



# HÅLLBART VÄXTSKYDD

Analys av olika strategier för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel



Rapport MAT21 nr 6/2005

Christel Cederberg, Maria Wivstad, Peter Bergkvist,  
Berit Mattsson, Kjell Ivarsson



INSTITUTET FÖR LIVSMEDEL OCH BIOTEKNIK

# HÅLLBART VÄXTSKYDD

Analys av olika strategier för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel

Rapport MAT21 nr 6/2005

Christel Cederberg<sup>1</sup>, Maria Wivstad<sup>2</sup>, Peter Bergkvist<sup>3</sup>,  
Berit Mattsson<sup>4</sup>, Kjell Ivarsson<sup>5</sup>

<sup>1</sup> C. Cederberg AB, Harplinge

<sup>2</sup> Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala

<sup>3</sup> Kemikalieinspektionen, Sundbyberg

<sup>4</sup> Miljösekretariatet, Västra Götalandsregionen, Borås

<sup>5</sup> LRF, Stockholm

Berit Mattsson har främst medverkat i projektet då hon var anställd av SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg, fram till maj 2004.

# Förord

Jordbrukets beroende av växtskyddsmedel är i stor utsträckning en konsekvens av hur odlingssystemen utformas. Det moderna jordbruket kännetecknas av en ökande specialisering och kortsiktiga krav på lönsamhet. Färre grödor odlas på den enskilda gården och detta leder till att det är svårt att uppfylla den kanske viktigaste förebyggande åtgärden för att minska kemikalieberoendet, den varierade växtföljden. När effekterna av användningen av växtskyddsmedel skall utvärderas, räcker det därför inte att studera en enskild gröda utan hela odlingssystemet måste analyseras. Om ogräs kontrolleras mekaniskt i stället för kemiskt, ökar sannolikt användningen av fossil energi. Om ekologisk produktion används som en strategi för att reducera riskerna med växtskyddsmedel är det mycket troligt att markanvändningen ökar för att producera en given mängd livsmedel. I projektet *Hållbart Växtskydd* har ett systemanalytiskt angreppssätt tillämpats för att utvärdera den miljömässiga hållbarheten i olika växtskyddsstrategier. Projektgruppen har valt att ha en restriktiv syn på användningen av växtskyddsmedel. Dels eftersom rester hittas i yt- och grundvatten även då bästa teknik används, dels eftersom natursystemet påverkas av jordbrukets kemikalier i en omfattning som vi med dagens kunskap inte kan värdera tillräckligt väl.

Begreppet ”hållbar utveckling” inkluderar miljö, ekonomi samt sociala aspekter. I detta projekt har vi valt att i första hand fokusera på miljöaspekten medan ekonomiska och sociala frågor finns med som randvillkor. Det innebär att projektgruppen har satt upp vissa begränsningar: vi föreslår t.ex. inte ett odlingssystem som visar upp god miljöprestanda men med en orimligt låg skördenivå. Vad som bedöms som rimligt eller orimligt är naturligtvis en värderingsfråga och vi har tillåtit oss en egen, ganska fri tolkning, eftersom det är svårt att veta vilka ekonomiska och sociala förutsättningar som kommer att gälla i framtiden. Viktiga konsekvenser av dessa antagande, som t ex förändrade skördenivåer, analyseras mer ingående i ett scenario för ekologisk produktion.

Under arbetets gång har vi fått hjälp med data och analyser samt värdefulla synpunkter från en rad personer. Projektgruppen vill rikta ett stort tack till:

Torsten Thuresson, Löderup, som har bidragit med värdefulla indata till fallstudien om den allsidiga växtodlingsgården och sitt kunnande om odling av specialgrödor.

Lars Törner, Odling i Balans, som har bistått i analyserna med PRI-Farm och som på flera olika sätt har hjälpt till med olika indata i våra analyser.

Håkan Rosenquist, Billeberga, som har utfört de ekonomiska analyserna för den allsidiga växtodlingsgården.

Torbjörn Lovang med kollegor, Lovanggruppen, som har hjälpt oss med värdefull information och odlingsdata från Östergötland.

Projektets referensgrupp som har givit oss värdefulla synpunkter under projektets gång. Referensgruppen bestod av: Erika Bjurling och Erik Erlandsson, Lantmännen; Lisa Blix Germundsson, LRF; Per Hallen, LRF Konsult; Karin Jahr, Jordbruksverket; Hans Hagenvall, Svenskt Växtskydd; Lars Törner, Odling i balans; Jenny Kreuger och Christer Nilsson, SLU.

Syntesgruppen i MAT 21 för ett gott samarbete

Ulf Sonesson, SIK, projektledare under projektets avslutande fas.

Anna Flysjö, SIK, som har gjort all databearbetning i LCA-studierna och redigerat rapporten.

Hans Fredriksson, Institutionen för Lantbruksteknik, SLU, som utförde sammanställningen av spruttekniska åtgärder för att minska riskerna med bekämpningsmedel, återfinns som Bilaga 5.

Samt slutligen ett stort tack till MISTRA, huvudfinansiär av forskningsprogrammet MAT21 i vilket projektet *Hållbart Växtskydd* ingått.

# Innehållsförteckning

<b>FÖRORD .....</b>	<b>2</b>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 Risker med växtskyddsmedel .....	7
1.2 Fördelar med växtskyddsmedel .....	8
1.3 Syfte.....	9
1.4 Läsanvisning .....	9
<b>2 VIKTIGA ÅTGÄRDER I VÄXTSKYDDSARBETET.....</b>	<b>11</b>
2.1 Helhetssyn och växtföljd.....	11
2.2 Tekniska lösningar.....	12
2.2.1 Metoder för ogräskontroll .....	12
2.2.2 Möjligheter att minska användningen av bekämpningsmedel med sprutteknik... 13	
<b>3 METODER FÖR MILJÖSYSTEMANALYS .....</b>	<b>14</b>
3.1 PRI-Farm.....	14
3.1.1 Utvärdering av riskindikatorer.....	17
3.2 Livscykelanalys (LCA) och Riskanalys (RA).....	19
3.2.1 Miljöpåverkansbedömning av växtskyddsmedel i LCA .....	19
<b>4 FALLSTUDIE – PRODUKTION AV GRISFODER .....</b>	<b>21</b>
4.1 Framtida scenarier för grisproduktion.....	21
4.1.1 Beskrivning av två framtidsscenarios .....	21
4.1.2 Växtföljder och skördenivåer .....	22
4.1.3 Strategier för växtskydd .....	24
4.1.4 Metodval i miljöanalyserna .....	24
4.2 Resultat .....	25
4.2.1 Användning av växtskyddsmedel och risker.....	25
4.2.2 Övriga miljöeffekter.....	28
<b>5 FALLSTUDIE – ALLSIDIG VÄXTODLINGSGÅRD .....</b>	<b>30</b>
5.1 Nulägesbeskrivning.....	32

5.1.1	Grödfördelning, skördar och växtföljder.....	32
5.1.2	Användning av växtskyddsmedel och riskindikatorer .....	33
5.1.3	Växtnäring, tillförsel, balanser och förluster.....	36
5.1.4	Förbrukning av direkt energi .....	38
<b>5.2</b>	<b>BMT, Bästa Möjliga Teknik.....</b>	<b>38</b>
5.2.1	Specialgrödor, jämförelse av miljöindikatorer nuläge-BMT .....	38
5.2.2	Spannmål och fröodling, nuläge-BMT .....	42
<b>5.3</b>	<b>EKO, Ekologisk produktion.....</b>	<b>43</b>
5.3.1	Grödfördelning, skördenivåer och växtföljder .....	43
5.3.2	Växtnäring, tillförsel och balans.....	47
5.3.3	Strategier för ogräsreglering.....	48
5.3.4	Förbrukning av direkt energi på gårdsnivå.....	49
5.3.5	Specialgrödor, jämförelse av miljöindikatorer nuläge-EKO.....	50
5.3.6	Spannmål, vall och trindsäd – jämförelse av miljöindikatorer nuläge-EKO .....	52
5.3.7	Ekonomisk analys, jämförelse nuläge-EKO.....	55
<b>6</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>Strategier för minskade risker .....</b>	<b>59</b>
6.1.1	Växtföljd.....	59
6.1.2	Tekniska lösningar .....	60
6.1.3	Produktval.....	60
6.1.4	Ekologisk produktion.....	61
<b>6.2</b>	<b>Miljösystemanalys av riskerna med växtskyddsmedel.....</b>	<b>63</b>
6.2.1	Metoder .....	63
6.2.2	Värderingar och val.....	64
<b>6.3</b>	<b>Slutsatser.....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>67</b>
<b>BILAGA 1 VÄXTSKYDDSMEDEL I SCENARIER FÖR FODERPRODUKTION TILL GRIS .....</b>		<b>I</b>
<b>BILAGA 2 GRUNDDATA FÖR LCA BERÄKNINGAR.....</b>		<b>III</b>
<b>BILAGA 3 DATAUNDERLAG ALLSIDIG VÄXTODLINGSGÅRD .....</b>		<b>V</b>
<b>BILAGA 4 ANVÄNDNING AV DIESEL I SCENARIO EKOLOGISK PRODUKTION.....</b>		<b>VII</b>
<b>BILAGA 5 MINSKAD KEMISK BEKÄMPNING MED NY SPRUTTEKNIK, FREDRIKSSON 2002.....</b>		<b>X</b>

# Sammanfattning

Risker som är förknippade med kemiska växtskyddsmedel kan sammanfattas i fem områden: risker för användare, risker för rester i livsmedel samt i yt- och grundvatten och risker för natursystemet (t.ex. förlorad biodiversitet). De viktigaste fördelarna med växtskyddsmedel är att de bidrar till skördeökningar och att de förbättrar möjligheten till stabila skördenivåer, oavsett årsmån.

Det finns olika strategier för att hantera växtskyddet i dagens jordbruk och beroende på vilken strategi som väljs förändras riskerna som är förknippade med användningen av växtskyddsmedel. Syftet med MAT 21-projektet Hållbart Växtskydd har varit att analysera den miljömässiga hållbarheten i olika växtskyddsstrategier med hjälp av konkreta exempel. Ambitionen är att ge vägledning om genomförandet av politiska miljömål, tolkning av miljöanalyser och utveckling av kvalitets- och miljöledningssystem i livsmedelsföretag.

I projektet har en varierad växtföljd setts som en viktig förebyggande åtgärd för att minska riskerna med växtskyddsmedel. En diversifierad växtföljd bidrar till att reducera vissa typer av ogräs och till att minska trycket av många svampsjukdomar. Mekanisk ogräsreglering ger tillsammans med förebyggande åtgärder möjligheter att minska användningen av växtskyddsmedel. Exempel på tekniska lösningar som kan minska riskerna är bandsprutning i kombination med radrensning eller ny bredsprutningsteknik med lufttillsats vilket reducerar vindavdriften vid en applikation av växtskyddsmedel.

För att analysera riskerna som är förknippade med växtskyddsmedel användes modellen PRI-Farm som är en riskindikatormodell utvecklad av Kemikalieinspektionen. I modellen poängsätts faktorer för fara och exponering. Farofaktorerna uttrycker belastningen som persistens, bioackumulering och rörlighet av de inneboende egenskaperna hos preparatens aktiva substans. Exponeringsfaktorerna beaktar applikationsmetod, använd dos, markegenskaper och spruttidpunkt. Resultaten vägs samman i en poängsumma (ett miljöriskindex), där risk för transport till yt- och grundvatten väger tungt. Även ett hälsoriskindex kan beräknas, vilket inte gjorts i denna studie. Modellen kan inte användas för att kvantifiera risker utan är i stället ett verktyg för att kunna göra jämförande bedömningar mellan olika strategier för växtskyddsinsatser, identifiera problemanvändningar eller för att visa på risktrender över tiden.

För att analysera andra miljöeffekter (t.ex. klimatpåverkan och energianvändning) användes metodiken för livscykelanalys (LCA). Detta är en metod som används för att göra miljöbedömningar av produkter och tjänster. Man genomför beräkningar för produktens potentiella bidrag till olika miljöeffekter, såsom växthuseffekt och försurning, och man summerar även den förbrukning av viktiga resurser som produkten givit upphov till. Resultaten kan ge kunskap om hur man kan minska miljöpåverkan och även ge vägledning vid framtida val av produktion.

I en fallstudie av framtida grisproduktion analyserades olika scenarier för produktion av foder. Ett scenario byggde på en utveckling som kan beskrivas som ”business as usual” vilket innebar att växtskyddsanvändningen i foderproduktionen följde svensk lagstiftning samt att proteinfodret importerades. Ett scenario med fokus på att förbättra den externa miljön byggde på att proteinfodret till stor del odlades på grigården och att användningen av växtskyddsmedel var restriktiv genom en varierad växtföljd och mekanisk ogräsreglering i vissa grödor. Resultaten visade att det finns mycket goda möjligheter att förbättra

grisproduktionens miljöprestanda till små eller inga extra kostnader. Genom att ha en varierad växtföljd med fodergrödor (både foderspannmål och proteingrödorna ärter och raps) samt kombinera detta med vissa mekaniska insatser, minskade behovet av växtskyddsmedel. Även miljöriskindex för användningen reducerades väsentligt.

I en annan fallstudie av en allsidig växtodlingsgård i Skåne, med odling av bland annat sockerbeter, potatis, köksväxter, spannmål och vallfrö, jämfördes gårdens nuvarande drift med ett scenario där olika strategier prövades som minskade riskerna med växtskyddsmedel utan att skördenivån ändrades nämnvärt. Detta scenario (kallat Bästa Möjliga Teknik) innebar användning av mekanisk och/eller termisk ogräskontroll som alternativ till konventionell bekämpning i vissa grödor samt medvetna val av växtskyddsmedel som hade mindre dåliga miljöegenskaper. Fallstudien visade att det fanns flera olika möjligheter att reducera riskerna i konventionell drift. Eftersom gården i studien hade många radodlade specialgrödor bedömdes bandsprutning kombinerat med radrensning vara en intressant förbättring. Att väsentligt reducera användningen av fungicider i potatis och lök utan att äventyra skördenivån bedömdes som mycket svårt i konventionell drift, även med bästa odlingsteknik.

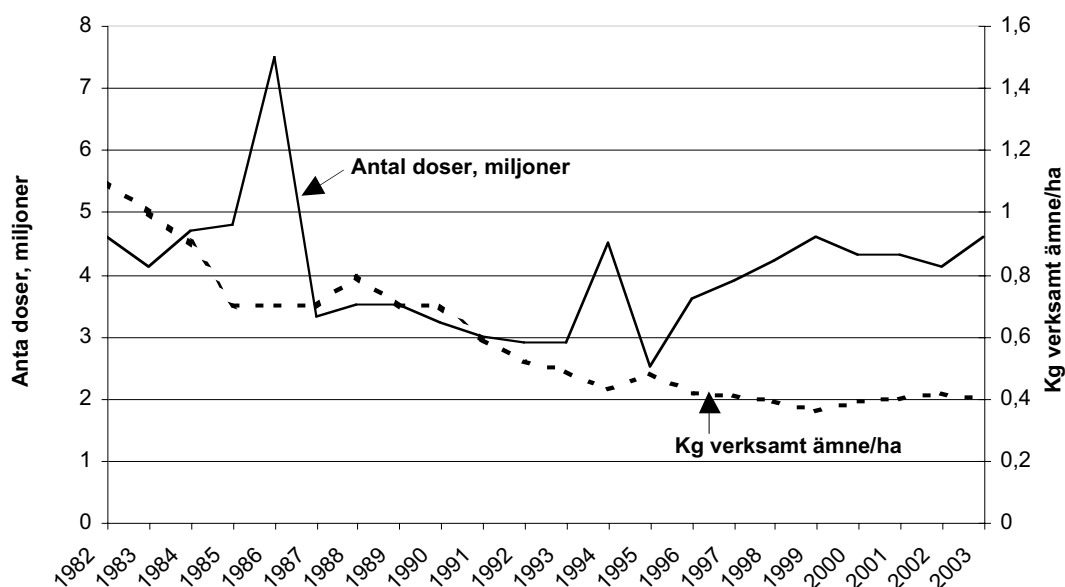
I fallstudien av växtodlingsgården jämfördes även nuläget med ett scenario där gården lades om till ekologisk produktion. I detta alternativ användes inga kemiska växtskyddsmedel. Omläggningen till ekologisk produktion påverkade även andra miljöeffekter, förutom riskerna med växtskyddsmedel. För många grödor minskade energianvändningen, liksom utsläpp av växthusgaser vid en övergång till ekologisk odling. Grödan kepalök bedömdes svår att odla utan tillgång till växtskyddsmedel och den ersattes därför att morötter. På grund av lägre skördar i det ekologiska scenariot behövdes en betydligt större yta för att producera en given mängd livsmedel. I en ekonomisk analys jämfördes nuläget på den allsidiga växtodlingsgården med det ekologiska scenariot. Det ekonomiska resultatet var likvärdigt för de två alternativen. I EKO-scenariot betydde framförallt merpriset mycket för resultatet.

Sammantaget visade våra studier att det finns flera olika strategier för att minska riskerna vid användning av växtskyddsmedel. En varierad växtföljd är en grundläggande förutsättning i alla odlingssystem och inom detta område finns det mycket gammal kunskap som behöver väckas till liv. Miljöanalyserna visade också att många tekniska lösningar, som leder till minskat behov av växtskyddsmedel, kan tillämpas utan att andra miljöeffekter påverkas nämnvärt. Att välja bort växtskyddsmedel som har mindre goda miljöeffekter är en strategi som förefaller ha stor potential för att minska riskerna. PRI-Farm kan bli ett viktigt beslutsstöd i lantbrukets arbete för bättre produktval och säkrare växtskydd. Ekologisk produktion har goda förutsättningar att bli en viktig strategi för minskade risker i de utökade vattenskyddsområden som kommunerna nyligen har beslutat om. För att denna strategi skall bli lyckosam krävs att marknaden fortsätter att utvecklas positivt för ekologiska produkter i Sverige, så att produkternas merpris tillsammans med samhällets stöd via miljöersättningsprogram fortsätter att betala merkostnaden för denna produktionsform.

# 1 Inledning

## 1.1 Risker med växtskyddsmedel

Beroendet av växtskyddsmedel har ökat i svenskt jordbruk under det senaste decenniet. Introduktionen av lågdosherbicider och en ökad tillämpning av lägre doser var några bidragande faktorer till att försäljningen av växtskyddsmedel minskade t o m tidigt 1990-tal, men under senare år har en liten ökning av försålda volymer registrerats (KemI, 2004). Motsvarande trend återfinns även inom jordbruket i EU, liksom en ökning av behandlingsfrekvensen (Eurostat, 2003). I Sverige har antalet hektardoser ökat från 3 miljoner under 1993 till 4,6 miljoner under 2003 vilket motsvarar nivån på tidigt 1980-tal (figur 1.1) (SCB, 2004).



Figur 1.1 Utveckling av antal hektardoser och genomsnittlig hektardos under åren 1982-2003

De risker som är förknippade med användning av växtskyddsmedel kan sammanfattas i fem områden (Jordbruksverket, 2004):

- 1) Användaren
- 2) Livsmedel
- 3) Grundvatten
- 4) Ytvatten
- 5) Naturmiljön

Vid hantering av växtskyddsmedel finns det alltid en risk för oavsiktlig exponering p g a spill, och risker uppstår vid varje behandlingstillfälle (Kreuger & Nilsson, 2001). Den gängse spridningen inom jordbruket sker med traktorburen bomspruta. Bedömning av riskerna för



användaren (sprutföraren) görs utifrån produkternas inneboende egenskaper och exponeringsscenarioer där gröda, skyddsutrustning, spridningsmetod och andra hanteringsmoment beaktas.

Rester av växtskyddsmedel påträffas rutinmässigt i frukter, grönsaker och cerealier. Enligt Livsmedelsverkets rutinkontroller av knappt 2 300 livsmedel inom dessa varugrupper, överskreds gränsvärdena för bekämpningsmedelsrester i 3,4 % av proven under 2002 (Livsmedelsverket, 2003). De senaste 10 åren har överskridande av gränsvärden varit vanligare i importerad frukt och grönt (ca 3-6 % av proverna) jämfört med inhemskt producerat (oftast under 1 % av proverna). Inhemskt odlad spannmål överskred inte gränsvärdena men rester av framförallt tillväxtreglerande kemikalier återfanns i en fjärdedel av proven.

EU:s gränsvärde för rester av växtskyddsmedel i grundvatten är 0,1 µg/l för ett enskilt växtskyddsmedel och 0,5 µg/l för summan av rester av flera växtskyddsmedel<sup>1</sup>. I Sverige har grundvatten analyserats i alltför liten omfattning för att ge en heltäckande bild av förekomsten av rester. De växtskyddsmedel man oftast har hittat vid analys av grundvatten är atrazin (förbjudet sedan början av 1990-talet) med dess nedbrytningsprodukter. Växtskyddsmedel som i dag används i jordbruket och som oftast har hittats är bentazon och fenoxisyror. Vid den senaste övergripande undersökningen fann Livsmedelsverket att av 48 allmänna vatten från grundvattentäkter hade fem påvisbara halter, varav tre hade halter över 0,1 µg/l (Rosling, 2005).

Först under senare år har systematiska provtagningar av rester av växtskyddsmedel i ytvatten inletts. Resultaten från dessa provtagningar för 2003 visar att de vanligaste förekommande växtskyddsmedlen i ytvatten vid halter > 0,1 µg/l var bentazon och glyfosat. Kemikalieinspektionen har nyligen tagit fram svenska riktvärden för verksamma ämnen i växtskyddsmedel i akvatisk miljö och 18 ämnen överskred vid ett eller flera tillfällen dessa riktvärden under 2003 (Kreuger *et al.*, 2004). Dessa var alla ogräsmedel, utom ett, pirimikarb, som är en insekticid.

Växtskyddsmedel som kommer ut i naturmiljön kan påverka flora och fauna på olika sätt. Framförallt insektsmedel slår ofta brett och kan påverka tillgången på insekter som är viktig föda för fåglar. De allra flesta undersökningarna som utförts inom området talar för att ekologisk produktion medför en större biologisk mångfald än konventionell. En orsak kan vara frånvaron av kemiska bekämpningsmedel men också att ekologiska gårdar har mer varierande växtföljder och mer vall än motsvarande konventionella gårdar (Drake & Björklund, 2001).

## 1.2 Fördelar med växtskyddsmedel

Den kanske viktigaste fördelen med kemiska växtskyddsmedel är att de bidrar till skördeökningar till relativt låga kostnader och att de därmed är en viktig insatsvara för jordbruket i produktionen av de billiga livsmedel som samhället efterfrågar. Ett av alternativen till kemisk bekämpning av ogräs är mekaniska åtgärder som t.ex. ogräsharvning, radhackning och ökad stubbearbetning. Med dagens kostnader för arbetskraft och diesel ökar dessa alternativa åtgärder ofta produktionskostnaden avsevärt. Kostnaden för ett vallbrott med växtskyddsmedel inför höstsådd är ca en fjärdedel av ett mekaniskt vallbrott (Formas, 2003).

<sup>1</sup> Direktivet om dricksvatten 98/83/EC och ramdirektivet om vatten 2000/60/EG

En annan fördel är att kemisk bekämpning bidrar till säkra och stabila skördenivåer. En del skadegörare, t.ex. bladlöss och potatisbladmögel, förekommer ofta i olika omfattning från år till år och kan även variera geografiskt. Vissa år, eller i vissa områden, kan svåra angrepp därför leda till mycket stora skördebortfall om inte kemisk bekämpning finns att tillgå. Hur stora skördebortfallen blir när man inte har tillgång till växtskyddsmedel skiljer sig mellan olika grödor och beror mycket på växtföljdens utformning. Potatisbladmögel har hittills inte kunnat bekämpas utan kemiska medel. Odling av våroljeväxter bedöms också som mycket osäker utan tillgång till insekticider mot rapsbaggar (Formas, 2003).

I trädgårdsgrödor är ofta motiven och fördelarna med växtskyddsmedel större än i jordbruksgrödor (Jordbruksverket 2002). Dessa grödor har ett högt ekonomiskt värde och utan ogräsmedel krävs ofta stora insatser av manuellt arbete. Detta är kostnadskrävande och dessutom kan det råda brist på tillgång till arbetskraft.

### **1.3 Syfte**

Syftet med MAT 21-projektet *Tema Hållbart Växtskydd* har varit att utvärdera den miljömässiga hållbarheten i olika växtskyddsstrategier med hjälp av konkreta exempel. Ambitionen är att ge vägledning åt beslutsfattare (politiker, myndigheter, lantbruksföretag och styrelser i livsmedelsföretag) i beslut om genomförande av politiska miljömål, tolkning av miljöanalyser och utveckling av kvalitets- och miljöledningssystem i livsmedelsföretag.

I projektet utgår vi från dagens odlingssystem i utvärderingen av växtskyddsstrategier men den viktigaste delen i projektet är att analysera strategier för växtskydd i framtida mer hållbara odlingssystem. Det har inte varit möjligt att presentera odlingssystem där alla former av miljöpåverkan är minimerade. I stället redovisar vi tänkbara alternativa odlingssystem och deras miljöpåverkan.

### **1.4 Läsanvisning**

Rapporten är upplagd enligt följande. I det inledande kapitlet (1) redogörs för syftet med MAT 21-projektet Hållbart Växtskydd och en kort bakgrundsbeskrivning ges.

I kapitel 2 beskrivs vilka faktorer som påverkar behovet av växtskyddsinsatser med särskilt fokus på växtföljden och tekniska lösningar.

Kapitel 3 omfattar en beskrivning av de två metoder för miljösystemanalys som har använts i projektet, Livscykelanalys (LCA) och Pesticide Risk Indicators (PRI-Farm). Dessutom görs en kort översikt av indikatorsystem för pesticider som används/testas i Europa.

I Kapitel 4 redovisas det första konkreta exemplet; den miljömässiga hållbarheten i olika växtskyddsstrategier i framtida produktion av grisfoder. Denna fallstudie har utarbetats i samarbete med den forskargrupp inom forskningsprogrammet MAT 21 som arbetat med framtidsscenarier (se omslagets baksidestext) och bygger på en modellgård med svinproduktion som antas vara belägen i Östergötland.

I Kapitel 5 redogörs för det andra konkreta exemplet; den miljömässiga hållbarheten för olika växtskyddsstrategier utvärderas för en allsidig skånsk växtodlingsgård med en stor odling av specialgrödor. Denna fallstudie bygger på en verklig gård som är pilotgård i Odling i Balans.

I Kapitel 6 diskuteras slutligen de olika växtskyddsstrategierna samt de miljösystemanalytiska metoderna för utvärdering som har använts i studien.

## 2 Viktiga åtgärder i växtskyddsarbetet

### 2.1 Helhetssyn och växtföljd

Vid utformningen av ett växtskydd med miljöhänsyn för ett odlingsssystem är de förebyggande åtgärderna de allra viktigaste (Pimentel, 1997). Dessa gör att direkta bekämpningsåtgärder som leder till ökad miljöbelastning kan minska. Det gäller såväl användning av växtskyddsmedel som mekanisk ogräsreglering. För att bemästra växtskyddsproblematiken krävs en helhetssyn och en långsiktig strategi där betydelsen av växtföljdens utformning är central (Eltun *et al.*, 2002). Växtföljdens betydelse för växtskyddsproblem har under lång tid inte stått i fokus på grund av att den har mindre betydelse när växtskyddsmedel kan klara ogräsproblem och angrepp av skadegörare. I och med att risker med användningen av dessa substanser uppmärksammas alltmer har betydelsen av växtföljden återigen aktualiserats.

En rad andra förebyggande åtgärder behöver vidare kombineras med växtföljden såsom t ex lämplig jordbearbetning, ogräskonkurrerande mellangrödor, friskt utsäde och odling av resistent sorter. Noggrann nedplöjning av växtrester är viktigt för att undvika att smitta överförs till nästa gröda (Olvång, 2002). Plöjningen är också en effektiv åtgärd mot kvickrot (Boström, 1999; Lundkvist & Fogelfors, 1999). Några andra ogräs som var besvärliga i fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården, nattskatta och bågarnattskatta, minskar å andra sidan med icke-vändande jordbearbetning (se kap. 5.2.1). För att nå en hållbar växtskyddsstrategi i ekologisk produktion är de förebyggande åtgärderna än mer betydelsefulla när inte kemisk bekämpning finns att tillgå för att ”korrigera” odlingsystemet.

När det gäller växtsjukdomar och skadegörare skulle även en regional planering/överenskommelse i ett odlingsområde kunna vara ett redskap för ett hållbart växtskydd. Om samma gröda odlas i stor omfattning i ett odlingsområde, ökar risken för spridning och uppförökning av smittkällor och insektspopulationer. Höst- och vårformer av samma art kan också bidra till detta. Exempelvis kan odling av höstoljeväxter förvärra angreppen av rapsbaggar i våroljeväxter om de odlas i samma område. En liknande strategi kan tillämpas på enskilda gårdar genom att sträva efter en geografisk planering av växtföljden. Skiften med samma gröda placeras långs ifrån varandra, även under påföljande år för att undvika att övervintrande skadegörare lätt hittar sin värdväxt.

I en växtföljd bör det optimalt finnas en blandning av ett- och fleråriga grödor och av höst- och vårsådda arter (Fogelfors, 2001). Grödor med olika livslängd, utvecklingsrytm och konkurrensförmåga hindrar ensidig förökning av enskilda ogräs och minskar därmed behovet av kemiska ogräsmedel (Gerowitt, 2003; Lundkvist & Fogelfors, 1999). I ogräsinventeringar i Sverige har man visat att exempelvis det vårgroende ogräset flyghavre (*Avena fatua*) förekom i mycket högre utsträckning i växtföljder med hög andel vårsäd (Lundkvist & Fogelfors, 1999). En hög andel vall i växtföljden är ett erkänt effektivt instrument för att minska mängden ettåriga ogräs, vilket visats i en rad växtföljdsförsök (Lundkvist & Fogelfors, 1999).

Att grödorna representerar en variation i växtfamiljer är också en viktig förebyggande åtgärd. Enskilda grödor bör odlas med tillräckligt långa intervall för att skadegörare som är beroende av grödan som värdväxt inte ska överleva eller minska i förekomst. Växtföljder med stort inslag av höstvet, exempelvis, kan medföra ett stort behov av kemiska svampmedel, på grund av problem med växtföljdsbetingade bladfläcksvampar såsom vetets bladfläcksjuka (*Drehslera tritici-repentis*) (Djurberg, 2002; Lindgren & Berg, 2003; Twengström, red.,

2001). Avbrottsgrödor av andra växtfamiljer kan därigenom reducera behovet av kemisk bekämpning.

Det finns även en rad metoder för biologisk bekämpning av skadegörare, till exempel användning av antagonistiska svampar och naturliga fiender, vilka har potential att minska användningen av de kemiska preparaten. Vissa metoden såsom utsädesbetning med antagonistiska svampar är redan i praktiskt bruk, medan andra fortfarande befinner sig på forskningsstadiet. I detta arbete ingår dock inte en analys av den framtida betydelsen av dessa biologiska metoder.

## 2.2 Tekniska lösningar

### 2.2.1 Metoder för ogräskontroll

Alternativ till kemisk bekämpning av ogräs är mekanisk eller termisk bekämpning. En lösning för att reducera användningen av kemiska ogräsmedel kan vara en integrerad bekämpningsstrategi, där en kombination av mekanisk, termisk och kemisk bekämpning tillämpas. En annan lösning är ekologisk produktion där en kombination av förebyggande åtgärder, lämplig odlingsteknik och direkta bekämpningsåtgärder kombineras för att undvika ogräsproblem. Ekologisk odling av radodlade specialgrödor såsom sockerbetor och köksväxter kräver extra stora insatser mot ogräsen. Åtgärderna måste sättas in vid exakt rätt tidpunkt för att få bra effekt. Ju bättre man lyckas med den tidiga mekaniserade ogräskontrollen desto mindre handrensning krävs senare (Konsumentverket, 2003).

Det finns en rad metoder som används i praktisk odling och det pågår också forskning och utveckling för att hitta nya metoder. Exempel på mekaniska och odlingstekniska metoder är avslagning, plöjning, stubbearbetning, ogräsharvning, radhackning, borstning, kupning, fördröjd sådd och mörkerharvning (Lundkvist & Fogelfors, 1999). Ofta upprepas de mekaniska operationerna flera gånger. Stubbearbetningen sker oftast vid vallbrott eller trädesbrott under sommar och höst eller efter skörden på hösten. Ogräsharvningar görs dels som blindharvning, efter sådd men före grödan uppkomst, och dels harvar man i växande gröda (Rasmussen, 2004). Radrensning, t.ex. hackning, sker framförallt i grödor som odlas med stort radavstånd och görs i växande gröda. Radrensningen kan kombineras med bandsprutning med en herbicid i själva raden. Denna teknik är väl känd och beprövad i sockerbetor och har i försök med optimal styrning av redskap visat sig kunna minska herbicidanvändningen med 75% (Van Zuydam *et al.*, 1995).

Den vanligaste termiska metoden är gasolflamning. Flamningen tillämpas framförallt vid odling av köksväxter. Man flamar straxt före uppkomst för att komma åt ogräs i grönsaksraderna, där man inte kan göra någon mekanisk ogräsbekämpning senare under säsongen. Man kan bred-flamma alternativt bekämpa endast i raderna, bandflamning, vilket minskar energiåtgången. I vissa grödor, exempelvis majs och lök kan man även flamma under kulturtiden (Lundkvist & Håkansson, 1999).

Nya metoder för ogräskontroll är under utveckling, såsom elström, mikrovågor, frysning (Lundkvist & Fogelfors, 1999) och ångning (Hortica, 2003). Ett annat exempel är optiska sensorer monterade på traktorn som känner av hur mycket ogräs som finns på fältet. Den enklaste situationen är att skilja på bar mark och vegetation. Det kan handla om situationer när allt ogräs ska bekämpas till exempel före sådd eller när man bryter en träda. Sprututrustningen kan styras utifrån sensorerna så att mängden bekämpningsmedel anpassas

efter mängden ogräs. I svenska försök har mängden bekämpningsmedel kunnat minskas med 40 till 50 % (Miljötrender, 2004).

