

Genvägar eller senvägar

– vad kostar det oss att avstå ifrån gentekniskt
förädlade grödor i jordbruket?

Torbjörn Fagerström
Sören Wibe†

Rapport till
Expertgruppen för miljöstudier 2011:3



REGERINGSKANSLIET

Finansdepartementet

Rapportserien kan köpas från Fritzes kundtjänst.

Beställningsadress:
Fritzes kundtjänst
106 47 Stockholm
Orderfax: 08-598 191 91
Ordertel: 08-598 191 90
E-post: order.fritzes@nj.se
Internet: www.fritzes.se

Tryckt av Elanders Sverige AB
Stockholm 2011

ISBN 978-91-38-23594-2

Förord

Det finns inget beständigt förutom förändring. Mycket talar för att forskningen inom livsvetenskaperna kommer att få lika stor betydelse för samhället under 2000-talet som forskningen inom fysik och kemi fick under 1900-talet. Mot den bakgrunden är det olyckligt att molekylärbiologins och bioteknikens tillämpningar inom flera centrala kunskapsområden – miljöforskning, jordbruk, skogsbruk, m.fl. – har hamnat i ett opinionsmässigt dödläge i Europa. Många hävdar att gentekniskt förädlade grödor bidrar till både ökad produktivitet och bättre miljö. Samtidigt finns en utbredd skepticism beträffande genteknik i sig. För att fördjupa och konkretisera diskussionen gav därför Expertgruppen för miljöstudier i december 2009 författarna Professor Torbjörn Fagerström och Professor Sören Wibe i uppdrag att analysera effekterna av att använda genteknik inom jordbruket. Strax innan rapporten hann slutföras gick Sören Wibe tragiskt bort i december 2010. Styrelsen för EMS bedömde Wibes del i rapporten så pass fulländad att den kunde publiceras under hans namn efter viss slutredigering. För att i möjligaste mån säkerställa att analysen slutfördes i linje med hans anda gav Expertgruppen detta uppdrag till Wibes mångåriga vän och kollega Professor Karl-Gustaf Löfgren.

Det är vår förhoppning att rapporten ska bidra till en klagörande debatt på detta område.

Stockholm i maj 2011

Bengt Kriström

/ Mikael Åsell
Magnus Allgulin

Innehåll

Sammanfattning	9
Summary	15
1 Inledning.....	21
2 Gentekniken och jordbruket.....	25
2.1 Vad är en GMO?	25
2.2 Befintliga GMO	26
2.2.1 Herbicidtolerans	27
2.2.2 Insektsresistens.....	29
2.2.3 Förändrad stärkelsesammansättning hos potatis.....	29
2.3 GM-grödor i forskningslaboratorierna	30
2.4 Potentiella risker och särhållning.....	31
2.4.1 Genspridning	31
2.4.2 Särhållning.....	33
2.4.3 Resistensbildning.....	33
2.5 Kort historik om odling av GMO.....	35
2.6 Var och av vem utvecklas gentekniken?	36
2.7 Hur regleras GMO?.....	38
2.7.1 Utsläppande på marknaden.....	38
2.7.2 Regler för odling av GMO	39
2.7.3 Ekologisk odling.....	41
2.7.4 Regler för märkning och spårbarhet.....	42
2.7.5 Skillnader i lagstiftning och handelskonflikter	43

3	Presentation av de GM-grödor som ingår i denna studie.....	45
3.1	Sockerbeta.....	45
3.2	Raps.....	48
3.3	Potatis	49
3.4	Sammanfattning av de ekonomiska drivkrafterna.....	50
4	Den samhällsekonomiska analysen	51
4.1	Teori.....	52
4.2	En samhällsekonomisk analys baserad på mängden betor.....	55
4.3	Modell	56
4.4	Konkret modell	58
4.4.1	Efterfrågan.....	58
4.4.2	Produktion och utbud	62
4.4.3	Jämviktsekvationer.....	63
4.5	Samhällsekonomiska kostnader och intäkter.	64
4.6	Empiriska beräkningar	64
4.6.1	Total produktion av sockerbetor	65
4.6.2	Jordräntan.....	65
4.6.3	Kostnadsstrukturen	65
4.6.4	Ekologisk odling	66
4.6.5	Pris på ekologiskt socker.....	66
4.7	Kalibrering	66
4.7.1	Primärdata	66
4.7.2	Kalkylerade ingångsvärden	67
4.7.3	Antagna och kalibrerade värden.....	67
4.7.4	Särskiljningskostnaden	68
4.7.5	Produktionseffektivitet	68
4.8	Empiriska Resultat	68
4.8.1	Produktiviteten α_g	68
4.8.2	Särskiljningskostnaden	69
4.8.3	Acceptansen, Φ	69

4.8.4	En fast särskiljningskostnad- sambandet med acceptansen	70
4.9	Sammanfattning	72
4.10	Andra GM-grödor	72
4.10.1	Raps	73
4.10.2	Potatis.....	73
4.10.3	Sockerbetor, raps och potatis sammantaget.....	74
5	Översättning av resultaten till hela EU	75
6	Två framtidsscenarier	77
6.1	Framtidsscenario 1: GM-vete.....	77
6.2	Framtidsscenario 2: Plöjningsfritt jordbruk och den virtuella prärien	79
6.2.1	Plöjningsfritt genom direktsådd.....	82
6.2.2	Plöjningsfritt genom fleråriga grödor	82
6.2.3	Effekter vid odling av perenna grödor	84
7	Livscykelanalys av sockerbeta	87
7.1	Metod.....	87
7.2	Resultat	90
7.3	Diskussion	92
	Litteratur	95



Sammanfattning

En gentekniskt förädlad ("genmodifierad") gröda - s.k. GM-gröda - är en gagnväxt där man på ett målmedvetet sätt har förändrat arvsmassan med hjälp av molekylärbiologiska metoder. Förändringen består i sin tur i att en befintlig ärftlig egenskap har förstärkts eller försvagats, eller att en ny ärftlig egenskap som grödan tidigare saknade har tillförts. Denna senare egenskap kan ha hämtats från en annan variant (sort) av samma art eller från en annan art.

Gentekniken ger alltså möjlighet att skräddarsy grödor så att de får på förhand utvalda, agronomiskt intressanta egenskaper, såsom motståndskraft mot kyla, torka, skadedjur eller specifika bekämpningsmedel. Man kan även skräddarsy grödor med helt andra egenskaper än de traditionellt agronomiska, t.ex. med höga halter av vitaminer, med optimal stärkelsesammansättning för industriellt bruk, eller med ett oljeinnehåll som lämpar sig för att ersätta petroleumbaserad produktion av smörjolja och fetter.

GM-grödor har odlats kommersiellt i c:a 15 år. Globalt upptar odlingen idag en areal om c:a 150 milj. ha, vilket motsvarar ungefär 10% av jordens totala åkerareal, eller 70 gånger Sveriges samlade åkerareal. En omfattande riskforskning har bedrivits för att klarlägga om de farhågor som initialt knöts till GM-grödor är befogade. Denna forskning har emellertid inte gett något vetenskapligt stöd för uppfattningen att GM-grödor skulle innebära några risker för miljö eller hälsa. Det är också den sammanfattande slutsats som EU-kommissionen drar i en färsk rapport. De c:a 130 projekt, med deltagande av över 500 forskargrupper, som arbetat med riskforskning på genmodifierade växter, och som finansierats av EU med totalt 300 miljoner Euro, har inte kunnat påvisa någon högre risk för människor eller miljö jämfört med traditionellt förädlade växter.

Det är huvudsakligen två typer av GM-grödor som odlas, dels sådana som gjorts motståndskraftiga mot herbicider av typen glyfosat (ht-grödor), dels sådana som gjorts motståndskraftiga mot insekter (Bt-grödor). De största arealerna finns i USA, följt av Brasilien, Argentina, Indien och Kanada. De stora GM-grödorna är raps, bomull, soja, majs och sockerbeta, vilka finns som herbicid-toleranta och/eller insektsresistenta varianter. Av soja finns också varianter med förändrad fettsyrasammansättning. Därutöver odlades under 2010 följande GM-grödor: virusresistent squash, virusresistent papaya, virusresistent paprika, herbicidtolerant lusern, tomat med fördröjd mognad och insektsresistent poppel.

Tre av de GM-grödor som finns på marknaden skulle kunna odlas i Sverige, nämligen ht-raps, ht-sockerbeta och ht/Bt-majs. Därutöver står två varianter av GM-potatis inför en marknadsintroduktion. Det gäller dels en variant (Amflora) med förändrad stärkelsesammansättning avsedd för industribruk, dels potatis som gjorts motståndskraftig mot den sjukdom som orsakar bladmögel på de ovanjordiska delarna och brunröta på själva potatisknölen.

Sverige lyder emellertid under det regelverk i EU som innebär att kommersiell odling av GM-grödor i Europa har försumbar omfattning eller, som i Sverige, inte förekommer alls. Detta har naturligtvis ekonomiska konsekvenser för samhället i flera led. I denna studie analyseras dessa konsekvenser. Det samhälls-ekonomiska värdet av att använda GM-grödor beräknas, för svenska såväl som för europeiska förhållanden, med sockerbeta som huvudexempel.

Den samhällsekonomiska analysen

De faktorer som ingår i Sören Wibes analys sönderfaller grovt sett i tre kategorier. Den första kategorin är de effekter som låter sig värderas med hjälp av marknadspriser. Hit hör effekterna i producentledet på arbets- och kapitalinsatser, gödsel- och pesticidförbrukning, samt energianvändning.

Den andra kategorin handlar om s.k. särskiljning. Genetiskt modifierade grödor kan sprida sig till konventionella och ekologiska odlingar på olika sätt, t.ex. genom dåligt rensat utsäde, genom korspollinering, eller genom maskinsamverkan. I det rådande opinions- och marknadsläget i Europa betraktas detta som en "kontamination", en förorening, som, i likhet med t.ex. rester av

bekämpningsmedel, gör att grödan betraktas som otjänlig enligt de normer som tillämpas av vissa certifieringssystem (t.ex. ekologisk odling). För att undvika sådan inblandning finns därför ett omfattande regelverk, vilket ska säkerställa att odlaren kan få ut det merpris som en ekologisk gröda betingar.

Den tredje kategorin är de miljöeffekter som är kända eller kan antas, bl.a. minskad tillförsel av näringsämnen till hav, eller minskade utsläpp till atmosfären av kväve och koldioxid. Dessa effekter påpekas i analysen och kvantifieras när så är möjligt, men de värderas inte i ekonomiska termer.

Sockerbeta, raps och potatis

Under 2008 producerades nära 2 milj. ton sockerbeter i Sverige. Produktionsvärdet var 650 miljoner kronor och odlingen tog nära 37.000 ha i anspråk. Vid en övergång till odling av ht-sockerbeta skulle produktionen per ha öka med 5-10%. Kostnaden för utsäde skulle öka från 1600 till 1900 kr/ha, men samtidigt skulle kostnaden för bekämpningsmedel (inklusive glyfosfatbehandling i efterföljande led) minska från drygt 1.600 kr/ha till knappt 500 kr/ha. Totalt sett skulle alltså kostnaden för insatsvaror minska från drygt 3.200 till knappt 2.400 kronor per ha, eller med 27%.

För sockerbetans vidkommande visar Sören Wibes analys att det samhällsekonomiska utfallet strategiskt beror på två faktorer: (i) särskiljningskostnaden samt (ii) allmänhetens acceptans för GM-socker. Gränserna här går vid en särskiljningskostnad motsvarande ca 25% av priset; vid denna nivå blir den samhällsekonomiska vinsten noll. I realistiska fall, med en särskiljningskostnad på cirka 10% av priset och en acceptans hos 25 % av köparna, uppkommer en samhällsekonomisk vinst på cirka 12 miljoner kronor, eller cirka 2% av totalproduktionens värde.

Om emellertid GM-grödor skulle erhålla fullkomlig acceptans, och inga särskiljningskostnader funnes (därför att särskiljning inte behövdes) skulle den samhällsekonomiska vinsten uppgå till cirka 92 miljoner kronor, eller cirka 14% av totalproduktionens värde. Cirka 3.000 hektar jordbruksmark (8% av nuvarande betareal) skulle frigöras.

För raps gäller att det totala svenska produktionsvärdet är ca 750 Mkr och arealen ca 86.000 hektar. Här gäller att arealproduktiviteten skulle öka med 6-11% för GM-grödan. Samtidigt

skulle utsädes- och bekämpningsmedelskostnaden minska med cirka 30%. Vid total acceptans skulle en övergång till ht-raps ge ett konsumentöverskott om 75 Mkr och en arealbesparing om 6.880 ha.

Potatis odlas på ca 27 000 ha och värdet av den svenska potatisskörden är ca 2 000 Mkr årligen. Den förebådade GM-variant som är motståndskraftig mot bladmögel/brunröta skulle innebära en kraftig reduktion i besprutningen (i södra Sverige besprutas en potatisodling i regel 8 till 12 gånger innan skörd), motsvarande en sänkning av besprutningskostnaden från ca 4 000 kronor per ha till i praktiken noll. Det finns inga rapporter om produktivitetsökningar, så den samhällsekonomiska vinsten blir här cirka 108 Mkr årligen.

En introduktion av de tre aktuella GM-grödorna i Sverige skulle alltså ge en total samhällsekonomisk vinst för konsumenterna uppgående till 275 Mkr årligen. Till detta kommer en samhällsekonomisk vinst för producenterna i form av en arealbesparing av odlingsbar mark på 10.000 ha, med ett årligt värde av c:a 20 Mkr. Det betyder en sammanlagd årlig vinst för dessa grödor på cirka 295 Mkr, vilket motsvarar ett engångsvärde på 9,8 -14,8 Mdr kr (vid räntan 2-3%). Den årliga vinsten utgör cirka 14, 11 och 5 % av produktionens värde för sockerbeta, raps respektive potatis.

Dessa beräkningar förutsätter en total acceptans av GM-grödorna, dvs. att köparna uppfattar dem som lika bra som, eller bättre än, icke-GM-varianterna. Vidare grundas värdena på antagandet att miljövinster (i form av minskad användning av bekämpningsmedel) kan mätas med priserna på respektive medel. Förmodligen är detta en underskattning av miljövinster, varför de totala samhällsekonomiska vinsterna är större än de tal som nämns ovan.

För hela EU-området skulle en övergång till odling av dessa tre GM-grödor, vid fullständig acceptans, ge en samhällsekonomisk vinst om c:a 20 Mdr kr per år och en arealbesparing om c:a 645 000 ha. Vid en jordränta om 3 000 kr/ha summerar detta till 22 Mdr kr per år, vilket motsvarar ett kapitaliserat värde som ligger i intervallet 700 – 1 100 Mdr kr.

Två framtidsscenarier: GM-vete och fleråriga spannmålsgrödor

Två framtidsscenarier analyseras, utgående från grödor som ligger långt framme i forskningen och kan beräknas komma i praktisk odling relativt snart. Det första scenariot gäller ett vete som är bättre på att tolerera vattenbrist (vilket skulle ge en skördeökning om 5%), som är resistent mot svampsjukdomar (vilket skulle ge minskade besprutningskostnader om 400 kr per ha), och som är bättre på att utnyttja kvävegödsel (vilket skulle minska behovet av kvävegödsel med 40 kg kväve per ha).

I Sverige odlades vete under 2008 på totalt 360 000 ha och skördades 2 200 000 ton till ett värde av 2,75 Mdr. GM-vetet i detta exempel skulle alltså för hela landet innebära dels en skördeökning värd 138 Mkr, dels en kostnadsminskning för växtskydd värd 145 Mkr. Därtill skulle minskningen av kvävegivan innebära en besparing i producentledet på 14 400 ton kväve, vilket vid ett kvävepris om 8 000 kr per ton motsvarar en besparing om 115 Mkr. Sammantaget innebär detta en samhällsekonomisk vinst om 400 Mkr, motsvarande ett kapitaliserat värde om 13-20 Mdr vid 2-3 % ränta.

Inom EU som helhet odlades 2008 vete på 26 475 000 ha och skörden uppgick till 150 000 000 ton. Besparingarna per år för de tre faktorerna i det tänkta GM-vetet skulle alltså motsvara 9,4 Mdr (vattenfaktorn), 10,6 Mdr (svampfaktorn), respektive 8,5 Mdr (kvävefaktorn), om de svenska förhållandena antas representera ett snitt för veteodlingen inom EU. Detta summerar till 28,5 Mdr kronor per år, eller, kapitaliserat, till 950 -1 430 Mdr kronor.

Till detta ska läggas de avsevärda energi- och miljövinster som det skulle innebära att minska både biocid- och gödsel användningen i veteodlingen.

Det andra framtidsscenariot gäller en möjlig total omställning av våra jordbrukssystem, genom att de dominerande grödorna, som ju är ettåriga, har omvandlats till fleråriga varianter. I ett sådant jordbruk skulle alltså t.ex. våra vanliga spannmålsgrödor inte sås årligen, utan de skulle skördas ungefär som vall, dvs. skäras av vid roten på hösten och stubben skulle sedan skjuta nya skott påföljande vår. Detta skulle innebära inte bara energi- och arbetsbesparingar (höstplöjningen är en av jordbrukets allra mest energikrävande aktiviteter), utan även avsevärda miljövinster (kväveläckage från åkermark beror i stor utsträckning på att den höstplöjda jorden ligger naken under vintern).

De beräknade effekterna sammanfattas i följande tabell.

	<i>per ha och år</i>	<i>hela landet (per år)</i>
Kväveläckage	- 12 kg N	- 12 000 ton N
Bindning av koldioxid	+ 1 ton CO ₂	+ 1 milj. ton CO ₂
Utsläpp av koldioxid	- 0,05 ton CO ₂	- 0,05 milj. ton CO ₂
Friställd areal		+ 100 000 ha

Som framgår av tabellen betyder den ökade inbindningen av koldioxid i marken c:a 20 gånger mer för odlingssystemets koldioxidbalans än det minskade utsläppet p.g.a. minskad drivmedelsåtgång.

Summary

Background

A genetically modified crop – so called GM crop – is one where the genetic material has been intentionally modified by means of molecular biological techniques. The modification may, in turn, entail a prevailing trait that has been enhanced or weakened, or the addition of a new trait that the crop was previously lacking. This latter trait may originate from another variety of the same crop species or from another species.

Thus, gene technology enables us to tailor crops so that they carry agronomically relevant traits, such as resistance to frost, drought, pests or specific herbicides. We can also tailor crops that have traits which are not traditional agronomic ones, e.g. having elevated concentrations of vitamins, a blend of starch that is optimal for industrial purposes, or lipids that lend themselves to replacing fossil oils.

GM crops have been grown commercially for about 15 years. On a global scale these crops are now grown on approx. 150 milj. ha, corresponding to approx. 10 % of the arable land on earth or 70 times the acreage in Sweden. Considerable research efforts have been put into elucidating whether the fears that were initially associated with GM-crops are warranted. This research has not given any scientific support to the view that GM-crops confer any risks to human health or to the environment. That is also the conclusion drawn by the EU commission in a recent report. The report states "The main conclusion to be drawn from the efforts of more than 130 research projects, covering a period of more than 25 years of research, and involving more than 500 independent research groups, is that biotechnology, and in particular GMOs, are not per se more risky than e.g. conventional plant breeding technologies." The total investment in this research has been Euros 300 milj.

It is mainly two types of crops that are grown, those that have been made tolerant to herbicides of the glyphosate type (ht-crops), and those that have been made tolerant to insects (Bt-crops). The largest areas of GM crops are found in USA, followed by Brazil, Argentina, India and Canada. The dominant GM crops are canola, cotton, soybean, corn and sugar beet, which are grown as ht-and/or Bt-varieties. There is also a soybean variety that has a modified content of fatty acids. In addition to these dominant GM crops, the following were grown in 2010: virus resistant squash, papaya and paprika, herbicide tolerant alfalfa, tomato with delayed ripening and insect resistant poplar.

Three of the GM crops that are presently on the market could potentially be grown in Sweden, viz. ht-canola, ht-sugar beet and ht/Bt-corn. In addition, two varieties of GM potato are about to be introduced. This is a variety (Amflora) with modified starch composition intended for industrial use, and another variety that has been made resistant to the fungal disease that causes late blight.

Commercial growing of GM crops in Europe is however negligible, due to EU legislation, and in Sweden it is non-existent. This, of course, has economic consequences to society in several ways. In this study these consequences are analyzed. The economic consequences to society are calculated, for Sweden as well as for EU as a whole, with sugar beet as our main example.

The economic analysis

The factors that Prof. Sören Wibe considers in his analysis fall roughly into three categories. The first is those effects that can be evaluated from market prices. This holds for the effects to the producers on work force and capital, and on demand for fertilizers, pesticides and fuel.

The second category of factors is the cost of keeping GM crops separated from conventionally or organically grown crops. GM crops can disperse to conventional or organic crops by different means, e.g. through poorly cleaned seeds, through cross pollination, or through the joint usage of equipment. In the prevailing mode of public opinion in Europe such dispersal is regarded as a "contamination", as a pollutant which, like residues of toxic substances, that renders the crop unfeasible according to the

standards that are applied by certain systems of certification (e.g. organic farming). In order to avoid such contamination a set of rules has been launched intended at ensuring that the organic farmer can set a higher price on his/her products.

The third group of factors is the environmental effects that are known to occur, or that can be presumed, i.e. decreased leakage of nutrients to water bodies, or decreased emissions of nitrogen and carbon dioxide into the atmosphere. These effects are pointed out in the analysis and they are quantified when possible, but they are not valued in economic terms.

Sugar beet, canola and potato

In 2008 almost 2 milj. tons of sugar beets were produced in Sweden. The production value was SEK 650 milj. and the acreage used was approx. 37,000 ha. A shift to ht-sugar beet is estimated to lead to an increase by 5-10%. The cost of seeds would increase from SEK 1,600 to 1,900 per ha, but the cost of herbicides would decrease from SEK 1,600 to 500 per ha. Taken together, the cost of input goods would thus decrease from SEK 3,200 to 2,400 per ha, i.e. with 27%.

For the sugar beet, Sören Wibe's analysis shows that the economic value to society is strategically dependant on two factors, (i) the cost of keeping GM sugar separated, and (ii) the public acceptance of GM sugar. The critical limit is at a separation cost amounting to 25% of the price; at this limit the economic value to society vanishes. In realistic cases, i.e. with a cost of separating amounting to 10% and a public acceptance of 25% of the consumers, the economic value is SEK 12 milj., or approx. 2% of the total value of sugar beet production.

If, however, GM crops were to enjoy full public acceptance, and there were no costs of separation (because there was no need for separation) the economic gain to society would amount to SEK 92 milj., or approx. 14% of the total value of sugar beet production. Approximately 3,000 ha of arable land (8% of the present acreage of sugar beet) would be made available for other uses.

Regarding canola the total production value in Sweden is SEK 750 milj. and canola is grown on 86,000 ha. The production per ha would increase with 6-11% for the GM-variety, and the costs for seeds and herbicides would decreased by approx. 30%. At full

public acceptance a shift to ht-canola would yield a consumer surplus of SEK 75 milj., and a saving of 6,880 ha of arable land.

Potatoes are grown on 27,000 ha and the value of the Swedish harvest of potato is approx. SEK 2,000 milj. The GM variety that is resistant to late blight would entail a dramatic reduction in fungicide treatment (in southern Sweden a potato crop is usually treated 8-12 times before harvest), corresponding to a decrease in costs of pesticide treatment from SEK 4,000 per ha to zero. There are no reports that the GM-variety would be more productive, so the economic value to society amounts to SEK 108 milj.

