



GMO - hvad kan vi bruge det til?

Pedersen, Jan W.; Poulsen, Morten; Sørensen, Ilona Kryspin

Publication date:
2009

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Pedersen, J. W., Poulsen, M., & Sørensen, I. K. (2009). GMO - hvad kan vi bruge det til? København: Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

DTU Library

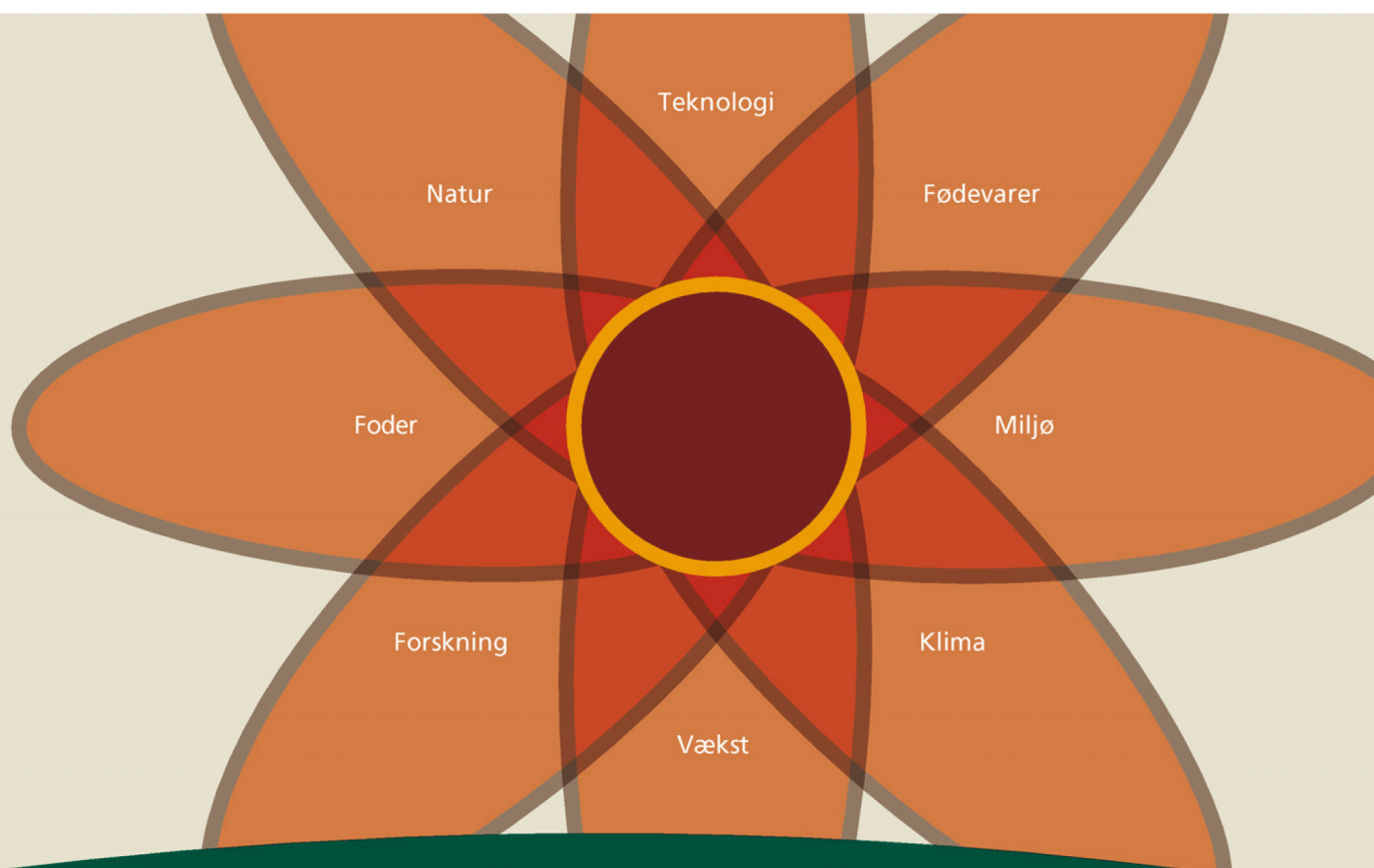
Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



GMO

- hvad kan vi bruge det til?

Fødevarerministeriets vidensyntese om brug af genmodificerede afgrøder i landbrugs- og fødevarerproduktion

GMO - hvad kan vi bruge det til?