### *2.2.2 Möjligheter att minska användningen av bekämpningsmedel med sprutteknik*

Den teknik som används vid kemisk bekämpning påverkar precisionen och därmed mängden växtskyddsmedel som behövs för att uppnå avsedd effekt. Inom projektet har en litteratursammanställning av olika spruttekniska metoder och deras potential att minska användningen av växtskyddsmedel gjorts, på institutionen för biometri och teknik, SLU (Fredriksson, 2002, se Bilaga 5).

Generellt kan sägas att effektiviteten i applicering av växtskyddsmedel är beroende av tre aspekter; att åtgärden sker vid rätt tidpunkt, ger god avsättning på grödan samt att rätt dos appliceras. Dessa tre parametrar beror till stor del på utförarens kunskap och information. Dessutom finns ett batteri av tekniska åtgärder som framför allt bidrar till att avsättningen på grödan kan öka samt att dosen kan minska med bibehållen effekt.

Low drift-munstycken innebär att droppstorleken ökar, vilket ger lägre avdrift och därmed minskade förluster. Dock kräver sprutning med stora droppar generellt sätt större mängd vätska för en god avsättning på grödan. Genom att använda tillsatsluft kan droppstorleken minskas utan att avdriften ökar vilket minskar mängden växtskyddsmedel som krävs.

Andra lösningar för att förbättra nedträngningen och minska avdriften är förbom och släpduk. Med dessa tekniker kan sprutbommen sänkas vilket ger förbättringar. Förbom fungerar bara i äldre bestånd medan släpduk även fungerar på obevuxen mark och unga bestånd tidigt på säsongen.

Sammanfattningsvis har utförda försök visat på små förbättringar med ny teknik, men dessa försök har utförts under gynnsamma förhållanden. Det är dock rimligt att anta att fördelarna med de testade nya teknikerna är större vid mindre gynnsamma förutsättningar.

Ett annat spår att med ny teknik minska användningen av växtskyddsmedel är genom att anpassa dosen efter bekämpningsbehovet på olika delar av fältet. Detta kan principiellt ske efter två principer. Den ena är att behovet karteras innan bekämpningen och att traktorn utrustas med GPS som styr doseringen under sprutning. Den andra principen är att behovet, främst ogräs, detekteras i realtid framför traktorn och sprutdosen regleras därefter. Den första metoden, att i förväg kartera behovet är arbetskrävande, och den andra metoden finns än så länge enbart i prototypstadiet. Ett flertal utförda försök med varierad dos av växtskyddsmedel visade på en relativt stor besparingspotential, mellan 30-90% av rekommenderad dos kunde användas med samma effekt på ogräsen. Generellt var besparingspotentialen störst vid totalbekämpning av ogräs och mindre vid bekämpning i växande gröda (se föregående sida). Platsspecifik bekämpning med fungicider visar på lägre besparingspotential än vid herbicidanvändning.

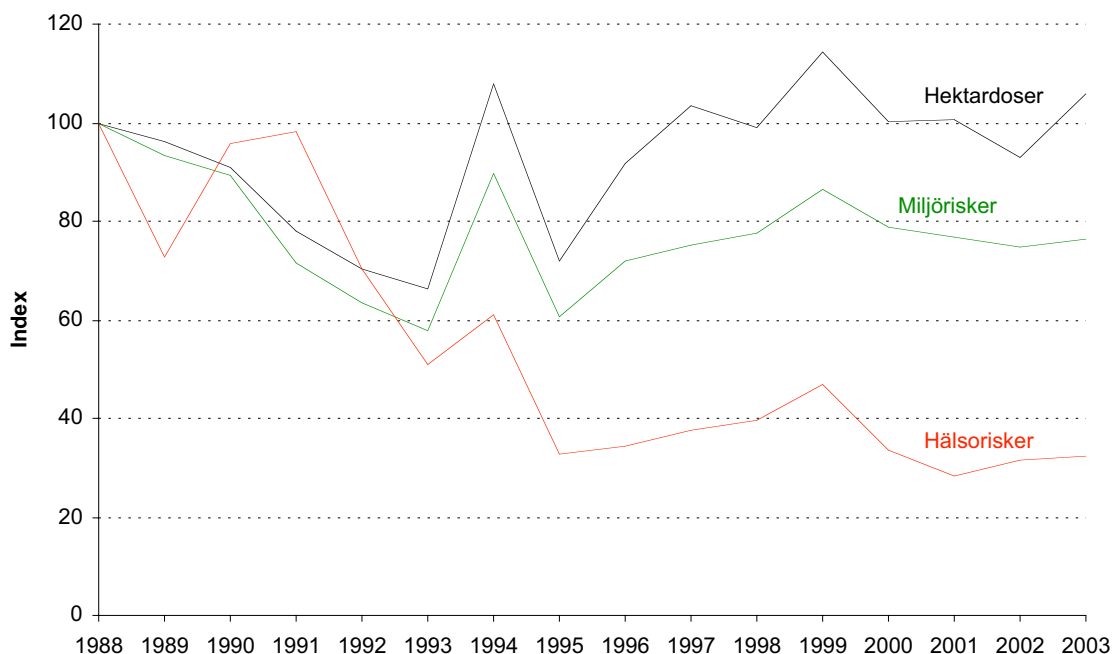
### 3 Metoder för miljösystemanalys

I detta kapitel beskrivs metoderna för miljösystemanalys som har använts i projekt Hållbart Växtskydd. PRI-Farm används för att bedöma miljöriskerna som är förknippade med användningen av växtskyddsmedel. Livscykelanalysen (LCA) används för att kartlägga användningen av resurser och utsläpp av viktiga luftemissioner i de produktionssystem som analyseras i fallstudierna.

#### 3.1 PRI-Farm

För att utvärdera riskerna som är förknippade med användning av växtskyddsmedel på gårdsnivå har modellen PRI-Farm (Pesticide Risk Indicators at Farm level) använts i denna studie. I modellen väger risk för transport till yt- och grundvatten tungt och den omfattar inte exempelvis effekter på biologisk mångfald. En indikator för hälsorisk för de som yrkesmässigt hanterar växtskyddsmedlen ingår också i PRI-Farm, men i denna studie behandlas inte hälsoaspekterna.

I ett första steg utvecklades PRI-Nation av Kemikalieinspektionen för att följa upp effekterna av det svenska programmet för att begränsa riskerna med växtskyddsmedel. Riskindikatorer har använts sedan 1997 för att visa på utvecklingen av användningen. Av figur 3.1 framgår att miljöriskerna minskade kraftigt under den första femårs-perioden för att sedan öka igen och nu befinna sig på en relativt konstant nivå. Hälsoriskerna, uttryckt som ett index i förhållande till intensiteten i användningen (antal hektardoser), har minskat väsentligt under de femton åren. Under 2004 utvecklades PRI-Farm med avsikt att kunna följa risktrender för växtskyddsmedel på enskilda gårdar (Bergkvist, 2004).



Figur 3.1 Utvecklingen av riskindex och hektardoser i svenskt jordbruk under åren 1988 – 2003 (källa: Kemikalieinspektionen)

Modellen är baserad på en enkel princip där faktorer för fara och exponering poängsätts och multipliceras för varje enskild behandling. Farofaktorerna uttrycker belastningen av de inneboende egenskaperna hos preparatens verksamma ämnen som persistens, bioackumulering och rörlighet. Även uppgifter om klassificering och märkning spelar en viktig roll i beräkningen av medlens fara. Bland exponeringsfaktorerna har appliceringsmetoden störst betydelse följt av använd dos, preparatets formulering (hälsorisker), markegenskaper och spruttidpunkt. Viktningen av exponeringsfaktorer baseras på fältdata, där sådan finns tillgänglig, eller på expertvärderingar. Resultaten vägs samman till en poängsumma med avsikt att spegla potentiella miljö- respektive hälsorisker för hela gården, men kan också redovisas för enskilda grödor eller fält för en gård. Modellen kan inte användas för att kvantifiera riskerna utan är istället ett verktyg för kunna göra jämförande bedömningar mellan olika växtskyddsstrategier, identifiera problemanvändningar eller för att visa på risktrender över tiden.

Formeln för att beräkna riskindex för miljö är:

$$\text{Miljöriskindex} = \text{AT} * \text{DAI} * (\text{ET} + \text{P} + \text{B} + \text{M}) * \text{AME} * \text{WA} * \text{PME} * \text{LI} * (1 + (\text{PSA}/\text{AT}))^2$$

Tabell 3.1 Kort beskrivning av ingående parametrar för beräkning av miljöriskindex enligt PRI-Farm

Parameter	Förklaring
AT	Behandlad yta. (Area Treated).
DAI	Dosyteindex (Dose Area Index); DAI är andelen av fältet som har behandlats (behandlad areal/total areal) multiplicerad med kvoten mellan använd dos och rekommenderad dos (aktuell dos/rekommenderad dos).
ET	Miljöfarlighet (Environment Toxicity); poängsättning baserad på märkning (riskfraser) av de produkter som valts att representera respektive aktiv substans.
P	Persistens; poängsätts efter ingående ämnes genomsnittliga DT <sub>50</sub> -värden <sup>2</sup> .
B	Bioackumulering; poängsätts efter ämnens genomsnittliga BCF <sup>3</sup> och K <sub>ow</sub> <sup>4</sup> värden
M	Rörlighet (Mobility); poängsätts efter ämnens genomsnittliga K <sub>oc</sub> -värden <sup>5</sup> .
AME	Applikationsmetod; poängsätts med faktorer mellan 0,5 – 75, som i de fall det förekommer uppgifter, baseras på avdriftsvärden från fältdata. Normal traktorspruta, poäng 3.
WA	Tidpunkt för applikation (Winter Application). Normal tidpnt = 1. Sen höst (e. 20/10) = 2.
PME	Förebyggande åtgärder får reduktionsfaktor (Preventive Measure-Environment exposure). Faktor 0,6 om Allmänna råd följs, faktor 0,7 om påfyllningsutrustning används.
LI	Läckageindex; poängsätts med faktorer mellan 1 – 10 vilka härleds från Sci-Grow som är en screening modell för att bestämma pesticidhalter i grundvatten.
PSA/AT	Andelen genomsläppliga jordar av total behandlad yta (Permeable Soil Area/Area Treated)

<sup>2</sup> DT<sub>50</sub> mått på halveringstid i jord

<sup>3</sup> BCF mått på biokoncentration i djur

<sup>4</sup> K<sub>ow</sub> fördelningskoefficient för ett ämne mellan vatten och oktanol

<sup>5</sup> K<sub>oc</sub> mått på adsorption/sorption för ett ämne baserat på jordens innehåll av organiskt kol



En mer ingående beskrivning av modellens beräkningsgrunder framgår av KemI PM Nr 6/04 (Bergkvist, 2004).

### Beräkningsexempel

Exempel 1: Ogräsmedlet Arelon Flytande, använd dos 2,5 kg/ha motsvarande 1,25 kg/ha av den aktiva substansen isoproturon.

		Värde
Behandlad areal (ha)	AT	1
Dosyteindex	DAI	1
Miljöfarlig (1 p) + Giftigt för vattenlevande organismer (1 p)	ET	2
Persistens, genomsnittlig halveringstid i jord (DT <sub>50</sub> ) är 13 dygn	P	0,07
Bioackumuleringspotential, genomsnittlig log K <sub>ow</sub> är 2,5	B	1,5
Mobilitet, genomsnittlig K <sub>oc</sub> är 122	M	2,22
Applikeringsmetod, traktorburen bomspruta	AME	3
Behandlingstidpunkt före 20 oktober	WA	1
Förebyggande åtgärder, Allmänna råd om spridning följs	PME	0,6
Läckageindex	LI	3,15
Genomsläpplig areal (ha)	PSA	0

Miljöriskindex Arelon Flytande (vid rekommenderad dos)

$$AT * DAI * (ET + P + B + M) * AME * WA * PME * LI * (1+(PSA/AT))^2$$

$$1 * 1 * (2+0,07+1,5+2,22) * 3 * 1 * 0,6 * 3,15 * (1+(0/1))^2 = 32,8$$

Exempel 2: Bladmögelpreparat Shirlan, använd dos: 0,4 kg/ha motsvarande 0,2 kg/ha av den aktiva substansen fluazinam.

		Värde
Behandlad areal (ha)	AT	1
Dosyteindex	DAI	1
Miljöfarlig (1 p) + Mycket giftigt för vattenlevande organismer (2 p)	ET	3
Persistens, genomsnittlig halveringstid i jord (DT <sub>50</sub> ) är 106,5 dygn	P	3,79
Bioackumuleringspotential, genomsnittlig BCF är 465	B	2,88
Mobilitet, genomsnittlig K <sub>oc</sub> är 5405	M	0
Applikeringsmetod, traktorburen bomspruta	AME	3
Behandlingstidpunkt före 20 oktober	WA	1
Förebyggande åtgärder, Allmänna råd om spridning följs	PME	0,6
Läckageindex	LI	1
Genomsläpplig areal (ha)	PSA	0

Miljöriskindex Shirlan (vid rekommenderad dos)

$$AT * DAI * (ET + P + B + M) * AME * WA * PME * LI * (1+(PSA/AT))^2 \\ 1 * 1 * (3+3,79+2,88+0) * 3 * 1 * 0,6 * 1 * (1+(0/1))^2 = 17,4$$

Vid användning på icke-genomsläpplig jord med normal applikationsmetod och vid normal dos, får ogräsmedlet Arelon ett nästan dubbelt så högt risk miljöriskindex som bladmögelpreparatet Shirlan. Detta förklaras framförallt av att den aktiva substansen isoproturon har relativt hög mobilitet (lågt  $K_{OC}$ -värde) och ett högt läckageindex.

### 3.1.1 Utvärdering av riskindikatorer

#### *CAPER-projektet*

I CAPER-projektet (Concerted Action on Pesticide Risk indicators) jämfördes åtta europeiska miljöriskindikatorer för pesticider och man gav rekommendationer för fortsatt användning och utveckling av riskindikatorer (Reus *et al.*, 2002). PRI-Farm fanns inte vid detta tillfälle men en annan svensk modell (PERI), utvecklad vid SLU i Alnarp ingick i projektet. Av de åtta modellerna som jämfördes, var det endast två som användes i praktisk rådgivning, en holländsk och en brittisk.

Alla indikatormodellerna i CAPER:s jämförelse inkluderade risker för vattenlevande organismer och i majoriteten beaktades även risker för grundvattenförorening. Knappt hälften inkluderade risker för markorganismer (där daggmasken är en vanlig indikatorart). Risker för fåglar, naturliga fiender och indirekta effekter på ekosystem (biodiversitet) ingick inte i någon av de undersökta indikatormodellerna (inte heller i PRI-Farm). Två av riskmodellerna, bl a PERI, använde poängsättningsmodeller och aggregerade riskindikatorerna till ett gemensamt riskindex. Övriga modeller gav separat poängsättning för olika miljöeffekter (risk för rester i ytvatten respektive grundvatten etc). När man viktar samman poäng för olika risker (miljöeffekter) får man alltid ett inslag av subjektiv värdering. Den svenska modellen – PERI – som utvärderades i CAPER viktade grundvattenförorening tyngre än övriga europeiska modeller. Även i PRI-Farm vägs risken för grundvattenförorening tungt liksom exponeringsrelaterade faktorer. Som framgår av formeln för miljöriskindex och förklaringen i tabell 3.1 får en behandling på genomsläpplig jord ett stort utslag med högt miljöriskindex (ökad risk för grundvattnet).

Enligt slutsatserna i CAPER-projektet bör den ideala indikatorn beskriva riskerna vid en applikation med växtskyddsmedel, och därför bör lokala förhållanden och miljöfaktorer vid bekämpningstillfället också inkluderas, förutom uppgifter om produktens inneboende egenskaper. Tyvärr blir en indikator som inkluderar alla variabler i stort sett omöjlig att hantera. Rekommendationen från CAPER är att försöka balansera indikatormodellen mellan att vara så fullständig som möjligt men samtidigt tillgänglig för praktisk användning och flexibel nog att inkludera fälldata. Användbarheten av en riskindikator hänger även samman med hur man väljer att redovisa miljöriskerna. CAPER rekommenderar att olika miljörisiker redovisas med separata poäng i stället för att presentera resultatet i ett aggregerat index. Men nackdelen med denna metod är att individuella poäng för ett stort antal effekter blir mycket svårtolkat och ställer stora krav på användaren. Därför är det mycket viktigt att indikatormodellen har riktlinjer för användaren för hur man skall tolka riskpoängen för olika effekter (Reus *et al.*, 2002).

I CAPER-projektet framhölls också betydelsen av att validera modeller för riskindikatorer. Den bästa valideringsmetoden är att jämföra beräknade indikatorresultat med miljöeffekter uppmätta i fält, t ex koncentrationer av olika bekämpningsmedel i ytvatten och grundvatten. En annan metod att validera en indikatormodell är att visa beräkningarna bakom indikatorn och utsätta den för granskning av experter inom området (Reus *et al.*, 1999).

Två av de utvärderade indikatorsystemen används i dag i praktisk rådgivning, det brittiska EMA (Environmental Management for Agriculture) och holländska EYP (Environmental Yardsticks for Pesticides) (Halberg *et al.*, 2005). I en stor europeisk utvärdering av olika indikatorsystem för uppföljning av miljöarbetet på gårdsnivå, redovisar Halberg *et al.* (2005) att den holländska modellen EYP har gett verifierbara miljöförbättringar på gårdsnivå; total pesticidanvändning såväl som toxisk belastning har reducerats avsevärt på gårdar som använt EYP-modellen som verktyg för att förbättra miljöprestandan.

### *PRI-Farm*

Under 2004 testades riskindikatormodellen PRI-Farm av Odling i Balans på initiativ av Säkert Växtskydd<sup>6</sup>. Syftet med denna test var att utvärdera modellens användarvänlighet, praktiskt testa och utvärdera beräkningar av riskindex samt eventuellt föreslå förändringar i modellen. PRI-Farm testades för olika växtskyddsinsatser utförda vid Odling i Balans' pilotgårdar och förhållandet mellan beräknat miljöriskindex för olika produkter och förekomsten av rester av växtskyddsmedel i dräneringsvatten undersöktes (Törner, 2004).

Slutsatserna av detta test var att resultaten från PRI-Farm upplevdes som svåra att tolka p g a det stora antalet faktorer som är inbyggt i modellen. Törner (2004) menade att det var en god ambition att göra modellen så heltäckande som möjligt men att viktningarna av olika variabler till ett enda miljöriskindex påverkas av så många faktorer att det är svårt att visa på entydiga fördelar/nackdelar när olika växtskyddsalternativ jämförs. Detta kan leda till att lantbrukaren inte självklart väljer en produkt med lägre risknivå. Vidare visade testomgången att det fanns ett dåligt samband mellan beräknat miljöriskindex och de rester av växtskyddsmedel som har hittats i Odling i Balans' undersökning av dräneringsvatten vid några pilotgårdar. Ett exempel på detta är glyfosat som vid normal användning har ett mycket lågt miljöriskindex i PRI-Farm, men som genomgående har hittats i de undersökta dräneringsvattenproverna. En förklaring till denna diskrepans är sannolikt att förluster av växtskyddsmedel via makroporer och ytavrinning ej beaktas i modellen.

Under första halvåret 2005 pågår en utveckling av PRI-Farm och skillnader i jordart samt pH kommer att beaktas mer ingående i beräkningen av miljöriskindex för pesticidläckage till grundvatten. Modellen kommer också att behöva kompletteras för att bättre definiera risker för akvatiska ekosystem. Arbete inom detta område pågår för tillfället även inom EU-projektet HAIR<sup>7</sup> och erfarenheter från detta projekt kommer att beaktas i fortsatt modellutveckling.

---

<sup>6</sup> Utbildnings- och informationskampanj som drivs av LRF i samarbete med Jordbruksverket, Naturvårdsverket, Kemikalieinspektionen, Lantmännen, och Svenskt Växtskydd.

<sup>7</sup> HAIR är en förkortning för HARmonised Indicators on environmental Risks

## 3.2 Livscykelanalys (LCA) och Riskanalys (RA)

Livscykelanalys är en metod som används för att göra miljöbedömningar av produkter och tjänster. Man genomför beräkningar för produktens potentiella bidrag till olika miljöeffekter, såsom växthuseffekt och försurning, och man summerar även den förbrukning av viktiga resurser som produkten givit upphov till. Tanken är att dessa beräkningar skall kunna ge information som kan leda till att man kan minska miljöpåverkan från en viss produkt på ett effektivt sätt. Resultaten kan också ge vägledning vid val mellan produkter som är likvärdiga i övrigt. En komplett livscykelanalys omfattar hela produktcykeln från uttag av resurser (t.ex. fossil olja) fram till avfallsbehandling, och det finns en ISO-standard utvecklad för livscykelanalys (ISO, 1997).

Då man genomför en livscykelanalys kartlägger man en mängd utsläpp till luft, vatten och mark som har känd negativ påverkan på miljön. Dessa utsläpp grupperas så att alla emissioner som bidrar till viss miljöeffekt samlas, och sedan används olika omräkningsfaktorer för att räkna om olika bidragande föreningar till en gemensam enhet. Exempelvis har 1 kg metan ca 20 gånger större påverkan på växthuseffekten än 1 kg koldioxid, och dessa utsläpp räknas om till den gemensamma enheten kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. De omräkningsfaktorer som används är baserade på forskning om samband mellan emissioner och miljöeffekter.

Beräkningar av miljöeffekter orsakade av utsläpp av toxiska ämnen har länge varit en omdiskuterad och svårlöst fråga inom LCA. Ett grundproblem är att det finns ett så stort antal olika ämnen som släpps ut, och att kunskapen om enskilda ämnens egenskaper och spridningsvägar ofta är begränsad. Det finns dessutom stora kunskapsluckor om hur ett enskilt ämne påverkar olika organismer. All denna osäkerhet har inneburit att det ifrågasatts om det verkligen är möjligt att göra miljöbedömning för toxiska ämnen på samma sätt som för andra miljöeffekter.

Riskanalys är en metod som är utvecklad för att möjliggöra beslut då osäkerheten om konsekvenserna är stora. När man gör en riskanalys är det vanligt att man väljer det värsta tänkbara alternativet; så att största tänkbara skada uppstår. I LCA försöker man istället göra den bästa uppskattningen av påverkan på miljön (Wegener Sleeswijk & Heijungs, 2003). Samma författare anser dock att det är fullt möjligt att kombinera LCA med riskanalys även om det finns principiella skillnader.

### 3.2.1 Miljöpåverkansbedömning av växtskyddsmedel i LCA

Olika metoder för bedömning av toxiska ämnen har utvecklats och använts i livscykelanalyser. I ett EU-projekt som kallades OMNIITOX gjordes en jämförelse mellan resultaten för fyra olika metoder i en studie av tvättmedel (Pant m.fl., 2004). Resultaten visade att metoderna rankade produkterna olika, vilket förstärker problem när det gäller tilltron till metoderna, och frågan är vilken man skall välja? Skälet till skillnaderna mellan metoderna berodde framför allt på skillnader i beräkningarna av spridningsvägar och exponering, medan det var mindre skillnader mellan beräkningarna av toxicitet i de olika modellerna. I vissa fall var modellerna komplicerade och det krävdes mycket data för att genomföra beräkningarna, medan andra modeller hade en enklare uppbyggnad och databehovet var också mindre. Slutsatsen från undersökningen är att det finns behov av att utveckla en gemensam modell som baseras på en gemensam grundsyn då det gäller spridning, exponering och effektmodellering som speglar en realistisk situation.

I svenska livscykelanalyser av jordbruksprodukter har det ofta bedömts som vanskligt att välja ut en bland de tillgängliga metoderna och man har istället valt att redovisa mängden

aktiv substans och att klassa eller kommentera de olika preparatens egenskaper och risker. Det finns å andra sidan exempel på livscykelanalyser där man istället har lagt ner mycket möda på att göra beräkningar av vindavdrift, avdunstning, mängd preparat som hamnar på gröda respektive på marken, utlakning etc. (exempelvis Milå i Canals, 2003) och där man använt tillgängliga metoder för bedömning av miljöpåverkan av växtskyddsmedel.

Det främsta skälet till att just metoden PRI-Farm använts i detta projekt är att Kemikalieinspektionen använder PRI-Nation som bygger på samma principer för miljöbedömning av användning av växtskyddsmedel på nationell nivå. PRI-Farm håller på att etableras som ett verktyg för riskbedömning av växtskyddsmedel på gårdsnivå. Vi har därför gjort bedömningen att det är rimligt att välja denna modell i projektet. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg att det inte finns en enskild metod som är "rätt" och som ger en sann och korrekt bild av miljöpåverkan av växtskyddsmedel eller andra kemiska föreningar.

## 4 Fallstudie – Produktion av grisfoder

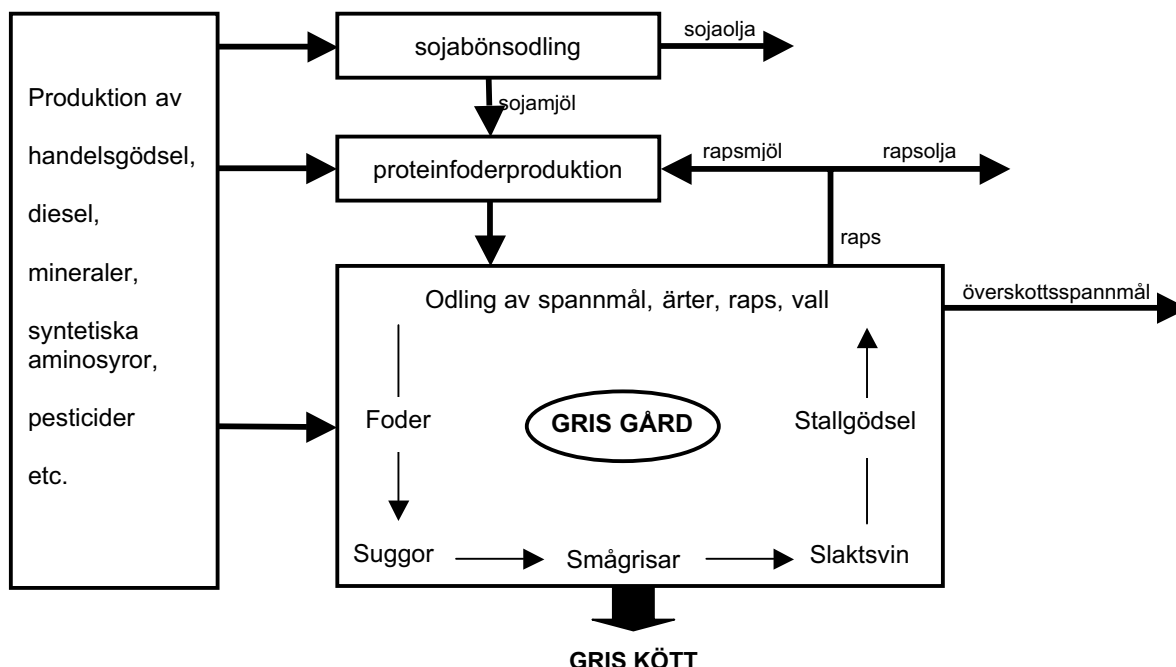
Denna fallstudie bygger på olika framtidsscenarier för modellgårdar med grisproduktion och scenarierna har utarbetats av syntesgruppen inom MAT 21 (Stern *et al.*, 2005a).

Modellgårdarna antas vara belägna i Östergötland i slättbygd med jordarten mellanlera. Scenarierna har kvantifierats och utvärderats miljömässigt med LCA-metodik (Cederberg & Flysjö, 2004). För att analysera riskerna orsakade av användning av växtskyddsmedel i scenarierna har miljöriskindex med PRI-Farm beräknats i föreliggande projekt.

### 4.1 Framtida scenarier för grisproduktion

#### 4.1.1 Beskrivning av två framtidsscenarios

Två av framtidsscenarierna för grisproduktion har använts för att analysera olika växtskyddsstrategier i odling av grisfoder. Det första scenariot hade fokus på god köttkvalitet till låga kostnader och kan beskrivas som ett ”business as usual” scenario, i fortsättning kallat **BAU** (detta är scenario C enligt Stern *et al.*, 2004; Cederberg & Flysjö, 2004). I scenario BAU odlades foderspannmålen på grigården medan allt proteinfoder i form av sojamjöl importerades. Användningen av stallgödsel och pesticider följde svensk lagstiftning. Det andra scenariot hade fokus på grisproduktion där stor hänsyn togs till den externa miljön. Detta scenario kallas i fortsättningen **MILJÖ** och är scenario B enligt Stern *et al.*, 2005a och Cederberg & Flysjö, 2004. I detta framtidsscenario odlades såväl foderspannmål som huvudparten av proteinfodret (92 % av massan) på grigården. Ärtor användes direkt som foder på gården. Rapsgrödan såldes till en större extraktionsfabrik och en överensstämmande mängd (58 %) av skörden, köptes tillbaka till gården som proteinrikt rapsmjöl. Figur 4.1 visar ett flödesdiagram för produktionen av griskött i de två scenarierna.



Figur 4.1 Viktiga flöden i produktion av griskött som beaktats i fallstudien

Att minimera kväveförlusterna var en viktig förutsättning i scenario MILJÖ. Användningen av flytgödsel planerades omsorgsfullt och när den kombinerades med handelsgödsel undveks överoptimala givor av mineralgödselkväve. Flytgödseln spreds endast på våren i spannmålsgrödorna. Kväveverkan från avbrottsgrödorna raps och ärter beaktades genom att N-givan till efterföljande vetegröda reducerades enligt Jordbruksverkets riktlinjer (Jordbruksverket, 2003a). Fånggrödor ingick i växtföljden för att reducera markläckage och för att reducera ammoniakemissioner installerades filter i ventilationssystemen i grisstallarna.

De viktigaste förutsättningarna för de två scenarierna sammanfattas i tabell 4.1

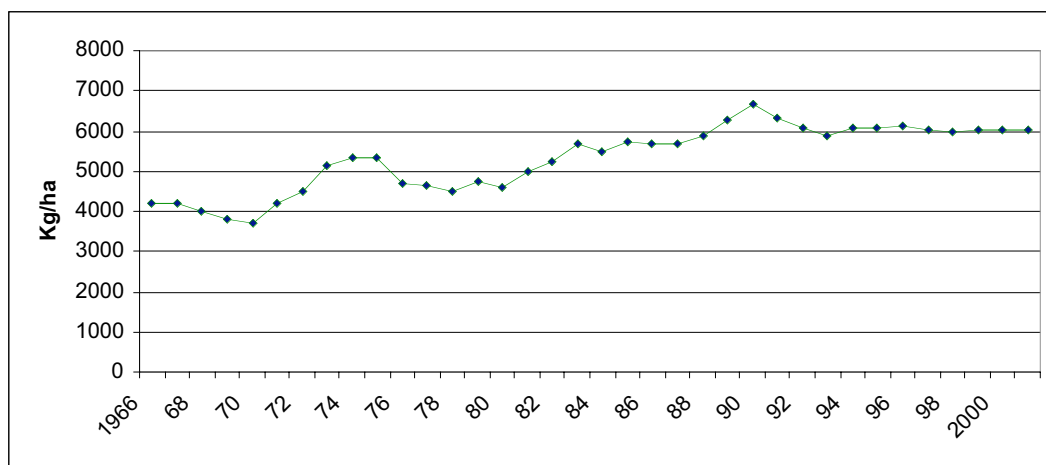
*Tabell 4.1 Förutsättningar för de två scenarierna för grisproduktion, scenario BAU representerar "Business as Usual" och scenario MILJÖ är inriktat på att minimera miljöpåverkan i grisproduktion*

	Scenario BAU (business as usual)	Scenario MILJÖ (minimerad miljöpåverkan)
Foder, spannmål	Odlat på griskgården	Odlat på griskgården
Foder, protein	Importerad soja, aminosyror	Ärter och raps odlat på griskgården, endast liten sojaimport, aminosyror
Växtföljd	Ensidig spannmål, 60 % höstsäd	Spannmål med avbrottsgrödor, 28 % höstsäd
Växtskydd	Följer lagstiftning	Stort fokus på att reducera växtskyddsmedel genom växtföljd och mekanisk bearbetning
Stallgödsel	Följer lagstiftning	Noggrant utnyttjande av flytgödsel, inga överoptimala kvävegivor
Övrigt		Fånggrödor Ammoniakfilter i ventilation

#### 4.1.2 Växtföljder och skördenivåer

Grisarnas foderstater i scenarierna var grunden för utformningen av växtföljderna för de två modellgårdarna. Skördenivåerna uppskattades m.h.a trender för skördeutveckling från svensk skördestatistik, erfarenheter från rådgivningsverksamheten (Lovanggruppen; Lovang, T., pers medd 2004) samt resultat från fältförsök som visar på växtföljdens betydelse för skördenivåer. Skördenivåerna är estimerade för en framtid på 10 års sikt och med utgångspunkt från att gården är belägen på mellanlera i slättbygden i Östergötland.

Skördeutvecklingen i höstvetete i Östergötland från 1966 – 2002 framgår ur figur 4.2 (tre års rullande medeltal) och visar att trenden för skördeökningar förefaller att ha planat ut under 1990-talet (SCB, 2004). Skördestatistiken för höstvetete inom Lovanggruppen visar inte heller några nämnvärda förbättringar under perioden 1992-2001 (Lovang, 2003). En förklaring till denna trend är sannolikt att spannmålsodlingen har blivit mer ensidig under det senaste decenniet.