Introducing all of the three GM crops in Sweden would thus yield an economic value to the consumers amounting to SEK 275 milj. annually. In addition, an economic gain to the producers would be generated amounting to a saving of 10,000 ha of arable land, with an annual value of approx. SEK 20 milj. This adds to a combined value to society from these three crops amounting to SEK 295 milj., which corresponds to a capitalized value of SEK 9.8-14.8 billion (at an interest rate of 2-3%). The annual gain amounts to approx. 14, 11 and 5% of the production value for sugar beet, canola and potato, respectively.

These calculations presuppose full public acceptance of GM-crops, i.e. that the consumers perceive them as equally good as, or better than, non-GM-varieties. In addition, the results presented rest on the assumption that the benefits to the environment (in the form of decreased use of pesticides) can be measured by the price of the pesticides. Presumably this is an underestimate of the environmental benefits, and the societal value is therefore likely to be greater than the figures presented above.

EU-wide a shift to these three GM-crops, at full acceptance, would yield a gain of approx. SEK 20 billion annually and a saving of acreage amounting to 645,000 ha. At a value of arable land of SEK 3,000 per ha per yr, this adds to SEK 22 billion per year, corresponding to a capitalized value in the interval SEK 700-1,100 billion.

Two future scenarios: GM wheat and perennial cereal crops

Two future scenarios are analyzed, using crop varieties that are projected to be commercialized shortly. The first scenario is a wheat variety that will be tolerant to drought (which would entail a

harvest increase of 5%), resistant to certain fungal diseases (which would entail a decrease in fungicide costs of SEK 400 per ha), and more efficient in utilizing nitrogen (which would entail a decreased need for nitrogen fertilizers amounting to 40 kg per ha).

In Sweden wheat was grown on 360,000 ha in 2008, yielding a harvest of 2,200,000 tons with a value of SEK 2.75 billion. The GM wheat in this scenario would entail an increased harvest to a value of SEK 138 milj., and a decreased cost for fungicides of SEK 145 milj. In addition, the decrease in nitrogen fertilization would save 14,400 tons of nitrogen to the producer, which at a nitrogen price of SEK 8,000 per ton corresponds to a saving of SEK 115 milj. Together this amounts to an economic gain to society of SEK 400 milj., corresponding to a capitalized value of SEK 13-20 billion at an interest rate of 2-3%.

EU-wide wheat was grown on 26,475,000 ha in 2008, the total harvest amounting to 150,000,000 tons. The annual savings for the three factors would be SEK 9.4 billion (the water factor), SEK 10.6 billion (the fungus factor), and SEK 8.5 billion (the nitrogen factor), if it is assumed that Swedish conditions with regard to wheat can be taken to be an average of those of EU. This adds to an annual gain of SEK 28.5 billion, or, capitalized, SEK 950-1,430 billion.

To these economic benefits the considerable benefits from decreased use of fungicide and fertilizer should be added.

The second scenario concerns a transformation of our agricultural systems, such that the dominant crops, which are now annuals, have been transformed to perennial varieties. In such an agricultural system our common crops would not have to be sown annually, but they would be harvested as ley, i.e. they would be cut every fall and sprout again next spring. This would entail not only to savings in terms of energy and work force (plowing is one of the most energy demanding processes in modern agriculture), but also considerable environmental benefits (nitrogen leakage from arable land depends largely on the fact that the soil is left bare during the winter).

The estimated effects are summarized in the following table:

	<i>per ha and yr</i>	<i>the whole country (per yr)</i>
Nitrogen leakage	-12 kg N	-12,000 ton N
Binding of carbon dioxide	+1 ton CO ₂	+1 milj. ton CO ₂
Emission of carbon dioxide	-0.05 ton CO ₂	-0.05 milj. ton CO ₂
Freed acreage		+100,000 ha

As can be seen from this table the increased binding of carbon dioxide in the soil means about 20 times more for the carbon dioxide balance of the ecosystem than the decreased emissions resulting from reduced tractor driving.

1 Inledning

Gentekniskt förädlade ("genmodifierade") grödor inom jordbruket – s.k. GM-grödor – har odlats kommersiellt i c:a 15 år och i ytterligare bortåt 10 år i försöksodlingar. Globalt upptar odlingen idag en areal om c:a 150 milj. ha, vilket motsvarar ungefär 70 gånger Sveriges samlade åkerareal.

De största arealerna med GM-grödor finns i USA, följt av Brasilien, Argentina, Indien och Kanada. Under 2009 var till exempel 85 % av den odlade majsens i USA gentekniskt förädlad. I Nordamerika som helhet var 95 % av de sockerbetor som odlades 2009 genmodifierade och i Kanada var 93 % av rapsen genmodifierad. Indien är den största producenten av genmodifierad bomull och under 2009 upptog denna odling 87 % av den totala bomullsarealen i Indien (Gentekniknämnden 2010, 2011).

Det är huvudsakligen två typer av GMO som odlas, dels sådana som gjorts motståndskraftiga mot herbicider av typen glyfosat (ht-grödor), dels sådana som gjorts motståndskraftiga mot insekter (Bt-grödor).

Flera av de grödor som finns som GM-varianter kan inte odlas, eller odlas endast i liten utsträckning, i Sverige – det gäller t.ex. bomull, soja och majs. Ett par är emellertid viktiga i det svenska jordbruket, nämligen raps och sockerbeta. Därutöver står två varianter av GM-potatis inför en marknadsintroduktion. Det gäller dels en variant (Amflora) med förändrad stärkelsesammansättning avsedd för industribruk vilken nyligen godkänts, dels potatis (för industribruk och som foder och livsmedel) som gjorts motståndskraftig mot bladmögel/brunröta.

Sverige lyder emellertid under det regelverk i EU som innebär att odling av GMO i Europa har försumbar omfattning eller, som i Sverige, inte förekommer alls. Det innebär alltså att de två GM-grödor som skulle kunna odlas här, nämligen ht-raps och ht-sockerbeta, f.n. inte odlas, liksom det innebär att de två varianter av

GM-potatis som inom kort kommer på marknaden troligen inte heller kommer att odlas. Detta har naturligtvis ekonomiska konsekvenser för samhället i flera led.

I denna studie analyseras det samhälleliga värdet av att använda GM-grödor, eller, om man så vill, kostnaden för att avstå från att använda dessa. I första hand analyseras svenska förhållanden, men studien kan utvidgas även till den europeiska arenan. De samhällsekonomiska effekterna för några typfall identifieras och värderas, med sockerbeta som huvudexempel. Flera av de framträdande effekterna låter sig värderas med hjälp av marknadspriser (bl.a. effekterna på arbets- och kapitalinsatser, gödsel- och pesticidförbrukning, samt energianvändning).

Andra effekter är svårare att kvantifiera och värdera. Detta gäller bl.a. förändrad tillförsel av näringsämnen till hav, eller förändrade utsläpp av bl.a. kväve och koldioxid. Ett annat exempel är den industriella potential som går förlustig (eller försenas). Odling och vidareförädling av GM-grödor bedrivs i USA, Brasilien, Kina, Indien och andra länder med en mera öppen attityd till GM-grödor. Det är därför fullt möjligt, att vi i framtiden kommer att få erfara att det är i dessa länder som nya typer av grödor provas ut och kommersialiseras, t.ex. sådana som är avsedda för produktion av industriråvaror. Kanske blir det i dessa länder som storskalig odling av oljeväxter för produktion av vaxer, smörjoljor mm kommer att bedrivas, för att nu ta ett exempel där svenska forskare ligger mycket långt framme. Värdet på en sådan förlorad industriell potential beror bl.a. på vad de resurser och det humankapital som skulle ha kunnat användas för att utveckla, producera och sälja GM-grödor i stället används till. Det är mycket svårt att fånga in detta med precision.

Varje analys av ett komplext problem förutsätter att vissa antaganden görs – med naturvetenskaplig terminologi kan man säga att vissa randvillkor gäller. Här antas således att EUs jordbrukspolitik gäller, t.ex. i det avseendet att sockerproduktionen inom EU är starkt reglerad. Den samhällsekonomiska analysen blir därför partiell, i den meningen att den utförs inom ramen för de restriktioner som den gällande politiken innebär.

Vidare bygger analysen på att vi nu kan anse att det är vetenskapligt visat bortom allt rimligt tvivel att de farhågor beträffande GM-grödors effekter på miljö och/eller hälsa som fanns när tekniken var ny – och som var fullt rimliga utifrån dåvarande kunskapsläge – lyckligtvis var obefogade. Naturligtvis

kan man alltid hävda att vi inte vet tillräckligt om långsiktiga konsekvenser – vilket också är just vad som hävdas i fallet med GM-grödor. Men ett sådant anspråk är i grunden inte möjligt att möta med vetenskapliga metoder, eftersom vetenskapen aldrig kan tillhandahålla fullständigt säker kunskap. Den som efterfrågar mera forskning måste därför precisera exakt vilka resultat som skulle medföra att han eller hon bleve nöjd. Att bara efterfråga mera forskning (på engelska kallat "an open-ended request") blir förr eller senare en orimlig hållning; vetenskapssamhället står idag i stort sett enigt i uppfattningen att denna punkt är nådd beträffande riskforskning som utförs specifikt på GM-grödor. Istället finns det idag en stor medvetenhet om att frågor om risk respektive nytta med olika typer av förädlade grödor bör ställas oftare än vad som hittills skett – oberoende av vilken teknik som använts vid förädlingen.



2 Gentekniken och jordbruket

2.1 Vad är en GMO?

Det finns ingen allmängiltig definition av begreppet GMO – bl.a. är den naturvetenskapliga och den juridiska definitionen delvis olika. Enligt Direktiv 2001/18/EG om avsiktlig utsättning av GMO i miljön (svensk förordning 2002:1086) betraktas således även en klassiskt mutationsförädlad gröda som en GMO, men mutagenes är undantaget reglering enligt bilagorna. Historiskt är det emellertid helt klart att begreppet GMO är intimt kopplat till användningen av molekylärbiologiska metoder för att förändra arvsmassan hos en organism. Det är ju också denna koppling som ligger till grund för det omfattande regelverket kring GMO i främst Europa, samtidigt som samma koppling kritiserar från vetenskapligt håll för att vara irrelevant från bl.a. risksynpunkt (det är en grödas egenskaper, inte metoden som använts för att ge den dessa, som är relevant).

I den här rapporten används den allmänt omfattade, metodcentrerade definitionen: En GMO, en genetiskt modifierad organism, är en organism, där man på ett målmedvetet sätt förändrat arvsmassan med hjälp av molekylärbiologiska metoder. Benämningen GMO avser oftast växter (till exempel GM-majs, GM-potatis och GM-raps) men kan också avse djur och bakterier. Man kan ändra på en organisms arvs massa antingen genom att tillföra helt nya gener i arvs massan eller genom att förändra hur befintliga gener kommer till uttryck. Båda metoderna kallas genmodifiering och leder således till en GMO. En GMO kan med andra ord vara en organism som har fått en befintlig ärftlig egenskap förstärkt eller försvagad, eller som har tillförts en ny ärftlig egenskap som den tidigare saknade. Denna senare egenskap kan i sin tur ha hämtats från en annan variant (sort) av samma art,

från en annan art, eller den kan – i framtidsscenarier – vara syntetiskt framställd och skräddarsydd för ett visst syfte.

Gemensamt för de traditionella metoderna för växtförädling är, att det, vid mer eller mindre kontrollerade korsningar, finns ett stort inslag av slumpmässighet, när det gäller såväl vilka gener som överförs till den nya plantans arvs massa, som hur generna kombineras i den nya växten. Den traditionella växtförädlingen begränsas också av att förädlingen måste baseras på såpass närbesläktade arter att korsningar över huvud taget är möjliga.

Med genteknik kan däremot nya kombinationer skapas, genkombinationer som skulle ha varit omöjliga att åstadkomma med traditionella metoder. Vidare är gentekniken mera precis, eftersom den medger ett exakt urval av vilken eller vilka specifika egenskaper som ska överföras från en organism till en annan, utan att oönskade egenskaper följer med. På så sätt ges möjlighet att skräddarsy grödor med på förhand utvalda, agronomiskt intressanta egenskaper, såsom motståndskraft mot kyla, torka, skadedjursangrepp eller besprutning med specifika bekämpningsmedel. Man kan även skräddarsy grödor med helt andra egenskaper än de traditionellt agronomiska, t.ex. med höga halter av vitaminer, med optimal stärkelsesammansättning för industriellt bruk, eller med ett oljeinnehåll som kvantitets- och kvalitetsmässigt lämpar sig för att ersätta petroleumbaserad produktion av smörjolja och fetter.

2.2 Befintliga GMO

De GMO som odlas idag har främst modifierats för att stå emot ogräsbekämpningsmedel (*herbicidtolerans*) eller tillförts en gen från en bakterie, som gör att växten själv kan producera ett gift mot skadeinsekter (*insektsresistens*). Grödor som innehåller båda modifieringarna i kombination finns också. Dessutom förekommer viss odling av virusresistenta grödor. Verksamhet med virus- och svampresistenta grödor sker dock ännu mest på försöksstadiet, liksom försök att med genteknikens hjälp förändra närings- och fetthinnehåll i växter som används som livsmedel. Helt nyligen har en potatis (Amflora) med modifierad stärkelsesammansättning blivit godkänd.

De stora GM-grödorna är raps, bomull, soja, majs och sockerbeta, vilka finns som herbicidtoleranta och/eller insektsresistenta varianter. Av soja finns också varianter med förändrad fettsyra-

sammansättning. Därutöver odlades under 2010 följande GM-grödor: virusresistent squash, virusresistent papaya, virusresistent paprika, herbicidtolerant lusern, tomat med fördröjd mognad och insektsresistent poppel.

2.2.1 Herbicidtolerans

Vid konventionell odling måste oftast olika typer av bekämpningsmedel som verkar på olika sorters ogräs kombineras, för att ett fullgott skydd ska erhållas. Det finns emellertid på marknaden sedan länge två klasser av ogräsbekämpningsmedel - med *glyfosat* respektive *glufosinat-ammonium* som aktiva substanser - vilka fungerar som totalbekämpningsmedel. Detta innebär att de verkar på ett brett spektrum av ogräs, ofta alla fröväxter. De har därför traditionellt haft sin största användning då man bryter en vall, vid trädesherbicidering av svåra ogräs såsom kvickrot, eller vid andra situationer när det inte finns växande gröda på åkern. Glyfosat har visat sig vara mindre giftigt och mer miljövänligt än många av de herbicider som det ersätter (Nelson et al 2001, Cerdeira och Duke 2006).

Glyfosat fungerar på så sätt att det blockerar det enzym, *EPSP-syntas*, som växten behöver för att kunna producera vissa aminosyror (de aromatiska) som i sin tur bygger upp protein (Brändén 2004; Åkerblom Espeby och Fogelfors 2006). När växten inte längre kan producera dessa aminosyror dör den. Det aktiva ämnet i glufosinat-ammonium är *fosfinotricin* (PPT). Besprutning med glufosinat medför att växtens kväve metabolism avstannar, vilket leder till en förhöjd halt av ammoniak som dödar växten.

Herbicidtolerans innebär att en växt klarar av att besprutas med en viss typ av ogräsbekämpningsmedel. Herbicidtoleranta grödor kallas också för ht-grödor. Det finns idag på marknaden ht-grödor som är toleranta mot bägge typerna av totalbekämpningsmedel. Poängen med att odla herbicidtoleranta grödor är, att det medger ogräsbekämpning i den växande grödan och att odlaren kan byta ut sin vanliga kombination av ogräsbekämpningsmedel mot det enskilda medel, som grödan är modifierad att stå emot. En stor fördel med att odla en herbicidtolerant gröda är därför, att ogräsbekämpningen blir effektivare och att en mindre mängd bekämpningsmedel går åt för att hålla skörden fri från ogräs, vilket också minskar miljöpåverkan.

Enligt Brookes och Barfoot (2005, 2009) har övergången från konventionella till genmodifierade grödor bl.a. inneburit att användningen av pesticider mellan 1996 och 2004 minskat med 172 000 ton och minskat utsläppen av växthusgaser med över en miljon ton. Det minskade utsläppet av växthusgaser motsvarar effekten av att ta 5 miljoner bilar ur trafik under ett år. En kanadensisk studie visar, att odlingen av herbicidtolerant raps minskade mängden av aktiv substans per hektar med 42,8 procent mellan 1995 och 2000. Omräknat i Environmental Impact Quotient (EIQ), vilket kan översättas till ”index för miljöpåverkan”, minskade miljöpåverkan från den kanadensiska rapsodlingen med 36,8 procent under perioden (Brimner et al 2005). Hutchinson et. al. (2010) visade att odling av insektsresistent majs innebär fördelar även för de som odlar konventionell majs, genom att den resistenta majsen medförde en generell minskning av skadeinsekter i ett större område. Både tidskrifterna Nature (Carlson 2009, Carpenter 2010) och Science (Stokstad 2010) har nyligen haft kommentarer på ledarplats rörande värdet för samhället av GM-grödor.

Monsanto var först med att utveckla glyfosattoleranta grödor, kompatibla med detta företags bekämpningsmedel Roundup. Under namnet Roundup Ready marknadsför Monsanto herbicidtoleranta varianter av majs, soja och raps. Företagets patent på glyfosat gick ut i EU 1999 och året därpå i USA och medlet produceras nu av ett flertal tillverkare. Likaså licenstillverkas glyfosattoleranta grödor av andra företag. Monsanto's patent på den egenskap som ger herbicidtolerans sträckte sig fram till och med 2010. Läget sammanfattas i nedanstående tabell.

Tabell 2.1 Herbicidtoleranta GMO

Bekämpningsmedel	Marknadsförs under namn	GM-grödor
<i>Glyfosat</i>	Roundup, Rodeo, Accord, m.fl.	Majs, soja, bomull, raps, sockerbeta
<i>Glufosinat-ammonium</i>	Basta, Liberty, Ignite m.fl.	Majs, soja, bomull, raps, sockerbeta och ris

Globalt är herbicidtolerans idag den vanligaste formen av genmodifiering av växter. I EU har dock ännu endast en ht-gröda, en glufosinattolerant majssort med beteckningen T25, godkänts för

odling. Detta godkännande gick emellertid ut 2007 och ansökan om förnyat tillstånd har ännu inte behandlats färdigt (http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm).

2.2.2 Insektsresistens

Bacillus thuringiensis (Bt) är en bakterie som finns naturligt i jorden. Bakterien producerar ett gift, kallat Bt-toxin, som dödar vissa skadeinsekter. Bt i pulverform har därför länge använts i stor skala som biologiskt bekämpningsmedel, främst i majsodlingar i USA. I Sverige har Bt framför allt använts inom det ekologiska jordbruket, men ett aktuellt exempel på storskalig användning för andra syften är den uppmärksammade myggbekämpningen i nedre Dalälvsområdet.

Det finns många varianter av Bt-toxin som är giftiga för olika sorters insekter. Genom att man överför den gen, som bildar ett specifikt Bt-toxin till grödor som majs, kan grödan själv producera ett gift som dödar en naturlig skadeverkare, exempelvis majsmott, *Ostrinia nubilalis*, vilket är en art i fjärilsfamiljen mott. Den är utbredd i Mellan- och Sydeuropa men har också påträffats i Sydsverige. Den finns även utanför Europa och kallas i Nordamerika för *European corn borer*. Arten är ofta ett svårt skadedjur på främst majs, hampa, hirs och humle. Genmodifierad majs med denna typ av inbyggd insektsresistens kallas följaktligen för Bt-majs. I USA finns godkända Bt-varianter av majs, bomull, potatis och tomat. Inom EU är två insektsresistenta sorter godkända för odling. I båda fallen rör det sig om insektsresistent majs.

2.2.3 Förändrad stärkelsesammansättning hos potatis

Potatis innehåller två typer av stärkelsemolekyler, *amylopektin* och *amylos*. Amylopektin är den stärkelse som främst används inom industrin (men även amylos har industriell användning för att t.ex. framställa biologiskt nedbrytbar plast). I en vanlig potatis är 85 procent av stärkelsen amylopektin och 15 procent amylos. Med hjälp av genteknik har stärkelsesammansättningen kunnat ändras så att halten amylopektin ökat. Bland andra har det svenska företaget Amylogen HB (ingår nu i BASF Plant Science) tagit fram en potatis som innehåller hela 98 procent amylopektin och endast 2

procent amylos. Biprodukterna från stärkelseframställningen kan användas som foder och gödsel, men inte som livsmedel. Under 2010 har den aktuella potatissorten – Amflora – godkänts för kommersiell odling i Sverige.

2.3 GM-grödor i forskningslaboratorierna

Virus, bakterier och svampar kan, liksom ogräs och skadeinsekter, utgöra ett hot mot odlingar av vissa grödor, däribland ett flertal frukter och grönsaker. I USA finns redan kommersiella odlingar av virusresistent squash och papaya. Potatis, sockerbeta, gurka, melon och tobak är några exempel på de många grödor, där försöksodling av virusresistenta varianter är långt framskriden. Vad gäller bakterie- och svampresistens är forskningen ännu inte lika långt framme. Fältförsök med bananer som är resistenta mot svampsjukdomen Black sigatoka pågår dock i Uganda och det svenska företaget Plant Science Sweden (PSS) arbetar med att utveckla en potatissort med resistens mot bladmögel. Försöksodling har gett lovande resultat, men det dröjer ännu flera år innan den aktuella potatisen kan nå livsmedelsaffärerna. (Nilsson 2006). En fullständig lista över fältförsök i Europa återfinns på <http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/>

I nedanstående tabell ges exempel på projekt som ligger i de stora forskningslaboratoriernas portföljer:

Tabell 2.2 Kommande GM-grödor

Egenskaper som eftersträvas	Grödor som man primärt arbetar med
<i>Resistens mot skadeinsekter</i>	<i>Majs, bomull</i>
<i>Resistens mot svampsjukdomar</i>	<i>Potatis, ris</i>
<i>Resistens mot nematoder</i>	<i>Soja</i>
<i>Torktolerans</i>	<i>Majs, vete, soja, sockerbeta, sockerrör</i>
<i>Effektivare kväveutnyttjande</i>	<i>Majs, soja, ris</i>
<i>Ändrad stärkelsestruktur</i>	<i>Potatis</i>
<i>Högre utbyte vid etanolframställning</i>	<i>Majs</i>
<i>Herbicidtolerans</i>	<i>Ett flertal grödor</i>
<i>Flerårigt växtsätt</i>	<i>Ett flertal grödor</i>

Detta kan ge bl.a. följande miljönyttor och andra intäkter:

- (i) *Högre avkastning -> Mindre arealkrav -> Areal kan användas för andra ändamål*
- (ii) *Effektivare kväveutnyttjande -> Mindre behov av konstgödsel -> Mindre energiåtgång, mindre kväveläckage*
- (iii) *Resistens -> Mindre användning av kemiska bekämpningsmedel*
- (iv) *"Virtuell prärie" (fleråriga grödor, herbicidtoleranta grödor) -> Mindre plöjning -> mindre erosion och näringsläckage*

2.4 Potentiella risker och särhållning

Frågan om biotekniskt förädlade grödor kan innebära några negativa konsekvenser har varit föremål för utredning, forskning och lagstiftning alltsedan det började stå klart vilken potential molekylärbiologin kunde innebära inom växtförädlingen. I de flesta utvecklade länder, inklusive Sverige, finns därför idag strikta rutiner för riskvärdering av GM-grödor innan fältmässig odling tillåts. I Sverige är det Jordbruksverket som ansvarar för, att dessa rutiner följs.