Fødevareministeriets vidensyntese om brug af
genmodificerede afgrøder i landbrugs- og fødevareproduktion

Forord

Lad os gøre op med myterne om GMO

Af fødevareminister Eva Kjer Hansen

Debatten om genmodificerede organismer (GMO) er fuld af myter. Hele 20 % af europæerne tror fejlagtigt, at deres egne gener kan blive modificerede, hvis de spiser GMO-mad. Og hver tredje tror, at der kun er gener i GMO-tomater, og ikke i traditionelle tomater.

Det solide politiske valg er baseret på en solid politisk debat. Hidtil har debatten mest handlet om de mulige risici. De muligheder og fordele, som den moderne bioteknologi rummer, fylder desværre for lidt i debatten. Derfor denne vidensyntese.

Menneskeheden har i tusindvis af år forædlet plantearter, med større udbytte og mere velsmagende sorter til følge. Der er med andre ord intet unaturligt i at modificere planternes arvemateriale. Det nye er, at vi med genteknologien kan gøre det langt mere præcist og hurtigere, end det før har været muligt.

Moderne bioteknologi er omgærdet af skepsis i befolkningen, som skal tages alvorligt. Men hvis man på forhånd afviser genmodificerede afgrøder, risikerer vi at gå glip af en række store fordele ved udvikling af planter til gavn for miljøet, ulandene, sundheden og klimaet.

Brugen af GMO i dag

Genteknologien anvendes allerede i dag til at producere medicin. Mange sukkersygepatienter bruger til daglig insulin fremstillet ved hjælp af genteknologi. På samme måde kan vi drage nytte af genteknologien i fødevareproduktionen. Jeg savner en åben debat om moderne bioteknologi og genmodificerede afgrøder. En debat baseret på fakta i stedet for fordomme. En debat, hvor vi sætter både risikoen og nytteværdien af GMO'erne i perspektiv og i de rette proportioner.

GMO globalt

Overalt i verden er forskere i gang med at udvikle nyttige genmodificerede afgrøder, både til dyrkning i vores del af verden og i ulandene.

I øjeblikket gennemfører forskere dyrkningsforsøg flere steder i Europa med en GMO-kartoffel, som er resistent overfor kartoffelskimmel. Det kan have stor betydning for pesticidforbruget, da kartofler i dag i gennemsnit sprøjtes 7 gange mod kartoffelskimmel i løbet af en dyrkningssæson. Ved at frembringe nye sorter, der kræver færre pesticider, kan genteknologien bidrage med en mere skånsom form for landbrug med øget biodiversitet til følge.

Et eksempel på en nyligt udviklet GMO, som kan bruges i ulande, er en tørkeresistent majs, som forventes at være klar til dyrkning om 4-5 år. Og i forhold til de fremtidige klimaudfordringer kan man pege på udviklingen af en GMO-raps, som mere effektivt optager kvælstof fra jorden. En tredjedel af den samlede udledning af drivhusgasser fra landbruget kommer fra kvælstof. Og landbruget står ligeledes for næsten en tredjedel af udledningen af alle drivhusgasser. Det problem kan vi blandt andet løse ved hjælp af genmodificerede afgrøder.

Disse eksempler viser, hvordan genmodificerede afgrøder kan hjælpe med nogle af de udfordringer, vi står overfor.

GMO i Danmark

Myndighederne bør godkende genmodificerede organismer, når de er blevet vurderet som sikre. Kriteriet for godkendelse skal alene være, om de er farlige eller ufarlige. Ikke desto mindre er det også relevant at vurdere de genmodificerede organismers samfundsøkonomiske nytteværdi hver gang man godkender en ny genmodificeret afgrøde. En beskrivelse af den samfundsøkonomiske nytteværdi vil kunne medvirke til at forklare, hvorfor afgrøden er interessant at tage i anvendelse.

I Danmark har vi heldigvis været fremme i skoene, når det gælder om at blive parate til at dyrke GMO. Vi har vedtaget sameksistensloven fra 2004, som sikrer, at både traditionelle og økologiske afgrøder kan dyrkes uden risiko for sammenblanding med GMO'er. I øjeblikket er der ingen genmodificerede afgrøder, som er relevante at dyrke i Danmark, men det kan meget snart ændre sig.

Vi skal ruste os til dagen gennem en fornuftig diskussion, hvor vi afkræfter så mange myter, som muligt.

Det er mit mål at denne vidensyntese bliver startskuddet til en debat, hvor vi kan tage afsked med vandrehistorierne og bruge tiden på fakta.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized name followed by a long horizontal line extending to the right.