Figur 4.2 Skördar av höstvet i Östergötland, rullande treårsmedeltal

I tabell 4.2 redovisas de olika växtföljderna och skördenivåerna i de två scenarierna. Strategin att endast använda sojamjöl som proteinfoder i scenario BAU medförde en växtföljd dominerad av spannmål och därmed också lägre skördar i detta scenario. Ärtor och höstraps är utmärkta avbrottsgrödor i spannmålsdominerade odlingssekvenser med förhöjda skördar i efterföljande spannmålsgröda (Olofsson & Wallgren, 1984; Djurberg 2002). Detta förklarar antagandet om högre veteskördarna i scenarior MILJÖ (7 000 kg/ha) jämfört scenario BAU där korn var en förfrukt till vete (6 000 kg/ha).

Tabell 4.2 Växtföljder och skördenivåer i de två scenarierna BAU (Business as usual) och MILJÖ

Växtföljd i BAU	Skördenivå i BAU, kg/ha	Växtföljd i MILJÖ	Skördenivå i MILJÖ, kg/ha
Havre	5 500	Höstraps	3 050
Höstvet	6 700	Höstvet	7 000
Korn	5 500	Korn+fånggröda	5 600
Höstvet	6 000	Ärtor	3 900
Rågvete	6 000	Höstvet+fånggröda	7 000
		Havre	5 500
		Korn	5 800

Växtföljden för modellgården i BAU är 5-årig och odlingen täcker grisarnas behov av korn/vete/rågvete. För havre blir det ett överskott som säljs från gården, denna plats i växtföljden kan därför delvis kompletteras med en avbrottsgröda eller träda. Växtföljden för modellgården i MILJÖ är 7-årig och täcker grisarnas behov av foderspannmål, rapsmjöl samt huvudparten av foderärterna. Mindre mängder ärtor får importeras från en granngård. Växtföljden producerar ett mindre överskott av havre samt ett större överskott av höstvet vilket säljs som brödsäd. Det är därför möjligt att behålla detta vete på gården som foder och delvis lägga in träda i stället för korngrödan det sista året i växtföljden. Denna åtgärd skulle sannolikt förbättra etableringen och skördenivån i höstrapsgrödan. Fullständiga uppgifter om foderstater och modellgårdarnas växtodling redovisas av Cederberg & Flysjö (2004).



#### 4.1.3 Strategier för växtskydd

Behov och dosering av olika växtskyddsmedel fastställdes med hjälp av resultat från fältförsök (som visar ekonomiskt optimum för olika behandlingar) samt expertkommentarer från rådgivare och annan växtskyddsexpertis. I scenario BAU gjordes ingen ansträngning för att reducera användningen av växtskyddsmedel jämfört med normal användning i svenskt jordbruk. I analysen fick istället BAU vara ett referensvärde för användning av växtskyddsmedel. En viktig förutsättning för scenario MILJÖ var en restriktiv användning av växtskyddsmedel, dock utan att skördenivåerna äventyrades nämnvärt. I detta scenario tillämpades en varierad växtföljd som en viktig förebyggande åtgärd för att reducera användningen. Målsättningen var att konstruera ett integrerat odlingssystem och kombinera förebyggande och mekaniska åtgärder med begränsad användning av växtskyddsmedel. I scenario MILJÖ ingick mekanisk ogräsreglering i rapsgrödan samt vissa år i ärtgrödan och en vårsädesgröda. Mekanisk stubbearbetning utfördes två år av sju i detta scenario och därmed kunde glyfosatanvändningen hållas på en lägre nivå än i scenario BAU. Valen av olika växtskyddsstrategier baserades på forskning om odlingssystem och olika växtskyddsåtgärder (t.ex. Boström, 1999; Eltun et al., 2002; Rasmussen, 2004) samt på rådgivares erfarenheter från praktiska gårdar. I bilaga 1 redovisas använda växtskyddsmedel, doser och frekvenser för behandling (även mekaniska bearbetning) i de två scenarierna.

#### 4.1.4 Metodval i miljöanalyserna

PRI-Farm användes för att beräkna miljöriskindex för modellgårdarnas växtodling (foderproduktion). I beräkning av miljöriskindex användes inga reduktionsfaktorer då vi ville studera effekterna av preparatval fullt ut. För applikationsmetod sattes faktor 3 (normal bredspruta), se kapitel 3.

PRI-Farm är utvecklad för tempererade förhållande och därför beräknades endast miljöriskindex för grödor som odlades på grisgården i Sverige i analysen. Den huvudsakliga proteinkällan i scenario BAU, mjöl från sojabönor odlade i Brasilien (tropiska förhållanden), inkluderades inte i riskanalysen (se vidare kapitel 6, Diskussion).

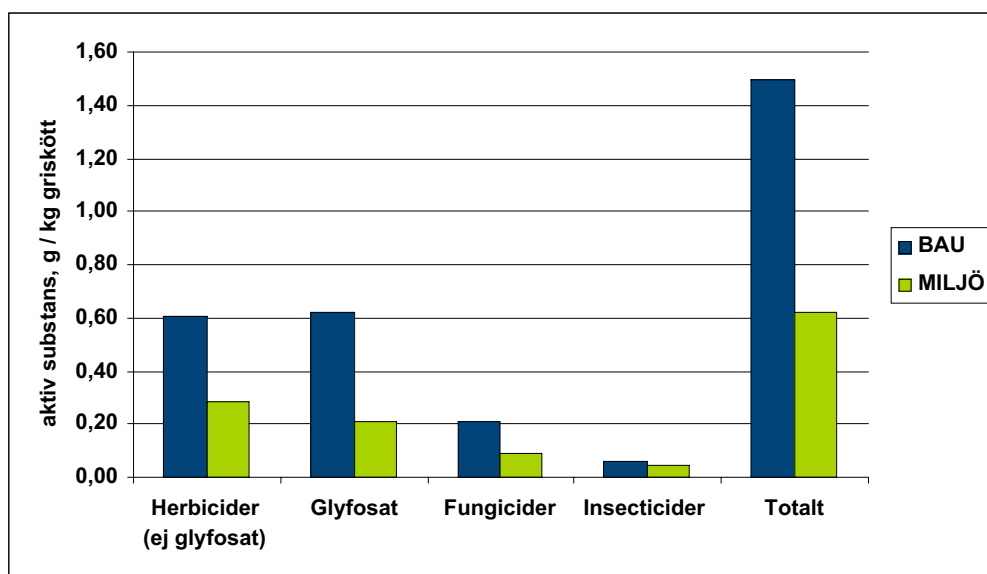
Livscykelanalys (LCA) användes för att göra en miljömässig bedömning av de två scenarierna för grisproduktion. LCA-metoden beskrivs mer utförligt i kapitel 3. Följande strategier för miljöpåverkan beaktades i denna studie; resursanvändning (energi, material, mark), klimatförändring, övergödning, försurning och bildning av marknära ozon. Den funktionella enheten i studien var ”ett kg befritt griskött”. Analysen omfattade produktion av alla insatsvaror till gården (t.ex. el, diesel, handelsgödsel, foderkoncentrat) och emissioner från produktionssystemet. Produkten griskött följdes till gårdsgrinden, transporter till och processer vid slakteriet ingick inte i studien. Maskintillverkning och byggnader var också exkluderad. Miljöbelastningen mellan huvudprodukt och biprodukt (t.ex. i produktionen av proteinkoncentrat) var fördelad efter pris på produkterna (prisallokering). En fullständig beskrivning av förutsättningar och indata för LCA-studien av de två framtidsscenarierna för grisproduktion framgår av Cederberg & Flysjö (2004).

## 4.2 Resultat

### 4.2.1 Användning av växtskyddsmedel och risker

#### *Total användning i grisköttets livscykel*

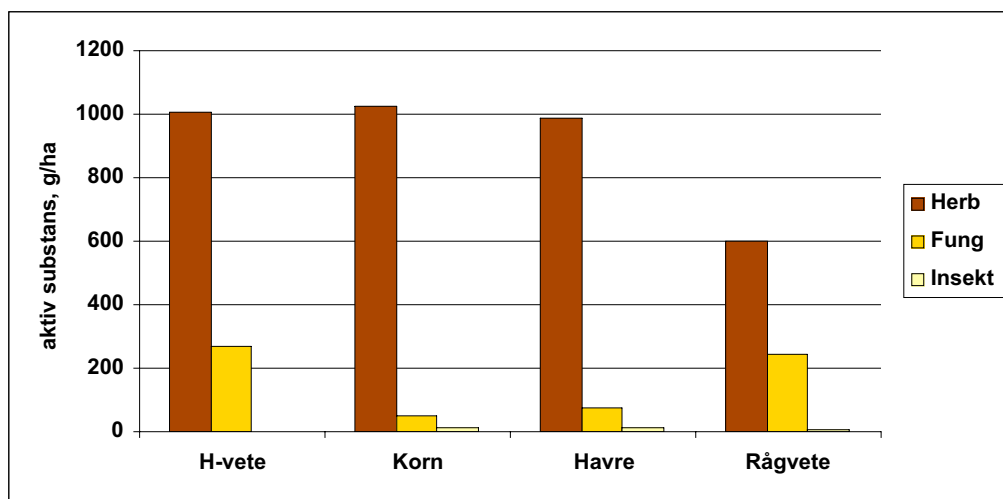
Användningen av växtskyddsmedel i grisköttets livscykel redovisas i figur 4.3. Den totala användningen av aktiv substans för att producera ett kg griskött i scenario MILJÖ var 40 % av mängden som krävdes i scenario BAU. För användningen av insektsmedel var det minst skillnad mellan de två scenarierna, och användningen i MILJÖ var 75 % av BAU. För ogräs- och svampmedel var användningen i MILJÖ reducerad med 60 – 70 % jämfört med BAU. Notera att även användning av växtskyddsmedel i sojaodling i Brasilien ingår i figur 4.3.



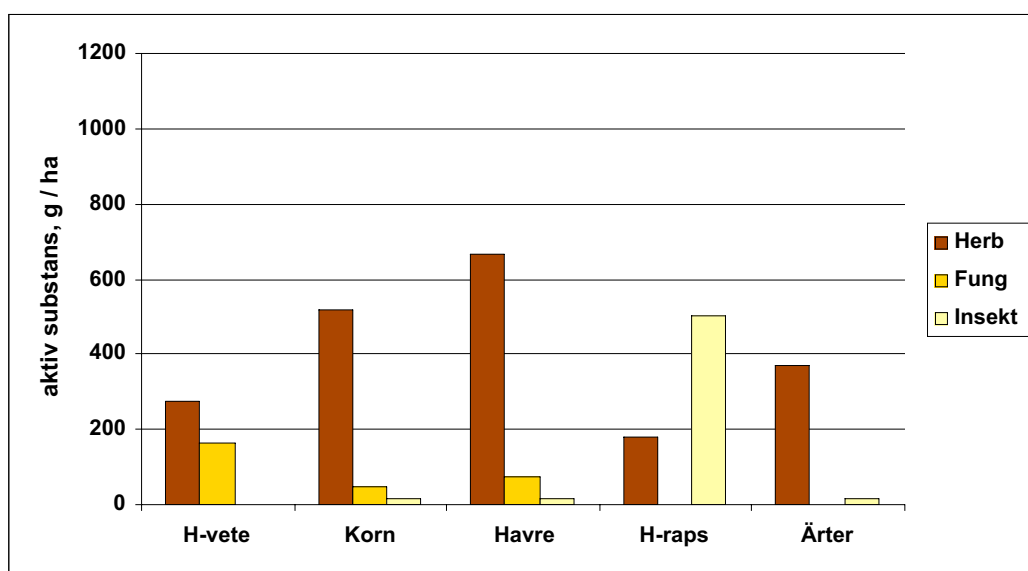
Figur 4.3 Användning av växtskyddsmedel (uttryckt som gram aktiv substans) per kg griskött i den totala foderproduktionen (soja inkluderad). BAU är ett "Business as Usual" scenario, MILJÖ fokuserar på miljö

#### *Användning av växtskyddsmedel på grisgårdarna*

På gårdsnivå, där all foderspannmål och ca 90 % av proteinfodret odlades i scenario MILJÖ, var användningen av växtskyddsmedel halverad jämfört med BAU. Den årliga användningen (i medeltal) beräknades till 550 gram aktiv substans/ha för MILJÖ och 1 130 gram aktiv substans/ha för BAU. I figur 4.4a och 4.4b redovisas den genomsnittliga användningen per hektar i de olika grödorna på gårdarna. Sojaböna (som ger sojamjöl) ingår inte eftersom figurerna endast inkluderar användning på gården. Den årliga användningen av växtskyddsmedel i brasiliansk sojaodling har uppskattats till cirka 1 600 gram aktiv substans/ha (Cederberg & Flysjö, 2004).



Figur 4.4a Årlig användning av växtskyddsmedel uttryckt som gram aktiv substans per hektar åker på gården i scenario BAU, Business as usual (glyphosat ingår i herbicider)

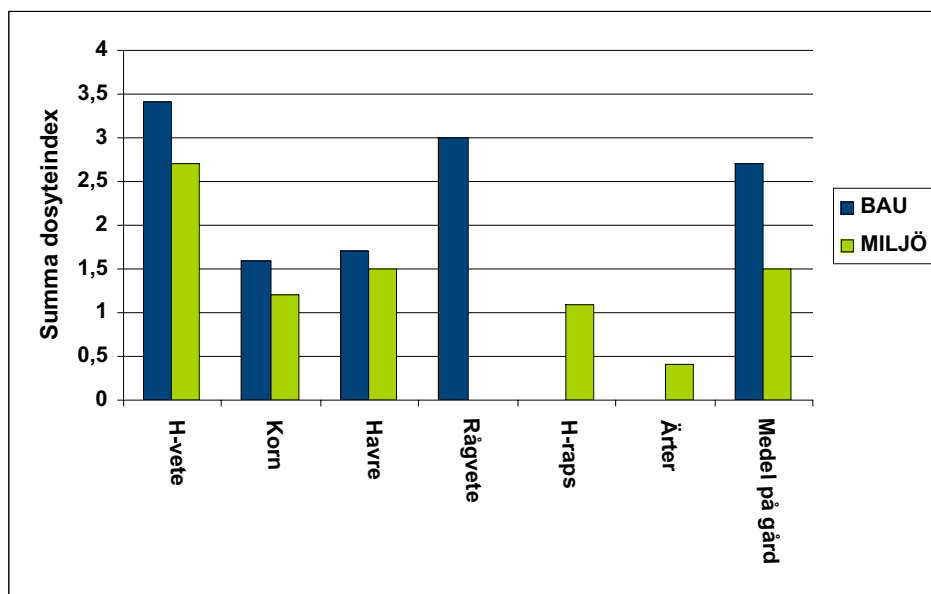


Figur 4.4b Årlig användning av växtskyddsmedel uttryckt som gram aktiv substans per hektar åker på gården i scenario MILJÖ (glyphosat ingår i herbicider)

Vi har antagit ett relativt stort beroende av växtskyddsmedel i scenario BAU för upprätthålla en hög skördenivå (tabell 4.2). Särskilt för användningen av herbicider var skillnaden stor vilken bl.a. berodde på den mekaniska ogräskontrollen i raps samt vissa år i ärtor och en vårsädesgröda, i scenario MILJÖ. En stor andel höstsäd i BAU (60 %) antogs medförda användning av herbicider mot gräsogräs, vilket också bidrog till en större användning av ogräsmiddel i detta scenario. En stor andel höstsäd gynnar förekomsten av gräsogräs som gror på hösten. Användningen av glyphosat i MILJÖ var begränsad till en gång i växtföljden med mekanisk stubbearbetning två höstar av sju som komplement.

Fungicider antogs behövas årligen i höstvetet i BAU när korn var förfrukt och tre år av fyra när havre var förfrukt (tabell 4.2). I den varierade växtföljden i MILJÖ med avbrottsgrödor före höstvetet beräknades fungicider användas i medeltal två år av fyra i höstvetegrödan.

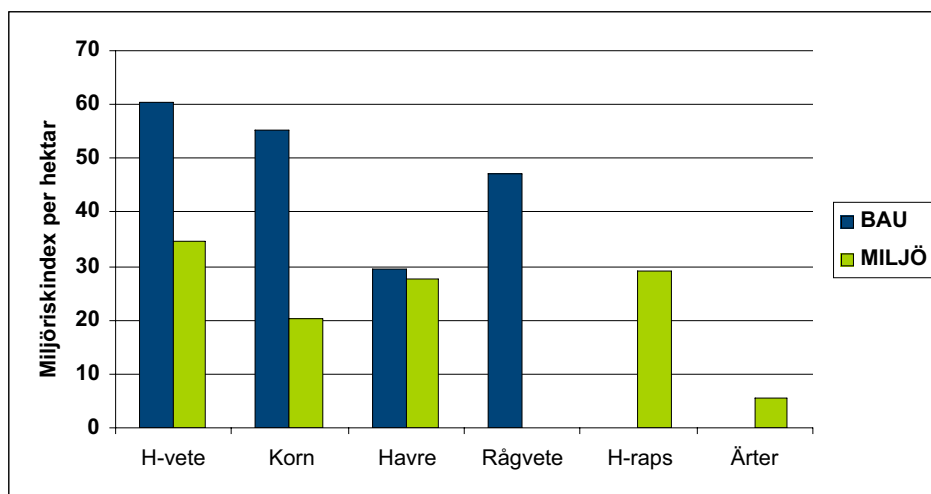
Indikatorn ”gram aktiv substans” är en otillräcklig mätare för pesticidanvändning, eftersom den bland annat sätter lågdosprodukter i en alltför gynnsam situation. Därför redovisas även dosyteindex (förklaring, se kapitel 3) som är en annan indikator för användarintensitet. Även denna indikator visar på en avsevärt lägre användning av växtskyddsmedel för gården i scenario MILJÖ (figur 4.5). I medeltal för hela gården var summan av dosyteindex 2,7 i scenario BAU och 1,5 i scenario MILJÖ. Alla spannmålsgrödor hade högre dosyteindex i BAU jämfört med MILJÖ. Det låga dosyteindexet för raps och ärter i scenario MILJÖ var framförallt en effekt av mekanisk ogräsreglering i dessa grödor.



Figur 4.5 Summan av dosyteindex för de olika grödorna på de två grsigårdarna i scenario BAU (Business as usual) och MILJÖ och ett areal-viktat medeltal för respektive gård. Rågvede odlades endast i BAU medan raps och ärter odlades endast i MILJÖ

#### Miljöriskindex för växtskyddsmedel på modellgårdarna

Miljöriskindex beräknat enligt PRI-Farm visade att riskerna med bekämpningsmedel var betydligt lägre för grsigården i scenario MILJÖ jämfört med scenario BAU (figur 4.6). Höstvetet hade ett relativt högt miljöriskindex i BAU vilket framförallt kunde tillskrivas bekämpningen av gräsogräs med isoproturon i en av de två vetegrödorna. Det relativa höga miljöriskindexet i rapsgrödan i scenario MILJÖ berodde nästan uteslutande på användningen av insektsmedel mot rapsbaggar.



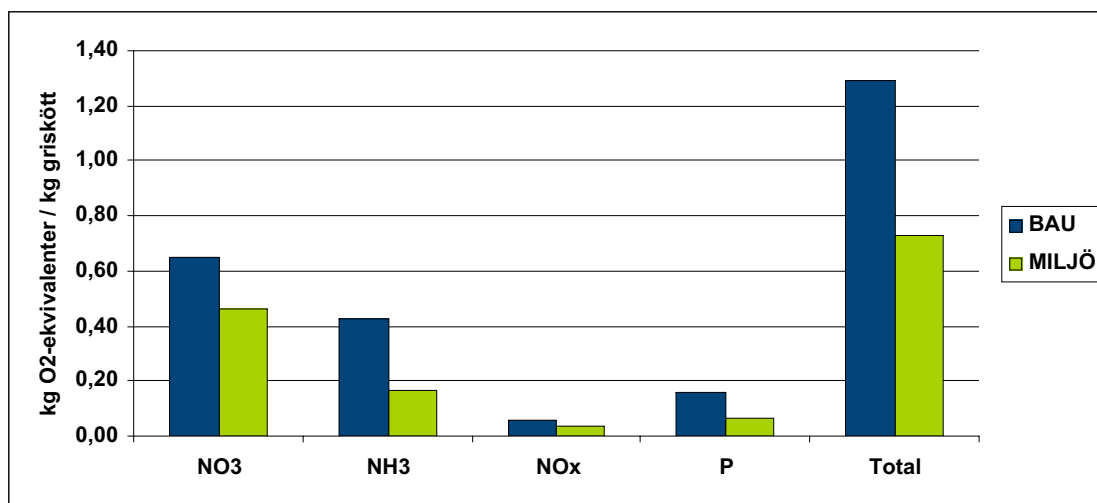
Figur 4.6 Miljörisindex för de olika grödorna på grisgårdarna i scenario BAU (Business as usual) och MILJÖ. Rågvete odlades endast i BAU medan raps och ärtor odlades endast i MILJÖ. Riskindex i odlingen av sojböna i Brasilien ingår inte.

#### 4.2.2 Övriga miljöeffekter

I livscykelanalysen visade scenario MILJÖ bäst resultat för samtliga undersökta kategorier för miljöpåverkan (Cederberg & Flysjö, 2004). Grisgården i scenario MILJÖ hade som strategi att använda mer mekanisk bearbetning för ogräskontroll jämfört med BAU. Detta medförde en större dieselanvändning på gårdsnivå (104 jämfört med 91 l/ha). Men energianvändningen i hela livscykeln för griskött var 20 % lägre i scenario MILJÖ jämfört med BAU. Den viktigaste orsaken till detta var valet av proteinfoder: kombinationen av ärtor och rapsmjöl i MILJÖ medförde en energiåtgång som var ca 2 MJ/kg kött lägre än i scenario BAU. Dessutom bidrog en lägre användning av handelsgödselkväve i MILJÖ, p.g.a. effektiv användning av stallgödsel, biologisk kvävefixering hos ärt och positiva förfruktseffekter, till en lägre energianvändning för att producera ett kg griskött.

I figur 4.7 redovisas det maximala potentiella bidraget till övergödning för de två scenarierna för produktion av griskött. Ammoniakfilter i stallventilationen i MILJÖ medförde en uppskattning om väsentligt lägre ammoniakutsläpp i detta scenario. Dessa effekter var oberoende av växtskyddsstrategin. Sojaodling i Brasilien är förknippad med stora risker för jorderosion (Roth, 1988) och sojagrödan bedömdes ha tio gånger högre fosforläckage jämfört med proteingrödor odlade i Sverige. Detta är orsaken till de beräknade högre emissionerna av fosfor i BAU. Mekanisk stubbearbetning av kvickrot två höstar i den sjuåriga växtföljden i MILJÖ medförde att vi uppskattade ett större kväveläckage dessa två år. Men tack vare användning av fånggrödor i denna växtföljd och ett effektivt utnyttjande av stallgödsel i växtföljden, beräknades det totala kväveläckaget vara lägre i scenario MILJÖ.

Produktion av griskött enligt scenario MILJÖ innebar även lägre användningen av energi och reducerade riskerna för övergödning. Detta resultat erhöles trots MILJÖ-scenariots större dieselanvändning per hektar vilket orsakades av mer mekanisk bearbetning. Detta är ett bra exempel på behovet av en övergripande systemanalys när komplicerade produktionssystem (som t.ex. köttproduktion) i jordbruket skall utvärderas ur ett miljöperspektiv.



Figur 4.7 Maximal potentiell övergödning i de två scenarierna för grisproduktion, BAU (Business as usual) och MILJÖ. Skillnaden när det gäller ammoniak berodde på tekniska åtgärder i stallet och är oberoende av växtskyddsstrategi

## 5 Fallstudie – Allsidig växtodlingsgård

Denna fallstudie bygger på data från en verklig gård belägen i sydöstra Skåne. Gården ingår som pilotgård i Odling i Balans<sup>8</sup> och har ett omfattande dataunderlag om användning av insatsvaror, växtnäring och växtskyddsmedel. I nuläget har gården tre produktionsinriktningar:

- växtodling med stort inslag av specialgrödor
- integrerad svinproduktion
- nötköttsproduktion för att utnyttja gårdens 70 ha strandnära naturbetesmark

Växtodlingen domineras av sockerbeter vilket är typiskt för denna del av Sverige. Övriga specialgrödor är potatis, lök och palsternackor. Det finns en lång tradition av fröodling på gården och utsäde av ängsgröefrö odlas. Gårdens spannmålsodling är Sigillmärkt och all spannmål säljs från gården.

Allt foder köps in till grisarna och denna produktionsinriktning kan sägas ”leva sitt eget liv”. Grisproduktionen har dock stor betydelse för växtodlingen på gården eftersom flytgödsel från grisarna är en viktig växtnäringsskälla. Även till nötköttsproduktionen görs idag inköp av kraftfoder, men till denna produktion producerar växtodlingen en del grovfoder samt halm från gårdens fröodling.

Syftet var att utvärdera den miljömässiga hållbarheten för olika växtskyddsstrategier för en allsidig växtodlingsgård genom att analysera nuläget och några möjliga framtidsscenarioer. I samråd med gårdens brukare har projektgruppen enats om att utvärdera två olika framtidsscenarioer vilka innebär förändrat växtskydd jämfört med nuläget. De två scenarierna är *Bästa Möjliga Teknik, BMT* och *Ekologisk Produktion, EKO*.

*Bästa Möjliga Teknik, BMT.* Detta framtidsscenario bygger på att gårdens användning av växtskyddsmedel och riskerna förknippade med densamma, minskas bland annat genom att använda alternativ modern teknik. Villkor som har satts upp är att dagens skördenivåer inte får äventyras och att merkostnaden för alternativ teknik skall vara rimlig. En minskning av pesticidanvändningen har bland annat erhållits genom att mekanisk ogräsbekämpning ersatt kemisk i potatis och att bandsprutning ersatt bredsprutning i specialgrödor. Riskerna har även reducerats genom att växtskyddsmedel med höga riskindex bytts ut mot produkter med lägre riskindex.

*Ekologisk produktion, EKO.* Detta framtidsscenario bygger på en radikal förändring av gårdens växtodling och naturligtvis uteblivna risker förknippade med användningen av kemiska växtskyddsmedel eftersom denna användning upphör. Detta alternativ innebär stora förändringar för gårdens skördenivåer och grödval, samt även i vilken omfattning specialgrödor kan odlas p.g.a. specifika växtskyddsproblem och reglering av ogräs. Projektgruppen har valt detta scenario eftersom brukaren tidigare har övervägt en omställning

---

<sup>8</sup> Odling i Balans är en organisation som arbetar med integrerad växtodling. Ekonomi och ekologi kombineras för att visa på hur uthålliga lantbruk kan utvecklas. Basen i verksamheten är 17 pilotgårdar där olika miljöförbättrande åtgärder utvecklas och testas i praktisk drift.

till ekologisk produktion och med utgångspunkt från att Jordbruksverkets utredning om förslag till ekologisk produktion år 2010 pekar på behovet av en ökad omläggning av konventionell produktion som bedrivs med hjälp av stor användning av kemiska bekämpningsmedel (Jordbruksverket, 2004a).

De två olika scenarierna (BMT och EKO) utvärderas miljömässigt och jämförs med gårdens nuläge. För miljösystemanalys används tre metoder; PRI-Farm, LCA och växtnäringsbalans enligt Farm-gate metoden. I tabell 5.1 görs en översikt över hur dessa metoder används i analysen.

Tabell 5.1 Miljöindikatorer som används i fallstudien Allsidig växtodling

Miljöindikator	Vad indikatorn beskriver	Jämförelse, Nuläge - BMT	Jämförelse, Nuläge - EKO
Miljöriskindex enligt PRI-Farm	Risker med växtskyddsmedel	Ja	Ej relevant
Energianvändning, MJ/kg produkt	Indirekt och direkta energiinsatser	Ja	Ja
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg produkt*år	Årlig kvantitativ markanvändning	Ingen förändring	Ja
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter/kg produkt	Klimatpåverkan	Ja	Ja
Utsläpp av kväveoxider, g NOx/kg produkt	NOx-utsläpp från fossilbränsleanvändning	Ja	Ja
Kväveöverskott enligt växtnäringsbalans	Potentiella kväveförluster per hektar	Ingen förändring	Ja

Beräkning av miljöriskindex för växtskyddsmedel är inte relevant i jämförelsen mellan nuläge och EKO eftersom inga bekämpningsmedel förekommer i EKO-alternativet.

LCA-metodiken innebär ett livscykelperspektiv. Energianvändning och utsläpp av växthusgaser samt kväveoxider omfattar således hela livscykeln för växtodlingsprodukterna, även produktionen av insatsvaror (handelsgödsel, växtskyddsmedel, diesel, gasol, el). Utsädesproduktionen har beaktats genom att beräkna utgående skörd som bruttoskörd reducerad för utsädesmängd. Utsläppen av växthusgaser redovisas efter det att viktning enligt Global Warming Potentials<sup>9</sup> (GWP) har gjorts för de olika växthusgaserna. Utsläpp av kväveoxider redovisas som en indikator på fossilbränsleanvändning. Produktion av kapitalvaror (maskiner och byggnader) är inte inkluderad i beräkningarna. Systemgränsen är när växtodlingsprodukterna lämnar gårdsgrunden eller levereras till stallet, någon efterföljande analys av förädling (t ex köttuppfödning) har inte gjorts.

Den årliga markanvändningen har beräknats för växtodlingsprodukterna i jämförelsen nuläge-EKO. Denna indikator är inte relevant för jämförelsen nuläge-BMT eftersom skördenivåerna har antagits vara desamma i dessa två alternativ.

<sup>9</sup> GWP-värden för 100 – års perspektiv har använts (IPCC 1997).



För att ge en indikator på gårdens potentiella kväveförluster i de olika scenarierna har kväveöverskott beräknats enligt Farm-gate metoden. Denna indikator är inte relevant att redovisa för jämförelsen nuläge-BMT eftersom grödor, gödsling och skördenivåer har antagits vara desamma i nuläget och BMT. Den mekaniska ogräskontrollen i potatis som ersätter den kemiska, sker i växande gröda vilket inte bedöms påverka risken för kväveläckage.

Eftersom det är stora skillnader mellan nuläget och scenariot med ekologisk produktion görs en enklare ekonomisk analys där nuläget jämförs med EKO.

## 5.1 Nulägesbeskrivning

### 5.1.1 Grödfördelning, skördar och växtföljder

Grödfördelning och skördenivåer under 2003 redovisas i tabell 5.2. Av den totala arealen om 164,5 ha var 38 % radsådda grödor (hackgrödor), 39 % utgjordes av spannmål, 14 % var vall (frö) eller grönfoder och resterande del utgjordes av träda/kantzoner.

Tabell 5.2 Grödfördelning och skördar 2003 på den Allsidiga växtodlingsgården

Gröda	Areal, ha	Skörd, kg/ha
Specialgrödor		
Sockerbetor	37,3	54 700 <sup>a</sup>
Matpotatis	10,6	44 300 <sup>a e</sup>
Fabrikspotatis	6,3	32 500 <sup>a</sup>
Kepalök	4,4	45 400 <sup>a</sup>
Palsternacka	4,6	34 600 <sup>a</sup>
Spannmål		
Höstvete	13,4	8 100 <sup>b</sup>
Vårvete	10,8	7 900 <sup>b</sup>
Råg	12	6 500 <sup>b</sup>
Malkorn	18,4	4 400 <sup>b</sup>
Korn, foder	9	6 200 <sup>b</sup>
Vall/grönfoder		
Ängsgröefrö	18,3	860 <sup>c</sup>
Grönfoder	5,7	6 700 <sup>d</sup>
Träda, kantzoner	13,7	

a) färskvikt; b) vid 14 % vattenhalt, c) vid 13 % vattenhalt, d) som torrsubstans, e) 10 % av skörden beräknas fränsorteras till foder från bruttoskörden

Data från 2003 är utgångspunkten för nuläget i analysen. Brukaren bedömer detta år som ett ”normalår”, med undantag för skörden av malkorn och höstvete som var något låga beroende att några torkkänsliga fält drog ner medelskörden, speciellt för malkornet. Sockerbetorna är gårdens huvudgröda, såväl i areal som för ekonomin, och skörden 2003 är representativ för gårdens sockerbetsavkastning under senare år. Tre olika växtföljder tillämpas på gården, dessa följs inte konsekvent men utgör grundstommen i växtodlingen. Den första växtföljden är fyraårig och odlas på lerjorden (lerhalt 15-20 %) och omfattar ca 22 ha, se tabell 5.3.

Tabell 5.3 Obevattnad växtföljd på lerjord

År	Gröda
1	Sockerbetor
2	Vårsäd + insådd
3	Ängsgröefrö
4	Ängsgröefrö

En mindre del av vårsädesgrödan ensileras som helsäd till foder åt köttjure, detta ger en positiv förfruktseffekt i insådden till frövallen som får en bättre utveckling än vid traditionell spannmålsinsådd. Växtföljd 2 är också fyraårig och odlas på lerjord med 10-25 % lerhalt och omfattar ca 80 ha. I denna växtföljd odlas matpotatisen, på vissa fält är det dock i lerigaste laget för potatisen, se tabell 5.4.

Tabell 5.4 Bevattnad växtföljd på lerjord

År	Gröda
1	Sockerbetor
2	Korn/vårmete
3	Matpotatis / Kepalök
4	Höstmete

Slutligen, växtföljd 3 som finns på gårdens sandjord som delvis är mycket lätt och därmed torkkänslig. Dessa utgör ca 60 ha (tabell 5.5).