2.4.1 Genspridning

Så snart en kulturväxt odlas fram till blomning finns möjligheten att dess gener sprids utanför odlingen, antingen genom pollen-spridning eller, i de fall grödan får utvecklas till fruktsättning, genom fröspridning. Härigenom kan i princip ärftliga egenskaper som en gröda bär på spridas till andra fält där samma gröda odlas, eller till vilda släktingar som den kan pollinera. Sådan s.k. genspridning är allmänt förekommande i alla odlingssystem.

GM-grödor innebär naturligtvis inget undantag; det förekommer genspridning vid odling av GM-grödor i samma mån som vid odling av motsvarande konventionellt förädlade grödor. Detta får två konsekvenser som ofta blandas ihop i den allmänna debatten, men som det är absolut nödvändigt att hålla isär. Den ena handlar om riskvärdering, den andra om särhållning. Vi tar riskvärderingen först.

I och med att genspridning kan förväntas förekomma är det motiverat att undersöka om icke önskvärda egenskaper kan spridas

från den aktuella GM-grödan till den omgivande naturen och etablera sig där. Vare sig en sådan spridning sker genom pollen eller frön krävs det att egenskapen innebär en komparativ fördel för sin bärare jämfört med de vildtyper som saknar egenskapen. Endast då kan den etableras i den vilda populationen.

Som tidigare nämnts uppgår den odlade arealen GM-grödor idag till c:a 150 milj. ha. Detta innebär att den sammanlagda areal som har odlats under de 15 år som gått sedan den första GM-grödan kom ut på marknaden bör närma sig 1 miljard ha (som jämförelse kan nämnas att den totala arealen under plog på hela jorden är c:a 1,5 miljarder ha). De praktiska erfarenheterna av fältmässig odling av GM-grödor är således omfattande; odlingshistorien kan betraktas som ett gigantiskt fältexperiment, där de flesta olika typer av odlingsbetingelser har provats.

Trots detta, trots omfattande forskning och trots minutiösa rutiner för kontroll är det tveksamt om det finns något enda exempel på att en GM-gröda har förorsakat en bestående etablering i naturen av en oönskad egenskap. Huvudskälet till detta är, att de egenskaper som är agronomiskt intressanta normalt saknar överlevnadsvärde utanför odlingssystemen (tolerans mot en herbicid är naturligtvis ingen fördel i en miljö där det inte sprutas med den herbiciden). Härvidlag är alltså situationen, som väntat, likartad med den som gäller för konventionellt förädlade grödor: De utgör generellt sett inget problem ur naturvårdssynpunkt, därför att de inte är konkurrenskraftiga i naturen.

Såvitt känt finns bara en rapport där genspridning lett till en etablering i naturen av en resistens egenskap, nämligenr Warwick et. al. (2008). I denna studie från Kanada undersöktes hur anlaget för tolerans mot glyfosat i ht-raps (*Brassica napus*) kan sprida sig i en population av rapsens vilda släkting åkerkål (*Brassica rapa*). Man undersökte även om anlaget ärvs från en generation till de nästkommande. Antalet hybrider mellan raps och åkerkål var initialt 85 av 247 undersökta plantor. Av dessa 85 plantor bar 65 % på anlaget för herbicidtolerans. Tre år senare hade andelen hybrider minskat till 5 av 199 undersökta plantor, varav fyra bar på toleransgenen. För en av dessa hybrider presenterades data som indikerar att anlaget för glyfosattolerans överförts till åkerkålen arvs massa. I denna studie hade alltså en spridning av ht-egenskapen skett, men den avtog snabbt i frekvens eftersom egenskapen saknar överlevnadsvärde.

2.4.2 Särhållning

Den andra konsekvensen av genflöden från en GM-gröda handlar om särhållning. I de fall genflöden går från en GM-gröda till en icke-GM-gröda kommer skörden från den senare att kunna innehålla spår av gener från den förra. I det rådande opinions- och marknadsläget i Europa betraktas detta som en "kontamination", en förorening, som, i likhet med t.ex. rester av bekämpningsmedel, gör att grödan betraktas som otjänlig enligt de normer som tillämpas av vissa certifieringssystem. För att undvika sådan inblandning finns därför ett omfattande regelverk, inkluderande bl.a. krav på vissa minimiavstånd mellan fält som odlas med en GM- respektive en icke-GM-gröda.

Det kan inte nog understrykas hur viktigt det är att hålla isär dessa två konsekvenser av genflöden. Den ena är en (naturvetenskaplig) värdering av risker för etablering utanför odlings-systemen. Först när en sådan värdering har utfallit positivt, dvs. det har bedömts att det inte föreligger några risker för vare sig hälsa eller miljö, kan kommersiell odling komma i fråga. Då, men först då, aktualiseras den andra konsekvensen av genflöden, dvs. särhållningsproblemet. Detta problem existerar alltså enbart därför att man anser att konsumenterna ska kunna välja att köpa livsmedel och djurfoder som är fria från inblandning av GM-produkter.

2.4.3 Resistensbildning

En helt annan fråga – som dock ofta blandas ihop med genspridning – är att användning av en viss biocid i ett odlingsystem alltid leder till en risk för resistensbildning. Detta innebär att det finns en risk, att ogräs och skadedjur utvecklar resistens mot de bekämpningsmedel som används för att bespruta odlingar med genmodifierade grödor. Inträffar detta, riskeras skördebortfall och omställningskostnader för byte till annat utsäde och andra bekämpningsmedel.

Bt-toxiner och glyfosat används också inom det konventionella jordbruket, vilket innebär, att det inte är odlingen av GMO *per se*, som ger upphov till risken att insekter och ogräs utvecklar resistens mot dessa bekämpningsmedel. En första fråga är därför om användningen av Bt-toxiner och glyfosat generellt sett leder till problem med resistensbildning. PG Economics (2003) poängterar

att den generella bilden är att resistensbildning inte utgör något stort problem vid användning av dessa preparat. Bt-toxiner har använts länge inom jordbruket *utan* att någon förekomst av resistens hos insekter har rapporterats, och endast ett fåtal fall av glyfosattolerans hos ogräs har konstaterats, trots att glyfosat använts inom jordbruket i över 25 år.

En motiverad fråga är dock om odling av GM-grödor som är toleranta mot ovannämnda bekämpningsmedel *påskyndar* utvecklingen av resistens. Skälet skulle vara, att odling av toleranta GM-grödor ju medger att man ensidigt använder en enda biocid. Så t.ex. använder man vid konventionell rapsodling en palett av metoder för ogräsbekämpning, varav besprutning med glyfosat bara är en, medan man vid odling av ht-raps kan förledas att helt förlita sig på glyfosat. Denna risk har stått klar länge och helt enligt förväntningarna börjar det nu dyka upp rapporter om resistensbildning mot såväl glyfosat (Waltz 2010, Special issue of Pest Management Science 2008) som mot Bt-toxinet (Tabashnik et. al. 2008, 2009). Dessa varningstecken ska naturligtvis tas på allvar och de bör föranleda ändringar i odlingsrutinerna, men de grundar ingen anledning till kritik av själva GMO-tekniken. Det är ensidig herbicidanvändning (respektive ensidig odling av en Bt-gröda) som är boven, inte GM-grödorna *per se*.

När det gäller Bt-grödor finns det även en möjlighet att själva toxinet skulle kunna spridas i naturen. Två forskare från laboratoriet för mikrobiologisk ekologi vid New Yorks universitet har nyligen redovisat en genomgång av ett stort antal artiklar som publicerats under de senaste åren i den frågan (Icoz and Storsky 2008). I artikeln analyserades och syntetiserades data från studier om Bt-grödors påverkan på marklevande organismer som mikroorganismer, hoppstjärnor, kvalster och olika typer av maskar. De slutsatser forskarna drar är att Bt-grödors påverkan på marklevande organismer har undersökts ingående världen över under de senaste elva åren, och att det därmed finns en betydande mängd information om miljöeffekterna när det gäller denna typ av grödor. De vetenskapliga data som presenterats har, enligt forskarna, inte kunnat visa på några bestående negativa effekter. Vidare pekar man på att andra parametrar, som jordtyp, pH-värde, temperatur och växtsort spelar en betydande roll vad gäller markens ekosystem. Författarna menar att det nu finns tillräckligt med vetenskaplig dokumentation när det gäller Bt-grödors påverkan på marklevande

organismer. Resurserna bör därför, enligt samma författare, användas till annan forskning.

Sammanfattningsvis går det knappast att belägga vetenskapligt att GM-grödor skulle innebära några risker för miljö eller hälsa. Det är också den sammanfattande slutsats som EU-kommissionen drar i en färsk rapport från december 2010 (http://ec.europa.eu/research/biosociety/library/brochures_report_s_en.htm). De c:a 130 projekt, med deltagande av över 500 forskargrupper, som arbetat med riskforskning på genmodifierade växter, och som finansierats av EU med totalt 300 miljoner euro, har inte kunnat påvisa någon högre risk för människor eller miljö jämfört med traditionellt förädlade växter.

2.5 Kort historik om odling av GMO

Genmodifierade grödor började odlas kommersiellt i början av 1990-talet. 1996 var emellertid det första året som sådana grödor odlades kommersiellt i något större skala. GM-varianter av soja, raps, majs och bomull odlades då på en yta av totalt 1,7 miljoner hektar i fyra länder: USA, Kanada, Australien och Argentina. Under det dryga decennium som förflutit sedan dess, har mycket hänt inom genteknikens område. Flera nya varianter av soja, majs, raps och bomull har kommit ut på marknaden och fått sällskap av andra GM-grödor som potatis, ris, squash och papaya. De genmodifierade grödorna blir fler för varje år som går och deras egenskaper blir allt mer förfinade.

Under 2010 odlades GM-grödor på 148 miljoner hektar världen över, en ökning med 14 miljoner hektar jämfört med 2009 (Gentekniknämnden 2011). Siffran motsvarar cirka 10 % av jordens odlingsbara mark. Genetiskt modifierad soja odlades på 81 % av den totala sojabönsarealen i världen. Motsvarande siffra för bomull var 64 %, för majs 29 % och för raps 23 %. Övriga genmodifierade växter som odlades kommersiellt under 2010 var squash, papaya, lusern, sockerbeta, tomat, poppel och paprika. Totalt odlades genetiskt modifierade grödor i 29 länder, en ökning med fyra länder jämfört med 2009.

Av den areal som odlades med GMO 2010 stod Europa endast för en bråkdel, cirka 0,1 miljoner hektar. Den främsta anledningen till detta är att EU har en avvaktande inställning till GMO och endast har godkänt ett fåtal GM-grödor för odling inom EU-

området. Under åren 1998-2004 godkändes inga nya GMO inom EU. Skälet var att en grupp medlemsländer krävde skärpningar av den gällande lagstiftningen och blockerade alla beslut fram till dess att en ny GMO-lagstiftning trädde i kraft våren 2004 (Frankrike och Grekland tog initiativet till blockeringen och fick därefter stöd från Italien, Danmark, Luxemburg, Belgien och Österrike).

Den enda GM-gröda som odlas inom EU är en majs med inbyggd resistens mot bland annat majsmott. Till skillnad mot i övriga delar av världen minskar de arealer som odlas med GM-grödor i Europa. Under 2009 odlades c:a 95 000 hektar med GM-majs, att jämföra med 2008 då majsen odlades på nästan 108 000 hektar. GM-majsen odlades under 2010 i Spanien, Tjeckien, Portugal, Slovakien, Rumänien och Polen. Under 2008 odlades den majsmott-resistenta majsen även i Tyskland, men där beslutade man i slutet av 2008 att inte odla majsen kommande år.

I Sverige bedrivs ännu ingen kommersiell odling av GM-grödor, men försöksodlingar har pågått sedan slutet av 1980-talet. En genmodifierad stärkelsepotatis har godkänts för kommersiell odling i EU under 2010 och kommer att odlas kommersiellt fr.o.m. 2011.

2.6 Var och av vem utvecklas gentekniken?

USA är forskningsledande inom gentekniken på jordbruksområdet. Japan och Kina satsar också stort på genteknikforskning (om Kinas satsning på bioteknik, se Qui 2008). Gemensamt för dessa länder är, att de tidigt antagit framåtblickande strategier avsedda att placera dem i täten inom bioteknikforskningen. I USA omgärdas genteknikverksamheten av betydligt färre restriktioner än i Europa, vilket ger en högre aktivitet. En hög aktivitet ger större möjligheter till avkastning, vilket attraherar mer pengar till forskningen. Lägre tidsåtgång och kostnader förenade med byråkrati, ett positivt forsknings- och företagsklimat, samt höga löner lockar redan bioteknikföretag och forskare från hela världen till USA, också från Europa. Hösten 2010 har franska INRA beslutat att sluta med jordbruksrelaterad GMO-forskning (<http://www.forexyard.com/en/news/French-researcher-halts-development-of-GMO-crops-2010-10-29T080856Z-INTERVIEW>)

Ett exempel som kan lyftas fram är moratoriet 1998-2004, då inga nya GMO godkändes inom EU. Under denna tid minskade

genteknikforskningen inom EU drastiskt. Forskningsprojekt ställdes in och företag och forskare flyttade till GMO-vänliga länder, främst USA. Allmänhetens skepsis gentemot GMO anses också ha bidragit till den nedåtgående trenden (Mitchell 2003). Dåvarande forskningskommissionären Philippe Busquin varnade för, att det skeptiska klimatet skrämde bort bioteknikföretag och forskare och att EU därmed riskerade att hamna i en situation, där unionen blev hänvisad till teknik som utvecklats i andra länder.

Pengar och intellektuellt kapital är ofrånkomligen viktiga delar i en framgångsrik forskningsintensiv industri. I USA sysselsätter bioteknikföretag dubbelt så många människor som motsvarande sektor i Europa och USA har även dubbelt så många anställda inom forskning och utveckling. I USA satsas också tre gånger så mycket pengar på forskning och utveckling. Vidare får sektorn in dubbelt så mycket riskkapital jämfört med i EU, har större tillgång till finansiering via lån och har dubbelt så höga intäkter. De europeiska företagen är också i flera fall yngre än de amerikanska, vilket torde medföra att den samlade erfarenheten är större i USA än i EU. Det bör dock påpekas att flera av de stora privata GMO-aktörerna är multinationella företag med möjligheter att förlägga sina aktiviteter där de har störst chans att lyckas.

I Sverige finns ett fåtal aktörer som ägnar sig åt växtförädling med genteknik. Av de privata företag som hittills beviljats fältförsök med GM-grödor i Sverige dominerar Plant Science Sweden (PSS) stort. PSS ägs av BASF Plant Science (BPS), som också är delägare i Svalöf Weibull (SW). Försöken för PSS, SW och BPS gäller främst potatis och raps. Syngenta (sockerbetor) var det företag i Sverige som var först med försöksodling av GMO (vårraps). Syngenta är idag det enda företaget med verksamhet i Sverige som bedriver aktiv GMO-forskning och utveckling inom jordbrukssektorn. Monsanto (majs) är ett annat privat företag som beviljats tillstånd för fältförsök, men i det fallet bedrivs inte forskningen och utvecklingen i Sverige.

På Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) bedrivs också genteknisk växtförädlingsforskning. Forskningen som bedrivs på SLU finansieras genom statliga anslag och av lantbruksnäringen. Till exempel bidrog *Stiftelsen för Lantbruksforskning* (SLF) och *Formas* (Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande) med vardera 18 miljoner kronor till ett gemensamt forskningsprogram inom icke-kommersiell växtförädling för åren 2006-2008. Ett område som lyftes fram i det forskningsprogrammet var

sortanpassning av vall och korn till de specifika odlingsförhållandena i Norrland. Detta anses vara avgörande, för att en rimlig lönsamhet ska kunna uppnås i området och alltså grundläggande för jordbrukets fortlevnad i denna region. Just Norrlandsexemplet visar på hur viktigt det är för Sverige med utveckling av grödor anpassade för Sveriges specifika klimatförhållanden, vilket också är ett område där gentekniken kan spela en viktig roll.

2.7 Hur regleras GMO?

Inom EU finns en gemensam lagstiftning för en stor del av den verksamhet som rör GMO. På vissa områden, företrädesvis i frågan om samexistens, åvilar det de enskilda medlemsstaterna att själva utforma ett regelverk. Lagstiftningen om GMO har tillkommit för att skydda människors och djurs hälsa och miljön. En viktig del i regelverket är märkning av livsmedel och foder som innehåller, består av eller har framställts av GMO. Härigenom kan konsumenter inom EU själva avgöra, om de vill konsumera GMO eller inte. Märkningen gör det också möjligt att spåra GM-produkter bakåt i utbudskedjan.

2.7.1 Utsläppande på marknaden

Innan en GMO släpps ut på marknaden måste den godkännas. Ett första steg i processen är en *riskvärdering*. När det gäller riskvärderingen av GMO spelar *försiktighetsprincipen* en viktig roll. Enligt Europeiska Rådets resolution om användning av försiktighetsprincipen, bör denna ”tillämpas så snart som möjliga skadliga effekter för hälsan och miljön har fastställts, och när man efter en preliminär vetenskaplig utredning grundad på tillgängliga uppgifter inte kan dra några säkra slutsatser om risknivån.”

Resolutionen slår också fast, att vid tillämpning av försiktighetsprincipen ska de åtgärder som vidtas stå i proportion till riskerna, inte vara godtyckliga eller på annat sätt diskriminerande, inte vara mer restriktiva än vad situationen kräver, samt innebära en avvägning mellan fördelar och sociala och miljömässiga kostnader. Dessa kostnader ska, i den mån det är möjligt, omfatta en ekonomisk analys. Vidare ska beslut fattade med stöd av försiktig-

hetsprincipen följas upp och kunna omprövas i takt med att den vetenskapliga kompetensen utvecklas.

Godkännande av en GMO avsedd för livsmedel eller foder, samt godkännande av import eller odling, sker på EU-nivå. Godkännandet gäller inom hela EU under en tioårsperiod med möjlighet till förlängning tio år i taget. Ett godkännande kan återkallas om det kommer fram ny information om risker för människors hälsa eller för miljön. Ett godkännande kan vara förenat med vissa krav på *riskhantering*. Till skillnad från riskvärderingen som är vetenskaplig, är riskhanteringen politisk. Ett godkännande kan alltså vara förenat med särskilda villkor om användning, förpackning och hantering, samt, om behovet är vetenskapligt belagt, med villkor för att skydda speciella ekosystem, miljöer eller geografiska områden.

Den svenska lagstiftningen för genteknisk verksamhet återfinns huvudsakligen i Miljöbalkens kap 13. Den lagstiftning som de behöriga myndigheterna därutöver lutar sig mot är

- - Den svenska förordningen "Förordning (2002:1086) om utsättning av genetiskt modifierade organismer i miljö", som bygger på EU:s fullharmoniseringsdirektiv 2001/18/EG.
- - EU-förordningen "Förordning (EG) nr 1829/2003 av den 22 september 2003 om genetiskt modifierade livsmedel och foder"
- - EU-förordningen "Förordning (EG) nr 1830/2003 om spårbarhet och märkning av genetiskt modifierade organismer och spårbarhet av livsmedel och foderprodukter som är framställda av genetiskt modifierade organismer och om ändring av direktiv 2001/18/EG"

Varje ansvarig myndighet har också egna föreskrifter för sina bedömningar.

2.7.2 Regler för odling av GMO

Odling av GMO omgärdas av en rad regler för att undvika skador på miljön samt för att förhindra inblandning av GMO i ekologiska eller konventionella odlingar.

Innan en godkänd GMO kan saluföras som utsäde krävs, på samma sätt som för icke-GMO, att sorten finns upptagen på en sortlista. För att en gröda ska få säljas i Sverige, måste den finnas

med på antingen den svenska sortlistan eller på EU:s gemensamma sortlista för lantbruks- eller köksväxter. Innan en gröda kan få ett sortgodkännande, måste den sort provas under minst två år enligt regler som fastställs av Jordbruksverket. Viktiga villkor för att en sort ska kunna godkännas är, att den kan odlas i det aktuella klimatet, att den ger tillräckligt hög skörd av god kvalitet, att den är motståndskraftig mot vanliga växtsjukdomar, och att den skiljer sig från befintliga sorter.

Den enskilde lantbrukaren ska själv kunna bestämma vilken typ av grödor som odlas. Därför måste genmodifierade, konventionella och ekologiska grödor kunna odlas parallellt, utan att de påverkar varandra. Detta är vad det s.k. *samexistensproblemet* handlar om. Det är viktigt att understryka, att samexistens alltså inte handlar om miljö- eller hälsorisker. De genmodifierade grödor som odlas kommersiellt har redan genomgått en grundlig riskbedömning och bedömts vara säkra för hälsa och miljö. Samexistens har enbart blivit ett problem, därför att man anser att konsumenterna ska kunna välja mellan GMO- och GMO-fria livsmedel och djurfoder.

Genetiskt modifierade grödor kan sprida sig till konventionella och ekologiska odlingar på olika sätt, t.ex. genom orent utsäde, korspollinering och maskinsamverkan. Om inblandningen av en godkänd GMO överstiger 0,9 procent måste produkten märkas som en GMO-produkt. Följaktligen har samexistens blivit ekonomiskt betydelsefullt för odlarna, eftersom det kan innebära en ekonomisk förlust för en odlare av GMO-fria grödor att ha en inblandning av GMO som är så stor att skörden måste märkas som GMO-produkt. Odlaren kan då inte få ut det merpris, som en ekologisk gröda betingar.

Risken för spridning från en GMO-odling till en konventionell/ekologisk odling varierar från gröda till gröda och är också beroende av lokala förhållanden. Inom EU finns därför ingen gemensam lagstiftning om hur samexistensproblemet ska hanteras. Istället har EU-kommissionen tagit fram riktlinjer för, hur medlemsstaterna ska utarbeta egna strategier för att möjliggöra samexistens. I Sverige använder man sig vanligen av ett isoleringsavstånd, vilket med god marginal överstiger det typiska avståndet för pollentransporter.

Jordbruksverket (SJV) har på uppdrag av regeringen utrett frågan om samexistens i svenskt jordbruk. Utredningen finns publicerad i form av SJV Rapport 2003:11, *Samexistens i fält mellan genetiskt modifierade, konventionella och ekologiska grödor* –

redovisning av förutsättningar. Jordbruksverket har även, på uppdrag av regeringen, lämnat förslag till odlingsbestämmelser. En förordning om samexistens trädde i kraft 2007.

2.7.3 Ekologisk odling

Produkter som ska marknadsföras som ekologiska inom EU måste vara kontrollerade av ett godkänt certifieringsorgan. Om detta organ bedömer, att en GM-gröda har använts i produktionen, får produkten inte saluföras som ekologisk. Vilka sanktioner som blir aktuella beror på omständigheterna.

Om inblandningen har skett genom olyckshändelse, eller om det hade varit omöjligt att undvika den, och om det kan betraktas som en engångsföreteelse, blir den troliga konsekvensen att det aktuella partiet plockas bort, men att odlaren får behålla sin certifiering. Under försvårande omständigheter kan det bli aktuellt med indragen certifiering. Praxis hos de flesta europeiska certifieringsorgan är, att åtgärder vidtas mot partier så fort det är tekniskt möjligt att påvisa förekomst av GMO, även om förekomsten understiger 0,9 procent.

Vid ekologisk odling är det alltså inte tröskelvärdet i sig som är det avgörande, utan att GMO inte använts i produktionen, samt att det inte finns några spår av GMO i den produkt som ska saluföras som ekologisk. En produkt som måste märkas som GMO enligt EU:s lagstiftning, dvs. om inblandningen är oavsiktlig eller tekniskt oundviklig, eller om förekomsten av GMO överstiger 0,9 procent, får således inte samtidigt märkas som ekologisk. Inblandning av GMO i ekologisk produktion kan följaktligen medföra en ekonomisk förlust för den ekologiske odlaren som då inte kan få ut merpriset för ekologiska varor.

