOS, A. P., KALBURTJI, K. L., TSATSARELIS, C. A. & KIOSE-KAMPASAKALI, E. 2011. Energy flow and greenhouse gas emissions in organic and conventional sweet cherry orchards located in or close to Natura 2000 sites. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1302-1310.

LIU, Y., LANGER, V., HOGH-JENSEN, H. & EGELYNG, H. 2010. Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1423-1430.

MEIER, M. S., STOESSEL, F., JUNGBLUTH, N., JURASKE, R., SCHADER, C. & STOLZE, M. 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management*, 149, 193-208.

MEISTERLING, K., SAMARAS, C. & SCHWEIZER, V. 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production*, 17, 222-230.

MICHELSSEN, O., MCDEVITT, J. E. & COELHO, C. R. V. 2014. A comparison of three methods to assess land use impacts on biodiversity in a case study of for-

- estry plantations in New Zealand. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1214-1225.
- MICHOS, M. C., MAMOLOS, A. P., MENEXES, G. C., TSATSARELIS, C. A., TSIRAKOGLU, V. M. & KALBURTJI, K. L. 2012. Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. *Ecological Indicators*, 13, 22-28.
- MILÀ I CANALS, L., MICHELSEN, O., TEIXEIRA, R. F., SOUZA, D. M., CURRAN, M. & ANTÓN, A. 2014. Building consensus for assessing land use impacts on biodiversity in LCA. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, October 8-10 2014, San Francisco.
- MILÀ I CANALS, L., RIGARLSFORD, G., SIM, S. 2013. Land use impact assessment of margarine. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1265-1277.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute, Island Press.
- MONDELAERS, K., AERTSENS, J. & VAN HUYLENBROECK, G. 2009. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British food journal*, 111, 1098-1119.
- MOUDRY, J., JR., JELINKOVA, Z., JARESOVA, M., PLCH, R., MOUDRY, J. & KONVALINA, P. 2013. Assessing greenhouse gas emissions from potato production and processing in the Czech Republic. *Outlook on Agriculture*, 42, 179-183.
- MUELLER, C., DE BAAN, L. & KOELLNER, T. 2014. Comparing direct land use impacts on biodiversity of conventional and organic milk-based on a Swedish case study. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 52-68.
- MÜLLER, K., HOLMES, A., DEURER, M. & CLOTHIER, B. E. 2014. Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. *Journal of Cleaner Production*.
- NEMECEK, T., DUBOIS, D., HUGUENIN-ELIE, O. & GAILLARD, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104, 217-232.
- PELLETIER, N. & TYEDMERS, P. 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better? *Aquaculture*, 272, 399-416.
- PERGOLA, M., D'AMICO, M., CELANO, G., PALESE, A. M., SCUDERI, A., DI VITA, G., PAPPALARDO, G. & INGLESE, P. 2013. Sustainability evaluation

of Sicily's lemon and orange production: An energy, economic and environmental analysis. *Journal of Environmental Management*, 128, 674-682.

PONISIO, L. C., M'GONIGLE, L. K., MACE, K. C., PALOMINO, J., DE VALPINE, P. & KREMEN, C. 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 282, 20141396.

RAHMANN, G. 2011. Biodiversity and Organic farming: What do we know? *Landbauforschung*, 61, 189-208. REFSGAARD, K., BERGSDAL, H., BERGLANN, H. & PETTERSEN, J. 2012. Greenhouse gas emissions from life cycle assessment of Norwegian food production systems. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, 62, 336-346.

RIGBY, D. & CÁCERES, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems*, 68, 21-40.

ROSENBAUM, R. K., BACHMANN, T. M., GOLD, L. S., HUIJBREGTS, M. A., JOLLIET, O., JURASKE, R., KOEHLER, A., LARSEN, H. F., MACLEOD, M. & MARGNI, M. 2008. USEtox—the UNEP- SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 532-546.

ROSENBAUM, R. K.; ANTON, A.; BENGUA, X.; BJØRN, A.; BRAIN, R.; BULLE, C.; COSME, N.; DIJKMAN, T. J.; FANTKE, P.; FELIX, M.; GEOGHEGAN, T. S.; GOTTESBÜREN, B.; HAMMER, C.; HUMBERT, S.; JOLLIET, O.; JURASKE, R.; LEWIS, F.; MAXIME, D.; NEMECEK, T.; PAYET, J.; RÄSÄNEN, K.; ROUX, P.; SCHAU, E. M.; SOURISSEAU, S.; VAN ZELM, R.; VON STREIT, B.; WALLMAN, M. 2015. The Glasgow consensus on the delineation between pesticide emission inventory and impact assessment for LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*. (Accepted)

SANDHU, H. S., WRATTEN, S. D. & CULLEN, R. 2010. Organic agriculture and ecosystem services. *Environmental Science & Policy*, 13, 1-7.

SEUFERT, V., RAMANKUTTY, N. & FOLEY, J. A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485, 229-232.

SKINNER, C., GATTINGER, A., MULLER, A., MÄDER, P., FLIEBBACH, A., STOLZE, M., RUSER, R. & NIGGLI, U. 2014. Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — A global meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 468–469, 553-563.