Tabell 5.5 Växtföljd på sandjorden (bevattnad)

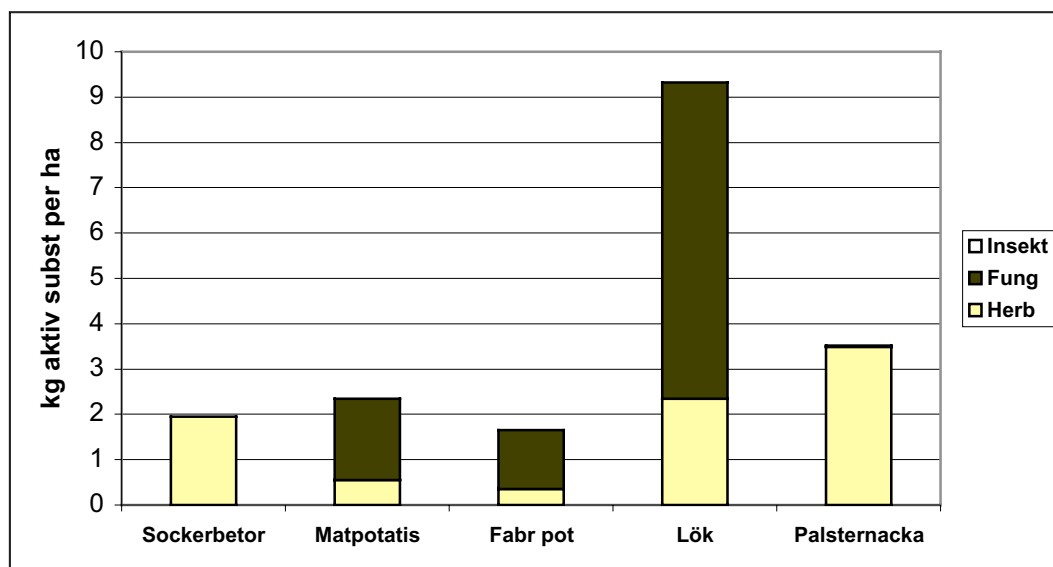
År	Gröda
1	Sockerbetor
2	Korn
3	Palsternacka / Fabrikspotatis
4	Råg

### 5.1.2 Användning av växtskyddsmedel och riskindikatorer

#### Använd mängd aktiv substans

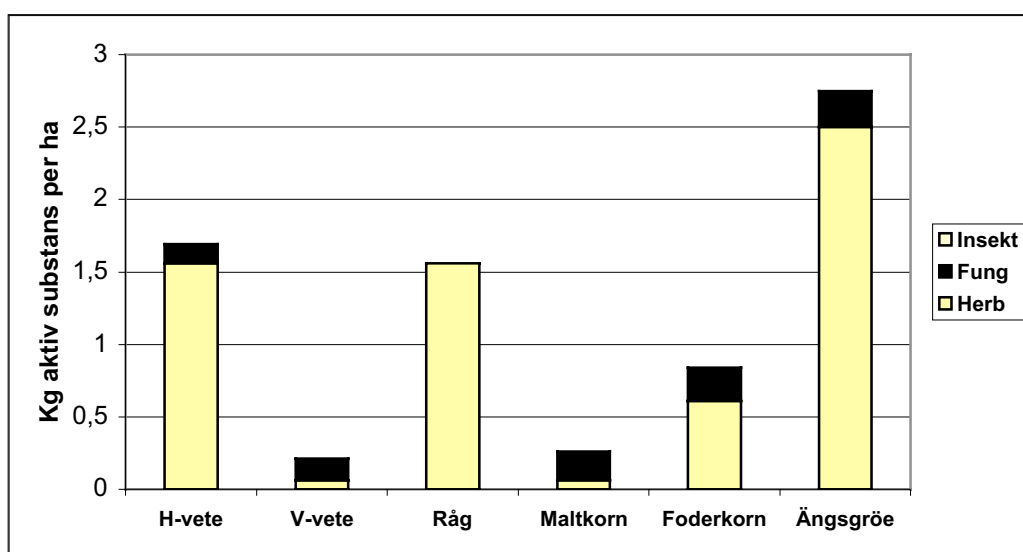
Den använda mängden växtskyddsmedel i specialgrödorna under 2003 redovisas i figur 5.1. Löken förbrukar den största mängden växtskyddsmedel beräknat per ytenhet. I denna gröda är det svampbehandlingar med Acrobat och Rovral (mot bladmögel och gråmögel) som utgör det stora bidraget. Matpotatisen kräver något mera aktiv substans än fabrikspotatisen, vilket framförallt beror på att toleransen för bladmögelangrepp är liten i matpotatis p g a risken för brunröta. I gårdens sockerbetsodling användes knappt 2 kg aktiv substans av ogräsmedel per hektar. Detta är en lägre användning än medeltalet för svensk betodling vilken uppgår till ca 2,5 kg/ha (Persson, K., pers medd 2005). I sockerbetor, liksom palsternackor, är ogräsmedel det viktigaste växtskyddsmedlet medan fungicider är viktigast i potatis och lök.

Som kvickrotsbehandling används generellt Roundup på hösten före specialgrödor i doser om 4 l/ha. Dessa behandlingar ingår inte i den redovisade mängden aktiv substans i figur 5.1. I medeltal användes 0,22 kg/ha glyfosat på hela den behandlade arealen på gården (trädesareal exkluderad).



Figur 5.1 Användning av aktiv substans i specialgrödor under 2003 på den Allsidiga växtodlingsgården

I figur 5.2 redovisas användningen av aktiv substans i spannmål och ängsgröefrö. I den höstsådda spannmålen används en större mängd aktiv substans vilket beror på att dessa grödor behandlas med preparat som har effekt mot gräsogräs. Den stora användningen av herbicider i frövallen beror på produkten Tribunil vilken sprutas på hösten mot vitgröe. Ogräsförekomst i fröodling är mycket negativt eftersom utsädesproduktion har höga krav på renhet, vilket kan ge upphov till stort behov av ogräsbekämpning.



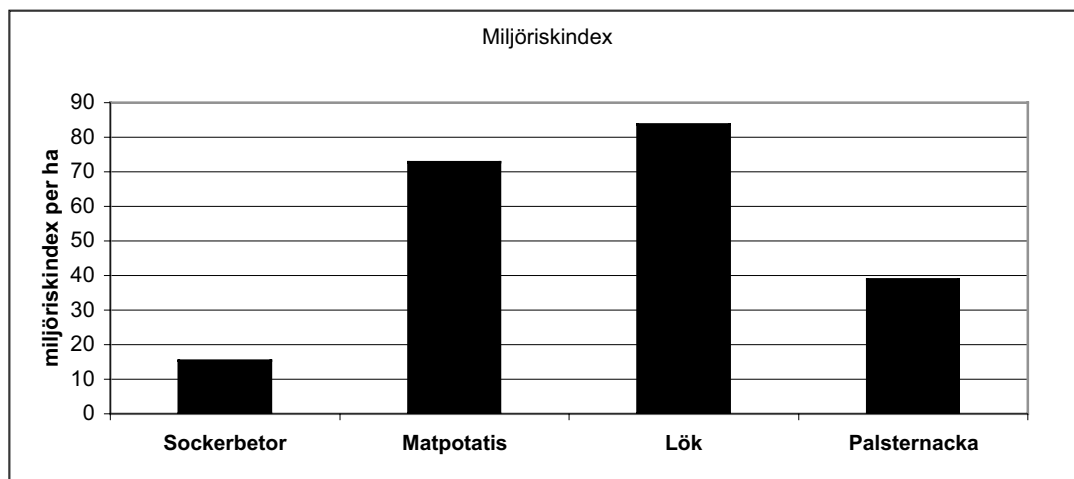
Figur 5.2 Användning av aktiv substans i spannmål och fröodling under 2003

Användningen av kemiska insektsmedel var begränsad och doserna av de använda preparaten små i relation till doserna av övriga växtskyddsmedel. Detta är orsaken till att användningen av insektsmedel inte är synlig i figurerna.

#### *Miljöriskindex för användning av kemiska växtskyddsmedel i olika grödor*

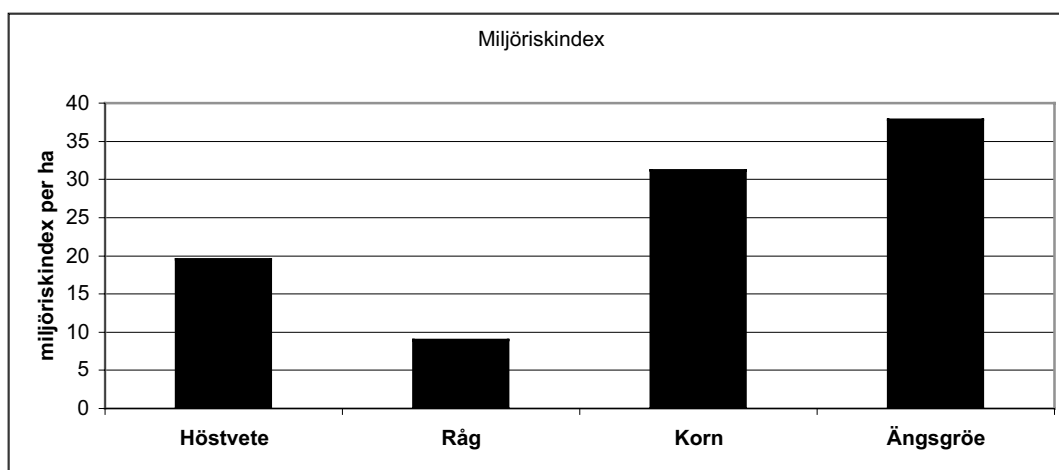
När miljöriskindex beräknades med PRI-Farm användes fullständiga reduktionsfaktorer (se kap 3) eftersom gården har modern utrustning och iakttar alla rekommendationer för säkert växtskydd. För applikationsmetod användes faktor 2 vilket motsvarar spruta med låg bomhöjd och lufttillsats.

I analysen med PRI-Farm framkommer att lök och matpotatis har höga miljöriskindex (figur 5.3). Det höga miljöriskindexet i lök beror främst på de upprepade behandlingarna (= hög exponering) med fungiciderna Acrobat (4 ggr) och Rovral (3 ggr). Den relativt höga faropoängen hos den aktiva substansen i Rovral, iprodion, har också betydelse. I potatis utfördes bladmögelbehandlingen med Shirlan och de många behandlingstillfällena (10 ggr) bidrar i hög grad till det höga indextalet för potatisgrödan. Sockerbetsgrödan har lågt miljöriskindex och en viktig orsak till detta är att brukaren utnyttjar bandsprutning vilket gör att dosen kan hållas nere och att han gör ett bra preparatval ur miljösynpunkt för ogräsbekämpningen (se avsnitt 5.2.1).



*Figur 5.3 Miljöriskindex för växtskyddsmedel för specialgrödor på den Allsidiga växtodlingsgården*

För spannmål och fröodlingen utmärker sig korn och ängsgröe med höga miljöriskindex (figur 5.4). I kornet användes produkten Ariane vars höga läckageindex bidrar till ett högt miljöindex. Produkten innehåller de aktiva substanserna klopyralid och MCPA. Produkten Tribunil i ängsgröe ger ett högt miljöriskindex p.g.a. relativt hög persistens och ett högt läckageindex hos den aktiva substansen metabenstiazuron.



Figur 5.4 Miljöriskindex för växtskyddsmedel för spannmål och ängsgröe på den Allsidiga växtodlingsgården

### 5.1.3 Växtnäring, tillförsel, balanser och förluster

#### Gödselgivor

De arealviktade medeltalen för gårdens gödsling framgår ur tabell 5.6. Stallgödseln läggs i givor om 20 - 30 ton/ha framförallt under vintervinter och i vårbruk, den sprids med släpplangspridare och brukas ned omedelbart, med undantag för när den sprids till frövallar och grönfodervall. I höstvete läggs flytgödseln i växande gröda i april. Alla sockerbetor tillförs stallgödsel.

Tabell 5.6 Årliga gödselgivor (arealviktat medeltal)

Gröda	Handelsgödsel, kg N/ha	Handelsgödsel, kg P/ha	Handelsgödsel, kg K/ha	Stallgödsel
Specialgrödor				
Sockerbetor	100		12	Flyt, svin/nöt
Matpotatis	134	40	360	
Fabrikspotatis	94		128	Flyt, svin
Lök	106	50	416	
Palsternacka	103		130	Flyt, svin/nöt
Spannmål				
Höstvete	134			Flyt, svin
Vårvete	213			
Råg	116			
Malkorn	70			
Korn	54			
Vall/grönfoder				
Ängsgröe	136	6	10	Flyt, svin
Grönfoder	94			

### *Växtnäringsbalans enligt farm-gate metoden*

Eftersom gårdens svinproduktion helt baseras på inköpt foder och inte är integrerad med gårdens växtodling när det gäller grisarnas foderproduktion, har växtnäringsbalansen upprättats utan att näringsinflödet för grisarnas foderinköp är inkluderat (tabell 5.7). I denna balans ingår gårdens svinproduktion som ett inflöde av växtnäring via stallgödselimporten till växtodlingen. I nuläget säljs även en del av flytgödseln från gårdens svinproduktion till andra gårdar. All svinflytgödsel används alltså inte i gårdens egen växtodling och detta växtnäringsflöde är naturligtvis inte beaktat i balansen nedan. Gödslingsstrategierna skiljer sig radikalt mellan nuläget och scenario EKO, och växtnäringsbalansen är därför viktig för att jämföra för de två alternativen. Genom att endast redovisa grissproduktionen i nuläget som en import av stallgödsel, blir balanserna för nuläget och Eko-scenariot helt jämförbara eftersom samma antal kött djur finns i de båda alternativ (se vidare kap 5.3).

*Tabell 5.7 Växtnäringsbalans enligt farm-gate metoden, hela gården, grisproduktion (inköpt svinfoder och avsalukött från grisar) exkluderad, endast beaktad som import av stallgödsel*

	Kg N/ha	Kg P/ha	Kg K/ha
<b>Inflöde</b>			
Foder, nöt	28	6	7
Utsäde	2		3
Handelsgödsel	103	5	47
Atm N-nedfall	9		
N-fixering, baljväxt	5		
Import av svingödsel	38	17	18
Inköpta djur	3	1	1
<b>Summa inflöde</b>	<b>188</b>	<b>29</b>	<b>76</b>
<b>Utflöde</b>			
Vegetabilier	91	17	67
Animalier	11	2	1
<b>Summa utflöde</b>	<b>102</b>	<b>19</b>	<b>68</b>
<b>Näringsöverskott</b>	<b>86</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
Utnyttjandegrad	0,54	0,66	0,89

Som framgår av balansen i nuläget är N-överskottet 86 kg N/ha och utnyttjandegraden av kväve 54 procent. Detta kan ses som ett bra resultat för en sydsvensk gård med intensiv produktion, särskilt med tanke på att det finns en kött djursbesättning på gården och att förhållandevis mycket stallgödsel används i växtodlingen. Fosforöverskottet är 10 kg P/ha vilket framförallt beror på tillförseln av svinflytgödsel vilken har ett högt fosforinnehåll.

### *Emissioner av dikväveoxid i samband med gödsling*

Förlusterna av växthusgasen dikväveoxid (lustgas) beräknas enligt IPCC:s riktlinjer (IPCC, 2000), se vidare Bilaga 2. De direkta förlusterna beror på tillförd mängd kvävegödsel (handelsgödsel och stallgödsel) samt kvävefixering. De direkta förlusterna beräknas till 1,3 – 3,2 kg N<sub>2</sub>O-N/ha i specialgrödorna där sockerbetor, fabrikspotatis och palsternacka har förluster i den högre delen av intervallet. Dessa grödor tillförs såväl stallgödsel som handelsgödsel och förlusterna av dikväveoxid beräknas på allt kväve som tillförs

marksystemet. Spannmålsgrödorna har beräknade förluster i intervallet 0,7 – 2,6 kg N<sub>2</sub>O-N/ha där korngrödan som fick en låg kvävegiva ligger lägst medan vårvetegrödan (med hög kvävegiva) ligger på höga beräknade utsläpp.

#### 5.1.4 Förbrukning av direkt energi

Den direkta energianvändningen vid gården utgörs av diesel, olja för torkning och elektricitet för bevattning och fläktar (torkning). Förbrukningen av diesel var drygt 160 l/ha för sockerbetor och matpotatis, ca 190 l/ha för lök och palsternackor och 239 l/ha för fabrikspotatis (p g a stensträngläggning). I grödorna potatis, lök och palsternackor som bevattnades användes 950 – 1190 kWh el per hektar. Dieselförbrukningen i spannmålsgrödorna låg i intervallet 50 – 90 l/ha där höstvetegrödan som tillfördes stallgödsel hade högst förbrukning. För att torka spannmålen användes olja motsvarande 0 – 52 l/ha. Odlingen av ängsgröefrö förbrukade 136 l/ha där särskilt tröskningen stod för en stor dieselförbrukning. För att torka gräsfröet förbrukades motsvarande ca 800 kWh/ha.

## 5.2 BMT, Bästa Möjliga Teknik

I scenario BMT har vi undersökt olika strategier för att minska riskerna med gårdens användning av växtskyddsmedel utan att reducera nuvarande skördenivåer och nämnvärt öka kostnadsläget i odlingen. I det följande redovisas resultaten för indikatorerna miljöriskindex för användning av växtskyddsmedel, energianvändning, utsläpp av växthusgaser och utsläpp av kväveoxider för nuläget och BMT. Indikatorerna markanvändning och kväveöverskott per hektar åker redovisas inte eftersom det för dessa två indikatorer inte är någon skillnad mellan nuläge och BMT.

### 5.2.1 Specialgrödor, jämförelse av miljöindikatorer nuläge-BMT

#### *Potatis*

På gården tillämpas i nuläget kemisk ogräsbekämpning med produkten Sencor. Nedbrytningsprodukter av dess aktiva substans metribuzin har, vid normal användning på lätta jordar i danska försök, visat sig läcka till dräneringsvatten i halter över 0,1 µg/l (Kjaer *et al.*, 2004). Ett förbud av produkten diskuteras i Danmark. I BMT ersattes denna ogräsbekämpning med mekanisk ogräsreglering, en väl beprövad teknik som inte bedöms leda till några skördesänkningar och inte heller till ökad risk för kväveutlakning. Dieselförbrukningen vid ogräsharvning i potatis beräknades till 3 l/ha och harvningstillfälle enligt data från Odling i Balans (Törner, L., pers medd 2004). För att hantera ogräset mekaniskt gjorde vi bedömningen att tre harvningar och två kupningar per hektar behövdes.

I nuläget sker blastdödning med Reglone vilket är den helt rådande tekniken i dagens potatisodling. I BMT ersattes denna kemiska behandling med blastkrossning och gasolflamning av blasten. Även detta är en väl beprövad teknik och används som standard för blastdödning hos kontraktsodlare till potatishipsföretaget OLW. För att flamma ett hektar potatis åtgår 40 l/ha gasol och dieselåtgången är 12 l/ha (Bengtsson, P., pers medd 2005).

Tabell 5.8 Förändring i miljöindikatorvärden för matpotatis mellan nuläge och scenario BMT, bästa möjliga teknik

Miljöindikator	Nuläge	BMT	Differens
Miljöriskindex för pesticider, per ha	72,7 <sup>a</sup>	54,8 <sup>a</sup>	- 25 %
Energianvändning, MJ per kg potatis	0,529	0,57	+ 8 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg potatis	73	76,2	+ 4 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> per kg potatis	0,192	0,211	+ 10 %

a) Varav 3,4 poäng för Roundup, 4 l/ha, hösten före potatis

Miljöriskindex för användning av växtskyddsmedel för ett hektar matpotatis på gården minskade från 73 till 55 (d.v.s. med 25 %) när kemisk ogräsbekämpning och blastdödning ersattes med mekaniska och termiska alternativ i scenario BMT (tabell 5.8). Detta innebar en ökad energianvändning om ca 8 % för att producera ett kg potatis och drygt 4 % högre utsläpp av växthusgaser per kg potatis. Att utsläppen av växthusgaser inte följer energin beror på att emissioner av lustgas (N<sub>2</sub>O) står för ca hälften av växthusgasutsläppet och lustgasemissionerna påverkas inte av de ökade energiinsatserna i BMT.

Bladmögelbehandlingarna i potatisgrödan stod för i stort sett hela miljöriskindexet i scenario BMT. Vi har antagit samma intensitet av bladmögelbekämpningar i detta scenario som i nuläget, det vill säga tio behandlingar med Shirlan. Inom potatisrådgivningen i Skåne bedöms denna intensitet vara normal för sydsvenska förhållande (Andersson, J-O., pers medd 2004). Lantrukaren i fallstudien använder klimatbaserad prognos som beslutsstöd i sin bladmögelbekämpning och upplever att detta hjälpmedel kan bidra till att minska behandlingstätheten något, men knappast mer än en gång per säsong.

Förgroning av potatis är en metod för att tidigarelägga skörden och minska den tid under vilken potatisen utsätts för högt bladmögeltryck. Potatisrådgivare menar att denna åtgärd skulle kunna reducera behandlingstillfällena med ca två gånger men att det är en dyr teknik som inte betalar sig i dagens konventionella matpotatisodling (Anderson, J-O., pers medd, 2004). Sortval är ytterligare en odlingsåtgärd som kan minska behovet av bladmögelbehandling, men är inte alldeles självklart för den enskilde odlaren eftersom marknaden inte alltid efterfrågar dessa sorter. Miljöriskindexet för potatisgrödan kan reduceras med cirka 5 poäng för varje sparad behandlingstillfälle.

### Sockerbetor

Redan i nuläget har ett stort förbättringsarbete gjorts för att minimera riskerna i sockerbetsodlingen och sockerbetorna har ett lågt miljöriskindex i jämförelse med de andra specialgrödorna (figur 5.3). En viktig orsak till detta är att brukaren i nuläget använder en bra teknik för att bekämpa ogräset i denna gröda. Gården tillämpar bandsprutning vid andra och tredje sprutningen och den totala använda mängden aktiv substans är knappt 2 kg/ha (figur 5.1). Detta kan jämföras med den använda mängden aktiv substans hos Danisco Sugars kontraktsodlare vilken har varit 2,74; 2,56 och 2,68 kg aktiv substans/ha under åren 2002 – 2004 (Persson, K., pers medd 2005). Vidare använder brukaren ogräsmedlet Safari i kombination med Goltix och Betanal istället för ogräsmedlet Trammat vilken är en mer vanlig blandningskomponent i skånsk ogräsbekämpning. För att visa vad gårdens förbättringsarbete



har betytt har vi för denna gröda valt att låta gårdens nuläge utgöra scenario BMT och detta jämför vi med en normal ogräsbehandling i skånsk betodling (tabell 5.9).

*Tabell 5.9 Ogräsbekämpning på fallstudiegården idag, vilken är lika med scenario BMT (Bästa möjliga teknik) och normalbehandling i skånsk betodling*

	Normal behandling, skånsk betodling	BMT = nuläge på gården
Applikationsmetod	Bredspritning	Bandspritning (2 ggr av 3)
Ogräsmedel, doser	Goltix, 3 beh * 1 kg/ha Betanal, 3 beh * 1 l/ha Tramat, 2 beh * 0,2 l/ha	Goltix, 3 beh * 0,65 kg/ha Betanal, 3 beh * 1,2 l/ha Safari, 2 beh * 0,02 kg/ha
Mängd aktiv substans, kg/ha	2,68	1,94

Dessa två olika strategier för att bekämpa ogräs i sockerbetor innebär en avsevärd skillnad i miljöriskindex (tabell 5.10). Bandspritning kräver ökade insatser av diesel genom mekanisk ogrärensning; två extra hackningar beräknas till 8 l/ha. Detta är dock en liten insats jämfört med den totala dieselförbrukningen som i nuläget ligger på ca 160 l/ha i gårdens betodling. Miljöeffekter som rör energianvändningen i sockerbetsgrödan ändras därför mycket litet (tabell 5.10).

*Tabell 5.10 Förändring i miljöindikatorvärden för sockerbetor mellan normal växtskyddsstrategi i Skåne och BMT, Bästa möjliga teknik, vilket motsvarar nuläget på gården*

Miljöindikator	Normal behandling, skånsk betodling	BMT= nuläge på gården	Skillnad
Miljöriskindex för pesticider, per ha	29,7 <sup>a</sup>	15,4 <sup>a</sup>	- 48 %
Energianvändning, MJ/kg sockerbetor	0,211	0,213	+ 1 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg sockerbetor	46,7	47	< + 1 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g/kg sockerbeta	0,108	0,11	+ 2 %

a) Varav 3,4 poäng för Roundup, 4 l/ha, hösten före sockerbetor

Ogräsmedlet Tramat har en hög riskpoäng för persistens (høgt DT<sub>50</sub>-värde) och dessutom ganska hög rörlighet (lågt K<sub>OC</sub>-värde), vilket ger ett relativt høgt miljöriskindex för denna produkt jämfört med andra herbicider i sockerbetorna. Genom att ersätta Tramat med ett ogräsmedel som har mindre negativa miljöeffekter och att använda bandspritningstekniken, vilken minskar den använda dosen, närpå halverades miljöriskindexet i sockerbetsgrödan i BMT jämfört med den normala strategin i Skåne.

I beräkningen av miljöriskindex i tabell 5.10 beaktades inte faktorn för applikationsmetod. Denna faktor är 2 för en modern bredspruta och 1,5 för en bandspruta (Bergkvist, 2004). Detta innebär att bandspritningsteknik minskar det beräknade miljöriskindex med 25 % jämfört med en bredspritning. Om även denna faktor beaktas med förutsättningen att första sprutningen med Goltix och Betanal görs med bredspritning och de två resterande

sprutningarna (Goltix+Betanal+Safari) görs med bandsprutning i BMT reduceras miljöriskindex för sockerbetsgrödan ytterligare från 15,4 till 13,2.

### *Kepalök*

Löken är i nuläget den gröda som har högst miljöriskindex och pesticidanvändning (figur 5.1 och 5.3). Fungiciderna Acrobat mot lökbladmögel och Rovral mot gråmögel bidrar till mer än 80 % av detta indexvärde. I nuläget finns få beprövade odlingsmetoder att ta till för att minska svampproblematiken i lök och resistent sorter finns inte tillgängliga inom överskådlig tid (Kling, K., pers. medd. 2005). För att garantera en säker skördenivå i BMT har vi därför inte föreslagit några förändringar i fungicidbehandlingen i lökgrödan. Brukaren i fallstudien har nyligen börjat använda prognosmetod för bladmögel i lök, men är tveksam till huruvida detta verktyg har bidragit till att förbättra hans beslutsunderlag om bekämpning.

De enda förändringar som bedömts som realistiska om skördenivån skall bibehållas gäller därför ogräsbekämpning. Brukaren har god erfarenhet av bandsprutning från sockerbetorna och därför tillämpades denna teknik även i lökgrödan i BMT-scenariet. En första ogräsbekämpning sattes in med Stomp (bredsprutning) med efterföljande bandsprutningar med Fenix och Tortil där dosen reducerades med 40 % enligt brukarens erfarenhet. Tabell 5.11 visar resultaten för miljöindikatorvärdena för användningen av växtskyddsmedel efter denna förändring. Pesticidindexet för miljö minskade dock endast med knappt 4 %. Eftersom svampbehandlingarna i lök stod för den helt dominerande delen av miljöriskindexet, fick åtgärderna på ogrässidan relativt liten betydelse. Vid bandsprutning beräknades ytterligare två körningar med radhacka tillkomma, vilket ökade dieselanvändningen med 8 l/ha (löken kräver i nuläget 190 l/ha). Den ökade dieselanvändning betydde dock lite för övriga miljöindikatorer.

*Tabell 5.11 Förändringar i miljöindikatorvärden för lök i nuläge och BMT, Bästa möjliga teknik*

Miljöindikator	Nuläge	BMT	Skillnad
Miljöriskindex för pesticider, per ha	83,7 <sup>a</sup>	80,7 <sup>a</sup>	- 4 %
Energianvändning, MJ/kg lök	0,47	0,48	+ 2 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg lök	60	60,6	+ 1 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> /kg lök	0,19	0,195	+ 3 %

a) Varav 3,4 poäng för Roundup, 4 l/ha, hösten före lök

### *Palsternacka*

I nuläget kännetecknas växtskyddsproblemen i palsternacka framförallt av ogräsen vanlig nattskatta och bägnattskatta. Även morotsodlingar i området är drabbat av dessa ogräs. Nattskattan har ökat kraftigt i radodlade grödor sedan ogräsmedlet Afalon förbjöds 1997 och ersättningsprodukten Fenix har en dålig effekt på detta ogräs. Ett forsknings och utvecklings projekt pågår nu i Skåne med syfte att utveckla en heltäckande strategi för integrerad bekämpning av nattskattan i morot och palsternacka. Försöken visade bland annat att jordbearbetningen före sådd har stor betydelse. En icke-vändande jordbearbetning (djupkultivering med brysselplog) reducerade antalet nattskattor med 40 % jämfört med vårplöjning och tiltpackning (Jönsson, B., pers medd 2004).

Med utgångspunkt från denna kunskap och brukarens positiva erfarenhet av bandsprutning bestämdes följande strategi för ogräsbekämpningen i BMT för grödan palsternacka (kan även gälla morötter). Stallgödsel brukas ned med brysselplog och såbädden bereds därefter. Omedelbart före uppkomst sprutas med en avbrännande herbicid, Reglone. Efter uppkomst sprutas med Fenix vid tre upprepade tillfällen, men till skillnad från i nuläget bandsprutas denna produkt i BMT. Antalet radrensningar bedömdes öka från två i nuläget till fyra i BMT vilket innebar att diesel-användningen ökade med 8 l/ha. Detta innebar en relativt sett blygsam ökning i förhållande till nuläget där 194 l/ha förbrukas. Kombinationen av differentierad jordbearbetning före sådd, bandsprutning och utökad radrensning bedömdes klara ogräset bra.

I tabell 5.12 visas förändringen i miljöindikatorvärdena mellan nuläge och scenario BMT. Genom bandsprutning med Fenix reducerades doserna med 40 % av detta växtskyddsmedel vilket bidrog till att sänka miljöriskindex för pesticider med ca 30 %.

*Tabell 5.12 Förändringar i miljöindikatorvärden för palsternacka i nuläge och BMT, Bästa möjliga teknik*

Miljöindikator	Nuläge	BMT	Skillnad
Miljöriskindex för pesticider, per ha	38,8 <sup>a</sup>	26,7 <sup>a</sup>	- 31 %
Energianvändning, MJ/kg palsternacka	0,50	0,51	+ 2 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg palsternacka	93,6	94,4	+ 1 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> /kg palsternacka	0,209	0,217	+ 4 %

a) Varav 3 poäng för Roundup, 3,8 l/ha, hösten före palsternacka

### 5.2.2 Spannmål och fröodling, nuläge-BMT

I spannmål kan riskerna med bekämpning förändras genom ändrat preparatval och ogräsharvning som alternativ till kemisk bekämpning och reducerad svampbehandling genom val av mer resistent sorter. I tabell 5.13 redovisas indikatorvärden för korn i nuläge och scenario BMT. I nuläget används ogräsmedlet Ariane där de ingående substanserna MCPA och klorpyralid bidrar till ett högt miljöriskindex för växtskyddsmedel. I BMT ersattes dessa ogräsmedel med en blandning av lågdosmedlena Express och Gratil, vars aktiva substanser har mindre negativa miljöegenskaper. I tabell 5.13 redovisas endast miljöindikatorn miljöriskindex för användning av pesticider eftersom inga andra förändringar gjordes i korngrödan jämfört med nuläget (ingen förändrad dieselinsats).

*Tabell 5.13 Förändringar i miljöindikatorvärden i korn för nuläge och BMT, Bästa möjliga teknik*

Miljöindikator	Nuläge	BMT	Skillnad
Miljöriskindex för pesticider, per ha	31,2	12,6	- 60 %

Användning av svampbekämpning i form av axgångsbehandling av höstvetete har ofta en god lönsamhet under sydsvenska förhållanden. I nuläget använder lantbrukaren ungefär halv dos av Amistar i höstvetetodlingen medan rågen oftast inte svampbehandlas. Ogräsbekämpningen (Boxer) är lika för de båda höstgrödorna och därför beror skillnaden i pesticidindex mellan

grödorna på svampbekämpningen. Indexet beräknades till 19,5 per hektar höstvet och 9 per hektar råg för nuläget på fallstudiegården. En svampbehandling med halv dos fördubblar således miljöriskindexet för höstsäd. Enligt skånska försök under åren 2001-2003 var det ekonomiska nettot för svampbekämpning i höstvet 500 – 900 kr/ha vid inlösenpriset 1,05 kg/kg vete och 300-700 kr/ha vid inlösenpriset 0,90 kr/kg vete (Wiik & Pålsson, 2004). En avvägning behöver göras mellan svampbekämpning med högt miljöriskindex och det ekonomiska merutbytet som denna svampbehandling ger i södra Sverige. I BMT-scenariot har vi dock inte förslagit några förändringar vad gäller användningen av fungicider i höstvet men detta är ett val som naturligtvis kan ifrågasättas.

Ängsgröefröet har ett relativt högt miljöriskindex i nuläget, (37,8 se figur 5.4) vilket helt kan tillskrivas valet av ogräsmedlena Tribunil och Ariane. Produkten Tribunil är återkallad och godkännandet löper ut 2005. Detta ogräsmedel kommer sannolikt att ersättas i fröodling av ett nyligen lanserat lågdospreparat, Hussar, vilket har mer fördelaktiga miljöegenskaper än Tribunil. I BMT-scenariot räknar vi dock med oförändrad kemisk bekämpning på grund av att vi inte haft tillgång till uppgifter om preparatet Hussar, men med detta nya preparat finns det i framtiden goda möjligheter att kraftigt reducera miljöriskindexet för gräsfröodlingar.

### 5.3 EKO, Ekologisk produktion

#### 5.3.1 Grödfördelning, skördenivåer och växtföljder

Grödfördelning och skördenivåer i det ekologiska framtidsscenarioet beskrivs i tabell 5.14. Av den totala arealen om 164 ha var 25 % radsådda grödor (hackgrödor), 28 % utgjordes av spannmål och trindsäd, 39 % var vall eller grönfoder och resterande del utgjordes av träda/kantzoner.