Odling av GMO innebär en ofrånkomlig risk för genspridning till ekologiska odlingar. Om odling av genmodifierade grödor blir verklighet i Sverige, är det sannolikt, att kostnader för utökade kontroller och provtagningar tillkommer för ekologiska odlare, kostnader som i slutänden kan komma att bäras av konsumenterna i form av högre produktpriser.

2.7.4 Regler för märkning och spårbarhet

Enligt märkningskravet ska det tydligt framgå på förpackningen att en produkt består av, delvis innehåller, eller är framställd av GMO. Eftersom de GMO som släpps ut på marknaden redan har genomgått en vetenskaplig riskbedömning och befunnits inte utgöra någon fara för människors och djurs hälsa eller miljön, är märkningen enbart till för att erbjuda konsumenten valfrihet. Förutom märkningen krävs att varje genetiskt modifierad produkt ska vara spårbar.

Varje GMO får en unik kod som består av både siffror och bokstäver i enlighet med ett system som är gemensamt för alla OECD-länder. Koden kan sedan användas för att få mer information om produktens egenskaper. Denna kod, tillsammans med ytterligare dokumentation, ska följa med produkten från primärproducenten till den som säljer produkten till slutkonsumenten. För mellanhänder innebär lagstiftningen att en vara ska kunna följas ett steg bakåt och ett steg framåt i utbudskedjan. Livsmedel som innehåller kött, mjölk och ägg från djur som utfodrats med genmodifierat foder behöver inte märkas som GMO.

Vidare läsning:

Förutom SFS 2007:271, <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20070273.htm>, Förordning om försiktighetsåtgärder vid odling och transport m.m. av genetiskt modifierade grödor finns SJVFS 2008:34 Statens jordbruksverks föreskrifter om försiktighetsåtgärder vid odling av genetiskt modifierade grödor. I den senare anges bl.a. minimiavstånd mellan majsält (50 m) och mellan potatisält (3 m).

På följande sida finns all gentekniklagstiftning samlad: <http://www.gmo.nu/>

På Jordbruksverkets hemsida finns mycket bra information t.ex:

Hur en riskbedömning går till:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/genteknikgmo/kommersiellanvandning/godkannandeforkommersiellanvandning.4.4b00b7db11efe58e66b8000625.html>

Så hanteras en ansökan:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/genteknikgmo/kommersiellanvandning/godkannandeforkommersiellanvandning/saharhanterasanansokanommkommersiellanvandningavgmoilivsmedelochfoder.4.4b00b7db11efe58e66b8000883.html>

Kommersiell handel och odling av GMO inklusive samexistens:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/genteknikgmo/kommersiellanvandning/kommersiellodlingochhandel.4.4b00b7db11efe58e66b8000635.html>

Om fältförsök:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/genteknikgmo/faltforsok.4.4b00b7db11efe58e66b80002983.html>

Godkännande av växtsorter:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/utsadeochsorter/forutsadesforetag/godkannandeavsorter.4.1cb85c4511eca55276c8000231.html>

2.7.5 Skillnader i lagstiftning och handelskonflikter

I USA behandlas inte GMO-produkter annorlunda än konventionella produkter. Därför tillämpas redan befintlig lagstiftning för exempelvis riskbedömning också på GMO. I USA tillämpar man alltså en reglering steg för steg och från fall till fall, där regelverket baseras på tidigare erfarenheter och en riskbedömning av varje steg i forsknings- eller produktionsprocessen. Nya produkter och processer bedöms med beaktande av vetenskapligt belagda negativa effekter (i förekommande fall) från liknande produkter och processer, för att säkerställa att dessa inte innebär en risk för uppkomst av liknande skador.

EU:s lagstiftning är däremot utarbetad specifikt för att reglera GMO. Försiktighetsprincipen genomsyrar denna lagstiftning, vars fokus ligger på människors och djurs hälsa samt miljön, genom att slå fast att GMO-relaterad verksamhet inte får utsätta dessa för stora risker.

En viktig aspekt av de olika lagstiftningarna är, att en GMO som är godkänd i USA men inte i EU är *helt otillåten* i EU även under tröskelvärde 0,9 procent. Detta kan få handelspolitiska

konsekvenser. Ju fler godkännanden som ges i USA, och som inte åtföljs av godkännanden i EU, desto större problem med otillåten inblandning kommer EU att få. När det gäller märkningskrav är det enbart EU och Brasilien som baserar detta på tillverkningsprocessen. Övriga länder tar fasta på om slutprodukten har avvikande egenskaper jämfört med den konventionella motsvarigheten.

Skillnaderna i GMO-lagstiftning mellan EU å ena sidan och USA, Kanada och Argentina å andra sidan, har lett till handelskonflikter. I maj 2003 bad USA och Kanada om samtal med EU angående det *de facto* moratorium för godkännande av GMO som rådde i EU sedan 1998. USA och Kanada ansåg, att moratoriet otillbörligen hindrade ländernas export av jordbruksprodukter till den europeiska marknaden. Kort därefter önskade även Argentina samtal med EU av samma anledning. Tvisten avgjordes så småningom (2006) till USA:s, Kanadas och Argentinas fördel. De länder som hade infört importförbud för tidigare godkända produkter, och som EU:s egna bedömare funnit säkra enligt EU:s egen lagstiftning, blev därmed tvungna att häva dessa förbud.

Nyligen har José Manuel Barroso lovat EUs medlemsländer att odlingsbesluten av GM-grödor inom EU skall bli en nationell angelägenhet. I början av juli 2010 presenterade EU-kommissionen ett förslag - en ny EU-förordning - hur man har tänkt sig att detta ska gå till. Man vill ge medlemsländerna möjlighet att förbjuda eller kraftigt inskränka möjligheterna för odling av GM-grödor, utan att ett sådant förbud/inskränkande behöver grundas på vare sig vetenskapliga överväganden eller på verkliga eller befarade risker för hälsa och miljö. Det innebär att den vetenskapliga bedömningen ska ligga fast men enskilda regioner och länder ska ha rätt att säga nej av kulturella och/eller ideologiska skäl. Länderna ska således dels tillerkännas suveränitet gentemot EUs gemensamma regelverk när det gäller att besluta om odling av GM-grödor, dels slippa motivera sådana beslut på vetenskapliga grunder.

Motståndet mot Barrosos förslag verkar dock vara starkt, så det är tveksamt om förordningen kommer att införas.

3 Presentation av de GM-grödor som ingår i denna studie

Här presenteras de tre grödor som odlas i Sverige och som finns som GM-grödor - sockerbeta, raps och potatis (i potatisens fall gäller att den just introducerats). Ytterligare en gröda, nämligen majs, hade kunnat ingå. Denna har emellertid utelämnats, eftersom det inte finns någon tillförlitlig statistik över areal, skördenivåer etc. för majsodlingen, varken för Sverige eller för EU. Skälet är att majs ingår i större kategorier ("spannmål", "grönfoder", etc.) i databaserna.

3.1 Sockerbeta

Sockerbeta odlas enbart i de sydligaste länen i landet, men den är där en viktig gröda som bryter spannmålsdominerade växtföljder på i synnerhet tunga jordar. Störst är produktionen i Skåne, där närmare 90 procent av betarealen återfinns. Den odlade arealen uppgick 2008 till 36 800 ha med ett avsaluvärde på 533 milj. kronor (exkl. subventioner). Ekologisk sockerbetsproduktion är inte lönsam idag på grund av att manuell ogräsbekämpning är alltför arbetskrävande

Odlingen av sockerbetor i Sverige begränsas av EU:s marknadsordning för socker och den produktionskvot som Sverige tilldelas. Den senaste reformen av sockerregleringen syftade till att minska skillnaden till världsmarknadspriiset och att minska störningen av den internationella sockermarknaden. Enligt den nuvarande marknadsordningen för 2006-2014 ska betpriset sänkas med 39,5 procent och sockerpriset med 36 procent över en fyraårsperiod. Svenska betodlare kompenseras för prissänkningen genom ett tillägg till gårdsstödet. Priskompensationen betalas ut årligen fram till år 2014, oavsett om betodlaren fortsätter med odling eller inte.

Vidare ska exportmöjligheterna för socker producerat i EU begränsas kraftigt. Den nya sockerordningen har också gjort det möjligt för sockerindustrin att lösa in sockerkvoter; dels för att begränsa exporten, dels för att ge plats för import av socker från utvecklingsländerna.

Ogräs är ett stort problem vid odling av sockerbetor. Om ogräset inte bekämpas, kan skördebortfallet bli väldigt stort - i värsta fall går odlaren miste om hela skörden. Scott och Wilcockson (1976) uppskattar att skördebortfallet i avsaknad av ogräsbekämpning kan uppgå till 95 procent, medan Schweizer och Dexter (1987) anger 26 – 100 procent. Mängden sackaros i sockerbetan kan också minska på grund av konkurrens från ogräs om ljus, näringsämnen och vatten (se till exempel Mesbah et al 1994).

En effektiv ogräsbekämpning är alltså av avgörande betydelse för lönsamheten i betodlingen. Det finns inget enskilt bekämpningsmedel som verkar på alla typer av ogräs och olika bekämpningsmedel måste därför kombineras för ett effektivt skydd. Odlingarna måste också besprutas vid ett flertal tillfällen. Under dessa omständigheter uppgår ett normalt skördebortfall på grund av ogräs till mellan 3 och 10 procent.

Med anledning av de mängder av bekämpningsmedel som behövs idag, innebär utvecklingen av ht-betan både stora miljövinster och möjligheter till högre avkastning. Genom ht-betan blir det möjligt att ersätta en blandning av bekämpningsmedel med ett enda ogräsmedel, antingen glyfosat eller glufosinat-ammonium beroende på typ av ht-beta. Genomslaget för ht-betan har också varit stort och snabbt – 2009 var således 95 % av de sockerbetor som odlades i Nordamerika ht-betor.

På aggregerad EU-nivå uppskattade Gianessi et al (2003), att mängden ogräsbekämpningsmedel skulle kunna minska med 2 200 ton och skörden öka med 5000 ton om samtliga betodlare övergick till herbicidtoleranta sockerbetor. Den sammanlagda nettoinkomsten skulle då uppgå till 390 miljoner euro. Den ekonomiska analysen gjordes utifrån förväntade förändringar beträffande skördestorlek, produktionsvärde, produktionskostnader och pesticidanvändning.

I Sverige beräknas (SLI 2007) en övergång från odling av konventionell till herbicidtolerant sockerbeta främst få följande konsekvenser på odlingens lönsamhet på gårdsnivå:

- Gårdens sockerkvot kan produceras på mindre areal
- Högre utsädeskostnad
- Lägre kostnad för ogräsbekämpningsmedel
- Minst en inbesparad besprutning mot ogräs
- En inbesparad glyfosatbehandling i den övriga växtföljden

Inom några år kommer även en övervintrande variant av ht-sockerbeta att kunna odlas, en variant som alltså sås på hösten för skörd nästa år. Utvecklingen av denna beta har redan pågått i ett tiotal år. Den finns redan och är färdig för introduktion på marknaden inom kort.

För denna beta kan man förvänta följande modifieringar jämfört med den vårsådda:

- Högre skörd -> den posten får ett annat värde än för den vårsådda
- Tidigare tillväxtstart på våren för betorna -> bättre konkurrenskraft gentemot ogräs
- -> en sparad herbicidbehandling (åtminstone vissa år) -> posterna som relaterar till ogräsbekämpning får ett annat värde än för den vårsådda

Den allra största fördelen med den höstsådda varianten är emellertid, att skörden kan inledas betydligt tidigare (redan i juli). Detta leder till en hel kaskad av positiva effekter i flera led. För bonden innebär det statistiskt sett bättre (torrare) skördeväder, vilket medför flera fördelar, såsom mindre markpackning och mindre jordiga betor. För infrastrukturen omkring betodlingen – maskinstationerna som äger och kör betupptagarna, transport-systemet, sockerbruken – innebär en förlängd skördesäsong en mängd fördelar, som är relaterade till att maskinpark och arbetskraft kan utnyttjas under längre tid. Dessutom innebär den tidigare leveransen av renare betor till sockerbruken, att förbrukningen av processvatten minskar, samt att säsongen för spridning av processvattnet förlängs med två månader av vegetationsperiod.

I framtiden kan betor även komma att odlas för biogasframställning. Detta kommer att innebära att större arealer kan användas för betodling, samtidigt som konsumentmotståndet mot GMO-varianter kan komma att bli mindre.

3.2 Raps

Raps är den viktigaste oljeväxten i Sverige. Den odlade arealen uppgick 2008 till 86 300 ha, varav 61 900 höstraps och 24 400 vårraps. Saluvärdet i producentledet uppgick till 738 milj. kronor (exkl. subventioner). Branschorganisationen Svensk Raps AB hoppas på ett ökat behov av oljeväxter i Sverige med anledning av satsningar på biodiesel, behovet av matoljor och rapsmjöl till foder. Sverige importerar ungefär tre fjärdedelar av behovet av foderprotein, och enligt Svensk Raps AB kan en del av denna import ersättas med svenskproducerat rapsmjöl.

Globalt sett är 18 procent av all raps som odlas herbicidtolerant genom genmodifiering. Kanada är den största producenten av raps med en femtedel av den globala produktionen, varav 93 % är ht-raps. Av de länder som odlar ht-raps är Kanada det land vars odlingsklimat mest påminner om svenska odlingsförhållanden. Därför ligger kanadensiska erfarenheter till grund för bedömningarna här.

Ur ett företagsekonomiskt perspektiv skulle de främsta konsekvenserna av en övergång till odling av ht-raps i Sverige vara

- ökad hektarskörd
- högre utsädeskostnad
- lägre kostnader för ogräsbekämpning

Skördeökningen bedöms vara 6 till 11 procent, baserat på kanadensiska och amerikanska erfarenheter (Canola Council, 2001; PG Economics 2003). Skördeökningen beror både på att grödan tar mindre skada av ogräsbekämpningen och på att ogräsbekämpningen blir mera effektiv. En intressant aspekt är, att det har visat sig, att kanadensiska odlare av ht-raps kan ta ut ett något högre pris för sina skördar, eftersom de innehåller en mindre mängd ogräsfrön än de som härrör från konventionellt odlad raps.

Ökningen av utsädeskostnaden är f.n. ungefär 50 %. Minskningen av kostnaden för ogräsbekämpning uppstår både genom övergången till ett glyfosatbaserat ogräsmiddel och genom att färre bekämpningstillfällen krävs. I Kanada jordbearbetar de som odlar herbicidtolerant vårraps i genomsnitt något mindre än de som odlar konventionell vårraps. I Sverige är det tveksamt om en övergång till herbicidtolerant vårraps skulle göra det lönsamt att minska på jordbearbetningen (SLI 2007).

Sammantaget beräknas dessa tre faktorer förbättra odlingens lönsamhet med mellan 4 och 8 procent i producentledet.

3.3 Potatis

Potatis är världens fjärde viktigaste livsmedelsgröda. I Asien, Afrika och Latinamerika ökar både konsumtion och odling av potatis, medan bilden i Europa är annorlunda. Sedan 1960-talet har den europeiska potatisodlingen minskat och potatisen har förlorat i betydelse som livsmedel. Av den potatis som odlas inom EU hamnar endast en fjärdedel på tallriken. Hälften blir djurfoder och den resterande fjärdedelen används inom industrin för att producera etanol och utvinna stärkelse.

Potatis var en av de första GM-grödorna som odlades kommersiellt. Monsanto lanserade tre varianter av genmodifierade potatissorter i USA och Kanada, motståndskraftiga mot *kolorado-skallbagge*, *bladrullvirus* och *potatisvirus Y*. Intresset för att odla de genmodifierade sorterna var dock svalt, vilket förklaras av att de potatisodlare som provat på att odla de genmodifierade sorterna inte upplevt några ekonomiska fördelar av detta, samtidigt som de känt av ett konsumentmotstånd mot genmodifierad potatis (PG Economics 2003, Carpenter och Gianiessi 2001). Det är dock oklart, varför amerikanska konsumenter varit skeptiska mot genmodifierad potatis, när produkter som innehåller genmodifierad raps, majs och soja inte mött samma motstånd.

Svampangrepp är ett annat hot mot potatisodlingar och försök att bygga in resistens mot svampen *Phytophthora infestans*, som orsakar potatisbladmögel och brunröta, pågår. I Sverige är bladmögel ett stort problem och en potatisodling måste besprutas cirka tio gånger per år för att hållas fri från svampangrepp. Trots att potatisodlingen endast upptar någon procent av åkerarealen, svarar den för hälften av jordbrukets totala användning av bekämpningsmedel mot svampangrepp. (Nilsson 2006). Det svenska växtförädlingsföretaget Plant Science Sweden (PSS) håller på att utveckla en potatis med inbyggt skydd mot *Phytophthora infestans*. De första fältförsöken genomfördes 2006. Det inbyggda skyddet mot svampangrepp har potential att avsevärt minska användningen av bekämpningsmedel, vilket både skulle vara kostnadsbesparande och en avlastning för miljön.

Hittills är det emellertid inom området etanol och stärkelseproduktion som störst landvinningar gjorts beträffande genmodifierad potatis, och fältförsök har pågått på olika håll under flera år. Potatis innehåller två typer av stärkelse, *amylopektin* och *amylos*. Amylopektin är den form av stärkelse som efterfrågas av industrin. I en vanlig potatis är 85 procent av stärkelsen amylopektin och 15 procent amylos. Med hjälp av genteknik har stärkelsesammansättningen kunnat ändras, så att andelen amylopektin ökat. Bland andra har det svenska företaget Amylogen HB (ingår nu i BASF Plant Science) tagit fram en potatis som innehåller hela 98 procent amylopektin och endast 2 procent amylos.

Under 2010 har stärkelsepotatisen Amflora godkänts för kommersiell odling i Sverige. Reglerna kring samexistens medförde mycket stora problem vid odlingen och projektet var nära att kapsejsa.

3.4 Sammanfattning av de ekonomiska drivkrafterna

De direkta fördelarna med herbicidtoleranta respektive insektsresistenta grödor är effektivare ogräs- och insektsbekämpning. Detta kan i sin tur bidra till minskad maskinanvändning och lägre arbetskraftsåtgång. Vissa genmodifierade sorter ger också högre avkastning jämfört med konventionella grödor. En översikt av de viktigaste lönsamhetsfaktorerna för de grödor som berörts i detta avsnitt ges i följande tabell:

Tabell 3.1 Lönsamhetsfaktorer vid odling av genmodifierade grödor

Gröda	Vinster
<i>Ht-sockerbeta</i>	Minskade produktionskostnader (bekämpningsmedel, arbetskraft, maskiner), ökad sackaroshalt, ökning av skörden med mellan 5 och 10 procent trolig.
<i>Ht-raps</i>	Minskade produktionskostnader (bekämpningsmedel, arbetskraft, maskiner). Högre skörd.
<i>Stärkelsepotatis</i>	Högre försäljningspris.
<i>Bladmögelresistent potatis</i>	Minskade produktionskostnader (bekämpningsmedel, arbetskraft, maskiner). Möjligen ökade skördar.

4 Den samhällsekonomiska analysen

Sören Wibe†

Bearbetad och slutförd av Karl-Gustaf Löfgren

Som den föregående analysen visat kommer en ht-sockerbeta att medföra flera effekter, t.ex.:

- a. Ökad produktivitet per ha odling.
- b. Ändrad utsädeskostnad
- c. Ändrad kostnad för ogräsbekämpning (inkluderar både minskad direkt kostnad för bekämpningsmedlet samt minskad arbets- och kapitalkostnad för själva besprutningen).
- d. I fallet med höstsådd sockerbeta tidigare skörd.

Dessa fyra är de lätt identifierbara direkta ekonomiska konsekvenserna. Till detta kommer att användning av ht-betan innebär en minskad miljöbelastning¹. Enligt några s.k. livscykelstudier (där man alltså följer tillverkningen av en vara ”från vaggan till graven”) innebär den ändrade användningen av bekämpningsmedel även minskad (total) energianvändning samt minskade utsläpp av växthusgaser till atmosfären. Slutligen är det möjligt att övergången till ht-betan innebär att kväveläcket minskar, speciellt om analysen avser betor som sås på hösten.

Den samhällsekonomiska analysen innebär nu att de olika effekterna värderas i ekonomiska termer och sedan summeras.

¹ Se sista kapitlet.

4.1 Teori

Den grundläggande teorin för samhällsekonomiska kalkyler är enkel, det handlar i princip om att räkna "ytor" under utbuds- och efterfrågekurvor samt, när tidsaspekten finns med, att räkna om årliga utgifter och inkomster (kostnader och vinster) till ett kapitalvärde med en given ränta. Nu är emellertid just socker(bets-) marknaden strängt reglerad av EU och i viss mån WTO. Det skulle föra för långt att här gå in i detalj på alla existerande regleringar men i princip går det till som följer:

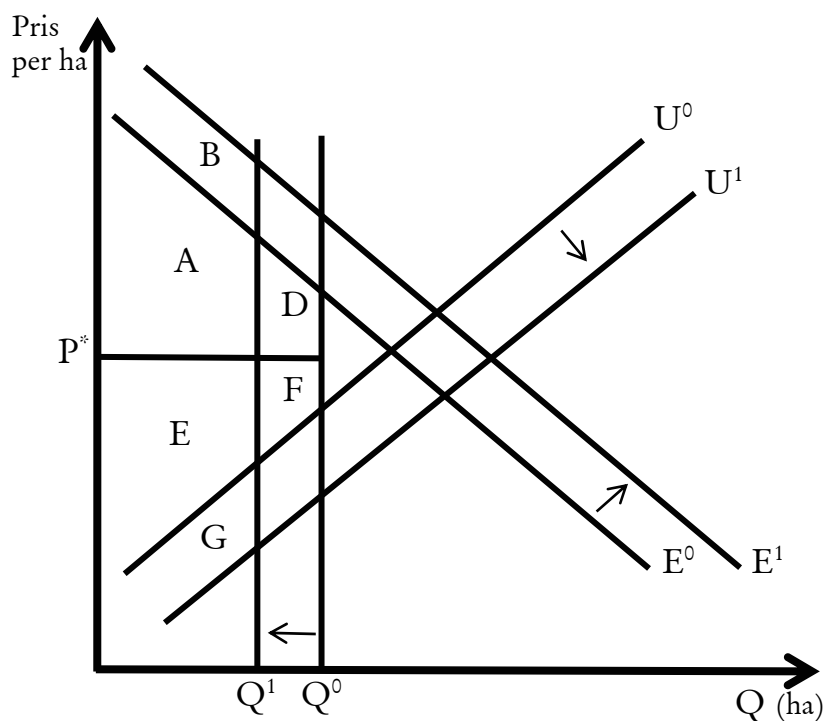
EU (och vissa f.d. kolonialländer) har en produktionskvot för sockerproduktionen inom unionen. I princip skall den ligga i närheten av konsumentefterfrågan (inom unionen). För att skydda unionens betodlare och sockerfabrikanter från konkurrens från länder som Brasilien och Kuba finns höga skyddstullar.

Inom ramen för EUs totala kvot tilldelas de olika länderna specifika produktionskvoter, för Sveriges del ca 325 000 ton (färdigraffinerat) socker. Denna kvot fördelas ut till landets sockerfabriker (nu endast en). Fabriken upprättar kontrakt med odlare om denna mängd (omvandlad till betmängd) och man kommer överens om ett pris. Om odlarna producerar mer än denna mängd kan det köpas upp av fabriken till lägre pris och säljas på export utanför EU eller som industrisocker.