Indholdsfortegnelse

Forord	
Lad os gøre op med myterne om GMO	3
Formålet med vidensyntesen.....	13
DEL 1	
Fødevareministeriets kommenterede sammenfatning af vidensyntesen.....	17
I: Fakta om GMO, udbredelse og regulering	17
II. Forskningsresultater – fordele og ulemper ved GM-afgrøder	19
III. Potentialet ved øget GM-dyrkning	26
IV. Holdninger og nytteværdi	29
DEL 2	
1. Status og tendenser - GMO i verden, i Europa og i Danmark.....	35
1.1. Stigende globale GMO-arealer	35
1.2. Flere GM-afgrøder på vej i Europa	37
1.3. Egnede GM-afgrøder på vej til Danmark.....	38
1.4. GMO'er bliver brugt til mange formål.....	39
1.4.1. Fødevarer	39
1.4.2. Foder	39
2. Regulering, kontrol og politik.....	41
2.1. Regler	41
2.1.1. Godkendelse af GMO'er og produkter fremstillet af GMO'er	43
2.1.2. Mærkning og sporbarhed.....	45
2.1.3. Dyrkning af GM-afgrøder - sameksistensregler.....	46
2.2. Myndighedernes kontrol	46
2.2.1. Fødevarestyrelsen og Plantedirektoratet kontrollerer for ulovligt genetisk materiale i fødevarer og foder	47
2.2.2. Fødevarestyrelsen og Plantedirektoratet kontrollerer mærkningen af fødevarer og foder.....	47
2.2.3. Miljøstyrelsen kontrollerer forsøgsudsætninger	48
2.2.4. Plantedirektoratet kontrollerer dyrkning af GM-afgrøder	48
2.3. Lovgivning og holdninger i andre dele af verden.....	48
2.3.1. Lovgivning og holdninger	48
2.3.2. Internationale aftaler om GMO.....	49
2.4. Problemstillinger i forbindelse med reguleringen.....	50
2.4.1. Den langsomme sagsbehandling i EU.....	50
2.4.2. Nul-tolerance og asynkrone godkendelser af GM-fødevarer og foder	50
2.4.3. Ingen tærskelværdi for frø	51
2.4.4. Antibiotikaresistens	51
2.4.5. Nationale forbud og GMO-fri zoner	51
2.4.6. Særligt følsomme områder	52
2.4.7. GM-afgrøder og bier	52
2.4.8. Nytteværdi og etik.....	53
DEL 3	
3. GMO som ny teknik i forædlingen af planter	57
3.1. Introduktion.....	57
3.2. Generelt om planteforædling, hvor kommer vores kulturplanter fra, og hvordan har mennesket ændret dem?	57
3.2.1. Kulturplanternes oprindelse	57
3.2.2. Den konventionelle forædling.....	59
3.2.3. Begrænsninger i den konventionelle forædling	60
3.2.4. Moderne genetisk forskning og dens anvendelse i den konventionelle forædling	61
3.2.5. Genetisk modifikation af planter.....	62
3.2.6. GM-forædlingens begrænsninger	64