Tabell 5.14 Grödfördelning och skördar i EKO, det ekologiska framtidsscenarioet

Gröda	Areal, ha	Skörd, kg/ha
Specialgrödor		
Sockerbetor	18,5	46 000 <sup>a</sup>
Matpotatis	13	25 000 <sup>a,e</sup>
Morötter	7	55 000 <sup>a,e</sup>
Palsternacka	2	26 000 <sup>a</sup>
Spannmål, baljväxter		
Höstvet	8,5	5 500 <sup>b</sup>
Vårvet	10	4 500 <sup>b</sup>
Rågvete	11	4 600 <sup>b</sup>
Havre	12	4 100 <sup>b</sup>
Ärter/Åkerböna	5,5	4 100 <sup>b</sup>
Vall/grönfoder		
Vitklöverfrö	5,5	200 <sup>c</sup>
Slåttervall (foder)	48	7 000 (lera), 5 000 (sand) <sup>d</sup>
Helsädesensilage (korn/ärt)	11	4 000 <sup>d</sup>
Träda, kantzoner	12,5	

a) färskvikt; b) vid 14 % vattenhalt, c) vid 13 % vattenhalt, d) som torrs substans, e) 20 % av potatis och morötter fränsorteras till foder från bruttoskörden

Grödfördelningen i EKO-scenariet skiljde sig mycket kraftigt från nuläget (jfr tabell 5.2). Den största förändringen var att andelen vall ökade betydligt vilket berodde på att utfodringen av gårdens köttdjur förändrades radikalt. I nuläget utfodras köttdjuren med ensilage, fröhalm, restprodukten spannmålsdrank och inköpt kraftfoder. För att få växtföljder som underlättar ogräsreglering och näringstillförsel i ekologisk produktion, beslöt vi att vallandelen skulle vara 35-40 %. Genom förändrade foderstater utnyttjades denna vallproduktion. I tabell 5.15 redovisas foderstaterna i EKO-scenariet vilka bygger på en hög konsumtion av ett bra ensilage<sup>10</sup> till växande tjurar, egenproducerad spannmål och fränsorterad potatis från matpotatisgrödan. Foderstaterna konstruerades i samråd med Taurus (Lindhall, C., 2004 pers. medd).

Tabell 5.15 Köttjurens foderförbrukning i EKO-scenariet

	Tjurar/Köttkvigor 300 - 600 kg vikt, kg/djur	Dikor 215 dgr bete (ca 7 mån) kg/djur och år
Vall, helsädesensilage, kg ts	1 700	1 390
Spannmål, kg	650	180
Potatis, kg	680	-
Inköpt koncentrat	20	-
Bete, kg ts	-	2 190

I EKO-scenariot ingick 40 dikor vilket är samma antal som i nuläget. Korna kalvar under vårvintern och betar på gårdens naturbetesmarker. I september tas ungdjuren in och liksom i nuläget köps ytterligare 70 ungdjur vilka utfodras på stall från ca 300 kg till 600 kg vikt. Foderstaten skall leda till en slaktålder på 15 mån. Köttproduktionen var därmed i stort sett identisk med nuläget men på gårdens areal producerades väsentligt mer av djurens foder. För att täcka köttjurens foderbehov beräknade vi att hela arealen fodervall och korn/ärt-ensilage behövdes (med en reservmarginal). För att täcka grovfoderbehovet på foderbordet räknade vi med fält- och lagringsförluster på 20 % av de bruttoskördar i fält som redovisas i tabell 5.14. För att täcka behovet av foderspannmål behövdes ca 12 ha havre och 7 ha rågvete. Potatis är en bra energikälla till köttdjur och 4 kg potatis beräknades ersätta 1 kg spannmål. I matpotatisen antog vi att 20 % av skörden sorteras bort och denna potatis stannar på gården som foder.

Arealen specialgrödor (radsådda grödor) reducerades från 63 ha i nuläget till 41 ha i EKO (en minskning med 35 %). Den främsta orsaken till denna minskning var att en utökad mekanisk ogräsreglering i ekologisk drift, speciellt i radsådda grödor, kräver stora arbetsinsatser. Vi gjorde därför bedömningen att det var nödvändigt att reducera arealen specialgrödor för att hinna med att bekämpa ogräset under våren. Sockerbetsarealen halverades i scenariot EKO jämfört med nuläget, vilket berodde på den kommande sockerreformen som sannolikt kommer att leda till en minskad sockerbetsodling i Sverige. Efterfrågan på ekologisk potatis är stor och produktionen täcker inte efterfrågan i dag. Detta var orsaken bakom en utökad areal av matpotatis jämfört med nuläget. Grödan lök utgick helt och hållet i EKO-scenariot vilket grundades på de erfarenheter som finns av lökodling i denna del av Skåne. Fuktig väderlek och ett högt svamptryck under sensommaren medför en stor risk för angrepp av

<sup>10</sup> Ett bra ensilage förutsätts innehålla 11-11,5 MJ, 140-160 g protein, 30-35 % torrsbstans och <550 g NDF fiber

bladmögel och gråmögel, och vissa år kan skörden bli helt förstörd. VI ersatte därför lök med morötter, en grönsak där efterfrågan är god. Palsternacka odlades även i EKO, dock på en något mindre areal.

Arealen spannmål (och trindsäd) reducerades från dryga 60 ha till 47 ha. Höst- och vårvete för avsalu odlades i ungefär liknande omfattning som tidigare. Havre och rågvete tillkom i EKO-scenariet medan odling av malkorn och råg inte utgick. En mindre odling av ärter/åkerbönor för försäljning till foderindustrin var en ny gröda i EKO. Odling av frövall minskades kraftigt eftersom en så stor del av vallarealen behövdes till foder. Eftersom det finns en lång erfarenhet av fröodling på gården kvarstod dock denna nischgröda, med den byttes ut till vitklöverfrö. Orsaken var dels behovet av en kvävefixerande gröda och dels en stor efterfrågan på ekologiskt producerat vitklöverfrö.

Liksom i nuläget tillämpades tre växtföljder. Den första växtföljden beräknades ligga på den tyngsta jorden vilken omfattar ca 22 ha (tabell 5.16).

*Tabell 5.16 Obevattnad växtföljd på lerjord i EKO-scenariet (Växtföljd 1)*

År	Gröda
1	Höstvete + insådd
2	Vitklöverfrö
3	Socketbetor
4	Ärter/åkerböna

I växtföljd 2 på gårdens lerjord (10 – 25 % lerhalt), som omfattar ca 80 ha, finns det tillgång till bevattning och här odlades grödorna i en 6-årig växtföljd där en tvåårig slåttervall ingick (tabell 5.17). Denna vall skördades tre gånger för att få ett högkvalitativt ensilage till ungdjuren.

*Tabell 5.17 Bevattnad växtföljd på lerjord i EKO-scenariet (Växtföljd 2)*

År	Gröda
1	Höstvete/vårvete+insådd
2	Vall I
3	Vall II
4	Socketbetor
5	Havre + insådd klöver-gr fånggröda
6	Potatis

Slutligen tillämpades en tredje växtföljd i EKO-scenariet på gårdens sandjord (växtföljd 3) som omfattar ca 60 ha (tabell 5.18). Även här odlades en två-årig slåttervall men avkastningen beräknades till 5 ton ts/ha i denna vall jämfört med 7 ton ts/ha i slåttervallen i växtföljd 2 p.g.a. sandjordens större torkkänslighet.

Tabell 5.18 *Bevattnad växtföljd på sandjorden iEKO-scenariet (Växtföljd 3)*

År	Gröda
1	Korn/ärt (helsäd) + insådd
2	Vall I
3	Vall II
4	Morötter/palsternacka
5	Rågvete + fånggröda (rättika)

Skördenivåerna i EKO fastställdes i relation till gårdens skördenivå i nuläget, erfarenheter från rådgivningen (Hushållningssällskapet Kristianstad, 2004), skördestatistik från SCB (SCB, 2004c) och olika försöksunderlag som visade relationen i skördenivå mellan konventionell och ekologisk drift (Jordbruksverket, 2004a). Hänsyn har också tagits till växtföljdsplacering och jordart. De estimerade skördenivåerna framgår ur tabell 5.19.

Erfarenheter från praktisk odling samt försöksresultat har visat att skördereduktionen vid övergång till ekologisk odling är lägre för höstsäd än för vårsäd (Jordbruksverket, 2004a). Tack vare sin kvävefixerande förmåga kan goda skördar uppnås av trindsäd. Likaså har sockerbetor visat relativt små skördeminskningar i relation till konventionell odling. Detta förutsätter dock att man kan klara ogräsproblematiken på ett bra sätt. Den största odlingsosäkerheten och även det största skördebortfallet finns för potatis på grund av risk för tidiga angrepp av potatisbladmögel (Jordbruksverket, 2003b). Skördenivån för morötter i EKO-scenariet bygde på en jämförande fallstudie av gårdar med ekologisk respektive integrerad produktion (Mattsson, 1999). För att erhålla denna skördenivå krävs en erfaren och skicklig grönsaksodlare, vilket bedömde att brukaren av vår fallstudiegård är.

Tabell 5.19 *Skördenivåer i det framtida EKO-scenariet*

Gröda	Skörd, kg per ha	% av gårdens konventionella skörd i nuläget
Höstvete	5 500 <sup>a</sup>	68
Vårvete	4 500 <sup>a</sup>	57
Havre	4 100 <sup>a</sup>	65
Rågvete	4 600 <sup>a</sup>	70
Ärter	4 100 <sup>a</sup>	85
Sockerbetor	46 000 <sup>b</sup>	84
Matpotatis	25 000 <sup>b c</sup>	57 – 50 <sup>e</sup>
Palsternacka	26 000 <sup>b</sup>	75
Morot	55 000 <sup>b</sup>	-
Vitklöverfrö	200 <sup>d</sup>	-

a) vid 14 % vattenhalt, b) färskvikt, c) 20 % av denna skörd beräknas fränsorteras till foder, d) vid 13 % vattenhalt, e) beräknat 10 % respektive 20 % fränsortering i konventionell och ekologisk drift; 50 % av skörden avser sorterad vara

### 5.3.2 Växtnäring, tillförsel och balans

Den tillförda växtnäringen till EKO-scenariet på den allsidiga växtodlingsgården framgår av tabell 5.20. I denna tabell redovisas också den beräknade N<sub>2</sub>-fixeringen i grödorna vilken var en viktig kvävekälla i de olika växtföljderna. Som exempel kan tas odlingen av klöverfrö där N<sub>2</sub>-fixeringen beräknades uppgå till mer än 200 kg N/ha medan kvävebortförseeln med fröskörden i stort sett var obefintlig. Vi beräknade att kväveförsörjningen i sockerbetsgrödan klarades genom frigörelsen av kväve från den nedplöjda klöverfrövallen. Stallgödseln från dikorna var djupströ och den lades i växtföljd 1 till höstvetete (giva ca 35 t/ha). Flytgödsel från tjurar/köttkvigor gavs till sockerbeter i växtföljd 2 och till en vallgröda och morötter/palsternackor i växtföljd 3. Potatis samt korn/ärter och rågvete gödslades med Biofer 6-3-12 i växtföljden på sandjorden. För att täcka rotfrukternas stora behov av kalium gavs dessutom Biofer 4-1-20 till morötter/palsternackor på sandjorden. Gödslingen med Biofer till rågvete och korn/ärt på sandjorden är relativt sett dyra gödslingsalternativ. Vi har dock funnit att denna gödsling var nödvändig, speciellt vad gäller kalium, för att hålla uppe skördenivåerna i hela växtföljden på sandjorden.

N<sub>2</sub>-fixeringen i baljväxterna har beräknats m.h.a kvävefixeringsmodellen i STANK (Jordbruksverket, 2004b) samt danska modeller (Hogh-Jensen *et al.*, 1998; Hogh-Jensen *et al.*, 2004).

Tabell 5.20 Årliga gödselgivor och beräknad kvävefixering i EKO-scenariet

Gröda	N-fixering, kg N/ha	Biofer 6-3-12, kg/ha	Biofer 4-1-20, Kg/ha	Stallgödsel, t/ha
<b>Specialgrödor</b>				
Sockerbeter				Växtföljd 2: Flyt 25
Matpotatis		1 000		
Morötter			750	Flyt 20
Palsternacka			750	Flyt 20
<b>Spannmål</b>				
Höstvetete				Växtföljd 1: Djupströ 35
Vårvete				
Havre				
Rågvete		1 000		
Ärter	133			
<b>Vall/grönfoder</b>				
Slåttervall, vf 2	190 <sup>a</sup>			
Slåttervall, vf 3	136 <sup>a</sup>			Växtföljd 3: Flyt 15
Korn/ärt	68	1 000		
Vitklöverfrö	230			

a) Medeltal av första och andra vallåret

Med hjälp av data om kött djurens foderbehov, baljväxternas N<sub>2</sub>-fixering, inflöde av gödsel och foder m.m. samt försäljning av avsalugrödor upprättades en växtnäringsbalans för scenario EKO vilken redovisas i tabell 5.21.



Tabell 5.21 Växtnäringsbalans enligt farm-gate metoden scenario EKO

	Kg N/ha	Kg P/ha	Kg K/ha
<b>Inflöde</b>			
Foder, nöt	< 1	< 1	< 1
Utsäde	2	< 1	1
Biofer	14	7	34
Atm N-nedfall	9		
N-fixering, baljväxt	65		
Inköpta djur	3	1	1
<b>Summa inflöde</b>	<b>94</b>	<b>8</b>	<b>36</b>
<b>Utflöde</b>			
Vegetabilier	38,1	6,5	32,6
Animalier	10,4	1,8	0,9
<b>Summa utflöde</b>	<b>48</b>	<b>8</b>	<b>34</b>
Näringsöverskott/underskott	46	0	2
Utnyttjandegrad	0,51	1	0,94

Kväveöverskottet för det ekologiska scenariot beräknades till 46 kg N/ha och utnyttjandegraden av kväve till 51 % vilken var jämförbart med nuläget (tabell 5.7). Överskottet (och därmed de potentiella kväveförlusterna) per hektar var ungefär hälften så stora i scenario EKO jämfört med nuläget. Detta förklaras av en mycket intensivare produktion per ytenhet i nuläget, utflödet av kväve i produkter uppgick till 102 kg N/ha i nuläget för gården jämfört med 48 kg N/ha i EKO-alternativet. Både fosfor och kalium är i balans, men det kan finnas en risk för ett försämrat kaliumtillstånd på sandjorden på grund av en förväntat kaliumläckage på denna jord.

Utsläpp av lustgas (N<sub>2</sub>O) från kvävegödsling av mark har stor betydelse för de totala utsläppen av växthusgaser från jordbruket. Kvävegödslingen i ekologisk odling skiljer sig väsentligt från konventionell i det att N<sub>2</sub>-fixeringen i baljväxter ofta är den viktigaste N-tillförseln och att efterföljande grödor utnyttjar kväveverkan dessa grödor. I konventionell odling är kvävegödslingen med handelsgödsel mera direkt anpassad till den enskilda grödan i växtföljden. Beräkning av utsläppen av N<sub>2</sub>O från gödsling baserades på Klimatpanelens emissionsfaktorer (IPCC, 2000) och framgår av Bilaga 2. För att kunna beakta förfruktseffekterna från de N<sub>2</sub>-fixerande grödorna och gödslingen, beräknades utsläppen som ett medeltal för respektive växtföljd. Utsläppen beräknades till 1,53 kg N<sub>2</sub>O-N/ha \* år i växtföljd 1; 1,15 kg N<sub>2</sub>O-N/ha \* år i växtföljd 2 och 1,52 kg N<sub>2</sub>O-N/ha \* år i växtföljd 3. Detta resultat kan ställas i relation till, dock ej jämföras med, N<sub>2</sub>O-emissionerna för olika grödor i nulägesdriften, som beräknades till mellan 0,7-3,2 kg N<sub>2</sub>O-N/ha ( se avsnitt 5.1.3).

### 5.3.3 Strategier för ogräsreglering

Den viktigaste strategin för ogräsregleringen i EKO-scenariet var förebyggande åtgärder där kompositionen av växtföljder var den mest grundläggande åtgärden (tabell 5.22). En tvåårsvall ingick i två av växtföljderna, vilka täckte cirka 85 procent av arealen, och en ettårsvall ingick i den tredje växtföljden.

Förebyggande bekämpning behövs mot kvickrot, vilket innebar att plöjningen var viktig. I jämförelse med nuläget på växtodlingsgården tillämpades plöjning i större utsträckning i det ekologiska scenariot.

De direkta bekämpningsåtgärderna i det ekologiska alternativet var relativt omfattande på grund av de olika specialgrödorna. Det är mycket viktigt att fältet är ogräsfritt före sådd av dessa grödor. Grödor med små frön, som exempelvis morötter, växer långsamt i början vilket medför behov av extra omfattande insatser (Konsumentverket, 2003). I EKO-scenariet bedömde vi att upprepade stubbearbetningar behövdes före plöjningen, cirka två gånger i växtföljden, för att klara kvickroten (tabell 5.22). På sandjorden ersattes plöjningen med djupkultivering som åtgärd mot nattskatta. Skulle kvickroten bli problematisk blir sannolikt plöjning nödvändig även i sandjordsväxtföljden. Under odlingssäsongen bestod ogräsregleringen av ogräsharvning i spannmål, grönfoder och ärter och flamning, radhackning och kupning i de radodlade grödorna.

Tabell 5.22 Ogräsreglering i olika grödor i EKO-scenariet

Växtföljd 1	Ogräsreglering
Höstvete + insådd	2 stubbearb. + plöjning, 2 ogräsharvningar
Vitklöverfrö	1 putsning insåningsåret, 2 på våren, 1 på hösten
Socketbetor	1 stubbearb. vår + plöjning, 4 hackningar, handrens.
Ärter/åkerböna	Plöjning, 2 ogräsharvningar
Växtföljd 2	
Höstvete/vårvete+insådd	2 stubbearb. + plöjning, 2 ogräsharvningar
Vall I	
Vall II	
Socketbetor	2 stubbearb. + plöjning, 4 hackningar, handrensning
Havre + insådd klö-gr fånggröda	Plöjning, 1 ogräsharvning, putsning höst fånggröda
Potatis	1 stubbearb. + plöjning, 3 ogräsharvn., 2 kupningar
Växtföljd 3	
Korn/ärt (helsäd) + insådd	1 stubbearb. + plöjning, 1 ogräsharvning
Vall I	
Vall II	
Morötter/palsternacka	2 stubbearb. + djupkult., bandflamn., 3 radh., 2 kupn.
Rågvede + fånggröda (rättika)	2 stubbearb. + djupkultivering, 2 ogräsharvningar

#### 5.3.4 Förbrukning av direkt energi på gårdsnivå

På fallstudiegården är dieselanvändningen för olika arbetsmoment väl dokumenterad (se bilaga 3). För arbetsmoment som inte förekommer i nuläget (t.ex. flamning) hämtades data från andra källor (se bilaga 3). Med utgångspunkt för strategierna för ogräsreglering (tabell 5.22) beräknades dieselanvändningen i de olika grödorna. I nuläget är behandling med Roundup (glyfosat) på hösten före alla specialgrödor en viktig strategi för att hålla dieselanvändningen nere. Plöjningsfri odling tillämpas också i flera grödor. Detta innebär att för flertalet av grödorna i den konventionella driften i nuläget är dieselinsatsen låg för

jordbearbetning. I det ekologiska scenariot ingick stubbearbetning ett par gånger per växtföljd. Dessutom tillämpades oftast plöjning. Denna jordbearbetning sågs som nödvändig för att långsiktigt klara fleråriga ogräs som kvickrot och tistel. I bilaga 4 redovisas brukarens faktiska dieselanvändningen i nuläget och den beräknade dieselanvändningen för det ekologiska alternativet.

För att avdöda potatisblast i den ekologiska potatisen tillämpades flamning i kombination med krossning vilket beräknas förbruka 40 l gasol/ha (Bengtsson, P., pers medd 2005). Flamning i band med gasol precis före uppkomst beräknades förbruka 33 kg gasol/ha i morötter och palsternackor (Hansson, D., pers medd 2005).

För torkning av spannmålsgrödor har samma oljeanvändning per kg spannmål förutsatts i det ekologiska scenariot som i nuläget. Ingen bevattning beräknades för sockerbetorna i EKO eftersom betor inte odlades på sandjorden i detta scenario. För ekologisk potatis beräknades fyra bevattningstillfällen vilket är ett mindre än i konventionellt nuläge. Denna minskning förklaras av att odlings säsongen bedömdes vara kortare i ekologisk potatisproduktion eftersom bladmögelangrepp ofta leder till tidigare blastdödning. För morötter och palsternackor på sandjorden beräknades sex bevattningstillfällen vilket är samma antal som för palsternackor på sandjorden i nuläget. Dieselanvändningen för flyttning av bevattning framgår av bilaga 4. Elförbrukningen för bevattning är i nuläget ca 1 120 kWh/ha för sex bevattningstillfällen och elförbrukningen för de olika grödorna beräknades efter antalet bevattningstillfällen.

### 5.3.5 Specialgrödor, jämförelse av miljöindikatorer nuläge-EKO

#### Potatis

I tabell 5.23 redovisas de jämförande miljöindikatorerna för grödan matpotatis.

Tabell 5.23 Förändringar i miljöindikatorvärden för matpotatis mellan nuläge och EKO

Miljöindikator	Nuläge	EKO	Skillnad
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg potatis	0,26	0,55	+ 111 %
Energianvändning, MJ/kg potatis	0,53	0,81	+ 53 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg potatis	73	82,9	+ 14 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> per kg potatis	0,192	0,36	+ 88 %

Potatisgrödan skiljer sig från övriga grödor i det att skördenivån var betydligt lägre i det ekologiska scenariot jämfört med nuläget med konventionell produktion (jmf tabell 5.2, 5.14). Efter att ha tagit hänsyn till bortsorterad potatis beräknades den försäljningsbara matpotatisskörden i EKO vara ungefär hälften av nulägets skördenivå. Detta ledde till att det årliga markbehovet var ungefär dubbelt så stort för att producera ett kg potatis för humankonsumtion i det ekologiska scenariot. Energianvändningen beräknades vara ca 50 % högre per kg potatis i EKO, vilket framförallt berodde på att insatserna av diesel och el per ha var ungefär lika stora i de båda alternativen oberoende av erhållen skörd. Energin för att producera ett kg matpotatis i scenario EKO fördelar sig med 47 % för diesel (fältarbeten), 23 % för el (bevattning) respektive inköpt gödsel och 7 % för gasol (flamning för avdödning av blast). Det är relativt små skillnader i utsläpp av växthusgaser; utsläppen av CO<sub>2</sub> per kg potatis är större för det ekologiska scenariot medan utsläppen av N<sub>2</sub>O per kg potatis är större i

det konventionella nuläget (p.g.a. N<sub>2</sub>O-emission vid tillverkning av mineralgödsel). Utsläppen av kväveoxider, NO<sub>x</sub>, beror framförallt på dieselanvändningen i odlingen och emissionerna var således större i EKO på grund av den högre diesel förbrukningen per kg potatis.

### *Sockerbetor*

Miljöindikatorerna för sockerbetsodlingen i nuläge och scenario EKO visas i tabell 5.24.

*Tabell 5.24 Förändringar i miljöindikatorvärden för sockerbetor mellan nuläge och EKO*

Miljöindikator	Nuläge	EKO	Skillnad
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg sockerbetor	0,18	0,22	+ 22 %
Energianvändning, MJ/kg sockerbetor	0,21	0,13	- 38 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg s-betor	46,7	25,8	- 45 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> per kg sockerbetor	0,108	0,109	< 1 %

Skillnader i miljöindikatorer för de båda alternativen var mindre för sockerbetor än för potatis. Eftersom skördenivån inte reducerades så mycket i sockerbetorna i EKO jämfört med nuläget krävdes inte mer än drygt 20 % större årlig markanvändning för att producera ett kg betor. Energianvändningen beräknades till att vara mer än en tredjedel lägre i ekologisk produktion vilket framförallt förklarades av handelsgödselanvändningen i nulägets sockerbetsodling som har en energikostnad om ca 0,08 MJ/kg sockerbetor. Även de reducerade utsläppen av växthusgaser i EKO-scenariot förklarades av att handelsgödsel inte användes i kombination med att sockerbets skörden bedömdes kunna upprätthållas på en relativt hög nivå.

### *Palsternackor*

Tabell 5.25 visar resultaten för grödan palsternacka.

*Tabell 5.25 Förändringar i miljöindikatorvärden för palsternacka mellan nuläge och EKO*

Miljöindikator	Nu-läge	EKO	Skillnad
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg palsternacka	0,29	0,38	+ 31 %
Energianvändning, MJ/kg palsternacka	0,50	0,63	+ 26 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg p-nacka	93,6	61,2	- 35 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> per kg p-nacka	0,209	0,266	+ 27%

Det årliga markbehovet för att producera 1 kg palsternacka var ca 30 % högre i EKO-scenariot. Energianvändningen var ca 25 % högre för EKO vilket framförallt förklarades av en större användning av diesel och el per kg palsternacka. Palsternackorna i nuläget har ett större utsläpp av växthusgaser jämfört med EKO-scenariot vilket framförallt beror på N<sub>2</sub>O-utsläpp orsakade av att stora flytgödselgivor till palsternackorna i nuläget.

### Morötter

Morötter infördes i det ekologiska scenariot och ersatte nulägets kepalök vilken bedömdes för osäker att producera ekologiskt. I tabell 5.26 redovisas miljöindikatorerna för morotsgrödan. Den större skörden av morötter jämfört med potatis och palsternackor medförde att användningen av energiresurser och mark liksom utsläpp av växthusgaser och kväveoxider blev relativt låga för denna ekologiska gröda (jämför tabell 5.23 och 5.25).

Tabell 5.26 Miljöindikatorer för morötter i EKO

Miljöindikator	EKO
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg morötter	0,23
Energianvändning, MJ/kg morötter	0,38
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg morötter	36,5
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> per kg morötter	0,161

### 5.3.6 Spannmål, vall och trindsäd – jämförelse av miljöindikatorer nuläge-EKO

Grödfördelningen av spannmål var inte identisk mellan nuläget och det framtida ekologiska scenariot. Höst- och vårvete förekom dock i båda alternativen och miljöindikatorerna för dessa brödsädesgrödor framgår av tabell 5.27.

Tabell 5.27 Förändring i miljöindikatorer för vetegrödorna mellan nuläge och EKO

Miljöindikator	Nuläge, höstvete	Eko, höstvete	Skillnad	Nuläge, vårvete	Eko, vårvete	Skillnad
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg * år	1,26	1,89	+ 50 %	1,3	2,35	+ 81 %
Energianvändning, MJ/kg	1,35	0,89	- 34 %	1,75	1,02	- 42 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg	311	204	- 34 %	427	217	- 49 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> /kg	0,491	0,652	+ 33 %	0,471	0,669	+ 42 %

Energianvändningen var ca 35 – 40 % lägre i EKO för att producera ett kg höst- eller vårvete. Användningen av handelsgödselkväve, som kräver fossil energi i tillverkningen, var den viktigaste orsaken till denna skillnad. Den högre energianvändningen i nulägets vårveteodling jämfört med höstvete (1,75 vs 1,35 MJ/kg) förklaras av den höga mineralkvävegivan i vårvetet (tabell 5.6). Höstvetegrödan i nuläget gödglas med flytgödsel och därmed kunde handelsgödselgivan reduceras. Energianvändningen i den ekologiska veteodlingen dominerades helt av diesel för fältoperationer. Utsläppen av växthusgaser i det ekologiska höstvetet beräknades vara ca en tredjedel lägre än det konventionella nuläget. Även här är det frånvaron av handelsgödsel i EKO som förklarar skillnaden. I vårvetegrödan innebar EKO-alternativet en kraftig minskning av utsläppen av växthusgaser. Den höga kvävegivan i det konventionella vårvetet i nuläget (216 kg N/ha) förklarar det höga utsläppen. I produktionen av handelsgödsel emitteras koldioxid (CO<sub>2</sub>) såväl som N<sub>2</sub>O (se Bilaga 2).

Även om den totala energianvändningen var lägre per kg vete i det ekologiska scenariot så var dieselanvändningen per kg vete större. Detta berodde på mer stubbearbetning och plöjning i det ekologiska scenariot, och att denna diesel fördelades på en lägre skörd. Skillnaden i dieselanvändning för jordbearbetning samt de lägre hektarskördarna i det ekologiska alternativet var även förklaringen till de högre utsläppen av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) per kg vete i EKO.

Det årliga behovet av mark för att producera ett kg vete var ca 50 % större för ekologiskt höstvete och ca 80 % större för ekologiskt vårvete. De olika skördeutfallen i nuläget jämfört med de beräknade skördenivåerna i det ekologiska scenariot förklarar denna skillnad.

Vid produktion av vete till bröndindustrin är proteinhalten en viktig kvalitetsaspekt. Kraven på hög proteinhalt förklarar delvis den höga kvävegivan i vårvetegrödan i nuläget. De jämförande miljöindikatorerna i tabell 5.27 har endast beräknats per kg kvantitativ vete och det är förutsatt att veteskörden i det ekologiska scenariot håller brödsädeskvalitet. I praktiken är det dock troligt att det är svårare att uppnå tillräckligt hög proteinhalt i det ekologiska scenariot, åtminstone vad gäller höstvete, eftersom den direkta kvävegödslingen till vetegrödorna är liten (Wivstad *et al.*, 1996).

I det ekologiska scenariot odlades havre som fodergröda till köttjuret, medan foderkorn inte odlades alls. Nulägets foderkorn jämfördes därför med ekologisk havre i tabell 5.28. På den lätta jorden odlas i nuläget råg vilken ersattes med fodergrödan rågvete i EKO. Även resultaten för de två höstsädesgrödorna framgår av tabell 5.28.

Tabell 5.28 Förändring i miljöindikatorer mellan nuläge och EKO för foderspannmål (korn/havre) samt höstsäd på sandjorden (råg/rågvete)

Miljöindikator	Nuläge, foderkorn	Eko, foderhavre	Skillnad, %	Nuläge, råg sandjord	Eko, rågvete sandjord	Skillnad, %
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg * år	1,61	2,56	+ 59 %	1,58	2,27	+ 44 %
Energianvändning, MJ/kg	1,26	0,95	- 25 %	1,44	1,23	+ 11 %
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekv/kg	199	222	- 12 %	309	263	- 7 %
Utsläpp av NO <sub>x</sub> , g NO <sub>x</sub> /kg	0,524	0,53	-1 %	0,484	0,601	+ 30 %

Havre odlades som fodergröda i växtföljd 2 och hade sockerbeter som förfrukt. Vi förutsatte att det är rent från kvickrot efter sockerbetsgrödan som har flera radrensningar och manuell hackning och därför har endast en plöjning lagts in som bearbetning efter sockerbeterna (d.v.s. till havren) (se bilaga 4). Dieselanvändningen blev därmed relativt låg till denna gröda och den totala energianvändningen beräknades vara ca 25 % lägre jämfört med det konventionella foderkornet. Foderkornet odlas dock i nuläget energisnålt med relativt liten dieselinsats och en liten kvävegiva. Havren i det ekologiska scenariot jämförs här alltså med en energisnål konventionell odling av foderspannmål.

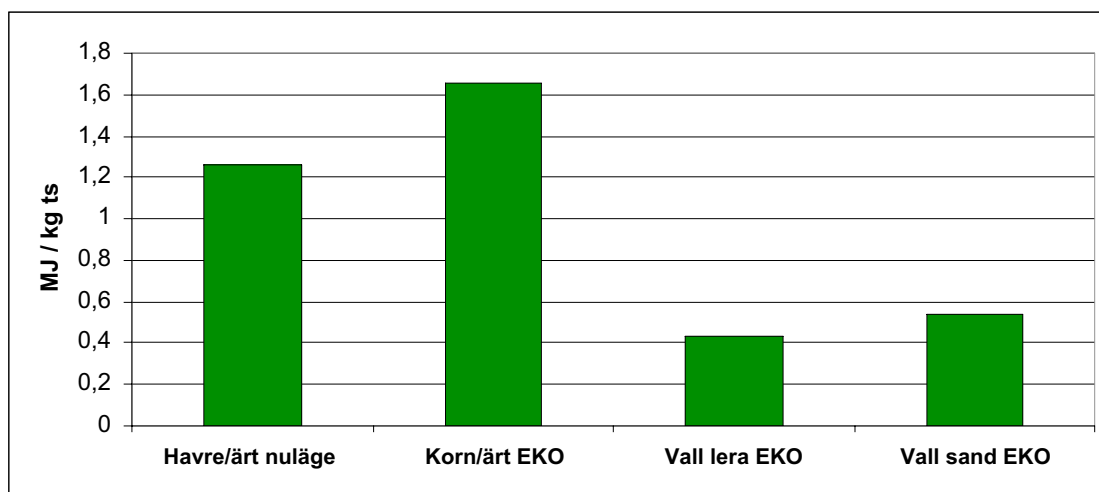
Även rågen i det konventionella nuläget odlas med relativt små insatser av diesel och handelsgödsel. Energianvändningen per kg spannmål var relativt lika när råg i nuläget

jämfördes med rågvete i EKO-scenariot. Rågveten i EKO gödslades med Biofer, vilket är en relativt dyr gödning för denna gröda. Men eftersom rotfrukterna palsternacka och morötter var orsaken till den stora kaliumbortförelsen i växtföljd 3 har hälften av Biofergödslingen till rågvete allokerats till dessa två hackgrödor.

Liksom för vetegrödorna var utsläppen av kväveoxider från dieselanvändningen orsaken till högre NO<sub>x</sub>-utsläpp från rågveteodlingen än från den jämförbara rågen i nuläget. Den årliga markanvändningen för att producera foderspannmål var ca 45 – 60 % högre i det ekologiska scenariot relaterat till jämförbara spannmålsgrödor i nuläget.

### Grovfoder

I nuläget odlas en havre/ärt gröda vilken skördas som helsädesensilage. I det ekologiska scenariot infördes en stor odling med slåttervall till köttjurens samt en korn/ärt-gröda för helsädesensilage. I figur 5.5 redovisas energianvändningen per kg ts vallfoder i odlingen av de olika grovfodren.