Detta är- **i mycket förenklad form-** själva grundprincipen. Utifrån detta kan grunddragen i den samhällsekonomiska analysen beskrivas utgående från antal hektar odlad jordbruksmark. Först antas att det finns en utbudskurva av jordbruksmark till sockerbetsodling (som givetvis återspeglar alternativinkomsten av denna mark plus odlingskostnaden för betodling). Denna kurva förskjuts (vid introduktionen av ht-betan) $U^0 \rightarrow U^1$, där U^1 idealt sett innehåller både en ekonomisk värdering av miljöeffekterna samt de ändrade ekonomiska kostnaderna beroende på förändrad användning av bekämpningsmedel etc. Summan av miljö- och ekonomiska effekter antas leda till en förskjutning av utbudskurvan nedåt, vilket alltså betyder att om odlarna erbjuder ett specifikt pris för betorna kommer de efter introduktionen av ht-betan att vara villiga² att upplåta en större areal jord till detta. Om det nu blir en produktivitetsökning, dvs. större betskörd per ha, så kommer de totala förändringarna att kunna åskådliggöras som i nedanstående figur:

² Observera att de är "villiga". Det betyder inte att regelverket skulle tillåta detta.

Figur 4.1 Principillustration till de samhällsekonomiska effekterna av introduktionen av en genmodifierad sockerbeta



I figuren återges förutom odlarnas utbudskurva även företagets efterfrågekurva på (svensk) betareal utifrån den tilldelade kvoten för sockerproduktion. Den är initialt E^0 , men eftersom en produktivitetsökning i betodlingen antas ske så kommer den att förskjutas uppåt till E^1 . Vid i övrigt givna förhållanden kommer man att vara beredd att betala mer per hektar betodling eftersom det produceras en större mängd betor.

På en fri marknad skulle de sammantagna utbuds- och efterfrågeförändringarna innebära att mängden mark som används till betodling ökar. (hur priset på mark, dvs. jordräntan påverkas är dock oklart.) Nu är emellertid den totala volymen sockerbetor bestämd genom EUs regleringar, vilket i realiteten leder till att de totala sockerbetsodlingarna (mätt i hektar mark) minskar.

Antag att den totala odlingen innan ht-betan introducerades uppgick till Q^0 hektar. När nu produktiviteten ökar kommer utbudskurvan av betareal att förskjutas till U^1 och sockerföretaget tvingas minska sin arrendering³ av marken till Q^1 . Här är alltså de sammantagna fysiska förändringarna som uppträder: produktionen av socker är konstant, men mängden mark som används minskar trots att efterfrågan ökar och kostnaden för produktionen minskar.

De samhällsekonomiska effekterna av detta beror på det existerande priset som sockerföretaget betalar till odlarna. Det är inte känt exakt vad detta är, det är en förhandlingsfråga mellan köpare och odlare. *För enkelhets skull antas priset ligga någonstans mellan maximum och minimi-punkterna och att det är P^* .*

Då gäller följande för producent och konsumentöverskotten:

Företagets överskott innan ht-betan = Ytorna A+D

Odlarnas överskott innan ht-betan = Ytorna E+F

Efter introduktionen av ht-betan blir det förstnämnda överskottet istället A+B och det sistnämnda E+G. Den samhällsekonomiska vinsten blir följaktligen B-D för företaget och G-F för odlarna. Den sammantagna vinsten blir B+G-D-F.

Detta blir alltså resultatet inom ramen för en reglerad sockermarknad, där den totala bet- (socker-)volymen är bestämd på förhand. Men detta blir inte den enda effekten. Den ökade produktiviteten leder till ett överskott på jordbruksmark, som kommer att tas i anspråk för annan produktion. Detta kommer att ändra såväl konsumentöverskott som producentöverskott på marknaden för "övrig jordbruksproduktion". Med smärre avvikelser kommer nettot att motsvara kapitalvärdet av den "överblivna" jordbruksarealen, dvs. kapitalvärdet av arealen Q^1-Q^0 . Detta skall läggas till det netto som beräknades direkt från företaget-odlarna.

Mängden socker är inom regleringen oförändrad. Men om det blir en produktivitetsökning och en företagsekonomisk besparing med ht-betan, så kommer huvuddelen av den på sikt att omvandlas till en prissänkning på slutprodukten, dvs. rent socker. Observera också att en samhällsekonomisk kalkyl inte behöver ta hänsyn till

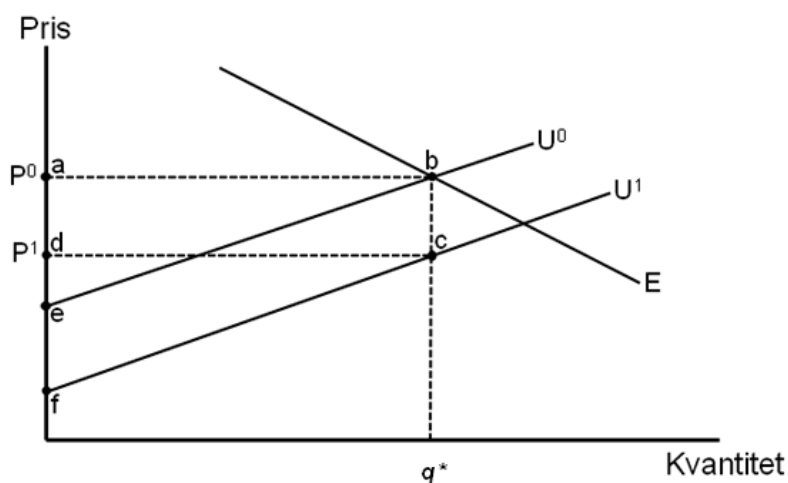
³ Det som begränsar sockerföretagets efterfrågan på mark är ju de totala uppköpen av sockerbetor.

sockrets eventuellt skadliga effekter på folkhälsan. Inom EUs regelverk rör vi oss med en politiskt bestämd nivå på sockerkonsumtionen, och det är givet att det inte finns några folkhälsomotiverade skäl varför inte denna bestämd mängd skulle produceras så effektivt som möjligt.

4.2 En samhällsekonomisk analys baserad på mängden betor

Den ovanstående analysen kan kompletteras med en analys baserad inte på den odlade arealen, men på mängden odlade sockerbetor. Betrakta nedanstående figur (och observera att bokstäverna a, b,...,f nu betecknar **punkter** och inte **ytor** som i den föregående figuren.)

Figur 4.2 En samhällsekonomisk analys av introducering av genmodifierade sockerbetor. För förklaringar, se text



Antag att de ursprungliga efterfråge- och utbudskurvorna betecknas med E , respektive U^0 . Det pris (per ton betor) som företaget betalar är P^0 . Den av EU bestämda uppköpskvoten är q^* och här antas (fullt realistiskt) att det inte finns ekonomiskt utrymme för en större produktion inom landet. På marginalen täcker alltså det pris som sockerföretaget betalar precis de

kostnader som odlaren har (inkl. jordreänta.). Introduktionen av den genmodifierade grödan innebär en kostnadssänkning på X kr/enhet (och dessutom en ökad produktion per arealenhet). Detta innebär att utbudskurvan förskjuts vertikalt nedåt med X enheter till U^1 . Detta skulle i en fri marknad leda till en utbudsökning (och ett prisfall), men produktionen är som nämnts reglerad till q^* . Priset blir egentligen obestämt, men det är rimligt att anta att inköparens marknadsposition⁴ gör att priset så småningom pressas X kr/enhet till P^1 så att intäkterna precis täcker kostnaden för den marginella produktionsenheten.

Det är nu lätt att inse att konsumentöverskottet ökar med motsvarande ytan $abcd$. Däremot ökar producentöverskottet inte alls. Innan ht -betan introducerades, var producentöverskottet = motsvarande ytan abe . Efter introduktionen är den lika med cdf . Om det är fråga om en parallellförskjutning av den ursprungliga utbudskurvan nedåt (vilket det är om det är fråga om en besparing som är lika för varje producerad enhet) så är båda dessa ytor lika stora, *dvs. det sker ingen förändring av producentöverskottet för de enheter som fortsätter att producera sockerbeter*.

Producentvinsten består alltså enbart av värdet av den jord som frigörs på grund av produktivitetstegringen.

Slutsatsen av de ovanstående analyserna är alltså att det blir en samhällsekonomisk vinst för konsumenterna (här representerat av det inköpande företaget) som beror på lägre priser. För producenterna uppstår en vinst som beror på ökad arealproduktivitet och som kan mätas med jordreäntan och den frilagda arealen.

4.3 Modell

Det ovanstående ger grunddragen i analysen. Men en modell för empirisk analys måste även ta hänsyn till några för GM-grödorna specifika faktorer. Det gäller främst acceptansen. Alla undersökningar visar på ett brett förankrat motstånd mot GM-grödor. Det finns ingen fysisk eller grundlig vetenskaplig motivering för detta, men en stor del av allmänheten uppfattar icke-GM-grödor som på olika sätt "säkrare" än GM-grödor. Detta

⁴ Inköpsföretaget (Dansocker) konkurrerar visserligen med andra sockerföretag inom EU, men i praktiken är man (pga transportfördelar mm) ensam uppköpare på den svenska marknaden.

betyder att man inte utan vidare kan anta att alla kommer att välja en GM-gröda trots att den är billigare. En del av befolkningen kommer att göra detta, men andelen kommer att beror på prisskillnaden. Det är ett tämligen säkert antagande att vid lika priser (på den "vanliga" och GM-grödan) så kommer en stor majoritet (nu, 2010)⁵ att välja den "vanliga" varan.

Betydelsen av detta är att den modell som används måste som en väsentlig del innehålla just graden av acceptans (av GM-grödor) i samhället. Denna acceptans kommer att återspegla hur stor efterfrågan är och därigenom även hur stora vinster som kan göras med kostnads- och produktivitetsförändringar.

Den andra specifika egenheten är besläktad med acceptansen, nämligen särskiljnings-kostnaden⁶. Enligt gällande regler måste konsumenten upplysas om det livsmedel som inhandlas innehåller (eller har producerats med) GM-grödor eller ej. Om produkten lanseras som "GMO-fri" måste man kunna garantera att den innehåller högst (ca) 1% av GM-grödan. Detta innebär att produktionen belastas med två extra kostnader då en GM-gröda introduceras: först märkningskostnaden och sedan kostnaden för att garantera att en GM-gröda inte blandas med den vanliga grödan⁷. Dessa båda kostnadsslag kallas här för **särskiljnings-kostnader**. Det grundläggande antagandet görs också att dessa kostnader i sin helhet läggs på GM-grödan: den får genom skatter eller liknande alltså betala t.ex. märkningen av den normala varan. Det betyder även att styckkostnaden (för dessa särskiljnings-kostnader) kommer att falla kraftigt med volymen av försäljningen (av GMO-produkten).⁸

Det finns slutligen en aspekt som måste beaktas i en samhällsekonomisk analys, nämligen att det finns en betydande konsumentgrupp som åsätter "miljövänlighet" ett mycket stort värde. Detta har skapat en marknad för "ekologiska" livsmedels-produkter, dvs. produkter som är certifierade i en eller annan

⁵ Detta kan mycket väl komma att ändras i framtiden om en allt större andel av allmänheten får uppfattningen att en GM-gröda inte bara är medicinsk ofarlig, utan att den även är miljömässigt överlägsen den "vanliga" grödan i det att dess framställning sparar såväl jordbruksmark som bekämpningsmedel. Även denna möjlighet beaktas i beräkningarna nedan.

⁶ Detta kallas även för "kostnaden för samexistens". Se SLI (2007).

⁷ För sockerbetor kan detta t.ex. innebära att man måste sätta upp en helt egen produktionslinje för GMO-socker i sockerfabriken.

⁸ Det finns alltså ett betydande inslag av fasta kostnader: om GMO-produkten tillåts så måste all försäljning specialmärkas oavsett fördelning på varuslag. Dessutom finns förmodligen starka fasta kostnader även i produktionen (se föregående fotnot).

mening, t.ex. genom att man inte använder bekämpningsmedel överhuvudtaget. Dessa produkter finns även inom sockerbranschen, där de står för ungefär 1% av marknaden.

Sammanfattningsvis gäller alltså att en analys måste ta hänsyn till tre olika produkter: den "vanliga" och nu dominerande, den "ekologiska" och slutligen GMO-produkten. Pris och attityder i samhället avgör här hur stor andel var och en av dessa skall ha av marknaden.

4.4 Konkret modell⁹

I modellen utgås, som nämndes ovan, från tre olika varugrupper: "normal vara" (n), genmodifierad vara (g) samt en ekologisk vara (e). En individs konsumtion av dessa betecknas med q , och de olika varutyperna följaktligen med q_n , q_g respektive q_e . För formens skull får "y" beteckna individens konsumtion av en varukorg av alla andra varor (mätt t.ex. i kronor).

4.4.1 Efterfrågan

Det grundläggande antagandet är nu att den genmodifierade varan är "svagt inferior" i förhållande till den normala varan. *Det betyder att om priserna är lika så föredrar människor alltid den normala varan framför den genmodifierade.* Endast i det fall priset på den genmodifierade varan är lägre kommer den att finna köpare, och då endast av en del köpare. Variabeln θ får beteckna individens inställning till GMO, med värden mellan 0 och 1. Om $\theta = 1$ så är individen helt indifferent (och alltså okänslig för att varan är genmodifierad), om $\theta = 0$ så är individen helt negativ och köper inga GMO, oavsett relativpris.

Här antas nu en kvasilinjär nyttofunktion enligt:

$$U(y, q_n, q_g, q_e) = y + u[(q_n + \theta q_g), q_e] \quad (1)$$

y betecknar här individens inkomst, och $u(\bullet)$ nyttofunktionen med avseende på den aktuella varan.

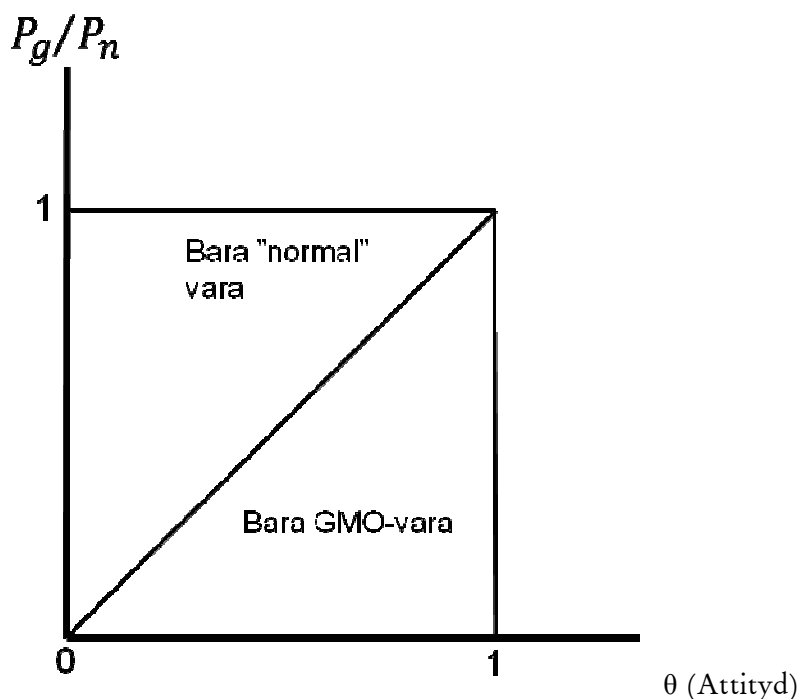
⁹ Denna modell hämtar sina huvuddrag från Moschini et al (2005).

Observera alltså att om individen är indifferent mellan GMO och vanliga varor så beror nyttan av den enkla summan av de båda varusorterna. Om individen är helt negativ så beror dennes nytta enbart av konsumtionen av den normala varan.

Nyttofunktionens formulering betyder att varje individuell konsument kommer att konsumera två varor: den ekologiska och den normala eller den ekologiska och GMO – varan. Totalt sett kommer alla tre varutyperna att konsumeras beroende på att inställningen till GMO varierar inom konsumentkooperativet.

En rationell konsument kommer att konsumera en GMO-vara om och endast om. Om $p_g < \theta p_n$. Om $p_g \geq \theta p_n$ så köper individen den normala varan.¹⁰ Hur det hela ter sig grafiskt, utvisas i nedanstående figur:

Figur 4.3 Illustration till hur en individs val av "normal" vara och GMO-vara varierar med priset förhållande (P_g/P_n) samt attityd till GMO-produkter (θ)



¹⁰ Vid likhet i ekvationen är konsumenten indifferent mellan de båda varorna, men av tekniska skäl antar vi här att denne då köper den vanliga varan.

Låt nu $q = q_n + \theta q_g$, alltså "konsumtionsvärdet" av den icke-ekologiska varumängden. Låt vidare p_q beteckna det pris som används, oberoende om det är den vanliga eller GMO-varan som konsumeras. Nyttofunktionen kan då skrivas som:

$$U = y + u(q, q_e) \quad (2)$$

med optimalitetslösningar (via partialderivering) som

$$u_q(q, q_e) = p_q \quad (3a)$$

$$u_{q_e}(q, q_e) = p_e \quad (3b)$$

vilka tillsammans definierar de individuella efterfrågefunktionerna $q = d_q(p_q, p_e)$ respektive $q_e = d_e(p_q, p_e)$.

Beroende på pris och smak (θ) kommer nu individerna att konsumera olika varumängder. En individ med $\theta \leq \frac{p_g}{p_n}$ kommer att köpa den vanliga produkten och alltså efterfråga:

$$q_n = d_q(p_n, p_e), q_e = d_e(p_q, p_e) \text{ och } q_g = 0 \quad (4)$$

medan individer med $\theta > \frac{p_g}{p_n}$ kommer att föredra GMO-varan och alltså köpa

$$q_g = \frac{1}{\theta} d_q\left(\frac{p_g}{\theta}, p_e\right), q_e = d_{q_e}\left(\frac{p_g}{\theta}, p_e\right), \text{ och } q_n = 0 \quad (5)$$

Den totala efterfrågan på de olika varugrupperna fås nu genom att integrera över θ samt en "täthetsfunktion" $f(\theta)$ som anger hur stor andel av konsumenterna som har en viss smak, dvs. ett visst θ -värde. Senare kommer den funktionen att specificeras med en annan variabel Φ , så att för en andel av konsumenterna, Φ , gäller att $\theta = 1$, medan för de övriga gäller att befolkningen är jämnt fördelad över θ -värden mellan 0 och 1, dvs. här gäller $f(\theta) = 1 - \Phi$. Om alltså $\Phi = 0,1$ gäller att 10% av befolkningen alltid väljer den ekologiska produkten. De övriga 90% av befolkningen är jämnt spridda beträffande attityden till GMO-produkter, 10% (av 90%) har alltså en attityd θ som ligger mellan 0 och 0,1 osv.

Då fås följande:

$$D_n(p_n, p_g, p_e) = \int_0^{p_g/p_n} d_q(p_n, p_e) f(\theta) d\theta \quad (6)$$

$$D_g(p_n, p_g, p_e) = \int_{p_g/p_n}^1 \frac{1}{\theta} d_q\left(\frac{p_g}{\theta}, p_e\right) f(\theta) d\theta \quad (7)$$

$$D_e(p_n, p_g, p_e) = \int_0^{p_g/p_n} d_e(p_n, p_e) f(\theta) d\theta + \int_{p_g/p_n}^1 d_e\left(\frac{p_g}{\theta}, p_e\right) f(\theta) d\theta \quad (8)$$

Uttrycken ser mycket komplicerade ut, men som visas nedan så blir de inte så komplicerade när de skrivs ut.

Antag nu att de individuella nyttofunktionerna har följande utseende:

$$u(q, q_e) = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} (k)^\frac{1}{\varepsilon} [q^\lambda q_e^{1-\lambda}]^\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \quad (9)$$

I denna ekvation är det λ som styr andelen mellan ekologiskt och vanliga varor, ε är efterfrågeelasticiteten på varugruppen i stort (i vårt fall socker eller "livsmedel") medan parametern k styr marknadens storlek. Givet denna nyttofunktion kan det visas att individuella efterfrågefunktioner är konstantelastiska, dvs. av formen:

$$d_q(p_q, p_e) = C_1 p_q^a p_e^b \quad (10)$$

$$d_e(p_q, p_e) = C_2 p_q^c p_e^d \quad (11)$$

där C_1, C_2, a, b, c och d är konstanter. Dessa individuella efterfrågefunktioner är lätta att integrera, och följande *aggregerade efterfrågefunktioner* $D_i(p_n, p_g, p_e)$, $i = n, g, e$ framträder:

(i) Om $p_n > p_g$

$$D_n(p_n, p_g, p_e) = d_q(p_n, p_e) (1 - \Phi) \left(\frac{p_g}{p_n} \right) \quad (12)$$

$$D_g(p_n, p_g, p_e) = d_q(p_n, p_e) [\Phi + A(p_n, p_g)] \quad (13)$$

$$D_e(p_n, p_g, p_e) = d_e(p_n, p_e) (1 - \Phi) \left(\frac{p_g}{p_n} \right) + d_e(p_n, p_e) [(1 - \Phi) A(p_n, p_g) + \Phi] \quad (14)$$

där

$$A(p_n, p_g) = \frac{(1-\pi)}{(1-\lambda(1-\pi))} \left(1 - \left(\frac{p_g}{p_n} \right)^{1-\lambda(1-\pi)} \right) \quad (15)$$

(iii) (ii) Om $p_n \leq p_g$

$$D_n(p_n, p_g, p_e) = d_q(p_n, p_e) \quad (16)$$

$$D_g(p_n, p_g, p_e) = 0 \quad (17)$$

$$D_e(p_n, p_g, p_e) = d_e(p_n, p_e) \quad (18)$$

Alla funktioner är nu definierade på efterfrågesidan.

4.4.2 Produktion och utbud

Antag nu för enkelhets skull att produktionskostnaden, mätt efter insatsen av arbete, utsäde, bekämpningsmedel, maskiner etc., kännetecknas av konstant skalelasticitet, dvs. att det inte blir dyrare om man producerar mer. (Detta betyder att utbudskurvorna i figur 1 och 2 är horisontella.) Produktionskostnaden (per producerad enhet) (som betecknas med "c") skiljer sig dock mellan de tre varugrupperna med en parameter β_i ($i = n, g, e$) som kalibreras till 1,0 för den normala varan. Antag också att det finns en gemensam "jordränta" som betecknas med π ¹¹. Produktiviteten (alltså produktionen av varuenheter per arealenhet) skiljer sig nu mellan de olika varugrupperna och arealåtgången per producerad enhet betecknas med α_i , där indexen "i" står för de tre olika varugrupperna. Antag slutligen att det finns en "särskiljningskostnad" = s_g (per enhet produktion) som läggs ensidigt på GM-grödan. Man får då följande marginalkostnadsfunktioner:

$$MC_n = \beta_n c + \alpha_n \pi \quad (19a)$$

$$MC_g = \beta_g c + \alpha_g \pi + s_g \quad (19b)$$

$$MC_e = \beta_e c + \alpha_e \pi \quad (19c)$$

¹¹ Som visas nedan är detta högst realistiskt för Sveriges del eftersom så gott som all sockerbetsproduktion sker på likartad mark (i Skåne).

Antag nu att dessa funktioner även är utbudsfunktionerna för de olika varugrupperna.