3.2.7.	GM-forædling og befolkningens holdning og accept - <i>Cisgenese</i>	64
3.3.	Anvendelse af selektionsmarkører ved udvikling af GM-planter	65
3.3.1.	Hvad bruges selektionsmarkører til?	65
3.3.2.	I hvor stor en del af GMO'erne findes der antibiotikaresistensmarkører?	65
3.3.3.	I hvor høj grad kan selektionsgener forventes anvendt i fremtiden?	66
3.3.4.	Hvilke risici er der ved anvendelse af antibiotikaresistensmarkører i GMO'er?	66
3.3.5.	Hvad findes der af alternativer til anvendelsen af antibiotikaresistensmarkører i GMO'er?	67
3.4.	Konklusion	67
4.1.	Introduktion	69
4.2.	Forsøgsudsætninger af GM-planter i Danmark og EU.....	69
4.2.1.	Forsøgsudsætninger af GM-planter i Danmark	69
4.2.2.	Forsøgsudsætninger af GM-planter i de øvrige EU-lande	71
4.3.	Status vedrørende forskningsresultater omkring dyrkning af GM-planter	74
4.3.1.	Herbicidresistente afgrøder	74
4.3.2.	Skadedyrresistente afgrøder	75
4.3.3.	Sygdomsresistente afgrøder	75
4.4.	Andre egenskaber	75
4.4.1.	Udbytt niveau	76
4.5.	Erfaringer vedrørende spredning.....	77
4.5.1.	Krydsbestøvning	77
4.5.2.	Frøspredning/spildplanter	77
4.5.3.	Udsæd	78
4.5.4.	Maskinfællesskab, transport og håndtering	78
4.5.5.	Landbrugsstrukturens betydning for spredning.....	78
4.5.6.	Produktionsforholdenes betydning for spredning.....	78
4.5.7.	Arealer uden for omdrift	79
4.6.	Modeller for pollenspredning.....	79
4.7.	Forskningsresultater vedrørende landmænds tilpasning af dyrkningspraksis.....	81
4.8.	Konklusion	83
5.	Miljø, klima og fødevarer – hvilke effekter har GMO?	85
5.1.	Positive og negative erfaringer og viden fra dyrkning af GM-afgrøder	85
5.2.	Herbicidanvendelse.....	86
5.2.1.	Ændret sprøjtemønster	86
5.2.2.	Reduceret jordbearbejdning	87
5.2.3.	Effekter på miljø og biodiversitet	87
5.2.4.	Overlevelse af frø i jordens frøpulje	91
5.2.5.	Udvikling af resistens hos ukrudsarter	92
5.3.	Insekticidanvendelse	92
5.3.1.	Reduktion eller forøgelse af insekticidforbrug?	92
5.3.2.	Effekter på miljø/biodiversitet på mark/gårdniveau, i jorden og på regionalt niveau	94
5.3.3.	Udvikling af resistens hos insektarter	96
5.4.	Honningbier og GM-planter.....	97
5.5.	Ernæringsmæssige aspekter.....	98
5.5.1.	Ernæringsmæssige aspekter for husdyr og mennesker	98
5.5.2.	Ernæringsmæssige aspekter for husdyr.....	99
5.5.3.	Ernæringsmæssige aspekter for mennesker	100
5.6.	GM-afgrøders miljøbelastning i et livscyklusvurderingsperspektiv (LCA)	101
5.6.1.	Relevansen af livscyklusvurderingsperspektiver ved GM-afgrøder	101
5.6.2.	Gennemførte livscyklusvurderingsperspektiver på GM-afgrøder	102
5.6.3.	Konklusion vedrørende livscyklusvurdering	103
5.7.	Konklusion	103
6.	Potentialet for mennesker og miljø	109
6.1.	Introduktion	109
6.2.	Udfordringer for fremtidens fødevarereproducenter og fødevarerehverv	109
6.2.1.	Klimafaktorer som påvirker afgrødernes vækst	111
6.2.2.	Responsmekanismer over for abiotisk stress.....	112
6.2.3.	Miljøaspekter	114