Figur 5.5 *Energianvändning för produktion av olika grovfoder i nuläget och i EKO-scenariot*

Produktion av helsädesensilage var ett betydligt sämre alternativ ur energisynpunkt än att producera grovfoder från en liggande vall. En viktig orsak till detta var naturligtvis förbrukningen av diesel för att jordbearbeta och så spannmål/ärt-grödan, medan vällen etablerades redan i föregående års gröda. Korn/ärt-grödan i EKO-scenariot föll sämre ut än havre/ärt i det konventionella nuläget vilket berodde på lägre skördenivå och tillförd gödning med Biofer. Ekologisk vall med baljväxter är, som framgår av figur 5.5, en energimässigt billig metod för att producera grovfoder. En hög skördenivå kan erhållas utan att handelsgödsel tillförs. Man bör observera att endast energianvändningen i odlingen (diesel, handelsgödsel) beskrivs i figur 5.5. Om grovfodret skall konserveras i rundbalar tillkommer även en energikostnad för plast vilken kräver ca 86 MJ/kg plast i tillverkning. Vid inläggning i stora rundbalar åtgår ca 1,4 kg plast/bal. Om balen innehåller 300 kg torrs substans innebär detta en ytterligare energikostnad om 0,4 MJ/kg ts grovfoder. Om plasten tas till vara för energiåtervinning återvinns ca 40 % av denna energi (Cederberg & Darelus, 2000).

### Vallfrö

I nuläget odlas ängsgröefrö medan fröodlingen lades om till vitklöverfrö i EKO-scenariet. Det är inte korrekt att jämföra dessa två olika vallfröprodukter eftersom de har olika funktion (ängsgröe är framförallt för gräsmattor, vitklöver för slåttervallar). Vi väljer ändå att presentera resultaten i samma tabell men inte att diskutera skillnader mellan de olika fröslagen.

Tabell 5.29 Jämförande miljöindikatorer för fröodling i nuläget och i EKO

Miljöindikator	Nuläge Ängsgröe	EKO Vitklöver
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg frö	11,6	50
Energianvändning, MJ/kg frö	17	22,9
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg frö	3040	4655
Utsläpp av NOx, g NOx per kg frö	6,4	7,6

Generellt har fröodling ett stort arealbehov per kg produkt p.g.a. de låga skördarna. Detta leder naturligtvis även till stor energianvändning och stora utsläpp av växthusgaser per kg frö.

### Ärter

Ärter som odlades i det ekologiska scenariot ingår inte i nulägesproduktionen varför jämförelser inte är möjliga att göra. Energianvändning och utsläpp av växthusgaser kan dock anses som låga för att vara en proteingröda (tabell 5.30).

Tabell 5.30 Miljöindikatorer för ärter i EKO

Miljöindikator	EKO
Markanvändning, m <sup>2</sup> /kg ärter	2,6
Energianvändning, MJ/kg ärter	0,9
Utsläpp av växthusgaser, g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter per kg ärter	268
Utsläpp av NOx, g NOx per kg ärter	0,59

#### 5.3.7 Ekonomisk analys, jämförelse nuläge-EKO

En enklare ekonomisk analys av växtodlingen i nuläget och i scenario EKO genomfördes (tabell 5.31; tabell 5.32). Indata i analysen var den grödfördelning och de skördenivåer som tidigare redovisades i de båda alternativen. Priserna på växtodlingsprodukterna grundades på efterkalkyler för 2004 från de sydsvenska Hushållningssällskapen (HS, 2005). Det ekologiska miljöstödet ingick i de ekologiska kalkylerna. Pristillägg för Sigillodling beaktades i de konventionella kalkylerna. För några specialprodukter (t ex ekologiskt frö) hämtades priser direkt från uppköpande företag såsom Skånefrö.

Kostnaderna inkluderade alla rörliga utgifter, maskinkostnader samt ersättning för allt arbete i växtodlingen med 165 kr/tim. Maskinkostnaderna baserades på uppgifter från Maskinringarna (Stångå-Svartådal, 2004) samt rekommenderade maskintaxor för 2004. Dessa maskinkostnader reducerades med 10 % för att bättre spegla verkligheten där en lantbrukare



får vissa rabatter vid maskininköp och underhåll. Genom att använda maskinringstaxor återspeglades en långsiktig planeringssituation där samtliga fasta och rörliga kostnader för maskiner beaktades. Standardvärden för dieselanvändning och jordbearbetning användes i kalkylerna och gårdens egna värden för tidsåtgång och dieselförbrukning användes inte. Dock lades i medeltal en extra stubbearbetning till i de ekologiska grödorna eftersom ingen kemisk kvickrotsbekämpning förkom. För specialgrödorna sockerbetor, morötter och palsternacka i det ekologiska scenariot tillkom manuell handrensning vilken beräknades till 100 tim/ha motsvarande 16 500 kr/ha. Arrende eller markhyra ingick inte i kalkylerna eftersom denna kostnad är densamma oavsett odlingssystem. Inte heller gårdsstödet ingick. Gårdsstödet för gårdens växtodlingsareal antas motsvara ca 2 180 kr/ha. Markkostnad och arealstöd har ingen större betydelse för jämförelsen mellan ekologisk och konventionell produktion, men har stor betydelse för den absoluta lönsamheten i företaget. Resultaten presenterades som ett täckningsbidrag utan att overhead-kostnad redovisades. En ytterligare kostnad på 500 – 1000 kr/ha (beroende på gröda) skall ytterligare läggas till för att täcka allmänna företagskostnader som t.ex. bokföring och telefon.

Tabell 5.31 Ekonomiskt resultat för nuläget

Gröda	Areal, ha	Resultat, kr/ha	Resultat, kr totalt
Höstvete	13,4	-54	-723
Vårvete	10,8	372	4016
Foderkorn	9	-1287	-11585
Malkorn	18,4	-1400	-25763
Råg	12	103	1231
Grönfoder	5,7	2005	11427
Uttagen areal	13,7	-334	-4570
Sockerbetor, obev	31,8	6350	201943
Sockerbetor, bev	5,5	4550	25027
Ängsgröefrö	18,3	4746	86860
Potatis	16,9	4970	83993
Lök	4,4	6714	29544
Palsternackor	4,6	1270	5840
Summa	164,5		407 240
Genomsnitt per ha		2 480	

Analysen av den konventionella odlingen i nuläget visade att endast höga spannmålsskördar med pristillägg (som t.ex. vårvete och råg) var intressanta att odla. Ur ekonomisk synpunkt var det bättre att lägga marken i träda än att odla korn. Sockerbetorna stod för ca hälften av resultatet och även potatis och fröodling var produktionsgrenar av stor ekonomisk betydelse.

Man bör beakta att det var allmänt använda priser och kostnader i kalkylerna. Ofta kan den enskilde lantbrukaren få ut högre produktpriser än de som användes i kalkylerna (t.ex. vid direktförsäljning av foderspannmål till en granne). Även vid köp av insatsmedel kan lägre priser erhållas än de standardpriser som finns i kalkylerna.

Tabell 5.32 Ekonomiskt resultat för scenario EKO

Gröda	Areal, ha	Resultat, kr/ha	Resultat, kr totalt
Höstvete*	8,5	2514	21372
Vårvete	10	2726	27262
Havre	12	736	8828
Rågvete*	11	-813	-8938
Vall, v följd 2	26	1976	51376
Vall, v följd 3*	22	624	13728
Korn/ärt-helsäd	11	-2167	-23 835
Ärter	5,5	2995	16472
Uttagen areal	12,5	-1062	-13278
Socketbetor, obev*	18,5	4847	89670
Klöverfrö	5,5	8007	44041
Potatis*	13	6095	79234
Morötter*	7	17014	119100
Palsternackor*	2	-9144	-18289
Summa	164,5		406 740
Genomsnitt per ha		2 470	

\*Grödan har gödslats med stallgödsel eller Biofer vilket påverkar resultatet

Morötter, potatis och sockerbetor var mycket viktiga grödor för det positiva resultatet i det ekologiska scenariot. Tre faktorer är speciellt viktiga för möjligheten att uppnå ett positivt resultat för dessa specialgrödor i ekologisk produktion: att det finns ett merpris på marknaden för produkterna, att de försäljningsbara skördarna kan hållas på de nivåer som vi har antagit samt att ogräsregleringen lyckas. Man skall dock komma ihåg att det fanns en kostnad inlagd på 16 500 kr/ha för manuellt arbete i dessa grödor. Kalkylen skulle förbättras ytterligare om maskinella metoder skulle kunna sättas in till rimliga kostnader för att minska arbetskraftsbehovet för ogräsregleringen, eller om arbetskraft till en lägre kostnad skulle kunna anlitas.

I det ekologiska scenariot bidrog vallen på den leriga jorden i växtföljd 2 positivt till resultatet. Detta trots att priset på grovfoder var lika i den konventionella och ekologiska kalkylen, 1 kr/kg torrs substans. År 2003 fanns det inte slåttervall i det konventionella nuläget utan grovfodret till kött djuren utgjordes bland annat av en havre/ärt gröda vilken ensilerades och därför skall resultatet för denna gröda jämföras med korn/ärt-helsäden i det ekologiska scenariot. Det har inte funnits möjligheter att följa upp hur konkurrenskraftigt detta grovfoderpris är i köttkalkylen. Men vallodling förefaller vara en intressant gröda att satsa på även i det konventionella nuläget på gården, både ur ekonomisk synvinkel och med tanke på positiva växtföljdseffekter.

Miljöstödet till ekologisk produktion var också betydelsefullt för det ekonomiska resultatet i EKO-scenariet. Detta miljöstöd bidrog till resultatet i EKO med 200 000 kr/år. Det beräknade merpriset för produkterna var dock mycket viktigare; utan detta skulle resultatet sjunka med 800 000 kr/år, d.v.s. bli negativt. Stödet via samhällets miljöersättning och marknaden

merpris för produkterna var således knappt en miljon kr/år. Att det blev så stora belopp kan delvis förklaras med att det i scenariet EKO odlades flera olika grödor med hög omsättning per hektar (sockerbetor, potatis, morötter och palsternackor).

Det ekonomiska resultatet var likartat för nuläget och för EKO-scenariot. Nivån på merpriset samt grödvalet har dock, som tidigare nämnts, mycket stor betydelse för det ekonomiska utfallet. Kalkylåret 2004, som låg till grund för beräkningarna, kännetecknades av relativt låga produktpriser för ekologisk produktion. Hade exempelvis priserna från år 2001, som var ett bra år för ekologisk produktion, använts för de ekologiska produkterna spannmål, ärter och sockerbetor hade resultatet för det ekologiska scenariot ökat med 200 000 kr, d.v.s. med 50 %. Produktsammansättningen i den ekologiska växtodlingen var också avgörande. Skulle t.ex. palsternackorna utgå och ersättas med ytterligare 2 ha morötter skulle resultatet ha förbättrats väsentligt, förutsatt att den ökade morotsskörden kunde avyttras till samma priser.

Den ekonomiska analysen har utförts översiktligt och olika typer av känslighetsanalyser skulle ge en mer komplett bild av tänkbara ekonomiska utfall. Beräkningarna kommer därför att kompletteras i ett uppföljande projekt om växtskyddsstrategier inom temat Mervärden som märks – en efterföljare till MAT 21 (arbetstitel).

En viktig slutsats av den ekonomiska analysen av EKO-scenariet är att om man vill utveckla ekologisk odling som en strategi för att minska riskerna med jordbrukets användning av växtskyddsmedel, speciellt i slättbygder med odling av specialgrödor, är det nödvändigt att det finns en marknad som är beredd att betala det merpris för maten som denna strategi kräver. I dagsläget är samhällets stöd via miljöstöden till denna produktionsform av mindre ekonomisk betydelse än produkternas merpris.

## 6 Diskussion

### 6.1 Strategier för minskade risker

I projektet Hållbart Växtskydd har vi analyserat den miljömässiga hållbarheten i olika växtskyddsstrategier vilka kan leda till minskade risker med och ett minskat beroende av växtskyddsmedel. De viktigaste strategierna vi har undersökt är varierade växtföljder, tekniska lösningar, medvetna val av mindre miljöbelastande växtskyddsmedel och en övergång till ekologisk produktion.

#### 6.1.1 Växtföljd

Den ökade specialiseringen i jordbruket har lett till sämre förutsättningar för varierade växtföljder. Förutom ett ökat behov av växtskyddsmedel kan denna utveckling även vara en bidragande orsak till att avkastningsökningen i spannmålsskördar förefaller plana ut. Växtodlingen i slättbygderna i norra Götaland och Mellansverige kännetecknas i dag av en stor andel spannmål, särskilt höstvetete. Analyser i fallstudien av grisfoderproduktion (Cederberg & Flysjö, 2004) visade på en avstannande utveckling av höstveteskördarna i Östergötland under senare år. Statistik från Lovanggruppens rådgivningskrets visade också tämligen konstanta skördenivåer i höstvetete och vårsäd under perioden 1992-2001 (Lovang, 2003). Denna utveckling skall ses i ljuset av ett ökat beroende av bekämpningsmedel i det svenska jordbruket vilket framkommer av att bekämpningsfrekvensen, antalet hektardoser, har ökat under det senaste decenniet (figur 1.1).

En diversifierad växtföljd bidrar till att minska vissa typer av ogräs. Genom att ha en jämn fördelning mellan höst- och vårstråsäd reduceras förekomsten av gräsogräs (som gynnas av mycket höstsäd) och detta leder till ett minskat behov av herbicider (Gerowitt, 2003; Lundkvist & Fogelfors, 1999). Detta belystes i scenarierna om foderproduktion till grisar (se fallstudien i kapitel 4). I scenariot med en diversifierad växtföljd (scenario MILJÖ) minskade miljöriskindexet för pesticidanvändningen för produktionen av grisarnas foderspannmål bland annat på grund av en reducerad herbicidanvändning. Detta kunde dessutom genomföras utan att kostnaderna nämnvärt ändrades. Jordbruksverket (2002) redovisar att problemen med gräsogräs har ökat under senare år i svenskt jordbruk och menar att en starkt bidragande orsak till detta är den ökande andelen höstsäd (speciellt höstvetete) i växtföljderna.

En diversifierad växtföljd bör även ha en begränsad sammanlagd andel av spannmålsslagen vete, korn, råg och rågvete eftersom dessa grödor har flera gemensamma sjukdomar (Olvång, 2000). Vidare gynnas artspecifika svampsjukdomar om en viss gröda återkommer ofta i växtföljden (Olvång, 2000). Ett exempel är vetets bladfläcksjuka (*D. Tritici-repentis*) vilken har blivit en betydande skadegörare i södra Sverige under senare år, eftersom odling av vete efter vete har ökat i kombination med reducerad jordbearbetning (Lindgren & Berg, 2003). När avbrottsväxter som oljeväxter, baljväxter och vall ingår i en växtföljd minskar trycket av olika svampar som angriper stråsäd. Detta var orsaken till en minskad fungicidanvändning i scenario MILJÖ i fallstudien av grisfoderproduktion jämfört med den ensidiga stråsädesväxtföljden i det andra scenariot, Business as usual. I MILJÖ-scenariot ingick både ärter och höstraps i växtföljden. En nyckelfaktor för att förbättra växtföljderna i slättbygderna i norra Götaland och Mellansverige är således att öka den inhemska proteinfoderproduktion genom odling av baljväxter samt oljeväxter från vilka 60 % av skörden blir proteinrikt mjöl. Analysen av grisfoderproduktion visade entydigt att det är fullt möjligt, biologiskt såväl som

ekonomiskt, att öka användningen av svenska proteinkällor i utfodringen av grisar (Stern *et al.*, 2005b).

Specialiseringen av jordbruket har också fått till följd att vallen (som i genomsnitt odlas på ca 35 % av Sverige åkerareal) inte kan utnyttjas fullt ut som en positiv motor i dagens växtföljder. Många intensiva mjölk- och köttgårdar har idag snarast en för hög andel vall i växtföljden och vallgrödans alla goda förfruktseffekter kommer därmed inte till sin fulla rätt eftersom det blir liten plats till bland annat spannmål och oljeväxter i dessa växtföljder. Ett ökat samarbete mellan specialiserade djurgårdar och växtodlingsgårdar skulle kunna sprida vallodlingen på större arealer. Ytterligare effekter av specialisering exemplifieras i fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården i Skåne (kapitel 5). Denna gård har förvisso i nuläget en mycket varierad växtföljd, men en stor andel hackgrödor och liten andel vall i växtföljden bidrog till ett högt ogrässtryck av vissa selekterade ogräs i hackgrödorna. En ökad vallodling skulle sannolikt vara en bra strategi för att minska beroendet av herbicider i detta odlingssystem.

### 6.1.2 Tekniska lösningar

Förbättrad sprutteknik, såsom lufttillsats, förbom och släpduk, har börjat användas i ökande omfattning under de senaste åren och studier av dessa avdriftsreducerande åtgärder har visat att vindavdriften kan minskas med 23 – 84 % (Fredriksson, 2002, se Bilaga 5). Försöken med denna nya teknik vid jämförelse med konventionell teknik, visade att skillnaderna var små i bekämpningseffekt. Vinsten med förbättrad sprutteknik förefaller således framförallt vara den reducerade vindavdriften. Mera sofistikerade lösningar, som precisionsstyrd bekämpning vid blastdödning, ogräs- och svampbehandling, behöver mer utvecklingsarbete innan de kan introduceras i praktiken på bred front.

Lösningar för att minska riskerna med kemisk bekämpning innebär också val av alternativ i form av mekanisk eller termisk bekämpning (Lundkvist & Fogelfors, 1999). Sådana alternativ har analyserats i de båda fallstudierna och utvärderingarna visade att flertalet av dessa alternativ kan leda till minskade risker med växtskyddsmedel utan att andra miljöeffekter påverkas nämnvärt eller överhuvudtaget. Exempel på sådana lösningar är mekanisk ogräsreglering i potatis och radhackning i höstraps, vilka kan reducera riskerna förknippade med ogräsbekämpning utan någon nämnvärd ökad dieselanvändning eller reducerade skördenivåer. Bandsprutning i radsådda grödor i kombination med radhackning är en intressant teknik som reducerar användningen av ogräsmedel och medför en försumbar ökad dieselanvändning. Denna teknik har dock minskat i sockerbetsodlingen; 1990 bandsprutades ca 30 % av arealen och denna andel hade 2002 reducerats till 12 %. En förklaring till det minskade intresset för bandsprutning är att odlarna inte anser att tekniken fungerar helt tillfredsällande och att den nya bredsprutningstekniken med tillsatsluft upplevs ge en väl så god säkerhet i växtskyddsarbetet (Lindkvist, pers. medd. 2005). Det behövs sannolikt ytterligare utvecklingsarbete av bandsprutningstekniken och man behöver även klargöra vad bandsprutning betyder för minskade bekämpningsmedelsrisker, bland annat minskade risker för förorening av vatten, i jämförelse med den bästa bredsprutningstekniken.

### 6.1.3 Produktval

Genom att välja bort växtskyddsmedel som innehåller ämnen med sämre miljöegenskaper (t.ex. ämnen som är lättrörliga eller har lång nedbrytningstid i marken) kan riskerna minskas.

Detta kan ske på olika nivåer; via samhällets tillståndsprövning, av livsmedelsföretag via odlingskontrakt eller kvalitetssäkringssystem och av den enskilde lantbrukaren.

Växtskyddsmedel måste godkännas av Kemikalieinspektion för att få användas. I denna process görs en riskanalys som omfattar två delar, en effektdel och en exponeringsdel. I exponeringsbedömningen ingår att försöka avgöra i vilken grad användare, konsumenter, olika organismer i miljön och olika delar av miljön (grund- och ytvatten, jord, sediment, luft etc) exponeras. Denna bedömning baseras bl.a. på växtskyddsmedlens inneboende egenskaper, resultat från fältförsök och miljöövervakning, men också på uppgifter om den praktiska användningen. Tidigare har svenska bedömningsprinciper tillämpats för att identifiera särskilt allvarliga egenskaper som underlag för förbud, utfasning eller restriktioner. Dessa principer har varit betydelsefulla för att hantera de osäkerheter som alltid finns i riskbedömningar. EG-regler för godkännande av bekämpningsmedel styr nu utvecklingen i riktning mot en mer liberal hållning gentemot riskerna. I praktiken betyder detta att ett större ansvar läggs på användaren (lantbrukaren) för att växtskyddsmedlen används på ett säkert och omdömesgillt sätt.

Utveckling mot en mer liberal hållning från statligt håll kommer sannolikt att öka behovet av frivilliga initiativ i form av odlingskontrakt och miljö- och kvalitetssäkringssystem. Sådana exempel kan vi finna redan i dag i Sverige, t.ex. inom kvalitetssäkringssystemet Sigill som från och med odlingsäsongen 2005 förbjuder användningen av herbicider som innehåller den aktiva substansen isoproturon. Denna substans är lätttröglig och särskilt vid sena höstbehandlingar finns det risk att den läcker till dräneringsvattnet. Substansen påträffas ofta i ytvatten och har även hittats i halter över ekotoxikologiska riktvärden (Kreuger m.fl., 2004). Ett annat exempel är företaget Findus som under en följd av år har arbetat metodiskt för att minska riskerna med växtskyddsmedel genom att bland annat selektera vilka preparat som ska användas i deras kontraktsodlingar. Här har man arbetat med indikatorsystem som stöd för att utvärdera miljö- och hälsopåverkan från den kemiska bekämpningen i de olika grönsaksgrödor som odlas på kontraktbasis till företaget.

Slutligen har den enskilde lantbrukaren en stor potential i att minska riskerna genom sina preparatval. I fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården (kapitel 5) fanns det flera exempel på hur riskerna med växtskyddsmedel kan minskas, t.ex. genom olika val för ogräsbekämpning i sockerbetor och spannmål. För att denna strategi skall kunna få praktisk tillämpning behövs ett hjälpmedel så att lantbrukaren kan välja produkter med bättre egenskaper. PRI-Farm har utvecklats för att vara ett sådant hjälpmedel i rådgivningen och har mycket goda förutsättningar att, efter något ytterligare utvecklingsarbete, bli ett viktigt verktyg för rådgivare och lantbrukare i planeringen av en växtskyddsanvändning på gårdsnivå som har lägre risker. Erfarenheter från ett liknande system i Nederländerna har visat stor potential att reducera användningen av de mest miljöbelastande växtskyddsmedlen (Halberg *et al.*, 2005).

#### 6.1.4 Ekologisk produktion

En övergång till ekologisk odling är den mest långtgående strategin för att minska riskerna med växtskyddsmedel. I fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården (kapitel 5) analyserades en sådan strategi och en enklare ekonomisk analys genomfördes.

I scenariot där en omläggning till ekologisk produktion analyserades minskade kväveöverskottet för gården som helhet i jämförelse med nulägesdriften. Vi drar därför

slutsatsen att de långsiktiga potentiella kväveförlusterna i EKO-scenariet, framförallt via markläckage, skulle minska.

En övergång till ekologisk odling innebär naturligtvis att riskerna för rester av kemiska växtskyddsmedel i yt- och grundvatten, i natursystemet och i livsmedel i stort sett elimineras eftersom dessa inte används. Kvardröjande effekter av tidigare använda växtskyddsmedel kan dock förekomma. Hur andra miljöeffekter faller ut varierar något. Fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården i detta projekt visade att total energianvändning och utsläpp av växthusgaser per kg produkt minskade i EKO-scenariet för flertalet grödor. Detta överrensstämmer med exempelvis danska studier där energieffektiviteten var högre i ekologisk produktion än i konventionell för flera olika grödor och produktionssystem (Dalgaard *et al.*, 2001). Potatis var ett viktigt undantag vilket förklarades av en större estimerad skördereduktion för denna gröda jämfört med skördereduktionen i exempelvis spannmål och sockerbetor vid en övergång till ekologisk produktion. Problematiken kring hur bladmöglet skall hanteras är en viktig orsak till att skördenivåerna är svåra att upprätthålla i ekologisk potatisodling. Den lägre energianvändningen per kg produkt vilken registrerades i flera ekologiska grödor kunde framförallt tillskrivas frånvaron av handelsgödsel i detta odlingssystem. Däremot blev gårdens dieselanvändning per kg produkt större i EKO-scenariet jämfört med fallstudiegårdens nuläge. Detta orsakades av de lägre skördenivåerna och de större insatserna av diesel för stubbearbetning och plöjning för att hantera fleråriga ogräs. Den högre dieselanvändningen per kg produkt medförde också generellt högre utsläpp av kväveoxider i scenario EKO.

Vår slutsats är också att strategin ekologisk odling, för att minska riskerna med växtskyddsmedel på den allsidiga växtodlingsgården i Skåne, hade några ytterligare effekter som var negativa. Grödan kepalök bedömdes vara alltför osäker att odla i området där gården ligger utan tillgång till kemiska växtskyddsmedel och den utgick därför i EKO-scenariet. Odlingsosäkerheten i ekologisk produktion av lök beror dels på svag konkurrensförmåga mot ogräs och dels på känsligheten för svampangrepp (Ascard & Fogelberg, 2004) och i vårt scenario att bladmöglet är hårt i området där gården är belägen. Denna odlingsosäkerhet medför att konsumtionen av ekologisk lök kanske inte skulle kunna tillgodoses alla år vid en omfattande ekologisk produktion. Detta kan ses som negativt eftersom lök är ett bra livsmedel. Även jämförelsen av kepalöken i nuläget med scenario Bästa Möjliga Teknik (se avsnitt 5.2) visade på små möjligheter att minska miljöriskindex för användning av växtskyddsmedel i denna gröda, med de antaganden vi gjorde i detta scenario om t.ex. oförändrade växtföljder och bibehållen skörd. Det pågår dock forskning och utveckling för att möjliggöra odling av lök med lägre insatser av växtskyddsmedel. En relativt ny odlingsteknik som har börjat användas vid produktion av ekologisk lök i södra Sverige är att använda förkultiverad plantlök istället för direktsådd lök. Tekniken används i stor utsträckning i ekologisk lökodling i Danmark (Ascard, J., pers. medd. 2005). Strategin är densamma som vid användning av förgrödd potatis. Förkultiveringen innebär ett kraftigt försprång för grödan i förhållande till både ogräs och svampangrepp (Ascard & Fogelberg, 2004). Vidare skulle löken förmodligen behöva odlas i långa växtföljder, med långt avstånd mellan lökgrödorna. För att minska beroendet av växtskyddsmedel är det även av betydelse att odlingen av lök i större utsträckning sker i områden med låg smittorisk för lökbladmöglet.

Av EKO-scenariet framgår att den ekologiska produktionen hade ett betydligt större markanspråk jämfört med den konventionella nudriften. Vid produktion av matpotatis var det årliga arealbehovet fördubblat och för övriga grödor beräknades en arealökning i intervallet 20 - 80 %. De ökade skördarna i svenskt jordbruk under de senaste 40 åren som inneburit ett

minskat arealbehov har dock åstadkommit genom en stor användning av externa insatsmedel (Björklund *et al.*, 1999). Det finns ett positivt samband mellan indirekt resursanvändning, en stor mängd externa insatsmedel, och minskat arealbehov. En intensiv drift på en liten areal kan sägas ha en stor ”skuggareal”, om man uttrycker resursåtgången för insatsmedlen i form av en dold resursyta. Detta är viktigt att ta hänsyn till vid en analys av arealbehovet i olika produktionssystem. Samtidigt är det väsentligt att upprätthålla en god skördenivå i ekologisk produktion i förhållande till de insatta resurserna, bland annat den relativt stora förbrukningen av drivmedel. På kort sikt, och med begränsade arealer i ekologisk produktion, är det ökade arealbehovet för ekologisk produktion inget stort problem eftersom EU:s nuvarande jordbrukspolitik innebär att överskottsareal tas undan i ett trädesprogram för att begränsa produktionen. På längre sikt finns dock frågetecken kring behovet av åkermark för livsmedelsproduktion och även behovet av mark för produktion av energiråvaror. Ett ökat pris på fossil energi kommer sannolikt att innebära ett ökat behov av areal för livsmedelsproduktion, samtidigt som behovet av alternativa energikällor kommer att öka.

Den ekonomiska analysen visade att skillnaderna i resultat mellan nuläge och en omläggning till ekologisk produktion var små. Scenario EKO var dock mycket beroende av ett lyckat resultat vad gäller specialgrödorna morötter, potatis och sockerbetor; dels odlingsmässigt för att kunna erhålla de skördenivåer som vi antagit, dels marknadsmässigt för att kunna få ut ett merpris för de ekologiska produkterna. Analysen visade mycket tydligt att den enskilt viktigaste faktorn för att ekologisk växtodling skall bli en lyckad ekonomisk satsning på ett slättjordbruk i södra Sverige är ett stabilt merpris för produkterna. Det ekologiska arealstödet via miljöersättningsprogrammet har i dag mindre betydelse för ekonomin när denna typ av gård ställer om till ekologisk produktion.

## **6.2 Miljösystemanalys av riskerna med växtskyddsmedel**

### **6.2.1 Metoder**

Utvecklingen av LCA-metodiken har fokuserat på miljöpåverkan av de stora materialflödena (t.ex. energianvändning och emissioner av reaktivt kväve), medan miljöpåverkan-bedomningen av toxiska effekter har blivit mera översiktligt behandlad. Mycket få LCA-studier inkluderar i dag humantoxicitet och ekotoxicitet i miljöpåverkan-bedomningen och i de fall detta görs är analysen ofta ofullständig. En orsak till detta är att från många produktionssystem kan det ske ett stort antal kemiska emissioner (emissioner av tungmetaller, växtskyddsmedel, kolväten etc) som på olika sätt bidrar till olika typer av toxicitet. Viktningsfaktorer (d.v.s. faktorer som väger samman olika emissioners relativa betydelse) för ett flertal av dessa emissioner finns inte att tillgå i LCA-metodiken i dag (Larsen *et al.*, 2004).

Även modeller för att beräkna riskindikatorer för användning av växtskyddsmedel har begränsningar. Att konstruera en modell som skall spegla den komplexa verklighet i vilken växtskyddsmedel används kräver förenklingar, och detta leder oundvikligen till att modellen får inneboende felaktigheter. En annan begränsning är att det kan finnas brist på data för enskilda parametrar i modellen. Dessa problem är speciellt uppenbara för riskindikatormodeller som viktat samman olika risker till ett index och problemställningen är mycket lik vad som har upplevts i arbetet med att utveckla miljöpåverkan-bedomningen av toxicitet inom LCA-metodiken.

PRI-Farm är en aggregerad modell för riskbedömning och får därmed en subjektiv dimension eftersom olika miljörisker viktas samman i ett indexvärde. En del risker är utelämnade,



framförallt p.g.a. bristande kunskap i nuläget. Risker för användaren beräknas i PRI-Farm i ett hälsoriskindex (i fallstudierna har vi endast redovisat miljöriskindex). Risker för rester av växtskyddsmedel i livsmedel ingår inte i modellen eftersom detta ses som ett litet problem under de förhållanden som växtskyddsmedel används i Sverige. Risker för rester av växtskyddsmedel i grundvattnet är förhållandevis väl tillgodosett i PRI-Farm och modellen utvecklas nu ytterligare inom detta område så att rörelser genom makroporer på lerjordar skall beaktas bättre. Risker för rester av växtskyddsmedel i ytvatten kopplas i dag i modellen framförallt till märkningen av produkten och detta område behöver utvecklas ytterligare. Ett nu pågående EU-projekt HAIR<sup>11</sup>, som syftar till att ta fram bättre underlag för att bedöma hur vattenlevande organismer påverkas av olika kemiska ämnen, kommer sannolikt att bidra till bättre riskbedömning inom detta område i framtiden. Slutligen, risker för natursystemet orsakade av användning av växtskyddsmedel, d.v.s. risker för fåglar, insekter och indirekta effekter på ekosystem (biodiversitet) ingår inte alls i det miljöriskindex som beräknas med PRI-Farm. Detta gällde också för de europeiska riskindikatormodeller som utvärderades i EU-projektet CAPER (Reus *et al.*, 2002). Sammanfattningsvis kan konstateras att det är mycket svårt att analysera och utvärdera risker och effekter av växtskyddsmedel i miljön och att det inte finns någon metod som klarar detta till fullo i dag. Detta skall dock inte tas som ett argument för att inte använda de olika metoder och modeller som finns tillgängliga och som bygger på den kunskap vi har i dagsläget. Det är dock viktigt att modellerna utvecklas så att ny kunskap byggs in i modellerna och detta sker också nu med PRI-Farm.

Att kombinera metoderna LCA och PRI-Farm är inte helt invändningsfritt i fallstudien av produktion av grisfoder (kapitel 4). Detta beror på att metoderna analyserar olika delar av produktionssystemet. För LCA omfattar analysen livscykeln för griskött, från produktion av insatsvaror (t.ex. koncentrat och handelsgödsel) till och med att griskött levereras vid gårdsgrinden. Med PRI-farm analyseras endast grisgårdens pesticidanvändning, d.v.s. systemgränsen är snävare. Grisgården i scenario MILJÖ hade större användning och högre risker förknippade med insekticider än grisgården i scenario BAU. Detta var en effekt av rapsodlingen på grisgården i scenario MILJÖ vilken producerade proteinfoder till grisarna. När den totala insekticidanvändningen jämfördes i hela livscykeln, så hade dock scenario BAU ett sämre resultat. Genom dess val av proteinfoder exporterades riskerna som var förknippade med insekticidanvändningen till sojaodlingen i Brasilien.

PRI-Farm är utvecklad för tempererade förhållande på basis av studier i detta klimatområde, exempelvis vad gäller pesticiders läckagepotential och hur den påverkas av marktyp och applikationsmetod. Det finns få motsvarande studier för tropiska förhållanden, där både klimat, jordar liksom applikationsmetoder är annorlunda än här. Flygbesprutning är exempelvis en vanlig applikationsmetod i tropisk sojaodling. Vår slutsats var därför att modellen PRI-Farm inte kunde användas för att analysera riskerna i brasiliansk sojaodling eftersom den är anpassad för ett vårt klimatområde och våra förhållanden. En sådan analys hade dock ytterligare ökat skillnaden mellan de två scenarierna i fallstudien av foderproduktion för grisar och förstärkt det positiva utfallet för scenario MILJÖ.