4.4.3 Jämviktsekvationer

Med pris lika med marginalkostnad fås följande jämviktsekvationer:

$$MC_n = \beta_n c + \alpha_n \pi = p_n \quad (20a)$$

$$MC_g = \beta_g c + \alpha_g \pi + s_g = p_g \quad (20b)$$

$$MC_e = \beta_e c + \alpha_e \pi = p_e \quad (20c)$$

Vidare finns tre ekvationer för jämvikt på produktmarknaden:

$$D_n(p_n, p_g, p_e) = q_n \quad (21a)$$

$$D_g(p_n, p_g, p_e) = q_g \quad (21b)$$

$$D_e(p_n, p_g, p_e) = q_e \quad (21c)$$

Detta gör sex ekvationer och sex obekanta (priserna och kvantiteterna). Systemet är således lösbart.

Ett kvarstående problem är dock kvantitetsregleringen, dvs. det faktum att EU-regler bestämmer den totala kvantiteten som skall produceras. Men eftersom priserna inte ändras p.g.a. de horisontella marginalkostnadskurvorna (om kvantiteterna ändras) kan produktionen enkelt skalas ned genom en proportionell minskning i alla varugrupper så att följande villkor uppfylls:

$$q_n + q_g + q_e = q^* \quad (22)$$

där q^* är den genom regleringar bestämda totala produktionsvolymen. Den samhällsekonomiska effekten av detta bestäms genom att beräkna arealåtgången för produktionen, L^* , genom ekvationen:

$$L^* = \alpha_n q_n + \alpha_g q_g + \alpha_e q_e \quad (23)$$

Härigenom kan den arealbesparing beräknas som uppkommer då en mer högproduktiv gröda odlas.

4.5 Samhällsekonomiska kostnader och intäkter.

Ett införande av GM-grödor kommer att leda till prisförändringar och dessa kommer att ge upphov till förändringar i konsumentöverskottet. Om man antar att priserna p_n^0, p_g^0 samt p_e^0 är initialpriserna och att dessa förändras till p_n^1, p_g^1 samt p_e^1 så kommer förändringen av konsumentöverskottet, $\Delta K\ddot{O}$ att bestämmas av uttrycket:

$$\Delta K\ddot{O} = - \left[\int_{p_n^0}^{p_n^1} d_n(p_n, p_g^0, p_e^0) dp_n + \int_{p_g^0}^{p_g^1} d_g(p_n^0, p_g, p_e^0) dp_g + \int_{p_e^0}^{p_e^1} d_e(p_n^0, p_g^0, p_e) dp_e \right] \quad (24)$$

Integralerna beräknas ur de ekvationer som tidigare bestämts.

Då det gäller förändringar i producentöverskottet uppkommer, som tidigare motiverats, inga direkta förändringar. Introduktionen av GM-grödan kommer emellertid att leda till att den reglerade mängden produceras på en mindre areal. Då uppkommer en samhällsekonomisk vinst, i det att det blir jord över som kan användas till annan odling. Värdet av denna produktivitetsökning beräknas med hjälp av jordreäntan. Om π är jordreäntan (kr/ha) och ΔL den areal som ställs till förfogande för annan odling så uppkommer ett producentöverskott

$$\Delta P\ddot{O} = \pi \Delta L \quad (25)$$

Genom addering erhålles det totala samhällsekonomiska överskottet:

$$\Delta SEK\ddot{O} = \Delta K\ddot{O} + \Delta P\ddot{O} \quad (26)$$

4.6 Empiriska beräkningar

Med det ovanstående är modellanalysen färdig och man kan gå över till empiriska kalkyler. Dessa inledes med att kalibrera modellen genom att införa realistiska svenska värden över produktion, jordreänta etc.

4.6.1 Total produktion av sockerbetor

Enligt Jordbruksstatistisk Årsbok för 2009 producerades under 2008 1 974 900 ton sockerbetor i Sverige. Produktionen hade ett produktionsvärde om 649¹² miljoner kronor och tog 36 778 ha i anspråk. (Detta betyder en produktion om drygt 50 ton per hektar). Produktionen skedde på 2 399 lantbruksföretag, huvudsakligen i Skåne.

4.6.2 Jordräntan

Då det gäller jordräntan så kan konstateras att arrendet för jordbruksmark i Skåne uppgick i genomsnitt till 2 839 kr per hektar. Köpepriset på jordbruksmark i samma område uppgick till cirka 90 000 kronor per hektar. Med 3% kalkylränta och sett över en oändlig tid, motsvarar detta pris en årlig avkastning på 2 700 kr/ha, dvs. ungefär i nivå med det arrende som tas ut.

4.6.3 Kostnadsstrukturen

Det finns inga specifika uppgifter om kostnadsstrukturen för sockerbetsodling. För hela jordbrukssektorn gäller emellertid följande:

Produktionsvärde	46,9 Mdr
Insats/förbrukningsvaror/arbetsersättning	33,2 Mdr
Kapitalförslitning	7,7 Mdr

Det som uppges som kapitalförslitning påverkas av skattereglerna. Den verkliga kapitalförslitningen är något lägre, och något schablonmässigt antas att den ligger 1,5 miljarder lägre, dvs. = 6,2 Mdr. Med detta tal erhålles att insatsvarornas andel i produktionsvärdet uppgår till 84%¹³

¹² Produktionsvärdet har fallit snabbt. År 2005 var det 1 083 miljoner kronor för i stort sett samma kvantitativa produktion. Betpriset har alltså fallit med ca 30% de senaste åren. Förmodligen har detta att göra med EUs intervention på området.

¹³ Observera att vi här inte räknar in produktionssubventionerna som är en rent finansiell överföring från stat och EU.

4.6.4 Ekologisk odling

Då det gäller den ekologiska sockerbetsodlingen, finns det i princip ingen sådan i Sverige. Nordic Sugar som har monopol på sockerförsäljningen tillhandahåller emellertid ekologiskt socker¹⁴ för den svenska marknaden. Eftersom varje land enligt EUs regler skall vara självförsörjande så innebär denna import av ekologiskt socker i princip att motsvarande mängd svenska (oekologiskt) socker exporteras. I den första av modellerna har av detta skäl antagits att det ekologiska sockret tillverkas i Sverige. Marknaden antas vara = 1% av den totala sockermarknaden.

4.6.5 Pris på ekologiskt socker

Det finns inga officiella uppgifter om prisnivån på ekologiskt socker. Från Nordic Sugars hemsida kan man emellertid inhämta t ex att ekologiskt "Yellow Syrup" är 40% dyrare än vanlig sirap om den säljs i 750grams förpackningar, men hela 100% dyrare om man köper det *en gros*, i partier om 1 300 kg. För "Icing Sugar" varierar prisskillnaden mellan 33 och 41%, beroende på inköpsstorlek. Här antas något godtyckligt att det ekologiska sockret är i genomsnitt 50% dyrare än motsvarande "vanligt" socker.

4.7 Kalibrering

För att bestämma systemet gäller följande ingångsvärden:

4.7.1 Primärdata

VT = Totala värdet på produktionen ¹⁵	kr 650.000.000
Ve = Värdet av den ekologiska produktionen	kr 6.500.000
L = Totala odlingsarealen	ha 36.778
Π = Jordränta	kr/ha 2.839

¹⁴ Det som skiljer de ekologiska sockerprodukterna från våra ordinarie produkter är odlingen. De ekologiska sockerbetorna är odlade helt utan kemiska bekämpningsmedel och handelsgödsel. Växtnäringen kommer från stallgödsel och andra gödselmedel som är tillåtna i ekologisk odling (Citat från Nordic Sugars hemsida).

¹⁵ Vi har avrundat från det verkliga värdet (649 milj.kr) 2008.

4.7.2 Kalkylerade ingångsvärden

P_n = pris på normal vara = index = 1,0	kr/enhet
P_e = pris ekologisk enhet = index = 1,5	kr/enhet
$V_n = V_T - V_e$ Värde "normal" produktion	kr 643.500.000
$Q_n = V_n$ = antalet producerade enheter	antal (kr)
$\alpha_n = L_n / Q_n$	ha/kr 0,0000562
$\alpha_e = L_e / Q_e$	ha/kr 0,0000843
$(\beta_n = 1,0 \beta_e = 1,5)$	
$c = (P_n - \alpha_n \pi) / \beta_n$ enhetskostnad	0,84 kr/enhet

4.7.3 Antagna och kalibrerade värden

s särskiljningskostnad
 α_g, β_g , kostnadsparametrar
 Φ Andelen indifferent konsumenter (mellan GMO och vanliga grödor)
 ε Efterfrågeelasticiteten

Genom att nu ändra på saker som särskiljningskostnad, acceptans (genom Φ), efterfrågans elasticitet samt effektivitetsparametrarna så erhålles nya värden för priser, jordränta och jämviktskvantiteter. I sin tur kan dessa användas för att beräkna de samhällsekonomiska förändringarna som sker.

Följande värden används:

$\varepsilon = 0,4$ och $0,6$
 $\Phi = 0,1 \ 0,5 \ 0,9$
 $s = 0,05 \ 0,10 \ 0,15$
 $\alpha_g = 0,85 \ 0,90 \ 0,95$
 $\beta_g = 0,7 \ 0,8 \ 0,9$

Det betyder att det görs sammanlagt $2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 162$ olika beräkningar.

Följande empiriska underlag används:

4.7.4 Särskiljningskostnaden

En studie från EU-kommissionen (EC (2002) visade att särskiljningskostnaderna låg mellan 4,5% och 9,5 % för majs och mellan 1,4% och 3,2 % för potatis. Desquilbet och Bullock (2001) uppskattade kostnaderna till 4% av odlarens kostnader och 20% av handelsmarginalerna. Sobolevsky et.al.(2005) använder kostnader uppgående till mellan 3,4 och 10,3 % av genomsnittspriset för sojabönor.

Här antas att särskiljningskostnaden utgör 5, 10 respektive 15% av en på vanligt sätt odlad sockerbeta, alltså en med pris $P=1$.

4.7.5 Produktionseffektivitet

Då det gäller produktions- och kostnadseffektiviteten för herbicidtoleranta sockerbetar, anger Livsmedelsekonomiska institutet i sin rapport (SLI 2007:78) att produktionen per ha kan förväntas öka med 5-10%. Kostnaden för utsäde ökar (från 1 600 till 1 900 kr/ha) men samtidigt minskar kostnaden för bekämpningsmedel (inklusive glyfosfatbehandling i efterföljande led) från 1 623 kr/ha till 468 kr/ha. Totalt sett minskar alltså kostnaden (för insatsvaror) från 3 223 till 2 368 kronor per ha, eller med 27%.

För att fånga dessa effekter får α_g och β_g variera enligt ovan. Om besparingarna blir så stora som anges i SLIs rapport så är det mest realistiska värdet på α_g cirka 0,925 och för β_g cirka 0,73.

4.8 Empiriska Resultat

Antag nu att vi har de utgångsvärden som redovisades ovan. Så varieras variabel för variabel och analyseras vad detta innebär för den samhällsekonomiska vinsten:

4.8.1 Produktiviteten α_g

Produktiviteten uttrycker den ökning i produktion per ha som åstadkommes med GM-grödan.

Följande gäller:

Produktivitetsökning	Samhällsekonomiskt netto Frilagd jordbruksmark	
	Mkr	ha
5%	24,3 (3,7%)	1074 (2,9%)
10%	28,5 (4,4%)	2156 (5,9%)
5%	32,8 (5,0%)	3256 (8,9%)

Som framgår hamnar det samhällsekonomiska nettot på runt 30 miljoner eller cirka 4-5% av det totala produktionsvärdet. En inte obetydlig del av detta netto består i jordräntan på den frilagda marken. Rent beräkningstekniskt gäller approximativt att den inbesparade marken är lika med produkten av produktivitetsvinsten och den andel som köper GMO-varan då den faller i pris.

4.8.2 Särskiljningskostnaden

Om man nu istället varierar särskiljningskostnaden (och uttrycker den i procent av det ursprungliga priset) erhålles följande bild:

Särskiljningskostnad	Samhällsekonomiskt netto Frilagd jordbruksmark	
	Mkr	ha
5%	34,5 (5,3%)	1823 (5,0%)
10%	26,8 (4,1%)	1721 (4,7%)
15%	18,8 (2,9%)	1621 (4,4%)
20%	10,7 (1,6%)	1522 (4,1%)
25%	2,4 (0,37%)	1426 (3,9%)

Som framgår har särskiljningskostnaden ett helt avgörande inflytande på det samhällsekonomiska nettot. När den närmar sig 25% av ursprungspriset så upphör den samhällsekonomiska lönsamheten helt, trots att betydande arealer mark friläggs. Besparingen via produktivitet och minskade bekämpningsmedel äts upp av de ökade särskiljningskostnaderna.

4.8.3 Acceptansen, Φ

Vid sidan av särskiljningskostnaden spelar naturligtvis acceptansen av GMO en helt avgörande roll för det samhällsekonomiska utfallet. Detta framgår av nedanstående tabell:

Tabell 4.1 Utfall vid olika acceptans

Acceptans, (Φ)	Samhällsekonomiskt netto Mkr	Frilagd jordbruksmark ha
10%	3,6 (0,6%)	708 (1,9%)
50%	26,8 (4,1%)	1721 (4,7%)
90%	49,8 (7,7%)	2687 (7,3%)

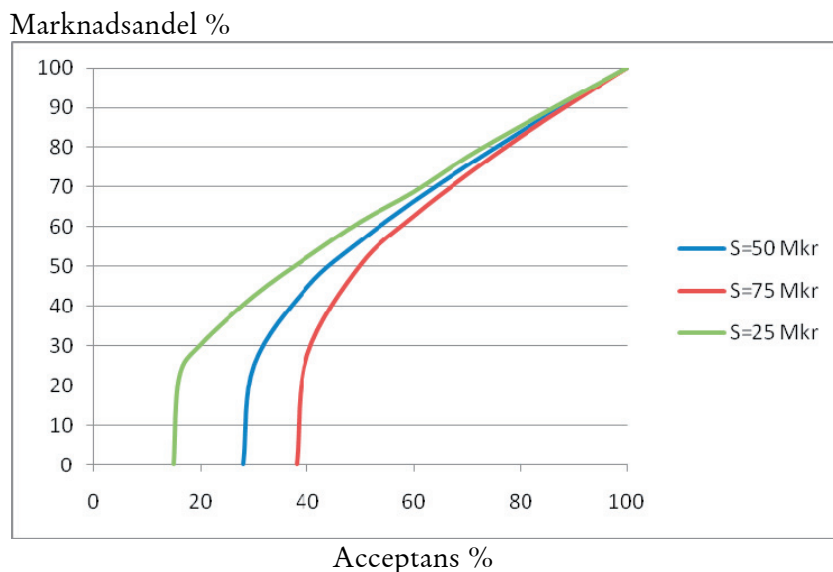
Av tabellen framgår att "nollgränsen", alltså gränsen för samhällsekonomisk lönsamhet går vid cirka 10 procents acceptans. Om endast en mindre andel än detta accepterar GMO-socker så lönar det sig inte att introducera den, eftersom särskiljningskostnaden uppväger de produktivitetsvinster man gör.

4.8.4 En fast särskiljningskostnad- sambandet med acceptansen

Som framhölls ovan kan det vara rimligt att betrakta särskiljningskostnaden som en fast kostnad, dvs. oberoende av produktion av GM-grödan. Nedan skall konsekvenserna av detta belysas, genom att olika nivåer på de totala kostnaderna antas, varefter dessa antas spridas ut på försäljningen av GM-grödan. De antagna nivåerna är 25, 50 respektive 100 miljoner kronor totalt per år. Vidare antas som ett genomsnitt att kostnaderna för insatsvaror sänks med 25% och att arealproduktiviteten är 8% högre.

Särskiljningskostnaden per enhet kommer i detta fall att bestämmas av acceptansen för GM-grödan, vilket i vårt fall bestäms av Φ . (andelen som är indifferent mellan GM-grödan och den normala varan.) Kostnaden per enhet kommer då att falla med en stigande acceptans beroende på att fler GMO-varor då efterfrågas vid ett givet relativpris. Nedanstående figur beskriver hur efterfrågan på GM-grödan förändras vid olika nivåer på acceptans (Φ) och totalkostnad för särskiljningen.

Figur 4.4 Acceptans och efterfrågan på GM-grödor. Principillustration vid olika totala särskiljningskostnader (25, 50 resp 75 Mkr/år, lägre tal – linje t.v. i diagrammet)



Som framgår finns det en "nollgräns" för efterfrågan på GM-grödan. Om särskiljnings-kostnaden är 25 miljoner kr, så kommer ingen GMO-vara alls att efterfrågas då acceptansnivån går under 16%. Då acceptansnivån överstiger detta tal så stiger efterfrågan snabbt, och då ungefär halva befolkningen accepterar GM-grödan som likvärdig med den "normala" så kommer grödan att ha en marknadsandel på drygt 60%.

Om den totala särskiljningskostnaden uppgår till 50 miljoner, kommer "nollgränsen" att gå vid en acceptans om cirka 30%, och vid acceptansnivån 50% så är GMOs marknadsandel cirka 56%. Motsvarande tal om särskiljningskostnaden är 75 miljoner per år är 40%, respektive 50%. *Slutsatsen av detta är att det finns en kritisk nivå för efterfrågan som är strategiskt beroende av både acceptans och särskiljningskostnaderna. Men då nivån på acceptansen passerats stiger den totala efterfrågan mycket snabbt och GM-grödan erövrar fort en stor del av marknaden. Det är acceptansen snarare än den sammanlagda kostnaden som bestämmer den faktiska marknadsefterfrågan på GM-grödan.*

4.9 Sammanfattning

Det samhällsekonomiska utfallet beror strategiskt på två faktorer: (i) särskiljningskostnaden samt (ii) allmänhetens acceptans för GMO-socker. Gränserna här går vid en särskiljningskostnad motsvarande ca 25% av det nuvarande priset. I realistiska fall, med en särskiljningskostnad på cirka 10% av nuvarande priset, och en acceptans av 25 % hos köparna, uppkommer en samhällsekonomisk vinst på cirka 12 miljoner kronor, eller cirka 2% av totalproduktionens värde. Om emellertid GM-grödor skulle erhålla fullkomlig acceptans, och inga särskiljningskostnader fanns (för att de inte behövdes) skulle den samhällsekonomiska vinsten uppgå till cirka 92 miljoner kronor, eller cirka 14% av totalproduktionens värde. Cirka 3 000 hektar jordbruksmark (8% av nuvarande odlingsareal) skulle då frigöras för annan produktion.

Slutligen finns fallet då GM-grödan av miljöskäl föredras före den "normala" grödan, pga. att dess produktion kräver mindre av olika bekämpningsmedel, alltså att den är mer miljövänlig. Detta ökar naturligtvis den samhällsekonomiska vinsten och storleken beror naturligtvis på hur man värderar förhållandena. Är den negativa miljöeffekten med bekämpningsmedlen korrekt skattebelagd så uppkommer ingen ytterligare vinst, men om det finns en extern effekt som inte täcks av skatter så finns en vinst med att minska medlens användning. Dess storlek kan dock bestämmas först efter ingående empiriska undersökningar.

En kortfattad slutsats är alltså att potentialen för samhällsekonomiska vinster med en genmodifierad sockerbeta av beskrivet slag kan uppgå till ca 100 miljoner kronor per år plus de eventuella vinster som finns i och med den kraftigt minskade användningen av bekämpningsmedel. En vinst om 100 miljoner kronor årligen motsvarar ett engångsbelopp på 3-5 miljarder kronor vid antagandet om en normal realränta.

4.10 Andra GM-grödor

Som framgått av tidigare kapitel finns två andra grödor- raps och potatis- som både odlas i Sverige och där det finns ett GMO-alternativ som redan finns på marknaden, eller kan beräknas komma på marknaden inom kort. Det går att göra en ungefärlig

uppskattning av de potentiella samhällsekonomiska vinsterna för dessa grödor utifrån grova produktionsdata.

4.10.1 Raps

För raps gäller att det totala (svenska) produktionsvärdet är ca 750 Mkr. Det odlas på ca 86 000 hektar. Här gäller att arealproduktiviteten ökar med 6-11% för GM-grödan. Samtidigt minskar utsädes- + bekämpningsmedelskostnaden med cirka 30%. (Kostnaden för bekämpningsmedel minskar från c:a 385 kr/ha till c:a 59 kr/ha). Dessa värden stämmer ungefär med de värden som gällde för sockerbetor. En grov samhällsekonomisk kalkyl, baserad på en total acceptans av GM-grödan ger då följande värden:

Samhällsekonomisk vinst vid introduktion av GM-raps i Sverige. (Total acceptans)

Rent konsumentöverskott	Besparing areal
75 Mkr	6.880 ha

Värdet av arealbesparingen blir här endast cirka 1 800 kr/ha, beroende på att raps odlas på även nordigare arealer än sockerbetor. Detta ger en total samhällsekonomisk vinst om $75 + 12 = 87$ Mkr per år.

4.10.2 Potatis

Det totala värdet av den svenska potatisskörden är ca 2 000 M kr årligen. Potatis odlas på ca 27 000 ha, och skörden på 857 kt fördelas på 568 kt matpotatis och 289 kt stärkelsepotatis. Den förädlade GMO-variant som är motståndskraftig mot bladrota skulle innebära en kraftig reduktion i besprutningen (i södra Sverige besprutas en potatisodling i regel 8 till 12 gånger) och en grov kalkyl ger här vid handen att en introduktion av GM-potatis skulle innebära en sänkning av besprutningskostnaden från ca 4 000 kronor/ha till i praktiken noll. Det finns inga rapporter om produktivitetsökningar, så den samhällsekonomiska vinsten blir här cirka 108 Mkr årligen.

4.10.3 Sockerbetor, raps och potatis sammantaget

Som framgått av det ovanstående skulle en introduktion av de tre diskuterade GM-grödorna ge en total samhällsekonomisk vinst för konsumenterna uppgående till c:a 275 Mkr årligen. Till detta kommer en samhällsekonomisk vinst för producenterna i form av en arealbesparing av odlingsbar mark på cirka 10 000 ha, med ett årligt värde om cirka 20 Mkr. Det betyder en total vinst för dessa grödor på cirka 295 Mkr/år, vilket motsvarar ett engångsvärde på 9,8-14,7 Mdr kr (vid räntan 2-3%). Den årliga vinsten utgör cirka 14, 11 och 5 % av produktionens värde för sockerbeta, raps respektive potatis.

Dessa beräkningar förutsätter en total acceptans av GM-grödorna, dvs. att köparna uppfattar dem som lika bra som (eller bättre än) normalt odlade grödor. Vidare jämförs två jämviktslägen, dvs. situationen efter en fullt genomförd övergång till GM-grödor jämförs med situationen innan en sådan övergång har påbörjats (här kan upplysas om att övergången kan gå fort; ht-sockerbetan tog över 90% av marknaden i Nordamerika på bara ett par år). I dessa meningar är dessa resultat ett mått på potentialen för samhällsekonomiska vinster.

5 Översättning av resultaten till hela EU

De resultat som Sören Wibe kom fram till i förra kapitlet kan grovt översättas till hela EU-området med hjälp av den officiella statistik som tillhandahålles genom databasen "Eurostat". Här finns uppgifter om de totala arealerna för respektive gröda, den totala avkastningen samt producentpriser. De senare varierar naturligtvis något mellan länderna, men mindre än man kanske skulle tro. Det blir därför inga stora fel som införs om man använder svenska priser rakt igenom.