6.2.3.1.	Pesticider.....	114
6.2.3.2.	Næringsstoffer	115
6.3.	Fremtidig anvendelse af GM-afgrøder	116
6.3.1.	Bedre tolerance mod biotisk stress (virus-, bakterie-, nematode-, svampe- og insektresistens)	116
6.3.2.	Bedre tolerance mod abiotisk stress (tørke, kulde, varme, salt, oversvømmelse)	117
6.3.3.	Planter med bedre næringsstofoptagelse (minerale, fosfat og kvælstof)	118
6.3.4.	Planter med forbedret næringsstofsammensætning som dyrefoder og dermed reduceret næringsstofudledning til det omgivende miljø	118
6.3.5.	Bedre konkurrenceevne mod ukrudt	120
6.3.6.	Sundere fødevarer, fjernelse af allergener	120
6.3.7.	Anvendelse for produktion af nye typer fibre, stivelses, olier og protein	121
6.3.8.	Udvikling af afgrøder til biomasse og bioenergi.....	121
6.3.9.	Anvendelse for produktion af medicin	122
6.3.10.	Prydplanter.....	122
6.3.11.	Konklusion vedrørende fremtidig anvendelse	123
6.4.	Fremtiden for GM-afgrøder, miljømæssigt set	123
6.4.1.	Fremtidige udfordringer.....	124
6.4.2.	GM-planter giver muligheder.....	124
6.5.	Fremtidens forskningstemaer	126
6.5.1.	GM-risikovurdering baseret på planteindholdsstoffer	126
6.5.2.	GM-interaktioner i planten (stacked events)	126
6.5.3.	Følsomme ikke-målorganismer	126
6.5.4.	Integreret fødevarer- og energiproduktion	126
6.5.5.	Miljøeffekter ved dyrkning i stor skala.....	127
6.5.6.	Integreret evaluering af GM-dyrkningssystemer	127
6.5.7.	Foranstaltninger til at forhindre spredning af invasive, stresstolerante GMO'er	127
6.5.8.	Virkemidler mod spredning.....	127
6.5.9.	Forbedret overvågning af GMO	127
6.5.10.	Mykotoksinindholdet i GM-majs	128
6.6.	Konklusion.....	128
7.	GMO's økonomiske effekt og potentiale.....	132
7.1.	Økonomiske forhold i forsyningskæden.....	132
7.1.1.	Internationale erfaringer	132
7.1.2.	Driftsøkonomien i GM-afgrøder (primærproduktionen)	133
7.1.2.1.	GM-afgrøder	133
7.1.2.2.	Sameksistensregler og omkostninger	134
7.1.2.3.	Potentielle besparelser ved dyrkning af GM-afgrøder	135
7.1.3.	Økonomi i forsyningskæden fra landmand til forarbejdet produkt.....	136
7.1.4.	Distributions- og detalledet	137
7.1.5.	Fremtidigt økonomisk potentiale for dyrkning af GM-afgrøder i Danmark	137
7.2.	Samfundsøkonomien i GM-afgrøder	138
7.2.1.	Definition og beregning af samfundsøkonomisk overskud.....	138
7.2.2.	Udbredelse af GM-afgrøder.....	139
7.2.3.	Dyrkningsmæssige fordele ved GM-afgrøder	140
7.2.4.	Ex-ante analyser for EU.....	142
7.2.5.	Markedssegmentering og sameksistensregler.....	142
7.2.6.	Positive miljøeffekter	143
7.2.7.	Negative miljøeffekter	144
7.2.8.	Konklusion	145
7.3.	Hvad er de økonomiske effekter ved anvendelse af GMO?	146
7.3.1.	Indledning	146
7.3.2.	EU's import af GM-afgrøder	146
7.3.3.	Internationale aftaler og GMO-sagen mod EU i WTO	147
7.3.4.	Global udbredelse og makroøkonomiske effekter af GM.....	149
7.3.5.	Potentiale i driftsøkonomien	151
7.3.6.	Import af foder til EU og godkendelsesprocedure.....	154
7.3.7.	Konkluderende bemærkninger	155

8.	Etik og nytteværdi	159
8.1.	Holdningsanalyser	159
8.1.1.	Redskaber og metoder	159
8.1.2.	Resultater	159
8.2.	Kortlægning af nytteværdi	162
8.2.1.	Økonomisk opgørelse af nytteværdi af GMO	162
8.2.2.	Økonomisk teoris ressource- og værdibegreb	162
8.2.3.	Økonomisk teoris nyttebegreb	163
8.2.4.	Risici versus usikkerhed	163
8.2.5.	Private goder kontra offentlige goder	165
8.2.6.	Forbrugerpræferencer og betalingsvilje i relation til GMO	165
8.2.7.	Danske forbrugeres betalingsvilje i relation til GMO	166
8.2.8.	Forbrugeres vidensniveau og holdninger	166
8.2.9.	Socio-demografiske faktorer	169
8.2.10.	Betydning af mærkningsordningen	169
8.2.11.	Konklusion	170
8.3.	Ovevejelser om nytteværdi i forbindelse med godkendelsesprocedurerne	171
8.3.1.	Værdigrundlaget i den eksisterende godkendelsesprocedure	171
8.3.2.	Forholdet mellem befolkningens bekymringer og de eksisterende godkendelsesprocedurer	172
8.3.3.	Klargøring af hvad der menes med at inddrage nytteovervejelser og andre etiske overvejelser i godkendelsesprocedurerne	172
8.3.4.	Diskussion	172
8.4.	Den etiske debat – Fremadrettede initiativer	173
8.4.1.	Oversigt over den hidtidige offentlige debat med særligt fokus på offentligt støttede initiativer	173
8.4.2.	Diskussion af behov for yderligere debatskabende aktiviteter	174
9.	Udfordringer og muligheder – behovet for tværfaglig forskning	177
 BILAG		
Bilag 1	Kommissorium	185
Bilag 2	Forfatteroversigt, Del 3	187
Bilag 3	Oversigt over lovgivning på GMO-området	188
Bilag 4	Ansøgning under forordningen om GM-fødevarer og -foder	190
Bilag 5	Ansøgning under udsætningsdirektivet	191
Bilag 6	Den sundhedsmæssige risikovurdering	192
Bilag 7	Den miljømæssige risikovurdering	193
Bilag 8	Den landbrugsmæssige risikovurdering	194
Bilag 9	GMO - holdninger og lovgivning i andre lande	195

Formålet med vidensyntesen

Fødevareministeriets vidensyntese om GMO har som målsætning at bidrage til en saglig og velfunderet debat om anvendelsen af GMO'er i landbruget og i fødevarerindustrien, både i Danmark og i resten af verden. På den måde kan den bidrage til, at erhverv, forbrugere og politikere kan træffe beslutninger på et oplyst grundlag.