### 6.2.2 Värderingar och val

I ISO-standarden för LCA ingår inte det sista steget i miljöpåverkansbedömningen, värdering, som obligatorisk del. Värdering i LCA innebär att olika miljöeffekter viktas samman så att man får ett slutligt resultat som innefattar alla olika miljöeffekter. Problemet med värdering inom LCA är att man kan få olika resultat vad gäller vilken miljöeffekt som väger tyngst,

---

<sup>11</sup> HAIR är en förkortning av Harmonised Indicators on Environmental Risks.

beroende på vilken metod man använder. Detta beror på att olika värderingsmetoder fokuserar på olika saker, en metod bygger på "willingness-to-pay" principen, en annan har fokus på ändligheten av olika resurser medan ytterligare en metod har fokus på naturens kritiska belastningsgränser. Valet av värderingsmetod är således subjektivt och utgår bland annat ifrån en bedömning av vilket miljöproblem anses allvarligast. ISO-standarden har inte kunnat finna konsensus för att föreslå en metod för värdering och standarden säger därför att miljöeffekter (uttag av energiråvara, toxicitet etc.) redovisas var för sig. Värderingen av hur olika miljöeffekter skall viktas överlämnas istället till beställaren av en miljösystemanalysen.

I fallstudien av produktion av grisfoder gjorde vi ett val att minska användningen av glyfosat i scenario MILJÖ för att istället ha mer mekanisk bearbetning (kapitel 4). Detta medförde en något högre dieselanvändning på griskgården i MILJÖ och ett något större kväveläckage de höstar då bearbetningen sattes in. Tack vare förändringar framförallt i valet av proteinfoder till grisarna och ett flertal åtgärder som begränsade läckagerisken i hela växtföljden i scenario MILJÖ, medförde dock den reducerade användningen av glyfosat inte sämre miljöprestanda vad gällde energiuttag och övergödning. Hade glyfosat använts som strategi för att minimera stubbearbetning i scenario MILJÖ hade detta scenario förbättrats ytterligare något beträffande energianvändning och övergödning. Valet mellan kemisk eller mekanisk bekämpning av ogräs är inte självklart och beror på värderingar av vilken miljöeffekt som anses mest allvarlig.

I fallstudien av den allsidiga växtodlingsgården (kapitel 5) undersöktes effekterna av en övergång till ekologisk produktion som strategi för att minska riskerna med växtskyddsmedel. Riskerna minskar naturligtvis radikalt när användningen upphör men samtidigt ökar odlingsosäkerheten och behovet av mark genom lägre och varierande skördenivåer. De ekologiska livsmedlen är i dagsläget även dyrare att producera, vilket medför att ett merpris behövs för att få ekonomi i produktionen. Även här handlar det således om värderingar av vad som bedöms viktigast - inga risker med växtskyddsmedel alternativt en hög odlingsosäkerhet och låg markanvändning. Dessa frågor kan miljösystemanalyser inte ge svar på.

### **6.3 Slutsatser**

Under det senaste decenniet har användningen av växtskyddsmedel i svenskt jordbruk ökat vilket framgår av det ökande antalet förbrukade hektardoser (figur 1.1). Föreliggande studie visar att det finns flera strategier för ett växtskyddsarbete på gårdsnivå för att minska beroendet av och riskerna med växtskyddsmedel. Gammal kunskap om växtföljden som instrument för att minska växtskyddsproblem behöver väckas till liv igen och borde i långt större omfattning än vad som sker idag byggas in i miljöersättningsprogram, miljörådgivning och även i miljö- och kvalitetssäkringssystem. Mer varierade växtföljder, en strategi som skulle kunna bli en realitet bl.a. genom ett ökat samarbete mellan växtodlings- och djurgårdar, är en grundpelare för ett långsiktigt minskat beroende av växtskyddsmedel.

Olika tekniska lösningar kan också tillämpas för att minska användningen utan att andra miljöeffekter ökar nämnvärt. Liksom det tidigare har utgått investeringsstöd för miljövänlig stallgödselhantering, bör det utredas huruvida kommande miljöersättningsprogram även skulle kunna inkludera investeringsstöd till tekniska lösningar som leder till minskad användning av växtskyddsmedel. Bandsprutningstekniken behöver sannolikt utvecklas ytterligare och det förefaller angeläget att sprida information om miljö fördelarna med denna teknik jämfört med modern bredsprutningsteknik.

Det finns även en potential vad gäller biologiska växtskyddsmetoder, t.ex. feromoner och antagonistiska svampar, för att ersätta eller minska beroendet av de kemiska svamp- och insektsmedlen. Detta har dock inte utvärderats i vårt projekt.

Att välja bort växtskyddsmedel som har mindre goda miljöeffekter är en strategi som förefaller ha stor potential för att minska riskerna. För att denna strategi skall bli verklighet behövs nya verktyg i rådgivningen så att lantbrukaren kan få kunskap om hur olika preparatval påverkar riskerna. PRI-Farm kan bli ett viktigt beslutsstöd i lantbrukets arbete för ett säkrare växtskydd.

Ekologisk produktion har goda förutsättningar att bli en viktig strategi för minskade risker i de utökade vattenskyddsområden som kommunerna nyligen har beslutat om. För att denna strategi skall bli lyckosam krävs forskning och utveckling för ökad odlingssäkerhet samt att marknaden utvecklas gynnsamt för ekologiska produkter.

## 7 Referenser

Ascard J, & Fogelberg F. 2004. Mindre ogräs med plantlök som ger god skörd. Potatis & grönsaker, 3, 26-27.

Bergkvist P. 2004. Pesticide Risk Indicators at National Level and Farm Level – Swedish Approach. PM 6/04. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg. [www.kemi.se](http://www.kemi.se)

Björklund J, Limburg K E & Rydberg T. 1999. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem service: an example from Sweden. Ecological Economics 29, 269-291.

Boström U. 1999. Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden. 1. Yields and weed quantity. Soil Tillage Research 50, 271-281.

Cederberg C & Dareljus K. 2000. Livscykelanalys av nötkött. Naturresursforum Halland. [www.regionhalland.se](http://www.regionhalland.se) (närliv/publicerat)

Cederberg C & Flysjö A. 2004. Environmental Assessment of Future Pig Farming Systems – Quantifications of Three Scenarios from the FOOD 21 Synthesis Work. SIK Report no 723. SIK, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg, ISBN 91-7290-236-1, 54 s.

Dalgaard T, Halberg N & Porter J P. 2001. A model for fossil energy in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems & Environment 87, 51-65.

Davis J, & Haglund C. 1999. Life Cycle Inventory (LCI) of fertiliser production – fertilisers used in Sweden and western Europe. SIK-Report 654. SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg, Sverige

Djurberg A. 2002. Reducerad jordbearbetning, förfrukt och svampbehandling. Försöksrapport 2002 för Mellansvenska försökssamarbetet. Hushållningssällskapet, Skara, sid 20-22.

Drake L & Björklund J. 2001. <http://www.cul.slu.se>, sökväg: Information, 2005-04-29.

EEA. 1999. Groundwater Quality and Quantity in Europe. European Environmental Agency, Köpenhamn, Danmark, 123 s.

Eltun R, Korsæth A, & Nordheim O. 2002. A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economical effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway. Agriculture, ecosystems and environment 90, 155-168.

Energy&TrpDatabase CIT 3j, CIT Ekologik AB, programvara till LCAiT

European Communities - Eurostat. 2003. The use of plant protection products in the European Union – Data 1992-1999. 2002 Edition. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

Fogelfors H. (red.) 2001. Växtproduktion i jordbruket. Natur och kultur/LTs förlag, Borås, 428 s.

Formas. 2003. Är eko reko? Om ekologiskt lantbruk i Sverige. Formas fokuserar 1. Formas, Stockholm.

- Gerowitt B. 2003. Development and control of weeds in arable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98, 247-254.
- Halberg N, Verschuur G, Goodlass G. 2005. Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105 (1-2), 195-212.
- Hogh-Jensen H, Loges R, Jensen E S, Jorgensen F V & Vinther F P. 1998. Emirisk model till kvantificering af symbiotisk kvaelstoffiksering i baelgplanter. FØJO-rapport 2, sid 69-86. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug, Tjele, Danmark.
- Hogh-Jensen H, Loges R, Jorgensen F V, Vinther F P. & Jensen E S. 2004. An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- Hortica, 2003. Stockholmsgården ångar bort ogräset. Nr augusti/september, s. 6-10.
- HS. 2005. Efterkalkyler 2004. Hushållningssällskapen i Skåne och Halland.
- Hushållningssällskapet Kristianstad, 2004. Produktionskalkyler för ekologisk växtodling i Skåne, Halland och Blekinge. Efterkalkyler för år 2004. <http://www.hush.se>, 2005-04-05.
- IPCC. 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for the National Greenhouse Gas Inventories. The Reference Manual (Volume 3). [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- IPCC. 2000. IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- ISO (International Organisation for Standardisation). 1997. Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework (ISO 14 040).
- Jordbruksverket. 2002. Förslag till handlingsprogram för användningen av bekämpningsmedel i jordbruket och trädgårdsnäringen till 2006. Rapport 2002:7. Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket. 2003a. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2004. Rapport 2003:22. Jordbruksverket, Jönköping, 62 s.
- Jordbruksverket. 2003b. Ekologisk odling av matpotatis. Jordbruksinformation Nr. 6.
- Jordbruksverket. 2004a. Mål för ekologisk produktion. Rapport 2004:19. Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket. 2004b. STANK in MIND. [www.sjv.se](http://www.sjv.se)
- KemI. 2004. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2003. Sveriges Officiella Statistik. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg, 34 s.
- Kjaer J, Olsen P, Barlebo H C, Juhler R K, Plauborg F, Grant R, Gudmundsson L, & Brusck W. 2004. The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Geological Survey of Denmark and Greenland. [www.pesticidvarsling.dk](http://www.pesticidvarsling.dk)
- Konsumentverket. 2003. Ekologiska och konventionella grönsaker. Odling och miljöpåverkan. PM 2003:6, Konsumentverket, Stockholm, 46 s., <http://www.konsumentverket.se>, 2005-04-08.
- Kreuger J & Nilsson E. 2001. Catchment scale risk-mitigation experiences – key issues for reducing pesticide transport to surface water. In: *Pesticide Behaviour in Soil and Water*. BCPC Symposium Proceedings No. 78, Brighton, UK, pp 319-324.

- Kreuger J, Törnquist M & Kylin H. 2004. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2003. *Ekohydrologi* 81. Inst för markvetenskap/Inst för miljöanalys, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. 83 sidor
- Larsen H F, Birkved M, Hauschild M, Pennington D W & Guinée J B. 2004. Evaluation of Selection Methods for Toxicological Impacts in LCA. *Int J LCA* 9 (5) 307-319.
- Lindgren J & Berg G. 2003. Vetets bladfläcksjuka (DTR) – biologi och bekämpning. Meddelande från södra jordbruksdistriktet nr 56, sid 25:1-10. Institutionen för växtvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Lindgren M, Pettersson O, Hansson P-A & Norén O. 2002. Jordbruks- och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner – samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner. JTI-Rapport Lantbruk & Industri 308. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala
- Livsmedelsverket. 2003. The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin: 2002. Report 12/2003. Livsmedelsverket, Uppsala, 223 sidor.
- Lovang T. 2003. Skördarna för låga! *Lantbrukets Affärer* nr 1, sid 38-39.
- Lundkvist A & Fogelfors H. 1999. Ogräsreglering på åkermark. Rapport 1, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala. Distribution Jordbruksverket, Jönköping, 266 s.
- Mattsson B. 1999. Life cycle assessment (LCA) of carrot purée: Case studies of organic and integrated production. SIK-Report 653, SIK, Göteborg, 77 s.
- Milà i Canals, L. 2003 Contributions to LCA Methodology for Agricultural Systems. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Miljötrender. 2004. Mindre gifter i jordbruket med optiska sensorer. I: *Miljötrender* Nr 3-4, s. 10-11, SLU, Uppsala.
- Olofsson S & Wallgren B. 1984. Höstvet i växtföljden. Rapport 130, Inst för växtodling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, 77 s.
- Olvång H. 2000. Utsädesburna sjukdomar på jordbruksväxter. *Jordbruksinformation* 8-2000, Jordbruksverket, 96 s..
- Pant R, Van Hoof G, Schowanek D, Feijtel T C J, de Koning A, Hauschild M., Pennington D W, Olsen S I, & Rosenbaum R. 2004. Comparison between Three Different LCIS Methods for Aquatic Ecotoxicity and a Product Environmental Risk Assessment. Insight from a Detergent Case Study within OMNIITOX. *Int J LCA* 9 (5) 295-306.
- Pimentel D. 1997. *Techniques for Reducing Pesticide Use*. Wiley, New York.
- Rasmussen I A. 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row with and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Res.* 44, 12-20.
- Reus J, Leendertse P, Bockstaller C, Fomsgard I, Gutsche V, Lewis K, Nilsson C, Pussemeyer L, Trevisan H, van der Werf H, Alfarroba F, Blumel S, Isart J, McGrath D, & Seppälä T. 1999. Comparing environmental risk indicators for pesticides – results of the European CAPER project. Centre for Agriculture and Environment, Utrecht, Nederländerna.

- Reus J, Leendertse P, Bockstaller C, Fomsgard I, Gutsche V, Lewis K, Nilsson C, Pussemeier L, Trevisan H, van der Werf H, Alfarroba F, Blumel S, Isart J, McGrath D & Seppälä T. 2002. Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 195-212.
- Roth C H, Meyer B, Frede H-G & Derpsch R. 1988. Effect of mulch rate and tillage systems on infiltrability and other physical properties of an oxisol in Paraná, Brazil. *Soil Tillage Res.* 11, 81-91.
- Rosling D, Erlandsson B, Pihlström T & Ericsson B-G. 2005. Dricksvattnet – en stor undersökning av bekämpningsmedel. [www.slv.se/templates/SLV\\_\\_\\_10764.aspx](http://www.slv.se/templates/SLV___10764.aspx)
- SCB. 2004a. Bekämpningsmedel i jordbruket 2003. Statistiska meddelande MI 31 SM 0401, Statistiska Centralbyrån, Örebro, 17 sidor
- SCB. 2004b. Database for Statistics. [www.ssd.scb/databaser/makro/start.asp](http://www.ssd.scb/databaser/makro/start.asp).
- SCB. 2004c. Skörd för ekologisk och konventionell odling 2003. Spannmål, örter, oljeväxter, matpotatis och slättervall. Statistiska meddelanden JO 16 SM 0402.
- Stern S, Sonesson U, Gunnarsson S, Öborn I, Kumm K-I. & Nybrant T. 2005a. Sustainable pig production in the future – development and evaluation of different scenarios. Report FOOD 21 No 5/2005 ISSN 1650-5611 ISBN 91-576-6819-1
- Stern S, Sonesson U, Gunnarsson S, Kumm, K-I & Nybrant T. 2005b. Sustainable development of food production – a case study on scenarios for pig production. *Ambio*, vol 34, Special nummer 4-5, 2005 (under tryckning)
- Stångå-Svartådalen. 2004. Maskinkostnader. Maskinringarna i Stångå-Svartådalen.
- Twengström E. (red.) 2001. Behovsanpassad bekämpning av skadegörare i jordbruksgrödor 2001. Faktablad om växtskydd, Jordbruk, SLU, Institutionen För ekologi och växtproduktionslära, Uppsala, 61 s.
- Törner L. 2004. Riskindex för kemiska bekämpningsmedel – resultat från en utvärdering på gårds-och grödnivå. Rapport september 2004. *Odling i Balans*. [www.odlingibalans.com](http://www.odlingibalans.com)
- Van Zuydam R P, Sonneveld C & Naber H. 1995, Weed control in sugar beet by precision guided implements, *Crop protection* 14, pp 335-340
- Wegener Sleeswijk A, Hejungs R & Erler ST. 2003. Risk Assessment and Life Cycle Assessment: Fundamentally Different yet Reconcilable. *Greener Management International*. Theme Issue: Chemical Risk Assessment, 41, 77-87. Greenleaf Publishing.
- Wiik L & Pålsson L. 2003. Olika insatser av fungicider och kväve i höstvet. Meddelande från södra jordbruksdistriktet nr 56, sid 3:1-3:17. Institutionen för växtvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Wivstad M, Salomonsson L & Salomonsson A-C. 1996. Effects of green manure, organic fertilizers and urea on yield and grain quality of spring wheat. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 46, 169-177.

### **Personliga meddelanden**

Andersson, Jan-Olof. 2004. Hushållningssällskapet, Borgeby

Bengtsson, Per. 2005. OLW Chips, Kristianstad

Hansson, David. 2005. SLU, Alnarp

Jönsson, Bodil. 2004. Jordbruksverket, Alnarp

Kling, Klas. 2005. Hushållningssällskapet, Kalmar

Lindahl, Cecilia. 2004. Taurus, Kävlinge

Lindkvist, A. 2005. Betodlarnas Service AB, Alnarp.

Lööf, Pär-Johan, 2005, Lantmännen, Enköping

Persson, Kristina. 2005. Danisco Sugar, Malmö

Törner, Lars. 2005. Odling i Balans, Vallåkra



## Bilaga 1 Växtskyddsmedel i scenarier för foderproduktion till gris

Använd aktiv substans av växtskyddsmedel, mekanisk ogräsreglering och behandlingsfrekvens i växtföljderna i scenarierna om produktion av grisfoder, scenario MILJÖ och BAU (Business as usual) (kapitel 4).

Tabell 1a. Användning av herbicider och mekanisk ogräsreglering i scenario MILJÖ

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens*
Höstraps	Radhackning	1
Höstvete	5 g tribenuron-metyl+90 g fluroxypyr	1
Korn	Ogräsharvning	0,5
	5 g tribenuron-metyl+375 g MCPA	0,5
Ärter	Ogräsharvning	0,8
	520 g bentazon+420 g aklonifen	0,2
Höstvete	5 g tribenuron-metyl+90 g fluroxypyr	1
Havre	5 g tribenuron-metyl+480 g diklorprop	1
Korn	5 g tribenuron-metyl+480 g diklorprop	1
Växtföljd (1 år av 7)	1 260 g glyphosate	0,142

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

Tabell 1b. Användning av fungicider i scenario MILJÖ

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens*
Höstvete	75 g pyraklostrobin+188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,5
Korn	188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,2
Höstvete	75 g pyraklostrobin+188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,5
Havre	281 g fenpropimorf+ 94 g propikonazol	0,2
Korn	188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,2

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

Tabell 1c. Användning av insekticider i scenario MILJÖ

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens*
Höstraps	500 g fenitroton	1
Höstvete	7,5 g deltametrin	0,25
Korn	75 g pirimicarb	0,2
Ärter	75 g pirimicarb	0,2
Höstvete	7,5 g deltametrin	0,25
Havre	75 g pirimicarb	0,2
Korn	75 g pirimicarb	0,2

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

Tabell 2a. Användning av herbicider i scenario BAU, Business as usual

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens
Havre	5 g tribenuron-metyl+480 g diklorprop	1
Höstvete	5 g tribenuron-metyl+90 g fluroxypyr	1
Korn	400 g MCPA+40 g klopyralid+80 g fluroxypyr	1
Höstvete	750 g isoproturon+ 150 g diflufenikan	1
	5 g tribenuron-metyl	1
Rågvete	5 g tribenuron-metyl+90 g fluroxypyr	1
Växtföljd (2 år av 5 )	1 260 g glyphosate	0,4

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

Tabell 2b. Användning av fungicider i scenario BAU, Business as usual

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens
Havre	281 g fenpropimorf+ 94 g propikonazol	0,2
Höstvete	75 g pyraklostrobin+188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,75
Korn	188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,2
Höstvete	125 g pyraklostrobin+188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	1
Rågvete	75 g pyraklostrobin+188 g fenpropimorf+62 g propikonazol	0,5

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

Tabell 2c. Användning av insekticider i scenario BAU, Business as usual

Gröda	Aktiv substans, dos per ha	Frekvens
Havre	75 g pirimicarb	0,2
Höstvete	7,5 g deltametrin	0,25
Korn	75 g pirimicarb	0,2
Höstvete	7,5 g deltametrin	0,25
Rågvete	7,5 g deltametrin	0,5

\* Frekvens: 1= applikation varje år, 0,5 applikation vartannat år i medeltal etc.

## Bilaga 2 Grunddata för LCA beräkningar

*Tabell 1 Emissioner för dieseltraktor*

Emissioner	gram per MJ diesel
CO	0.095
CO <sub>2</sub>	74.6
HC	0.025
NO <sub>x</sub>	0.8
SO <sub>2</sub>	0.019

källa: Lindgren et al (2002)

*Tabell 2 Emissioner vid förbränning av gasol*

Emissioner	gram per MJ gasol
CO	0,04
CO <sub>2</sub>	65
Methane	0,0015
N <sub>2</sub> O	0,003
NH <sub>3</sub>	1,00E-05
NMVOC, natural gas combustion	0,0035
NO <sub>x</sub>	0,06

källa: Energy&TrpDatabase CIT 3j

*Tabell 3 Emissioner vid förbränning av olja vid torkning av spannmål*

Emissioner	gram per MJ olja
CO	0,005
CO <sub>2</sub>	74
HF	4,50E-06
Methane	0,0008
NO <sub>x</sub>	0,025
SO <sub>2</sub>	0,0235

källa: Energy&TrpDatabase CIT 3j

Tabell 4 Svensk elmix 1995

Energislag	%
Vattenkraft	46,8
Kärnkraft	46,5
Fossil	4,9
Förnybar	1,8

källa: Energy&TrpDatabase CIT 3j

Tabell 5 Energianvändning och emissioner av CO<sub>2</sub> och N<sub>2</sub>O vid produktion av handelsgödsel

	per kg kväve	per kg fosfor
Energianvändning (MJ/kg)	41.8	30.6
Emission		
CO <sub>2</sub> , g/kg	2 950	3 080
N <sub>2</sub> O, g/kg	14.6	0.287

källa: Davis & Haglund, 1999

Tabell 6 Energianvändning och emissioner av CO<sub>2</sub> och N<sub>2</sub>O vid produktion av Biofer 6-3-12 och Biofer 4-1-20 (egna beräkningar baserat på uppgift från Lööf, J-O. pers medd. 2005)

	per kg Biofer 6-3-12	per kg Biofer 4-1-20
Energianvändning (MJ/kg)	3,4*	2,63**
Emission		
CO <sub>2</sub> , g/kg	214	168
N <sub>2</sub> O, g/kg	0,0005	0,0004

\*varav 0,284 MJ diesel vid transport av råvaror, \*\* varav 0,351 MJ diesel vid transport av råvaror

Tabell 7. Värden för direkta emissioner av N<sub>2</sub>O från åkermark

Nitrogen input	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N
Mineral fertilisers	0,0125
Manure	0,0125
N-fixation in crops	0,0125

källa: IPCC 2000

## Bilaga 3 Dataunderlag Allsidig växtodlingsgård

Dataunderlag för fallstudien Allsidig växtodlingsgård i Skåne

Tabell 1. Dieselanvändning i olika arbetsmoment. Om inget annat anges visar tabellen gårdens data för dieselanvändning

Arbetsmoment	Diesel, l/tim	Tim/ha (vid en körning)	L/ha
<b>Jordbearbetning</b>			
Plöjning	16	1,3	21
Stubbearbetning	25	0,5	13
Harvning (även Germinator)	16	0,5	7
Fräsning	25		
Kupning	10	0,5	5
Stensträngläggning	12	1,8	21
Stenplockning, lastare	12		
Djupmyllning, gödsel	25	0,6	16
<b>Sådd</b>			
Sådd, sockerbetor	10	0,5	5
Sådd , lök o pnacka	10	0,6	6
Sådd kombi spannmål	10	0,5	5
Sättning potatis	12	0,7	8
Transp utsäde	12		
<b>Växtskydd</b>			
Sprutning, ogräs o stubb	10	0,2	2
Sprutning, svamp o insekt	10	0,2	2
Bandspruta	7	0,4	3
Hackning ogräs	7	0,5	4
Ogräsharvning, spannmål*			1,5
Ogräsharvning, potatis*			3
Flamning+blastkrossning**			12
<b>Mineralgödsel</b>			
Spridning	10	0,4	4
Lastare	12	0,1	1
<b>Vall</b>			
Huggning	10	0,8	8
Strängläggning	12	0,3	4
Balning	25	0,8	19
Inplastning	15	0,3	4
Betesputsning/träda	12	0,5	6
Pustning frövall	10	0,5	5
<b>Tröskning</b>			
Strängläggning	15		
Tröska, spmål	25	0,8	21
tröska, frö	25	3	75
Hemtransport, spmål	20	0,3	6
Hemtransport, frö	20	0,1	2

\*Odling i balans, \*\*OLW, Kristianstad

Tabell 1 fortsättning

	<b>Arbetsmoment</b>	<b>Diesel, l/tim</b>	<b>Tim/ha (vid en körning)</b>	<b>L/ha</b>
<b>Halm</b>	vändning, strängläggning	12	0,5	6
	Hemtransport	12	0,5	6
	Lastning	15	0,5	8
	Pressning	12	0,5	6
<b>Stallgödsel</b>	Omrörning	10	1	10
	Fastgödsel	10		
	Lastning	15		
	Flytgödseltunna	22	1	22
<b>Upptagning</b>	Potatis	12	3,1	37
	Sockerbetor	12	2,5	30
	Övriga	12		67
	Transport, betor	10	2,5	25
	Transport, lök	12	1	12
	Transport, potatis	12	3,5	41
<b>Bevattning</b>	Flyttning	7	0,6	22 (vid 5 flytt)

\*Odling i balans, \*\*OLW, Kristianstad

## Bilaga 4 Användning av diesel i scenario Ekologisk produktion

Dataunderlag för användning av diesel i scenariot Ekologisk produktion på den allsidiga växtodlingsgården i Skåne. I tabellen anges gårdens användningen i nuläget samt beräknad användning i EKO-scenariot

Tabell 1. Dieselanvändning i radhackade grödor

Arbetsmoment	Matpotatis		Sockerbetor		Palsternacka		Lök	Morot
	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha
Jordbearbetning	22	54	25	64	52	62	39	62
Sättning, sådd	8	12*	5	5	6	6	6	6
Ogräs**	11	19	13	16	13	27	20	27
Mineralgödsel	5	0	4	0	10	0	9	0
Stallgödsel	0	7	48	22	32	25	0	25
Växtskydd	18	0	2	0	0	0	14	0
Övrigt***	0	17	0	2	0	0		0
Skörd, trp	78	62	55	51	55	50	79	55
Bevattning	22	18	10	0	26	26	22	26
<b>Summa</b>	<b>164</b>	<b>177</b>	<b>162</b>	<b>160</b>	<b>194</b>	<b>196</b>	<b>189</b>	<b>201</b>

\* ökat 50 % i eko p g a hantering av förgrott utsäde

\*\* diesel för ogräsharvning, flanning, radrensning, kupning

\*\*\* diesel för putsning, flanning blast

Tabell 2. Dieselanvändning i spannmål

Arbetsmoment	Höstvete		Vårvete		Fod:korn	Havre	Råg	Rågvete
	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha	Nuläge l/ha	Eko l/ha
Jordbearbetning	15	54	27	54	41	28	25	33
Sättning, sådd	5	5	5	5	5	5	5	5
Ogräs*	2	3	2	3	2	3	2	4,5
Mineralgödsel	8	0	5	0	5	0	8	0
Stallgödsel	32	10	0	0	0	0	0	7
Växtskydd	2	0	2	0	2	0	0	0
Övrigt	0	0	0	0	0	0	0	0
Skörd, trp	27	26	27	26	27	26	27	26
Bevattning								
<b>Summa</b>	<b>91</b>	<b>98</b>	<b>68</b>	<b>88</b>	<b>82</b>	<b>62</b>	<b>67</b>	<b>75,5</b>

\*diesel för ogräsharvning

Tabell 3. Dieselanvändning i grovfoder, frö och ärt

Arbetsmoment	Havre/ärt Nuläge l/ha	Kornärt Eko l/ha	Vall Eko l/ha	Ängsgrö Nuläge l/ha	Vitklöv Eko l/ha	Ärter Eko l/ha
Jordbearbetning	36	41				
Sättning, sådd	8	5		2	2	5
Ogräs		3		4		3
Mineralgödsel	5			8		
Stallgödsel	32	7		32		
Växtskydd						
Övrigt*					15	
Skörd, trp **	37	27	83	77	30	27
Bevattning				12		
<b>Summa</b>	<b>118</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>135</b>	<b>47</b>	<b>35</b>

\* 1 putsning höst efter insådd och 2 putsningar under tidig sommar för slå ner baldersbrå

\*\* hög dieselanv i ängsgröe p g a besvärliga tröskförhållanden





## **Bilaga 5 Minskad kemisk bekämpning med ny sprutteknik, Fredriksson 2002**



### **En studie av möjligheter att med ny sprutteknik minska användningen av bekämpningsmedel i jordbruket**

Korttitel: Minskad kemisk bekämpning med ny sprutteknik

Hans Fredriksson 2002, Institutionen för lantbruksteknik, Uppsala, 14 s..





Institutionen för lantbruksteknik

# En studie om möjligheten att med ny sprutteknik minska användningen av bekämpningsmedel i jordbruket

Hans Fredriksson  
Uppsala 2002

## **BAKGRUND OCH SYFTE**

Det finns i dagens samhälle ett antal drivkrafter för att få till stånd en minskning av bekämpningsmedelsanvändningen inom jordbruket. Lantbrukare önskar minska sina kostnader för preparat och fältarbete. Lantbrukaren och samhället i stort strävar också mot en minskad miljöbelastning vid produktion av grödor och en minimering av bekämpningsmedelsrester i våra livsmedel.

Dessa drivkrafter leder till en utveckling av ny teknik för applicering av bekämpningsmedel i jordbruket. Den nya tekniken är tänkt att möjliggöra en reduktion av bekämpningsmedelsdosen och minska risken för vindavdrift i jämförelse med konventionell sprutteknik. Ett flertal tekniska lösningar finns redan på marknaden medan andra befinner sig på utvecklingsstadiet.

Syftet med denna rapport är att undersöka möjligheten att med ny sprutteknik minska användningen av bekämpningsmedel i jordbruket med bibehållen bekämpningseffekt. Studien är tänkt att ge en framtidsbild av teknikutvecklingen utifrån dagens kunskap. Uppgifter för studien har uteslutande hämtats från litteraturen. Utifrån resultatet ges även uppskattningar om potentialen för framtida minskningar av bekämpningsmedelsanvändningen, tänkta att kunna användas i andra studier.

## **AVGRÄNSNINGAR**

I studien har teknik för applicering av herbicider, fungicider och insekticider i odling av spannmål, oljeväxter, potatis och sockerbetor studerats. Framst har studerats utveckling av konventionell teknik med utrustning som avser att förbättra sprutbarheten och öka kapaciteten samt precisionsteknik som styr bekämpningsinsatserna dit de har störst effekt.

I denna studie har ingen hänsyn tagits till utvecklingen av nya bekämpningspreparat och den påverkan detta kan tänkas få på bekämpningsmedelsanvändningen. Inte heller har beaktats den påverkan på användningen av bekämpningsmedel som införandet av nya metoder som kemikaliefri ogräsbekämpning, förbättrade prognosmetoder etc. kan tänkas medföra.

## **FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SPRUTNING AV VÄXTSKYDDSMEDEL**

Generellt kan sägas att framgångsrik sprutning i växtskyddsarbetet förutsätter att åtgärden sker vid rätt tidpunkt, ger god avsättning och täckning på grödan samt att rätt dos appliceras (Hagenvall, 2002).

För att uppnå ett lyckat resultat måste bekämpningen ske vid rätt tidpunkt avseende skadegörarnas och kulturväxternas utvecklingsstadium. Förbättrad sprutteknik kan inte påverka detta faktum men däremot förbättra möjligheten att utföra behandlingen vid rätt tillfälle. Ökad sprutkapacitet kan fås genom t ex ökad körhastighet, tankvolym och arbetsbredd eller minskad vätskemängd. Möjligheten att utföra bekämpningen vid rätt tillfälle kan även ökas genom teknik som minskar väderleksberoendet. Exempel på sådan teknik är förbom, lufttillsats och släpduk.

Den sprutteknik som används vid bekämpning påverkar den avsättning och täckning på grödan som kan erhållas. Bekämpningsmedel fördelat på små droppar ger bättre effekt än stora droppar vid en given vätskemängd (Enfält m.fl., 1997). Teknik som kan applicera bekämpningsmedel i form av små droppar skulle därför kunna reducera användningen av bekämpningsmedel med bibehållen effekt. I praktiken är det dock möjligheten att få de små dropparna avsatta på växten som bestämmer den optimala droppstorleken.

Möjligheten att få bekämpningsmedel avsatt på en växt beror av en mängd faktorer. Egenskaper hos dropparna som storlek, hastighet, ytspänning, träffvinkel och egenskaper hos växten som bladform, läge, eventuell behåring samt vaxskiktets beskaffenhet påverkar mängden avsatt vätska (Hagenvall, 2002). Små droppar avsätts lätt på alla blad men risken för avdrift vid sprutning är stor. Lite större droppar (0,1-0,2 mm) avsätts även de ganska lätt om inte träffvinkeln är ogynnsam. Större droppar kan vara svårt att få avsatta varför tillsatsmedel som sänker ytspänningen kan behöva användas.

Duschkvaliteten bestäms av spridarmunstyckets storlek och vätskans tryck. Duschkvaliteten måste anpassas beroende på vilket bekämpningsmedel som används och de aktuella väderleksförhållandena. Vid optimala väderförhållanden är en vanlig spalt-spridare att fördra medan ett munstycke som ger en grövre duschkvalitet är mer lämplig då större risk för avdrift föreligger (Hagenvall, 2002).