För sockerbetans vidkommande gäller, vid fullständig acceptans, att odling av ht-betan skulle ge en vinst som motsvarar c:a 14% av produktionsvärdet, samt därtill en arealbesparing om c:a 8%. Inom EU odlades år 2008 sockerbeter på 1 823 000 ha och den totala avkastningen uppgick till 116 000 000 ton. Med 14% besparing av produktionsvärdet och med svenska priser om 328 kr/ton motsvarar detta c:a 5,3 Mdr kr per år i hela EU, samt en arealbesparing om 145 000 ha.

Arealen rapsodling inom EU är (2008) 6 200 000 ha, avkastningen 1 900 000 ton och produktionsvärdet 55 Mdr kr. Med en besparing motsvarande 10% av produktionsvärdet och en friställning av 8% av odlingsarealen vid odling av ht-raps motsvarar detta 5,5 Mdr kr per år för hela EU, samt en arealbesparing om 500 000 ha.

Potatis odlas i hela EU (2008) på 2 253 000 ha. Den bladmögel-resistent GM-potatisen medför inga produktivitetsökningar – och således inga arealbesparingar – men ger en besparing om 4 000 kr per ha i form av uteblivna besprutningar. Detta motsvarar för hela EU en besparing om 9 Mdr per år.

Sammantaget skulle en övergång till de befintliga GM-grödorna inom hela EU-området vid fullständig acceptans innebära en samhällsekonomisk vinst om c:a 20 Mdr kr per år och en areal-

besparing motsvarande 645 000 ha. Vid en jordränta om 3 000 kr/ha summerar detta till 22 Mdr kr per år, vilket motsvarar ett kapitaliserat värde som ligger i intervallet 700 – 1 100 Mdr kr. Den samhällsekonomiska vinsten kommer i nästa steg att fördelas mellan odlare, konsumenter och leverantörer av teknologi.

För att ge perspektiv på dessa siffror kan här påminnas om att varken sockerbeta, raps eller potatis tillhör de stora grödorna, areal- eller värdemässigt, i Europeiskt jordbruk.

6 Två framtidsscenarier

Som påpekats tidigare är det många varianter av GM-grödor som just nu utvecklas i de stora växtförädlingsföretagens laboratorier och vid de stora universiteten. Vad denna forskning skulle kunna leda fram till illustreras här med två framtidsscenarier. Båda är fullt rimliga i den meningen att forskningen redan pågår och att allt tyder på att den kommer att lyckas. Båda är också valda så att det knappast kan ifrågasättas att dessa GMO vore helt igenom mera miljövänliga varianter än de nu befintliga.

6.1 Framtidsscenario 1: GM-vete

Det första exemplet har kommer från Anders Nilsson vid SLU i Alnarp, tidigare forskningschef för Svalöf Weibull. Det gäller vete, som ju är en av jordens tre viktigaste grödor; de andra två är ris och majs. Här pågår forskning för att åstadkomma tre förändringar, vilka var för sig vore stora framsteg, men som dessutom i framtiden troligen kan kombineras i en och samma vetesort.

Den första förändringen är att skapa ett vete som är bättre på att tolerera vattenbrist. Detta vore ju ett uppenbart framsteg för jordbruket i jordens torrare områden, men skulle faktiskt vara betydelsefullt även i Sverige. Vete odlat i Sverige utsätts för torkstress under vegetationsperioden i varierande grad, om det inte bevattnas. Det beräknas att de svenska veteskördarna skulle kunna öka med 1-10%, eller i genomsnitt 5%, genom denna egenskap.

Den andra förändringen gäller mer hållbar och fullständig resistens mot någon eller några av de svampsjukdomar (mjöldagg, rost, Septoria och Fusarium) som man hittills bemästrar genom en kombination av 2-3 kemiska bekämpningar och traditionell resistensförädling. Det beräknas att en sådan förbättrad resistens

skulle innebära en besparing motsvarande en besprutning med svampmedel, vilket är värt 400 kr per ha.

Den tredje förändringen gäller ett vete som har fått sin kväveomsättning förändrad på så sätt att den utnyttjar kväve på ett mera effektivt sätt. Detta innebär alltså att man – vid oförändrade krav på avkastning – kan minska mängden kvävegödsel till en gröda. Enligt tillgängliga bedömningar skulle kvävegödslingen kunna minskas med drygt 25% eller från 150 kg kväve per ha till 110, dvs. en minskning med 40 kg kväve per ha.

I Sverige odlades vete under 2008 på totalt 361 547 ha (varav vårvete på 49 915 ha) och den bärgade skörden uppgick till 2 202 200 ton (motsvarande c:a 6,4 ton per ha för höstvetet och 4 ton per ha för vårvete). Avräkningspriset var 1 790 kr per ton. Det totala produktionsvärdet på vete under 2008 i landet var således c:a 4 Mdr. Dock måste det noteras att vetepriset var ovanligt högt under 2008. En mera typisk nivå vore 1 200 – 1 300 kr/ton, grundat på medelvärdet under de senaste åren. Här används därför priset 1 250 kr/ton, så att beräkningarna för vete blir jämförbara med dem för övriga grödor, där ju priserna under 2008 var mera typiska.

Med detta pris var alltså värdet på den totala veteskörden i landet under 2008 2,75 Mdr. GM-vetet i detta exempel skulle för hela landet innebära dels en skördeökning om 5% till ett värde av 138 Mkr, dels en kostnadsminskning för växtskydd om 400 kr per ha, vilket är värt 145 Mkr. Därtill skulle kvävegivan kunna minskas med 40 kg kväve per ha. Detta skulle innebära en besparing i producentledet uppgående till 14 400 000 kg kväve. Vid ett pris per kg kväve om 8 kr motsvarar detta en besparing om 115 Mkr. Sammantaget innebär detta en samhällsekonomisk vinst om 400 Mkr, vilket motsvarar ett kapitaliserat värde om 13-20 Mdr vid 2-3 % ränta.

Inom EU som helhet odlades 2008 vete på 26 475 000 ha och skörden uppgick till 150 000 000 ton. Besparingarna per år för de tre faktorerna i det tänkta GM-vetet skulle alltså motsvara 9,4 Mdr (vattenfaktorn), 10,6 Mdr (svampfaktorn), respektive 8,5 Mdr (kvävefaktorn), om de svenska förhållandena antas representera ett snitt för veteodlingen inom EU. Detta summerar till 28,5 Mdr kronor per år, eller, kapitaliserat, till 950 -1 430 Mdr kronor. Denna samhällsekonomiska vinst ska därefter fördelas på odlare, konsumenter och teknikleverantörer. Det är troligt att konsumenternas andel av vinsten ökar över tid.

Till detta ska läggas de avsevärda energi- och miljövinster som det skulle innebära att minska både biocid- och gödsel användningen i veteodlingen. Det är svårt att uppskatta värdet av ökad biodiversitet genom minskad biocidanvändning. Men för den minskade användningen av kväve uppger teknikleverantören att man kan anta ett linjärt samband mellan minskad kvävegiva på aktuell nivå och minskade utsläpp av klimatgaser i kvävet kretslopp, dvs. 25% från veteodlingen. Härtill kommer kraftigt reducerad risk för uttransport av kväve från odlingen av vetet.

6.2 Framtidsscenario 2: Plöjningsfritt jordbruk och den virtuella prärien

Det andra framtidsscenariot kommer från forskare vid ett flertal laboratorier, bl.a. SLU i Alnarp, Land institute i Salina, Kansas, USA och University of Illinois, Urbana, Ill., USA. Det gäller den forskning som går ut på att omvandla ettåriga grödor (i första hand spannmålsgrödor) till fleråriga. Härigenom skulle spannmålsodling i framtiden kunna bedrivas ungefär som dagens vallodling, med ett permanent växttäck som visserligen skördas årligen, men som inte plöjs upp inför vintern – härav beteckningen ”den virtuella prärien”. Presentationen av denna vision bygger på Fagerström och Sylwan (2010) och Glover et.al. (2010).

Att plöja marken är ett brutalt ingrepp i markens ekosystem. Markmikrober som trivs på djupet vänds upp i ytan, och de som trivs på ytan vänds ned i djupet. Insekterna får radikalt nya livsbetingelser och måsarna ges dukat bord fyllt av daggmaskar. Plog och djupharv dödar många livsformer som trivs under jorden och de som lever i och på jordytans växtrester. Den omfattande jordbearbetningen med tunga maskiner som följer av plöjningen och andra fältarbeten medför också en omfattande markpackning. Försök visar att utan markpackning skulle samma jord kunna ge samma avkastning med 25 procent lägre insatser av konstgödsel.

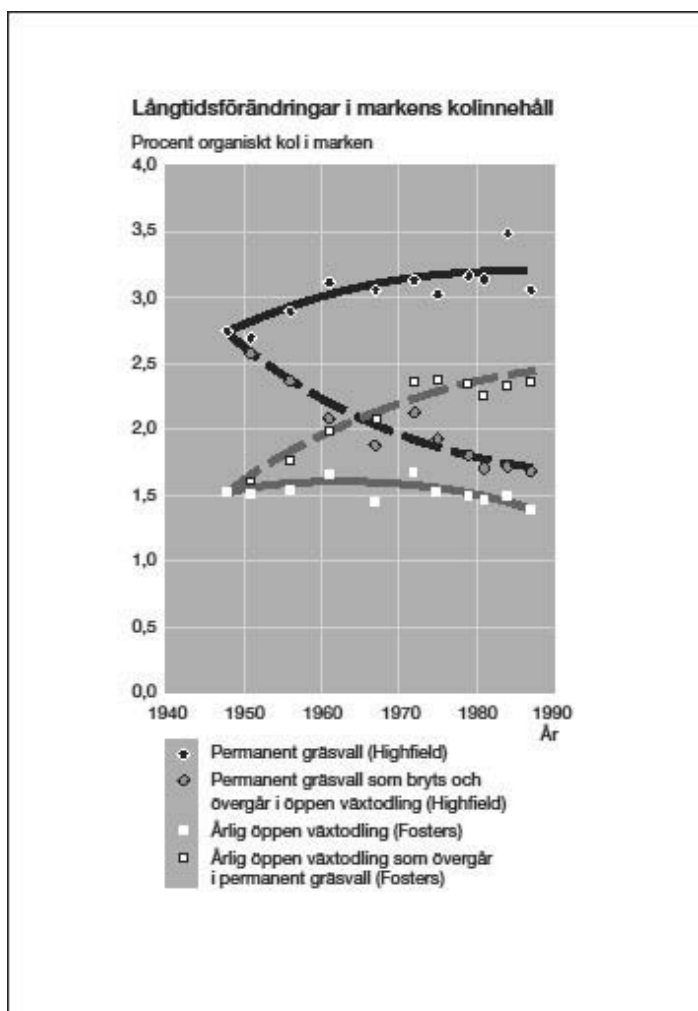
Det är också den plöjda, öppna marken som är boven i dramat kring näringsläckaget från åkermarken. I en någorlunda fruktbar åkerjord finns cirka 7 000 kg kväve per hektar bundet i rötter och skörderester. När marken plöjs startar en snabb nedbrytning av organiska föreningar, med följden att kväve frigörs och rinner ut med dräneringsvattnet eller läcker ut i atmosfären. Lantbrukaren gödslar sina spannmålsåkrar med som mest cirka 150 kg kväve per

hektar, och den årliga tillförselns roll för läckaget måste bedömas i förhållande till vad som finns i markpoolen liksom markens vattenhållande egenskaper. Alla åtgärder som minskar den häftiga markmineraliseringen när inget växer på åkern är sannolikt en mycket effektivare åtgärd än att minska tillförseln. Ändå är det den senare åtgärden som tar oproportionerligt stort utrymme i debatten om jordbrukets miljöpåverkan.

Utflödet av fosfor till Östersjön är också starkt kopplat till jordbruket och den bearbetade marken. Jorderosionen har troligen inte så stor betydelse i Sverige mätt som mängden förlorad matjord. Men den eroderade jord som rinner till havet med ytvattnet och det vatten som rinner ut genom dräneringssystemet innehåller både partikelbunden och löst näring som har avgörande betydelse för fosfortillförseln till Östersjön.

Jordbearbetningen medför också att organiskt material i marken snabbare omsätts till bland annat växthusgaserna koldioxid och lustgas. Går man från sluten till öppen växtodling – alltså till exempel från vallodling till spannmålsodling (eller odlar upp skogsmark) så sjunker markens kolinnehåll med nästan 1 procent om året (figur 6.1). Omvänt ökar markens kolinnehåll när den läggs i permanent gräsvall eller beskogas efter att ha varit öppen spannmålsåker. Skog och permanenta gräsmarker binder årligen ungefär 1 ton koldioxid per hektar och gör så i decennier.

Figur 6.1 Kolinnehållet i marken sjunker när man plöjer. Bilden visar långtidsförändringar i markens kolinnehåll vid två försöksplatser i Storbritannien, dels vid vallodling, dels vid öppen växtodling med ettåriga grödor. Kolinnehållet ökar vid permanent gräsvall och när öppen växtodling får övergå i vall. Det minskar när vallen bryts och övergår i öppen växtodling.



Källa: Rothamsted Research UK.

6.2.1 Plöjningsfritt genom direktsådd

Markbearbetningens roll – förutom att bereda jorden för sådd – är att bekämpa ogräs. Genom att utnyttja ht-grödor kan man odla marken på ett sätt som liknar en gräsmark eller en skog. Då kan man nämligen så direkt i stubben efter föregående gröda, utan jordbearbetning. Jorderosionen minskar då ner mot noll, behovet av diesel till markbearbetning försvinner, näringsläckaget minskar radikalt, markpackningen minskar, behovet av gödsel reduceras, och den biologiska mångfalden såväl i som ovanpå jorden ökar.

Under det senaste decenniet har arealen som på detta sätt odlas plöjningsfritt ökat dramatiskt. 2008 odlades närmare 30 miljoner hektar plöjningsfritt i USA. Ht-grödor, direktsådd och plogfritt kan ses som ett slags "pseudonatur", en skennatur som kommer så nära vi kan med nu känd teknik att odla jorden utan att vi bryter viktiga naturliga ekologiska samband. Det innebär visserligen ännu så länge att vi har bytt en teknik mot en annan, nämligen att vi med biovetenskapens hjälp har ersatt brutal mekanisk teknik med mindre brutal kemisk teknik. Men det kan ses som ett första steg mot att också kunna ersätta kemisk teknik med framtida ännu mer naturnära bioteknik.

6.2.2 Plöjningsfritt genom fleråriga grödor

På Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp pågår arbetet med att förädla fram en perenn oljeväxt, *Lepidium campestre* – fältkrassing. Med de molekylära växtförädlingsmetoder som nu står till buds finns det gott hopp om att fältkrassingens kan förvandlas till en oljeväxt med liknande egenskaper som raps, med den stora skillnaden att fältkrassingens är perenn.

På flera håll i USA, bl.a. vid Land institute i Kansas, arbetar man med att förvandla ett urval av stora jordbruksgrödor till perenna växtslag. Majs, vete, sorghum, solros och ris är exempel på ettåriga grödor som man säger sig vara övertygad om att kunna förädla till perenna jordbruksväxter. Försöksodlingar av ett perennt vete har gett 70 procent av skörden av konventionellt vete, vilket sannolikt redan det är en företagsekonomiskt lönsam skördenivå, med tanke på att bonden i andra ändan slipper en stor del av kostnaden för traktorbränsle, ogräsmedel och andra insatsvaror. Däremot är det

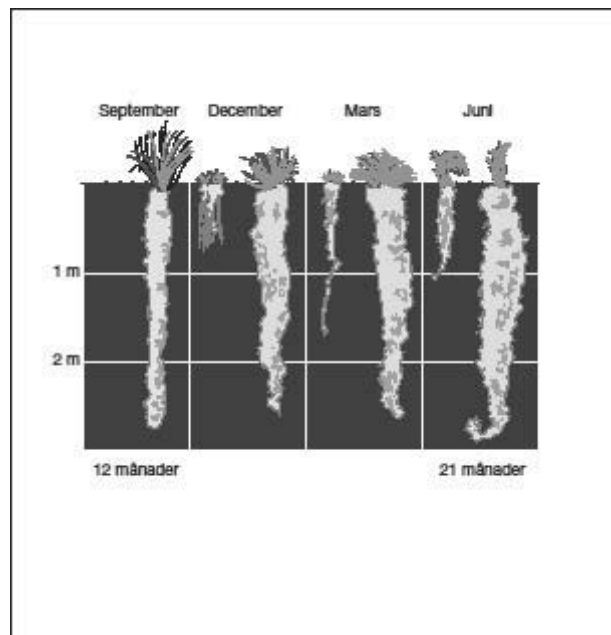
naturligtvis inte en acceptabel skördenivå sett ur perspektivet total livsmedelsproduktion.

Plöjningsfria odlingssystem som bygger på perenna växter har fördelen framför de som bygger på annuella att det där kan byggas upp ett långsiktigt samspel mellan växt och mikroorganismer i marken. Mätningar gjorda på Land institute säger att präriens perenna gräsarter tillsammans fångar in mer kväve och kol ur luft och jord och omvandlar det till mera protein och kolhydrater i skördat hö än vad dagens spannmålsskördande bönder på motsvarande mark klarar av att fånga in och binda i den tröskade kärnsköörden.

Den intressanta frågan är förstås var gräset får sin näring ifrån. Vittring av marken och nerfall från luften räcker inte till, ens om man dessutom räknar allt kväve som kan tänkas fångas in från luften av kvävefångande ärtväxter. Kvävebudgeten stämmer inte i alla fall; det finns mycket mer näring i gräset än vad som faller ner från luften eller fångas av ärtväxterna.

Svaret på gåtan är jordens kvävefixerande bakterier. Dessa klarar sina egna behov genom att fånga in luftens kväve och delar med sig en smula medan de lever, men framförallt när de dör. Då bryts de ner, kvävet rinner ut i marken och sugas upp av växternas rötter. I mark som är genomvävd av djupa rötter tas alltid den frigjorda näringen om hand, men på åkrar där det odlas annueller – vare sig de är vår- eller höstsådda – är markmikroberna igång och bryter ner organiskt material och släpper ut näring i markvätskan långt före och långt efter det att det finns några växtrötter som kan ta vara på näringen.

Figur 6.2 Rotmassans omfattning vid olika tidpunkter under året för ett flerårigt gräs (intermediate wheat grass) jämfört med ett ettårigt, men övervintrande gräs (höstvetete). Djupa perenna rötter medger tidigare start på våren, tillgång till mer vatten, ger högre skörd, större biologisk mångfald, mindre erosion, mindre läckage och bättre förmåga att konkurrera med ogräsen.



Källa: Land Institute, Salina, USA.

6.2.3 Effekter vid odling av perenna grödor

Vi har ännu ingen erfarenhet av en övergång från annuella till perenna spannmålsgrödor. Men det finns goda skäl att anta att den fleråriga vallen i de flesta avseenden kan användas som en modell för de perenna spannmålsgrödorna. I båda fallen rör det sig om gräsarter, och i båda fallen skördas grödan innan hösten och övervintrar därefter som stubb. Här används därför data från fleråriga vallar när miljöeffekterna av en övergång till perenna spannmålsgrödor uppskattas. Hela detta avsnitt grundar sig på data och bedömningar som frikostigt har ställts till förfogande av professorerna Rune Andersson och Lars Bergström vid SLU.

En höstvetegröda förorsakar, vid normal gödsling och årsmån, ett kväveläckage som varierar från 20 kg N per ha på lerjordar till 50 kg N per ha på sandjordar. Motsvarande siffror för en flerårig vall är 8 respektive 20. En övergång från en ettårig till en flerårig gröda minskar alltså kväveläckaget med från 12 kg N per ha på lerjord till 30 kg N per ha på sandjord. Här räknas konservativt med den lägre av dessa siffror. Detta är även motiverat av att vete främst odlas på lerjordar där störst avkastning erhålls. Även sandjordar kan dock komma ifråga som en framtida läckagebegränsande åtgärd om utvecklingen av flera perenna spannmålsgrödor visar sig framgångsrik.

Den totala spannmålsarealen i landet är c:a 1 milj. ha vilket innebär att om hela den svenska spannmålsodlingen skedde med perenna grödor skulle kväveläckaget minska med 12 000 ton N. Det totala läckaget från jordbruket beräknas (2007) till 50 000 ton. En övergång till perenna spannmålsgrödor skulle alltså i ett slag minska kväveläckaget från hela jordbrukssektorn med 25 %. Det finns ingen annan enskild åtgärd för att minska kväveläckaget från jordbruket som kommer i närheten av så stora effekter.

Vidare skulle de perenna spannmålsgrödorna binda betydligt mera kol än vad de annuella gör. Enligt de resultat från Rothamstead som redovisats ovan binder en permanent gräsvall 1 ton koldioxid per hektar och år under lång tid. Här antas att denna siffra skulle gälla även för perenna spannmålsgrödor. Omräknat till hela landet motsvarar detta att 1 milj. ton koldioxid per år skulle bindas av de perenna spannmålsgrödorna.

Slutligen skulle en övergång till perenna spannmålsgrödor – som ju bl.a. innebär att man slipper plöja årligen – innebära minskad traktorkörning. Detta innebär dels minskad energiförbrukning uppgående till ca 40 miljoner liter diesel (varav c:a hälften på plöjning och hälften på annan jordbearbetning och sådd), dels minskad markpackning. Den senare kan förorsaka skördeminskningar på upp till 25 % vid spannmålsodling. Konservativt räknat uppskattas skördeökningen p.g.a. minskad markpackning vid övergång till perenna spannmålsgrödor till 10 %.

Effekterna sammanfattas i följande tabell.

Tabell 6.1 Effekter vid övergång från annuella till perenna spannmålsgrödor

	per ha och år	hela landet (per år)
Kväveläckage	- 12 kg N	- 12 000 ton N
Bindning av koldioxid	+ 1 ton CO ₂	+ 1 milj. ton CO ₂
Utsläpp av koldioxid ¹⁶	- 0,05 ton CO ₂	- 0,05 milj. ton CO ₂
Friställd areal		+ 100 000 ha

Som framgår av tabellen betyder den ökade kolinbindningen i marken mer än en tiopotens mer för odlingssystemets koldioxidbalans jämfört med den minskade drivmedelsåtgången.

Till detta kan läggas ett antal förutsägbara effekter som vi ännu inte kan kvantifiera. Hit hör avgång av fosfor, ammoniak och lustgas, förändringar i jordens multhalt, samt påverkan på jordbrukslandskapets fauna och flora. De sammanlagda miljöeffekterna av dessa och andra faktorer bedöms bli positiva, men vi kan alltså ännu inte sätta siffror på dessa effekter.

¹⁶ Beräkning av minskad dieselförbrukning vid utebliven plöjning:

Plöjningstid per ha	1 tim
Bränsleförbrukning per tim	20 liter
Koldioxidemission	2,55 kg CO ₂ per liter diesel (35 GJ/m ³ och 73 kg CO ₂ per GJ)

Bränslebesparingen är i verkligheten snarast det dubbla, eftersom besparingar görs även för harvning och sådd i perenn spannmålsodling.

7 Livscykelanalys av sockerbeta

I en perfekt värld skulle såväl kostnaderna för de resurser som ett visst odlingssystem förbrukar som dess negativa och/eller positiva miljöeffekter vara inbakade i analysen i förra kapitlet. Detta skulle emellertid kräva både att de aktuella marknaderna fungerade perfekt och att vi hade ett fullt utbyggt system för prissättning av miljöeffekter. Som påpekades tidigare är det inte realistiskt att anta detta. De beräknade samhällsekonomiska vinsterna med en övergång till GM-grödor är därför med all sannolikhet ofullständiga och antingen alltför låga (om GM-grödan är positiv ur resurs- och miljösynpunkt jämfört med den konventionella grödan), eller alltför höga (vid den omvända situationen).