- THOMASSEN, M. A., VAN CALKER, K. J., SMITS, M. C. J., IEPEMA, G. L. & DE BOER, I. J. M. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems*, 96, 95-107.
- TREWAVAS, A. 2001. Urban myths of organic farming. *Nature*, 410, 409-410.
- TUOMISTO, H. L., HODGE, I. D., RIORDAN, P. & MACDONALD, D. W. 2012a. Comparing global warming potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production. *Annals of Applied Biology*, 161, 116-126.
- TUOMISTO, H. L., HODGE, I. D., RIORDAN, P. & MACDONALD, D. W. 2012b. Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320.
- TZILIVAKIS, J., WARNER, D., MAY, M., LEWIS, K. & JAGGARD, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85, 101-119.
- VAN DER WERF, H. M. G., KANYARUSHOKI, C. & CORSON, M. S. 2009. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 90, 3643-3652.
- VENKAT, K. 2012. Comparison of Twelve Organic and Conventional Farming Systems: A Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Perspective. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36, 620-649.
- VILLANUEVA-REY, P., VAZQUEZ-ROWE, I., TERESA MOREIRA, M. O. & FEIJOO, G. 2014. Comparative life cycle assessment in the wine sector: biodynamic vs. conventional viticulture activities in NW Spain. *Journal of Cleaner Production*, 65, 330-341.
- WARNER, D., DAVIES, M., HIPPS, N., OSBORNE, N., TZILIVAKIS, J. & LEWIS, K. 2010. Greenhouse gas emissions and energy use in UK-grown short-day strawberry (*Fragaria xananassa* Duch) crops. *The Journal of Agricultural Science*, 148, 667-681.
- WILLIAMS, A., AUDSLEY, E. & SANDARS, D. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report IS0205.
- WILLIAMS, A. G., AUDSLEY, E. & SANDARS, D. L. 2010. Environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 855-868.

ZAFIRIOU, P., MAMOLOS, A. P., MENEXES, G. C., SIOMOS, A. S.,  
TSATSARELIS, C. A. &

KALBURTI, K. L. 2012. Analysis of energy flow and greenhouse gas emissions  
in organic, integrated and conventional cultivation of white asparagus by PCA and  
HCA: cases in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 29-30, 20-27.

1. Spannmål, fröer och nötter -Metaller i livsmedel, fyra decenniers analyser av L Jorhem, C Åstrand, B Sundström, J Engman och B Kollander.
2. Konsumenters förståelse av livsmedelsinformation av J Grausne, C Gössner och H Enghardt Barbieri.
3. Slutrapport för regeringsuppdraget att inrätta ett nationellt kompetenscentrum för måltider i vård, skola och omsorg av E Sundberg, L Forsman, K Lilja, A-K Quetel och I Stevén.
4. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2013 av A Jansson, P Fohgelberg och A Widenfalk.
5. Råd om bra matvanor - risk- och nyttohanteringsrapport av Å Brugård Konde, R Bjerselius, L Haglund, A Jansson, M Pearson, J Sanner Färnstrand och A-K Johansson.
6. Närings- och hälsopåståenden i märkning av livsmedel – en undersökning av efterlevnaden av reglerna av P Bergkvist, A Laser-Reuterswärd, A Göransdotter Nilsson och L Nyholm.
7. Serveras fet fisk från Östersjön på förskolor och skolor, som omfattas av dioxinundantaget av P Elvingsson.
8. The Risk Thermometer – A tool for risk comparison by S Sand, R Bjerselius, L Busk, H Eneroth, J Sanner Färnstrand and R Lindqvist.
9. Revision av Sveriges livsmedelskontroll 2014 - resultat av länsstyrelsernas och Livsmedelsverkets revisioner av kontrollmyndigheter av A Rydin, G Engström och Å Eneroth.
10. Kommuners och Livsmedelsverkets rapportering av livsmedelskontrollen 2014 av L Eskilsson och M Eberhardson.
11. Bra livsmedelsval för barn 2-17 år – baserat på nordiska näringsrekommendationer av H Eneroth och L Björck.
12. Kontroll av rests substanser i levande djur och animaliska livsmedel. Resultat 2014 av I Nordlander, B Aspenström-Fagerlund, A Glynn, A Törnkvist, T Cantillana, K Neil Persson, Livsmedelsverket och K Girma, Jordbruksverket.
13. Biocidanvändning och antibiotikaresistens av J Bylund och J Ottosson.
14. Symtomprofiler – ett verktyg för smittspårning vid magsjukesutbrott av J Bylund, J Toljander och M Simonsson.
15. Samordnade kontrollprojekt 2015. Dricksvatten - distributionsanläggningar av A Tollin.
16. Oorganisk arsenik i ris och risprodukter på den svenska marknaden 2015 - kartläggning, riskvärdering och hantering av B Kollander.
17. Undeclared milk, peanut, hazelnut or egg – guide on how to assess the risk of allergic reaction in the population by Y Sjögren Bolin.
18. Kontroll av främmande ämnen i livsmedel 2012-2013 av P Fohgelberg och S Wretling.
19. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2014 av A Jansson, P Fohgelberg och A Widenfalk.
20. Drycker – analys av näringsämnen av V Öhrvik, J Engman, R Grönholm, A Staffas, H S Strandler och A von Malmborg.
21. Barnens miljöhälsoenkät. Konsumtion av fisk bland barn i Sverige 2011 och förändringar sedan 2003 av A Glynn, Avdelningen för risk- och nyttovärdering, Livsmedelsverket och T Lind, Miljömedicinsk epidemiologi, Institutet för Miljömedicin, Karolinska institutet, Stockholm.
22. Associations between food intake and biomarkers of contaminants in adults by E Ax, E Warensjö Lemming, L Abramsson-Zetterberg, P O Darnerud and N Kotova.

1. Samordnade kontrollprojekt 2015. Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) – kontroll av PAH i traditionellt direktrökta livsmedel av S Wretling.
2. Litteraturstudie av miljöpåverkan från ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel – fokus på studier utförda med livscykelanalysetodik av B Landquist, M Nordborg och S Hornborg.