Vidensyntesen handler primært om genmodificerede planter, fordi de er aktuelle netop nu i forhold til anvendelse i landbrug og i fødevarerindustri. Genmodificerede mikroorganismer er allerede en integreret del af produktionen af ingredienser til fødevarer-, foder- og medicinalindustrien, mens genmodificerede husdyr endnu ikke er relevante for forbrugeren. Derfor er det altså debatten om nytten af genmodificerede landbrugsafgrøder og anvendelsen af disse afgrøder til foder og fødevarer, der er aktuell.

Forbrugere og politikere har efterspurgt en vurdering af GMO'ers nytteværdi som et redskab til at tage stilling til, om man ønsker at bruge GMO eller ej. Denne vidensyntese indeholder derfor ikke bare faktuelle oplysninger om GMO'er og produkter, der er fremstillet af GMO, men også overvejelser om nytteværdi som redskab, og om nytten af de GMO'er, der findes i dag, og de GMO'er, der forventes udviklet i nærmeste fremtid.

Rapportens opbygning

Rapporten består af tre dele:

- Del 1 Fødevareministeriets kommenterede sammenfatning
- Del 2 Fakta, status og regler, skrevet af Fødevareministeriets eksperter
- Del 3 Forskningsresultater og vurderinger skrevet af forskere fra Fødevareøkonomisk Institut (FOI) ved Københavns Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) ved Aarhus Universitet, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) ved Aarhus Universitet og Fødevareinstituttet ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU). De fire institutioner har udpeget de forskere, der har leveret tekst til vidensyntesen, og er desuden ansvarlige for indholdet. Det kommissorium, som forskningsinstitutionerne har arbejdet under, fremgår af bilag 1 til vidensyntesen. Kontaktoplysninger om de enkelte forfattere fremgår af bilag 2.

DEL 1

Fødevareministeriets kommenterede sammenfatning af videnssynthesen

Denne sammenfatning er Fødevareministeriets kommenterede opsummering af videnssynthesen, og er inddelt i fire afsnit:

- I: Fakta om GMO, udbredelse og regulering
- II: Forskningsresultater – fordele og ulemper ved GM-afgrøder
- III: Potentialet ved GM-dyrkning
- IV: Holdninger og nytteværdi

I: Fakta om GMO, udbredelse og regulering

I.1 En GMO er en organisme, der har fået tilført nye gener

GMO er en forkortelse for "genetisk modificeret organisme", og defineres som en organisme hvori det genetiske materiale er blevet ændret på en måde, der ikke forekommer naturligt ved formering og/eller naturlig rekombination.

De teknikker, man anvender til at fremstille GMO'er, kaldes genetisk modifikation, genteknologi eller gensplejsning. Tre begreber, der dækker over det samme, nemlig teknikker, som gør det muligt at ændre på arvematerialet hos for eksempel planter, dyr eller mikroorganismer på en måde, som ikke forekommer i naturen. Ændringerne kan foregå ved at indsætte DNA i en organisme eller ved at fusionere levende celler, så der fremkommer nye kombinationer af arvematerialet.

GMO'er er levende organismer, for eksempel spiringsdygtige kartofler eller majs-kerner.

I denne videnssynthese benævnes afgrøder, der er genmodificerede, som GM, for eksempel GM-majs. Produkter, der er fremstillet af GMO'er, benævnes GM, for eksempel GM-foder. Et genetisk modificeret produkt kan enten bestå af, indeholde eller være fremstillet af GMO'er.

Dyr, der har fået genmodificeret foder, er ikke GMO'er, fordi dyrenes gener ikke er blevet ændret.

I.2 Modifikation af gener er ikke noget nyt

At mennesket ændrer på den genetiske sammensætning i planter og dyr, er ikke noget nyt. Faktisk har man gjort det i årtusinder, når man på traditionel vis har forædlet sig frem til bedre afgrøder og bedre husdyr. Landmænd har altid sået korn fra den mark, der ydede det største udbytte året før, og ladet den største og mest kødfulde tyr komme ud på marken til de bedste køer.