7.1 Metod

Den metod som allmänt används i dessa sammanhang är livscykelanalys (LCA). I allmänhet följer man en viss produkt "från vaggan till graven", dvs. man beräknar den totala mängd resurser som produkten förbrukar under hela sin livstid, fram till att den utrangeras och skrotas. Denna typ av analys är vanlig inom industrin, när det gäller att belysa den totala resursförbrukningen hos industriella produkter, t.ex. bilar, kylskåp eller mobiltelefoner. Inom jordbruksforskningen motsvaras detta av "från jord till bord", dvs. en analys som innefattar såväl den primära produktionen av ett livsmedel som dess vidare förädling, transporter, tillagning, etc. Inte minst är det vanligt att man analyserar energiåtgången för en viss produkt, med tanke på att vissa steg i produktionsprocessen är extremt energikrävande, t.ex. framställning av handelsgödsel.

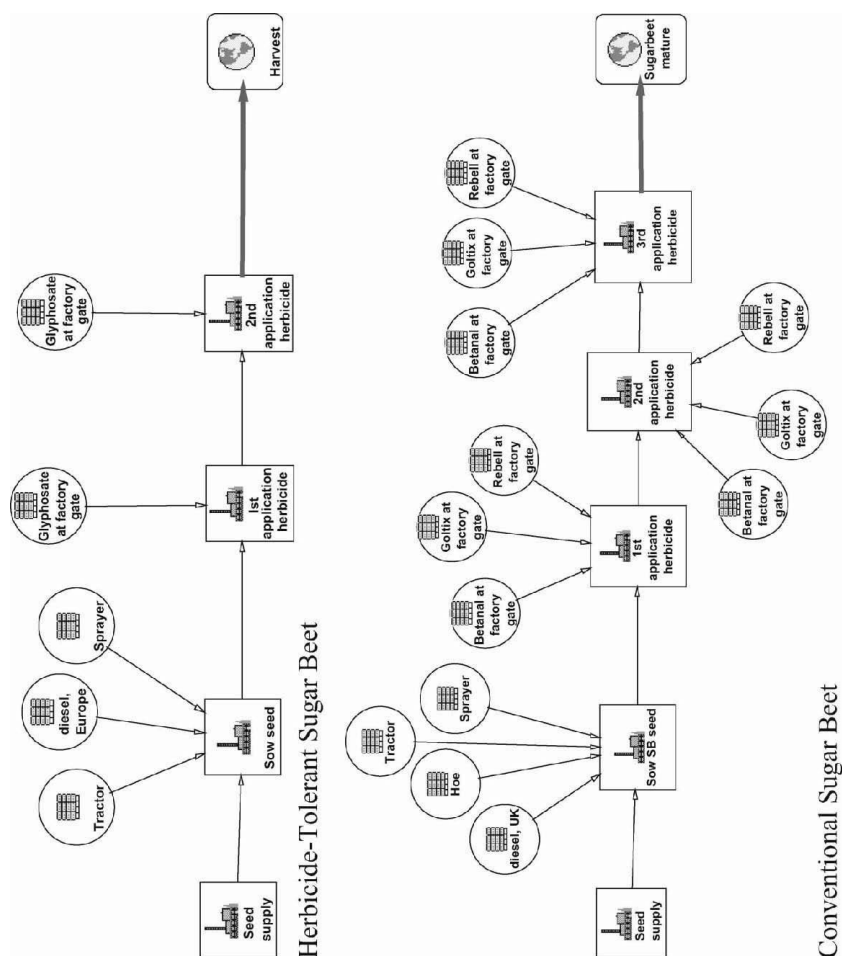
Det ligger utanför ramarna för den här utredningen att göra originalforskning, men lyckligtvis finns det i den vetenskapliga

litteraturen en LCA på just en av de grödor som behandlas här, nämligen ht-sockerbeta (Bennett et. al. 2004, 2006). Den analysen presenteras här relativt utförligt, inklusive några av figurerna, eftersom resultaten är i högsta grad relevanta för denna studie.

Bennett et.al. gör en partiell LCA som begränsar sig till de aspekter på sockerproduktion som skiljer sig åt beroende på om man använder konventionell sockerbeta eller ht-sockerbeta. Det innebär att analysen begränsas till "från jord till gårdsgrind", eftersom allting som därefter sker med betorna är identiskt för den konventionellt odlade och den herbicidtoleranta betan. Alla beräkningar görs för 50 000 kg betor vid gårdsgrinden, dvs. eftersom detta ungefär motsvarar avkastningen på ett hektar, för ungefär ett ha betodling.

De tekniska detaljerna (t.ex. val av programvara), liksom vilka databaser som använts i studien utelämnas här; de redovisas utförligt i originalartikeln. Principen för analysen visas i Figur 7.1, där ett processdiagram för konventionell beta kan jämföras med motsvarande för ht-betan.

Figur 7.1



Vid resultatredovisningen adderar man vanligtvis alla de delprocesser som ger upphov till en viss effekt, varvid man använder relevanta omräkningsfaktorer. Den totala effekten redovisas sedan som summan av delprocessernas effekter, omräknat till ett vedertaget mått. Om t.ex. det konventionella sockerbetssystemet producerar 63,5 kg koldioxid och 0,17 kg metan per 50 000 kg skördade betor vid gårdsgrinden kan detta adderas till ett enda mått på bidrag till global uppvärmning. Metan är en 25 gånger så effektiv

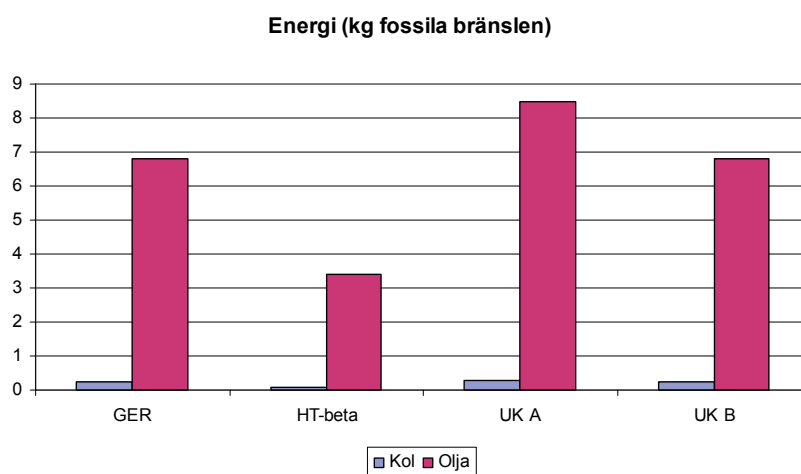
växthusgas som koldioxid, varför utsläppet kan uttryckas som $25 \times 0,17 + 63,5 = 67,75$ kg koldioxidekvivalenter.

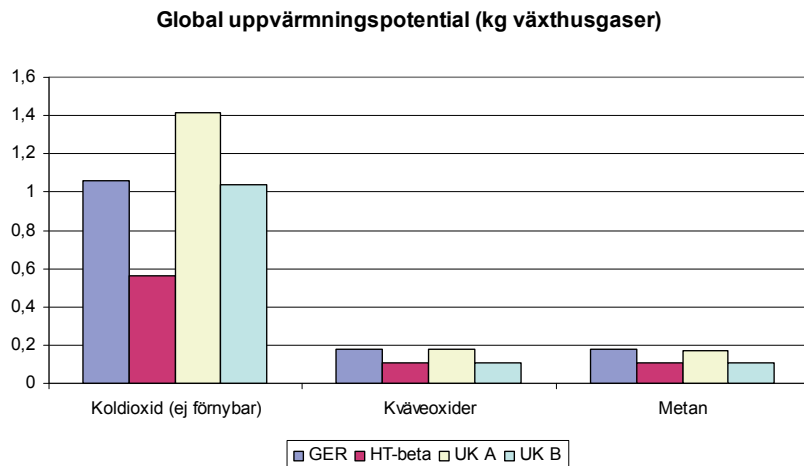
7.2 Resultat

Bennett m.fl. genomförde sin analys för tre typer av konventionell betodling, vid sidan av ht-betan. De tre typerna skiljer sig åt med avseende på vilka medel som används vid ogräsbekämpning. De kallas för "UKA", UKB" och "GER", vilket står för två olika typer i England respektive den vanliga typen i Tyskland. Av dessa är UKB och GER nästan identiska med det typiska svenska schemat för ogräsbekämpning, medan UKA använder ett par herbicider som knappast alls används i Sverige.

Analysen visar att alla de tre konventionella metoderna medför högre energiåtgång (ungefär det dubbla) jämfört med ht-betan (Figur 7.2). Denna skillnad beror nästan helt på skillnader i energiåtgång vid framställningen av herbicider. Figur 7.2 visar också tre typer av utsläpp som allmänt anses vara centrala för de pågående klimatförändringarna. Den konventionella betodlingen innebär ett större bidrag till samtliga dessa tre utsläpp än vad ht-betan gör. Även för dessa gäller att skillnaderna huvudsakligen uppkommer vid tillverkningen av respektive herbicider.

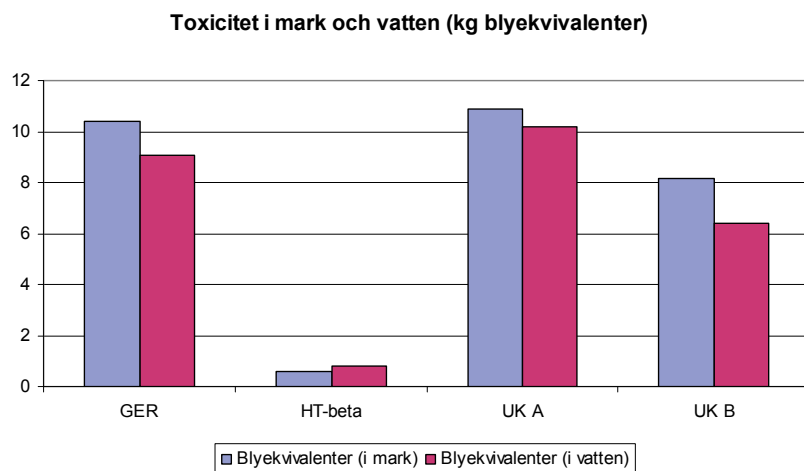
Figur 7.2 Energiförbrukning och utsläpp av växthusgaser för de fyra odlingssystemen



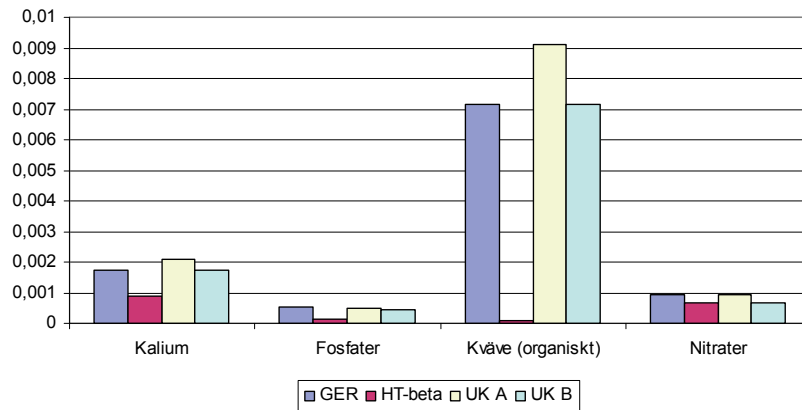


Figur 7.3 visar att ekotoxiciteten (uttryckt i Pb-ekvivalenter) är mycket lägre vid odling av ht-betan jämfört med den konventionella odlingen (upp till 20 gånger lägre). Dessa skillnader beror nästan enbart på skillnader i toxicitet mellan de aktiva substanserna i de olika herbiciderna; resultaten speglar alltså det väl belagda förhållandet att glyfosat (den aktiva substansen i RoundUp) som ht-betan är tolerant gentemot har en mycket låg toxicitet i naturen.

Figur 7.3 Ekotoxicitet och utsläpp av näringsämnen till vattendrag för de fyra odlingsystemen



Utsläpp av växnäringsämnen till vattendrag (kg)



Ht-betan är också betydligt överlägsen de konventionella systemen med avseende på läckage till omgivande yt- och grundvatten. Fyra olika grupper av ämnen, som har eutrofierande effekt på ytvatten, visas. För kalium, fosfat och de två typerna av kvävehaltiga utsläpp förorskar ht-betan mindre utsläpp än de konventionella systemen. Skillnaden är särskild påtaglig för organiskt bundet kväve, där utsläppet från ht-betan är försumbart, medan det är substantiellt för de konventionella systemen.

7.3 Diskussion

Bennetts m.fl. resultat visar tydligt att den generella bilden av odling av ht-betan är att detta system förorsakar mindre negativ miljöpåverkan och är mera resursbesparande än de konventionella odlingssystemen. Samma resultat – men inte med så sofistikerade metoder som LCA – har även rapporterats för ht-raps, och det finns all anledning att anta att detta även gäller de övriga ht-grödor som f.n. finns i odling. Skälet är egentligen ganska uppenbart. Glyfosat är en herbicid som dels är jämförelsevis ogiftig för andra organismer än just växter i aktiv fotosyntes, dels är snabbt nedbrytbar i miljön. Odling av ht-grödor innebär alltså helt enkelt en övergång från mera potenta till mindre potenta herbicider och medför dessutom – eftersom sprutning kan ske i den växande

grödan – att verkningsgraden på herbiciden i odlingen kan optimeras.

Sockerbeta är förvisso en relativt liten gröda i det svenska jordbrukssystemet och övergången från konventionell beta till ht-beta skulle därför rimligtvis ha begränsade effekter på jordbrukets totala miljöpåverkan och resursförbrukning. Sockerbeta kan emellertid få en väsentligt större betydelse för jordbruket om dess potential för produktion av bioenergi (etanol, biogas) utvecklas vidare. Raps är idag en betydligt större gröda och kan dessutom – i likhet med sockerbetan – komma att öka i framtiden. Därtill kommer majs – den tredje av de grödor som odlas i landet som f.n. finns som ht-variant – som också, liksom rapsen, kan tänkas bli en mera odlad energigröda i framtiden. Idag uppgår odlingen av dessa tre grödor sammantaget till c:a 5% av landets totala åkerareal, men upptar naturligtvis en betydligt större andel av odlingsmarken i de sydligaste landsändarna (i Skåne län drygt 14%). Man behöver bara kontempera skillnaderna i utsläpp till omgivande yt- och grundvatten (Figur 3) för att inse att det samhällsekonomiska värdet av denna förbättring vid en övergång till ht-grödor måste vara betydande. Enligt EUs vattendirektiv är det ju just reduktion av utsläpp till vatten (i vår del av Europa främst Östersjön) som ges högsta prioritet.



Litteratur

- Bennett R., R. Phipps och A. Strange. 2006. An application of life-cycle assessment for environmental planning and management: the potential environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet. *Journal of Environmental Planning and Management* 49:59-74.
- Bennett, R., R. Phipps, A. Strange och P. Grey. 2004. Environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet: a life-cycle assessment. *Plant Biotechnology Journal* 2:273-278.
- Brimner, T., G.J. Gallivan och G.R. Stephenson. 2005. Influence of herbicideresistant canola on the environmental impact of weed management. *Pest Management Science* 61:47-52.
- Brookes, G. och P. Barfoot. 2005. GM Crops: The global socio-economic and environmental impact – the first nine years 1996-2004. PG Economics Ltd, Dorchester, Storbritannien.
- Brookes, G och P. Barfoot. 2009. GM crops: Global socio-economic and environmental impacts 1996-2007. PG Economics Ltd, Dorchester, Storbritannien.
- Brändén, H. 2004. Genteknik, kloning och stamceller. Vetenskapsrådet, Stockholm.
- Canola Council. 2001. *An Agronomic and Economic Assessment of GMO Canola*. Framtagen för the Canola Council of Canada av Serecon Management
- Carlson, R. 2009. The market value of GM crops. *Nature Biotechnology* 27:984.
- Carpenter, J.E. 2010. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nature biotechnology* 28:319-321.
- Carpenter, J.E. och L.P. Gianessi. 2001. *Agricultural Biotechnology: Updated Benefit Estimates*. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC.

- Cerdeira, A.L. och S.O. Duke. 2006. The Current Status and Environmental Impacts of Glyphosate-Resistant Crops: A Review. *Journal of Environmental Quality* 35:1633-1658.
- Desquilbet, M. och D.S. Bullock. 2001. Who Pays for the Cost of Non-GMO Segregation and Identity preservation?, (*Tucon AZ:paper presented IATRC Meeting, 2001*).
- Fagerström, T. och P. Sylwan. 2010. Jordbruk som håller i längden. *Forskningsrådet Formas*, Stockholm.
- Fernandez-Cornejo, J. och W. D. McBride. 2002 *Adoption of Bioengineered Crops*. United States Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 810. Washington DC.
- Gentekniknämnden. 2010. Genteknikens utveckling 2009. *Gentekniknämnden, Stockholm*.
- Gentekniknämnden. 2011. Genteknikens utveckling 2010. *Gentekniknämnden, Stockholm*.
- Gianessi, L., C. Silvers, S. Sankula och J. Carpenter. 2002. *Plant Biotechnology: Current and Potential Impact For Improving Pest Management In U.S. Agriculture: An Analysis of 40 Case Studies*. National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC.
- Gianessi, L., S. Sankula och N. Reigner. 2003. *Plant Biotechnology: Potential Impact for Improving Pest Management in European Agriculture. A Summary of Three Case Studies*. The National Center for Food and Agricultural Policy, Washington DC.
- Glover, J.D., J. P. Reganold, L. W. Bell, J. Borevitz, E. C. Brummer, E. S. Buckler, C. M. Cox, T. S. Cox, T. E. Crews, S. W. Culman, L. R. DeHaan, D. Eriksson, B. S. Gill, J. Holland, F. Hu, B. S. Hulke, A. M. H. Ibrahim, W. Jackson, S. S. Jones, S. C. Murray, A. H. Paterson, E. Ploschuk, E. J. Sacks, S. Snapp, D. Tao, D. L. Van Tassel, J. Wade, D. L. Wyse och Y. Xu. 2010. Increased Food and Ecosystem Security via Perennial Grains. *Science* 25:1638-1639.
- Hushållningssällskapet. 2005. *Produktionsgrenskalkyler för växtodling i Skåne och Halland. Efterkalkyler för år 2005*. HS Halland, HS Kristianstad och HS Malmöhus.
- Hutchison, W.D., E. C. Burkness, P. D. Mitchell, R. D. Moon, T. W. Leslie, S. J. Fleischer, M. Abrahamson, K. L. Hamilton, K. L. Steffey, M. E. Gray, R. L. Hellmich, L. V. Kaster, T. E. Hunt, R. J. Wright, K. Pecinovsky, T. L. Rabaey, B. R. Flood och E. S. Raun. 2010. Areawide Suppression of European Corn

- Borer with Bt Maize Reaps Savings to Non-Bt Maize Growers, *Science* 330:222-225.
- Icoz, I. och G. Storsky. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry* 40:559-586.
- Mesbah, A., S.D. Miller, K.J. Fornstrom och D.E. Legg. 1994. *Sugar Beet – Weed Interactions*. Agricultural Experiment Station, Department of Plant, Soil and Insect Sciences, University of Wyoming.
- Mitchell, P. 2003. Europe sees sharp decline in GMO research. *Nature biotechnology* 21:468-469.
- Monchini, G.C., H. Balut och L. Cembala. 2005. On the Segregation of Genetically Modified, Conventional and Organic Products in European Agriculture: A Multi-market Equilibrium, *Journal of Agricultural Economics* 56:347-372.
- Nelson, G.C., D. Bullock och E. Nitsi. 2001. Environmental effects of GMO's: Evidence from the use of glyphosate-resistant soybeans. 5th Inter. Consortium Ag. Biotech. Res.
- Nilsson, A. 2006. Potatis fri från mögel. *Dagens Nyheter*, 21 september 2006.
- PG Economics. 2003. *Consultancy support for the analysis of the impact of GM crops on UK farm profitability*. Final report Submitted to The Strategy Unit of the Cabinet Office, Dorchester, Storbritannien.
- Qui, J. 2008. Agriculture: Is China ready for GM rice? *Nature* 455:850-852.
- Schweizer, E. E. och A.G. Dexter. 1987. Weed control in sugar beets (*Betavulgaris*) in North America. *Reviews of Weed Science* 3:113-133.
- Scott R. K. och S. J. Wilcockson. 1976. Weed biology and the growth of sugarbeet. *Annals of Applied Biology* 83:331-335.
- SLI. 2007. Odling av genetiskt modifierade grödor – ett alternativ för svenska lantbrukare? *Livsmedelsekonomiska institutet, Lund*.
- Sobolevsky, A., G.C. Monchini och H. Lapan. 2005. Genetically Modified Crops and Product Differentiation: Trade and Welfare Effects in the Soybean Complex. *American Journal of Agricultural Economics* 87:621-644.
- Statens Livsmedelsekonomiska Institut (2007).
- Special issue: Glyphosate-resistance weeds and crops, *Pest Management science* 64:317-496 (2008).

- Stokstad, E. 2010. Biotech crops good for farmers and environment, academy finds. *Science* 328:295.
- Tabashnik, B.E., A.J Gassmann, D.W. Crowder och Y. Carrière. 2008. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnology* 26:199 – 202.
- Tabashnik, B.E., J.B.J. Van Rensburg och Y. Carrière. 2009. Field-Evolved Insect Resistance to Bt Crops: Definition, Theory, and Data. *Journal of Economic Entomology* 102:2011-2025.
- Waltz, E. 2010. Glyphosate resistance threatens Roundup hegemony. *Nature Biotechnology* 28,537-538.
- Warwick, S.I., A. Légère, M.-J. Simard och T. James. 2008. Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbicide resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Molecular Ecology* 17:1387-1395.
- Åkerblom Espeby, L. och H. Fogelfors. 2006. *Utveckling av herbicidtoleranta ogräs i Sverige – identifiering och omfattning. Slutrapport 2006*. Institutionen för växtproduktionsekologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Förteckning av tidigare rapporter till EMS

2011

- Med klimatet i tankarna – styrmedel för energieffektiva bilar.
- Exploatering eller reglering av naturliga monopol? Exemplet fjärrvärme.

2010

- Etanolens koldioxideffekt. En översikt av forskningsläget.
- Baltic-wide and Swedish Nutrient Reduction Targets.
- Att mäta välfärd och hållbar utveckling – gröna nationalräkenskaper och samhällsekonomiska kalkyler.
- Målet för energieffektivisering fördyrar klimatpolitiken.
- Dags att tänka om! Rapport om EU:s vägval i den internationella klimatpolitiken.

2009

- Suggestions for the Road to Copenhagen.
- Statens ekonomiska ansvar vid naturkatastrofer och stora industriella olyckor.
- Höghastighetsjärnvägar – ett klimatpolitiskt stickspår.
- Kan vi påverka folks miljöattityder genom information? En analys av radiosatsningen "Klimatfeber".

2008

- Biologiskt mångfald – en analys av begreppet och dess användning i en svenska miljöpolitiken.
- Att vända skutan – ett hållbart fiske inom räckhåll.

2007

- Sveriges klimatpolitik – värdet av utsläppshandel och valet av målformulering.
- Svensk politik för miljö och hållbar utveckling i ett internationellt perspektiv – en förhandlare reflekterar.
- Miljöpolitik utan kostnader? En kritisk granskning av Porter-hypotesen.
- A broader palette: The role of technology in climate policy.

2006

- Medvind i uppförsbacke – en studie av den svenska vindkrafts-politiken.