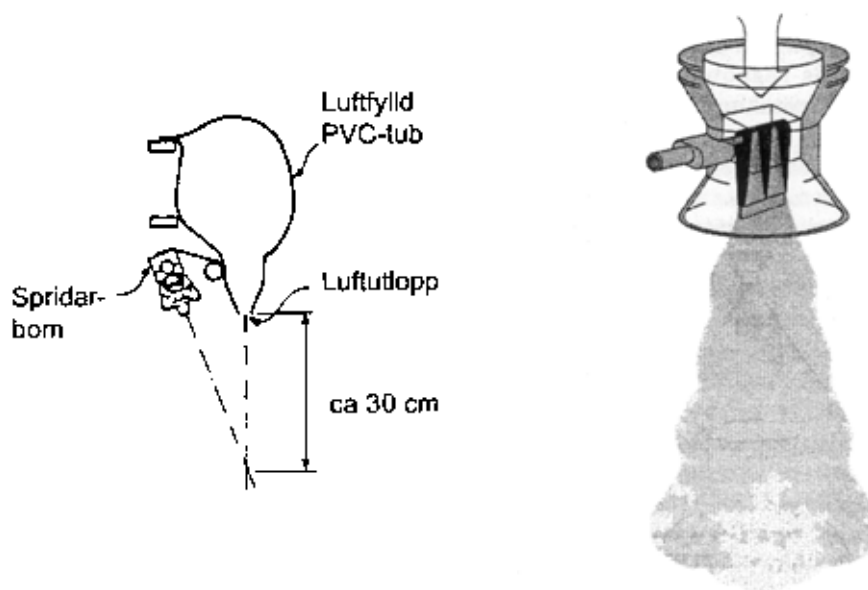
Rätt dos är den lägsta dos med vilken önskad effekt kan uppnås. Denna dos påverkas av en rad faktorer som spridningstidpunkt, spridningsjämnhet och teknik. Viktigt att notera är att individdosen kan variera kraftigt trots att arealdosen är densamma vid två spruttillfällen. Simuleringar av Enfält m.fl. (1996) visade att en högre spridningsjämnhet möjliggör dosreduktion med bibehållen biologisk effekt.

## **TEKNIK SOM KAN FÖRBÄTTRA SPRUTBARHETEN SAMT ÖKA KAPACITETEN**

Det pågår arbete för att, med ovan givna förutsättningar, förbättra appliceringstekniken i syfte att minska bekämpningsmedelsanvändningen. Tekniken bör ge en hög sprutkapacitet, liten vindavdrift, hög täckningsgrad på plantan, jämn vätskefördelning och låg avsättning på marken med hög bekämpningseffekt vid låg dos (Wretblad, 2001). Dessa krav är dock svåra att kombinera varför valet av teknik måste bli en kompromiss.

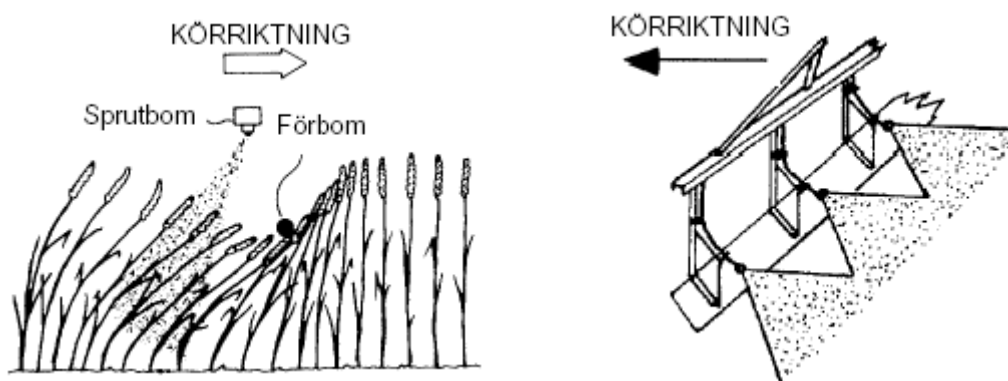
Sprutning med små vätskemängder minskar tidsåtgången för fyllning och transport vid sprutningsarbetet. Detta medför i sin tur att större areal kan behandlas under optimala förhållanden. Applicering av små vätskemängder åstadkoms vanligen genom användning av sprutmunstycken med små öppningar. Användning av denna typ av sprutmunstycken ökar väderleksberoendet och risken för avdrift. Användning av s.k. low-driftmunstycken ger en grövre duschkvalitet vilket minskar risken för avdrift. Avdriftens storlek varierar stort beroende på väderleksförhållandena vid det aktuella spridningstillfället. I försök har avdrift på mellan 0,4 och 13,5 % av sprutad vätska uppmätts för konventionell teknik, beroende på bl.a. väderleksförhållanden och appliceringsteknik (Arvidsson & Ljungström, 1998).

Med konventionell teknik är det på grund av risken för avdrift svårt att få droppar med en diameter understigande 0,1 mm att nå ner till grödan. Med hjälp av tillsatsluft kan transport av droppar och avsättning på plantan förbättras. Genom att små droppar förbättrar täckningen vid en given vätskemängd skulle användningen av bekämpningsmedel kunna minska. Relativt stora mängder luft från en fläkt måste tillsättas. Vanligast idag är system där vätska och luft möts då droppar bildats i ett spridarmunstycke men det förekommer även system där luften tillförs vid själva droppbildningen (Hagenvall, 2002). Exempel på anordningar för lufttillsats visas i Figur 1.



Figur 1. Principbild av spridaranordningar med tillsatsluft av fabriken Hardi Twin och Danfoil (Källa: Hagenvall, 2002)

Exempel på tekniska system för att minska risken för avdrift och förbättra nedträngningen i uppvuxna bestånd är användandet av förbom och släpduk. Med en förbom som viker undan grödan kan sprutbommen sänkas betydligt och risken för avdrift minskar. Släpduk har liknande egenskaper men kan även användas vid bekämpning i tidiga bestånd och på obevuxen mark. Principen för system med förbom och släpduk visas schematiskt i Figur 2.



Figur 2. Principbild av spridaranordning med förbom resp. släpduk (Källa: Arvidsson & Ljungström, 1998)

Wretblad (2001) undersökte i ett fyraårigt projekt bekämpningseffektivitet och vätskefördelning för olika appliceringstekniker i olika grödor. Vid försöken testades olika typer av sprutmunstycken samt sprutanordningar med tillsatsluft och släpduk. Projektet inkluderade såväl studier av sprutvätskans fördelning på plan yta och i växande gröda som biologisk effekt för de olika teknikerna.

Den biologiska effekten av bekämpning med de olika teknikerna studerades i fältförsök med linjär förändring av dosen. Försöken inkluderade ogräsbekämpning i vårkorn, svampbekämpning i höstvetete och bladmögelsbekämpning i potatis.

Avsättningsstudierna visade på relativt stora skillnader i fördelning av sprutvätska, framförallt i potatisbestånd där konventionell teknik placerade huvudparten av vätskan på de översta bladen. Dock kunde inte några signifikanta skillnader i biologisk effekt mellan de olika teknikerna uppmätas för någon av grödorna. En möjlig anledning som anges till de små skillnaderna i biologisk effekt är att försöken utförts vid gynnsamma väderleksförhållanden. Teknikernas förmåga att minska vindavdriften och öka kapaciteten har därför inte kunnat utnyttjas.

Jensen m.fl. (2001) undersökte den biologiska effekten av användning av s.k. low-driftmunstycken och munstycken där luft tillförs vid droppbildningen. I försöken studerades den biologiska effekten av ogräsbekämpning och svampbekämpning i vete med de olika teknikerna. Trots att försöken visade på stora skillnader i fördelning av sprutvätska för de olika munstyckena kunde inga signifikanta skillnader i bekämpningseffekt i jämförelse med användning av konventionell teknik uppmätas.

Även Permin m.fl. (1992) har studerat den biologiska effekten vid svampbekämpning i vetebestånd med munstycken som skall minska avdriften. Inte heller här kunde någon biologisk effekt detekteras trots att fördelningen av sprutvätskan uppvisade stora variationer.

Nordbo m.fl. (1995) undersökte den biologiska effekten av användning av s.k. low-driftmunstycken och munstycken med lufttillsats i ogräsbekämpning vid odling av sockerbetor. Inte heller här kunde några signifikanta skillnader i biologisk effekt uppmätas.

Studier av avdriften vid användning av avdriftsreducerande åtgärder har visat som förbom, lufttillsats och släpduk har visat att vindavdriften kan minskas mellan 23 och 84 % (Arvidsson & Ljungström, 1998). Vid bibehållen bekämpningseffekt innebär minskad avdrift en minskad miljöbelastning.

Sammantaget verkar det som om användning av ny teknik som syftar till att minska avdriften och förbättra avsättningen har liten eller ingen effekt på ogräs- eller svampbekämpningen i jämförelse med konventionell sprutteknik. Många av testerna har dock utförts under gynnsamma väderleksförhållanden där den nya tekniken inte riktigt kommer till sin rätt. Jensen (1999) menar dock att den stora vinsten med den nya tekniken är att kunna minska avdriften till omkringliggande områden med bibehållen dos och effekt.



## TEKNIK FÖR ÖKAD PRECISION I VÄXTSKYDD SAR BETET

Som nämnts ovan krävs det för att sprutning i växtskyddsarbetet skall vara effektiv att den sker vid rätt tidpunkt, ger god avsättning och täckning samt att rätt dos appliceras. Rätt dos är den lägsta dos med vilken önskad effekt kan uppnås. Vid användning av konventionell teknik eftersträvas en jämn fördelning av sprutvätskan för att försäkra sig om en tillfredställande bekämpning över hela fältet vid lägsta möjliga dos (Hagenvall, 2002). Skulle dosen istället anpassas efter bekämpningsbehovet i fältets olika delar skulle samma bekämpningseffekt kunna uppnås med en reducerad mängd bekämpningsmedel.

### Herbicer

Förekomsten av ogräs är ofta ojämnt fördelad inom ett fält och ogräs förekommer ofta i mer eller mindre väl avgränsbara områden (Stafford & Miller, 1993; Nordmeyer m.fl., 1997). Orsaker till den ojämna fördelningen kan bland annat vara rotsystem hos perenna ogräs, platsspecifika förutsättningar som jordart och vattenförhållanden eller rumsliga skillnader i brukandet av marken (Cousens & Woolcock, 1997). Fördelningen av ogräs inom ett fält är dessutom ofta likartad från år till år.

I ett system där bekämpningsmedelsdosen skall varieras efter ogräsförekomsten krävs utrustning för att identifiera områden med ogräs och sprutor där bekämpningsmedelsdosen kan varieras. För ogräsidentifiering finns två olika angreppssätt där det ena består i att ogräsförekomsten först lokaliseras varefter en upprättad ogräskarta kan användas för att styra appliceringen av bekämpningsmedel. Sprutekipagets placering på fältet måste då bestämmas med t ex en GPS-mottagare. Den andra metoden består av en utrustning monterad på traktorn som detekterar ogräs och reglerar bekämpningsmedelsdosen i realtid.

Registrering av ogräsförekomst för upprättande av ogräskartor kan göras med olika metoder. Den enklast men samtidigt kanske mest arbetskrävande är att genom fältobservationer identifiera områden med hög ogräsförekomst. Andra metoder för lokalisering av områden med ogräs är genom studier av flygfotografier, uppgifter om jordartsfördelning, registrering vid andra fältaktiviteter eller genom studier av ogräsdata från föregående år (Nordmeyer m.fl., 1997). Erhållna data måste sedan föras in i ett geografiskt informationssystem (GIS) för att generera en ogräskarta varifrån bekämpningen kan styras.

Genom utveckling av teknik som i realtid registrerar ogräsförekomst och styr bekämpningsmedelsdosen skulle arbetsinsatsen kunna sänkas betydligt. Denna typ av system baseras på sensorer eller bildanalys där ogräs kan identifieras. Redan idag finns på marknaden system för totalbekämpning eller bekämpning för grödans uppkomst. Dessa system bygger på en enkel sensor som detekterar allt grönt och då slår på spridarrampen (Engqvist, 1997; Biller, 1998). Genom reflektansmätning kan olika växtarter detekteras och därigenom möjliggöra styrd bekämpning (Feyaerts m.fl., 2001). Utveckling pågår även med teknik som med bildanalys kan urskilja ogräs i växande gröda med hjälp av t ex bladform. Bilder i fält är dock komplexa med överlappande blad och varierande ljusförhållanden varför metoden blir väldigt beräkningsintensiv (Engqvist, 1997). Tekniken befinner sig fortfarande på prototypstadiet men försök har visat på dess potential (Tian, 2002).

Engqvist m.fl. (1997a) utförde fältförsök för att bedöma bekämpningseffekten vid en varierad bekämpningsmedelsdos. I 600 försöksrutor med korn studerades ogräsförekomst före och efter sprutning med varierande doser av bekämpningsmedel. Utifrån resultatet kunde en erforderlig dos vid platsspecifik bekämpning simuleras. Denna dos uppgick till 38 % av rekommenderad dos vid jämn sprutning över hela fältet.

Heisel m fl (1997) undersökte möjligheten till reduktion av bekämpningsmedelsanvändningen genom användning av platsspecifik bekämpning av ogräs i vårkorn. Ogräsförekomsten bestämdes manuellt och en bekämpningskarta framställdes med programvaran DAPS (Decision Algorithm for Patch Spraying). Platsspecifik ogräsbekämpning resulterade i en minskning av bekämpningsmedelsanvändningen med 41 %. Den platsspecifika bekämpningens effekt på det framtida ogrästrycket undersöktes dock inte.

Stafford m.fl. (1997) har i ett omfattande projekt studerat möjligheten att detektera ogräs med olika tekniker samt den praktiska tillämpbarheten av platsspecifik ogräsbekämpning. Försök visade på potential för ogräsdetektion med hjälp av bildanalys och reflektansmätning, även om tekniken befinner sig på utvecklingsstadiet. Inom projektet utfördes även försök med platsspecifik bekämpning av gräsogräs i spannmål. Användning av ogräskartor och positionsbestämning med GPS resulterade i en reduktion av bekämpningsmedelsanvändningen med 40-60 % i jämförelse med konventionell teknik.

Biller (1998) genomförde försök med styrning av bekämpningsmedelsdosen i realtid med hjälp av sensorer som detekterar gröna växter. Styrd applicering av herbicider före uppkomst av gröda (majs) resulterade i en minskad preparatanvändning på mellan 30 och 70 %.

Felton & McCloy (1992) rapporterar om minskningar på 90 % vid användning av sensorstyrd ogräsbekämpning på träda. Uppgifter om besparing av herbicidmängden på upp mot 90 % vid totalbekämpning av ogräs med denna teknik rapporteras även av Engqvist m.fl. (1997a).

Tian (2002) undersökte möjligheten att i realtid styra applicering av bekämpningsmedel med hjälp av bildanalys. Försöken utfördes i odling av majs och sojabönor. Med uppgifter om radavstånd, förväntad plantstorlek mm kunde systemet detektera ogräs. En beslutsalgoritm baserad på ekonomisk avkastning styrde sedan bekämpningsinsatsen. Försöken visade att system med bildanalys har potential att minska bekämpningsmedelsanvändningen med 52-71 %.

Gerhards & Sökefeld (2001) studerade även de möjligheten att styra bekämpningsmedelsdosen med bildanalys. Under fyra år odlades höstvete, höstkorn, sockerbetor och majs på fyra olika fält. Detektionen av ogräs skedde i realtid och uppgifter om ogräsförekomst sparades tillsammans positionsangivelser. Av uppgifterna om ogräsförekomst kunde utläsas att den genomsnittliga ogräsförekomsten på alla fält under alla år motiverade kemisk bekämpning. Ofta var dock mindre än hälften av fältarean i behov av bekämpning. Försöken visade att platsspecifik ogräsbekämpning i realtid kan reducera användningen av bekämpningsmedel med 62-89 % i höstvete, 60-92 % i höstkorn och 36-42 % i sockerbetor.

van Zuydam m fl (1995) utförde försök med laserstyrda fältaktiviteter i sockerbetsodling. Genom att raderna i odlingen kunde lokaliseras kunde gödslingen styras till plantorna och radhackning utföras på 80 % av arealen. Den exakta styrningen av fältaktiviteterna gjorde att området som besprutades med herbicider kunde begränsas till en bredd av ca 12,5 cm vid varje rad. Detta resulterade i en minskning av bekämpningsmedelsanvändningen med 75 %.

Feyaerts & Gool (2001) studerade hur reflektansmätning kan användas för att detektera ogräs. I försöken uppmättes reflektansen i det nära infraröda området. Detta då reflektansen av synligt ljus till största del beror av mängden klorofyll. I det nära infraröda området däremot är reflektansen mer beroende av inre egenskaper som cellstorlek och antal cellager men även yttre egenskaper vaxskikt och behåring. Försök med realtidsstyrd applicering av bekämpningsmedel i sockerbetsodling resulterade i en beräknad reducering av bekämpningsmedelsdosen på upp mot 90 %.

## Fungicider

Liksom ogräs är förekomsten av svampsjukdomar ofta ojämnt fördelade inom ett fält. Ofta är variationerna även likartade från år till år. Områden i sänkor, med höga humushalter, täta grödbestånd eller nära fältkanter uppvisar ofta högre svampangrepp medan angreppen vanligtvis är lägre i höglänta områden (Secher m.fl., 1996). En ojämn fördelning av sjukdomsförekomsten ger förutsättning för utveckling av plats-specifik bekämpning vilket skulle kunna leda till en reducering av bekämpningsmedelsanvändningen.

För att kunna styra bekämpningen krävs en inventering av svampangreppen. Detta kan göras för hand men detta är en mycket arbetskrävande och tidsödande operation. Ett möjligt alternativ för att bestämma angreppens omfattning är att använda sig av fjärranalys (Ewaldz, 1997). Grödan kan då undersökas på ett snabbt och effektivt sätt genom att mäta hur mycket ljus som reflekteras från växtdelarna. Jordbruksgrödor mäts ofta i det för människor synliga området (400-700 nm) och det nära infraröda området (700-1100 nm). Med hjälp av en så kallad crop-scanner kan flera våglängder mätas samtidigt och den procentuella reflektionen beräknas utifrån den infallande strålningen (Ewaldz, 1997).

Klorofyllet i gröna växter absorberar det röda synliga ljuset för fotosyntesen. Det infraröda ljuset reflekteras till stor del av friska grödor men reflektansens storlek är i hög grad beroende av bladets cellstruktur och vatteninnehåll. Då en stressad växt skiljer sig från ett friskt vad gäller reflektans av ljus kan områden med svampangrepp identifieras (Ewaldz, 1997).

Secher (1997) genomförde försök med plats-specifik applicering av fungicider i vete. Reflektansen från vetebeståndet mättes med sensorer monterade på en traktor utrustad med differentiell GPS. Med hjälp av ett dataprogrammet PC-Plant Protection (PC-P) kunde sedan doser för olika försöksrutor beräknas. Parallellt behandlades försöksrutor med en jämn dos beräknad i PC-P. De båda försöksområdena behandlades med en lika stor genomsnittlig dos. Försöket visade på en signifikant högre skördenivå i de områden som behandlats plats-specifikt, 7,39 ton/ha respektive 7,09 ton/ha, trots att skillnaden i svampangrepp var små. Skillnaden i skördenivå ansågs bero på att bekämpningen styrts till de områden med höga angrepp där också bekämpningen har högst effekt på avkastningen.

Bjerre & Secher (1998) rapporterar om lantbrukare som kunnat minska bekämpningsmedelsanvändningen med mellan 10 och 13 % vid platspecifik svampbekämpning i höstvete.

Även Ewaldz (2000) studerade effekten vid platspecifik applicering av fungicider. Med hjälp av reflektansmätning bestämdes det s.k. RVI-värdet (Ration Vegetation Index) för bestånd av vete och därigenom kunde förväntad skördenivå i olika områden bestämmas. De olika områdena behandlades med varierade doser varefter effekten av behandlingen kunde studeras. Resultaten visade att bekämpningseffekten var högst i områden med låga RVI-värden, dvs där skördenivån förväntades bli låg. Angreppen var här högre än i andra områden men tack vare att bestånden var glesare antogs fungiciden lättare kunna tränga ner i växtligheten. I områden med höga RVI-värden har fungiciden istället svårare för att tränga ner. Vid beaktande av faktorer som kostnader för preparat, körning och körskador uppnås de bästa resultaten vid besprutning med  $\frac{1}{3}$  dos i områden med låg skördenivå och  $\frac{2}{3}$  dos i områden med medelhög och hög skördenivå (SLF, 2000). Med andra ord kan bekämpningsmedelsdosen reduceras i områden som bedöms ge låg och hög avkastning.

## **Insekticider**

Även förekomsten av skadeinsekter uppvisar stora variationer i tid och rum (Robert, 1998). Variationerna kan bero på genetiska faktorer, populationsdynamik, biotiska och abiotiska faktorer. Förändringar i insekters utbredning kan ske snabbt som ett resultat av t ex en förändring av temperaturen. Blom & Fleischer (2001) fann i sina studier att det finns ett tydligt och förutsägbart mönster för insekters rumsliga fördelning i fält.

Weisz m.fl. (1996) undersökte möjligheten att variera bekämpningsmedelsdosen över fältet för bekämpning av Coloradoskalbaggen i potatis. Förekomsten av skalbaggen inventerades genom fältobservationer varefter bekämpningskartor kunde upprättas. Försöken med platspecifik bekämpning av Coloradoskalbaggen visade att en reduktion av insekticidanvändningen på 30-40 % var möjlig. Dessutom bedöms risken för resistans mot insekticider vara lägre vid platspecifik bekämpning. På längre sikt kan införande av denna typ av bekämpning ge ytterligare fördelar i jämförelse med den konventionella då en varierad bekämpningsmedelsdos antas kunna gynna skadedjurens naturliga fiender (Weisz m.fl., 1996)

Huruvida erfarenheterna från platspecifik bekämpning av Coloradoskalbaggen är överförbar till skadedjursbekämpning under våra förhållanden är inte känt.

## **INFÖRANDET AV NY SPRIDNINGSTEKNIK I DET FRAMTIDA JORDBRUKET**

Möjligheten att i ett framtida jordbruk införa ny bekämpningsmedelsreducerande sprutteknik beror av ett antal faktorer. En av de kraftigare drivkrafterna till införande av ny sprutteknik är möjligheten till ekonomiska besparingar. Ny sprutteknik skulle inte bara kunna sänka preparatkostnaden utan även kostnaden för fältarbete då ny teknik bedöms ha en högre kapacitet. Den högre kapaciteten ökar samtidigt möjligheten att behandla större areal vid optimal tidpunkt vilket minskar läglighetskostnaderna.

Ökade miljökrav kan komma att ställa krav på ytterligare begränsningar av bekämpningsmedelsanvändningen, särskilt inom exempelvis vattenskyddsområden. Dessutom kan krav på ökad livsmedelssäkerhet styra utvecklingen mot en mindre bekämpningsmedelsintensiv produktionen av grödor.

Det pågår i det svenska lantbruket en storleksrationalisering där mindre brukningsenheter slås samman för att bilda större enheter. Ett storskaligt brukande av åkermarken ökar möjligheten till investeringar i ny teknik och vinsten av kapacitetshöjande åtgärder bli mer uppenbar. Vad gäller platsspecifik bekämpning finns möjlighet till synergieffekter inom precisionsjordbruket där kunskap om t ex ogräsfördelning och riskområden för svampangrepp kan styra övriga fältinsatser.

För införande av ny bekämpningsmedelsreducerande teknik är dess praktiska användbarhet avgörande. Tekniken måste vara robust och tillförlitlig i den miljö där den skall användas. Vidare bör arbetsinsatsen för kalibrering och underhåll vara måttlig.

## **MÖJLIG REDUKTION AV BEKÄMPNINGSMEDELSANVÄNDNINGEN MED NY TEKNIK**

Utveckling av konventionell teknik med tillsatsluft, släpduk, low-driftmunstycken etc. har visat sig kunna reducera vindavdriften avsevärt. Försök har dock visat att bekämpningseffekten inte ökar i motsvarande grad. Utsikterna för att avsevärt kunna minska användningen av bekämpningsmedel ter sig därför vara små. Dock kan minskad avdrift vid bibehållen dos och bekämpningseffekt innebära en minskad miljöbelastning.

Försök med användning av precisionsteknik för platsspecifik applicering av herbicider i växande gröda har visat på en betydande potential för reduktion av bekämpningsmedelsanvändningen. Teknik för att styra appliceringen är väl utvecklad medan problem kvarstår vad gäller detektion av ogräs. Genomförda försök visar att en reduktion på 50 % av bekämpningsmedelsmängden är fullt tänkbar, även om flera försök visar på ännu högre potential. Möjliga reduktioner på 50 % uppskattas även av Robert (1998) och Engqvist m.fl. (1997b).

Sensorer för styrning av applicering av herbicider vid totalbekämpning eller bekämpning före uppkomst av gröda finns redan på marknaden. Studier har visat på reduktioner av bekämpningsmedelmängden på 90 %.

Även vid bekämpning av svampsjukdomar har försök med platsspecifik applicering av bekämpningsmedel visat på stor potential. Liksom vid ogräsbekämpning framstår detektionen av områden med svampangrepp vara det stora problemet för att få till stånd väl fungerande system. Applicering av fungicider med precisionsteknik har i ett tidigt försök visat på reduktioner på 10-13 % medan ett annat försök visat på reduktioner på upp mot  $\frac{2}{3}$  i delar av fält. Då tekniken befinner sig på ett tidigt utvecklingsstadium och försök endast utförts i begränsad skala är det svårt att uppskatta potentialen till reduktion av fungicidanvändningen. I en grov skattning kan potentialen för minskning av fungicidanvändning vid platsspecifik bekämpning sättas till  $\frac{1}{3}$  i jämförelse med konventionell teknik.

Vad gäller applicering av insekticider med precisionsteknik är det svårt att dra några slutsatser från de försök som genomförts. Någon utvecklad teknik för automatisk detektion av skadedjur finns inte för närvarande men försök med bekämpning av Coloradoskalbaggen i potatis visade på minskningar av insekticidmängden på 30-40 %. Det visar att potential för minskning av insekticidmängden finns men storleken är svår att bedöma.

## REFERENSER

Arvidsson, T., Ljungström, K., 1998, *Att begränsa vindavdrift vid kemisk bekämpning – en fråga om teknik och skyddsavstånd*, Fakta Jordbruk nr 2 1998, SLU.

Biller, R.H., 1998, Reduced input of herbicides by use of optoelectronic sensors, *J. agric. Engng Res.* 71 357-362.

Bjerre, K.D., Secher, B.J.M., 1998, Field experience with sitespecific application of fungicide to winter wheat, *Pests & diseases – Proceedings of the 1998 Brighton conference* 987-992, Farnham.

Blom, P.E., Fleischer, S.J., 2001, Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Environmental entomology* Vol. 30, no. 2 350-364.

Christensen, S., Walter, A.M., Heisel, T., 1999, The patch treatment of weeds in cereals, *Weeds – Proceedings of the 1999 Brighton conference* 591-600, Farnham.

Cousens, R.D., Woolcock, J.L., 1997, Spatial dynamics of weeds: an overview, *Weeds – Proceedings of the 1997 Brighton conference* 613-618, Farnham.

Enfält, P., Alness, K., Engqvist, A., 1996, A mathematical modell of dose response behaviour – depending on the spray liquid distribution, International conference on Agricultural engineering, Madrid 23-26 September 1996, paper 96A-132.

Engqvist, A., 1997, Ny teknik för ökad precision, *Hur kan forskningen bidra till lönsam och uthållig växtodling* 33-34, SLF rapport 29, Stockholm.

Engqvist, A., Bengtsson, P., Alness, K., 1997a, Selective broad-leaved weed control by site based on plant variables, *Optimising pesticide applications*, Aspects of applied biology 48, The association of applied biologists, Warwick

Engqvist, A., Bengtsson, P., Enfält, P., Alness, K., 1997b, A model for site specific Broad-leaved weed control based on weed plant variables, *Precision Agriculture 1997*, Volume I 869-878, Spatial Variability in Soil and Crop, BIOS, Oxford.

Ewaldz, T., 1997, Fjärranalys – uppskattning av skördenivå och sjukdomsangrepp – möjligheter till styrning av bekämpningsinsatserna, *Rapport från växtodlings- och växtskyddsdagarna i Växjö den 9 och 10 december 1997*, Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet nr 48, SLU.

Ewaldz, N.A.T., 2000, Radiometric readings as a tool for predicting optimal fungicide dose in winter wheat, *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Felton, W.L., McCloy, K.R., 1992, Spot spraying – Microprocessor-controlled, weed-detecting technology helps save money and the environment, *Agricultural engineering* 6 9-12.

Feyaerts, F., van Gool, L., 2001, Multispectral vision system for weed detection, *Pattern recognition letters* 22 667-674.

Gerhards, R., Sökefeld, M., 2001, Sensor systems for automatic weed detection, *Weeds – Proceedings of the 2001 Brighton conference* 827-834, Farnham.

Hagenvall, H., 2002, *Sprutteknik i växtskyddsarbetet*, Faktablad om växtskydd – Jordbruk 47 J, SLU, Uppsala.

Heisel, T., Christensen, S., Walter, A.M., 1997, Validation of weed patch spraying in spring barley – preliminary trial, *Precision Agriculture 1997*, Volume I, Spatial Variability in Soil and Crop, BIOS, Oxford.

Jensen, P.K., 1999, Herbicide performance with low volume low-drift and air-inclusion nozzles, *Weeds – Proceedings of the 1999 Brighton conference* 453-460, Farnham.

Jensen, P.K., Jørgensen, L.N., Kirknel, E., 2001, Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles, *Crop protection* 20, 57-64.

Nordbo, E., Steensen, J.K., 1995, Deposition and efficiency of herbicide sprays in sugar beet with twin-fluid, low-drift and conventional nozzles, *Crop protection* 14, 237-240.

Nordmeyer, H., Häusler, P., Niemann, P., 1997, Patchy weed control as an approach in precision farming, *Precision Agriculture 1997*, Volume I, Spatial Variability in Soil and Crop, BIOS, Oxford.

Permin, O., Jørgensen L.N., Persson, K., 1992, Deposition characteristics and biological effectiveness of fungicides applied to winter wheat and the hazards of drift when using different types of hydraulic nozzles, *Crop protection* 11, 541-546.

Robert, P.C., 1998, Precision agriculture: vive la difference, *Pests & diseases – Proceedings of the 1998 Brighton crop protection conference* 1135-1142, Farnham.

Secher, B.J.M., 1997, Site specific control of diseases in winter wheat, *Optimising pesticide applications*, Aspects of applied biology 48, The association of applied biologists, Warwick

Secher, B.J.M., Murali, N.S., Gadegård, K., 1996, Positionsbestemt tildelning af fungicider, *Danske Planteværnskonference – Sygdome og skadedyr*, SP rapport nr 4, Statens Planteavl-forsøg, Landbrugs- og Fiskeriministeriet, Tjele.

SLF, 2000, *Nytt om forskning*, nr 4, Stiftelsen Lantbruksforskning.



Stafford, J.V., Miller, P.C.H, 1993, Spatially selective application of herbicide to cereal crops, *Computers and Electronics in Agriculture* 9 217-229.

Stafford, J.V., Benlloch, J.V., Molto, E., Christensen, S., Roger, J-M., 1997, *Reducing or eliminating agro-chemical in efficient production of high quality produce with conventional, sustainable and organic farming systems*, Final project report for the European Commission, Contract No. AIR3-CT93-1299, Silsoe research institute, UK.

Tian, L., 2002, Development of a sensor-based precision herbicide application system, *Computers and Electronics in Agriculture* 36 133-149.

Weisz, R., Fleischer, S., Smilowitz, Z., 1996, Site specific integrated pest management for high-value crops: Impact on potato pest management, *Journal of economic entomology* 89 501-509.

Wretblad, 2001, *Slutrapport för projektet Jämförelse av bekämpningseffektivitet och vätskefördelning för olika appliceringstekniker i olika grödor*, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.

van Zuydam, R.P., Sonneveld, C., Naber, H., Weed control in sugar beet by precision guided implements, *Crop protection* 14 335-340.

## **Detta är MAT 21**

MAT 21 är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram kring uthållig livsmedelsproduktion som omspannar hela kedjan från jord till bord. Programmets övergripande mål är att komma fram till lösningar på livsmedelskedjans svaga länkar för att konsumenterna i än högre grad skall uppfatta maten som såväl säker som etiskt och uthålligt producerad. Genom att ställa upp ett antal uthållighetsmål när det gäller mark och växtodling, djurhållning, produktkvalitet samt konsumenters och lantbrukares roll i utvecklingen bedrivs forskningen inom dessa områden. Förutom mer traditionella forskningsprojekt har särskilt i programmets senare del stora insatser gjorts inom området syntes och scenarioarbete. Scenarier har byggts där olika utvecklingsvägar i svin, mjölk och nötköttsproduktion prövas med avseende på miljöeffekter och ekonomisk realiserbarhet. Likaså analyseras även den miljöpåverkan som sker efter gårdsgrinden ända fram till våra matbord och hur den kan reduceras. Verksamheten i programmet sker i nära samverkan mellan forskarna och användarna av resultaten. Anslagen kommer från den miljöstrategiska forskningsstiftelsen, MISTRA, kompletterat med mindre bidrag från livsmedelskedjans aktörer. Projektet startade 1997 och avslutas 2004. En stor del av forskningen genomförs på SLU men även forskare på universiteten i Lund, Göteborg, Umeå och Uppsala medverkar.

För mer information se [www-mat21.slu.se](http://www-mat21.slu.se).

Rapport MAT21 nr 6/2005

ISSN 1650-5611

ISBN 91-576-6826-4

Författare:	Christel Cederberg, Maria Wivstad, Peter Bergkvist, Berit Mattsson och Kjell Ivarsson
Ansvarig utgivare:	Rune Andersson
Omslagsfoton:	Mats Gerentz
Tryck:	SLU Service/Repro, Uppsala
Distribution:	MAT 21, SLU, Box 7051, 750 07 UPPSALA
Telefon:	018-671943
E-post:	<a href="mailto:mat21@slu.se">mat21@slu.se</a>
Hemsida:	<a href="http://www-mat21.slu.se">www-mat21.slu.se</a>