Inden for planteforædlingen har man også anvendt bestråling eller kemikalier til at fremkalde ændringer i arvematerialet. Man udvælger så de planter, der har de ønskede egenskaber. Ulempen ved denne teknik er, at det er helt tilfældigt, hvor mange mutationer der sker, og i hvilke gener mutationerne sker.

I dag har man også genteknologien til rådighed. Ved hjælp af denne teknik kan man forædle mere målrettet end tidligere. For eksempel kan man blande egenskaber fra forskellige arter sammen. Med genmodifikation har forædlingen altså fået et nyt redskab i hænde.

I.3 GM-afgrøder dyrkes på 8 % af verdens landbrugsjord

Den kommercielle dyrkning af genetisk modificerede afgrøder (GM-afgrøder) startede midt i 1990'erne. På verdensplan blev der dyrket 1,7 mio. ha med genmodificerede afgrøder i 1996. Siden er de samlede globale arealer med GM-afgrøder steget hvert år. I 2008 blev der dyrket i alt 125 mio. ha. Det svarer til 8 % af verdens landbrugsjord, og er en stigning på næsten 10 % i forhold til 2007.

I 2008 blev der dyrket GM-afgrøder i 25 lande. Halvdelen af de samlede arealer blev dyrket i USA med 63,5 mio. ha efterfulgt af Argentina med 21 mio. ha, Brasilien med 15,8 mio. ha samt Indien og Canada med hver 7,6 mio. ha.

I øjeblikket dyrkes der kun en enkelt GM-afgrøde i EU, nemlig en majstype, som kaldes MON810. MON810 kan modstå angreb fra en sommerfugl, den europæiske majsborer.

I 2008 var det samlede areal med MON810-majs i EU på 108.000 ha, hvilket er under 1 % af det globale areal med GM-afgrøder. MON810-majs blev i 2008 dyrket i Spanien, Tjekkiet, Rumænien, Portugal, Tyskland, Polen og Slovakiet. Alene i Spanien blev dyrket omkring 80.000 ha.

I.4 Endnu ingen GM-afgrøder i dansk landbrug

Der dyrkes endnu ingen GM-afgrøder i Danmark, hvilket bl.a. hænger sammen med, at der ikke er godkendt nogen GM-afgrøder, der er relevante at dyrke for danske landmænd. Det er ikke aktuelt at dyrke den GM-majs, som er godkendt til dyrkning i EU, fordi det skadedyr, som den er modstandsdygtig over for, ikke er noget problem i Danmark.

I.5 Udbredt brug af GM-foder til husdyr i Danmark

Der er en betydelig brug af GM-foder til husdyr i Danmark. Genetisk modificerede planteprodukter til foder er især en vigtig proteinkilde for svin, fjerkræ og kvæg, for eksempel i form af skrå og kage fra olieholdige frø og kerner. Især sojaskrå og sojakage, der står for omkring to tredjedele af verdens samlede forbrug af proteinmel, har stor betydning.

Den danske import af sojaskrå og sojakage har i de senere år ligget på 1,6-1,8 mio. tons pr. år. Langt størstedelen fra Brasilien og Argentina. Et realistisk skøn er, at ca. 80 % af den mængde er fremstillet af GM-soja. Det årlige forbrug af foderblandinger i Danmark skønnes at være 8-10 mio. tons.

I.6 Kun få GM-fødevarer på verdensplan

Fødevarer fremstillet af GMO'er er indtil videre sjældne, selvom udviklingen går i retning af flere fødevarer med genetisk modificerede ingredienser. En række genetisk modificerede varianter af majs, soja, raps, bomuld og sukkerroe er godkendt til fødevarerbrug i EU, men udbredelsen af fødevarer fremstillet af GMO'er er fortsat begrænset. Der forekommer dog af og til enkelte produkter på hylderne i de danske supermarkeder. Disse varer er mærkede, så forbrugeren kan se, at de indeholder eller er fremstillet af GMO.

I de øvrige EU-lande findes der oftere end i Danmark fødevarer fremstillet af GMO. I en undersøgelse fra 2008 blev der fundet 69 forskellige produkter i fødevarerbutikkerne i forskellige EU-lande. Undersøgelsen omfattede fødevarer i Grækenland, Slovenien, Sverige, Tjekkiet, Estland, Tyskland, Holland, Polen, Spanien og Storbritannien. De GM-fødevarer, man fandt, omfattede popcorn, fiskepinde, snacks, mayonnaise og chokoladebarer. I alle produkterne var forekomsten af genmodificeret materiale fuldt lovlig.

I.7 Reglerne sikrer, at GMO'er er sikre

De EU-regelsæt, der regulerer GMO-området, er omfattende og komplekse. Genmodificerede afgrøder skal for eksempel gennem en lang godkendelsesproces, der omfatter risikovurderinger med hensyn til sundhed, landbrugsproduktion og miljø, før de må bruges. Risikovurderingens omfang afhænger af, om produkterne skal godkendes til import, eller til dyrkning i EU. Den mest omfattende risikovurdering finder sted, når der er tale om GMO'er, der skal godkendes til dyrkning i EU eller når der er tale om import af spiredygtige frø, da det er her en eventuel miljøpåvirkning må forventes at være størst.

EU-reglerne fastsætter for eksempel også krav om, at fødevarer eller foder, der indeholder eller er fremstillet af GMO, skal mærkes.

Danske regler for sameksistens mellem GMO-, konventionel- og økologisk dyrkning

Alle fælles EU-regler på GMO-området gælder også i Danmark. På visse områder fastlægger EU-reglerne kun en ramme, og derfor findes der nationale bestemmelser. Det gælder for eksempel sameksistens mellem genmodificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. De danske regler for sameksistens blev fastlagt allerede i 2004. Disse regler har været et forbillede for flere andre landes lovgivning.

En nærmere beskrivelse af sameksistensreglerne findes på Fødevarerministeriets hjemmeside fvm.dk/gmo

Løbende debat om GMO-regler

Reglerne på GMO-området er under stadig udvikling, og diskuteres derfor løbende. Diskussionerne er blandt andet afledt af en række konkrete problemer med udspring i lovgivningen. Det gælder for eksempel:

- Langvarige godkendelsesprocesser, der gør det mindre attraktivt at igangsætte udvikling af nye GMO-afgrøder
- O-tolerancen for ikke EU-godkendte GMO'er, der vanskeliggør samhandel med tredjelande,
- Manglende tærskelværdi for GMO-indhold i frø til udsæd, som giver problemer for handelen over landegrænser
- Diskussioner om brug af GM-planter med antibiotikaresistens-markørgener
- Diskussioner om inddragelse af nytteværdi i godkendelsesprocessen

II. Forskningsresultater – fordele og ulemper ved GM-afgrøder

I det følgende gennemgås de overordnede konklusioner, som videnssynet drager, med hensyn til fordele og ulemper ved dyrkning og brug af GMO'er med fokus på primært Danmark og i anden række EU og tredjelande.

Konklusionerne er delt op i:

- Forskningsresultater baseret på kap. 4 og kap. 7
- Fordele og ulemper for miljøet baseret på kap. 5
- Livscyklusanalyser - en helhedsvurdering baseret på kap. 5
- GMO og klima baseret på kap. 5, 6 og 7
- Økonomiske fordele og ulemper baseret på kap. 7
- Samhandel og barrierer baseret på kap. 7

For de fleste af områderne gælder, at vores viden er baseret på forholdsvis få erfaringer og undersøgelser, og at resultater herfra afhænger af den sammenhæng, som GMO'en er undersøgt i. De fleste konklusioner peger derfor på, at yderligere forskning og erfaringsopsamling er nødvendig for at give et mere komplet billede af GMO'ernes fordele og ulemper. Men grundlæggende viser undersøgelserne, at GM-teknikken har et stort potentiale, der under de rette forudsætninger kan udgøre et vigtigt redskab i fremtidens forædling og fødevareteknologi.

II.1 Forskning i genmodificerede planter

Forskning i GM-planter handler dels om at udvikle planter med nye gavnlige egenskaber til anvendelse i landbrug, medicin og industri, dels om at undersøge, hvordan de nye organismer kan tænkes at påvirke sundhed, landbrug, natur og miljø. Dertil kommer forskning i, hvordan GMO'er påvirker samfund og økonomi. De virksomheder, der udvikler GM-planter, skal som en del af godkendelsen selv fremlægge undersøgelser af GMO'ernes sundhedsmæssige egenskaber på en måde, der giver myndighederne et tilstrækkeligt grundlag for at godkende eller afvise nye GMO'er. Det sker enten ved laboratorieforsøg, ved forsøg i væksthuse eller ved forsøgsudsætninger. Ud over disse lovbestemte undersøgelser bliver der også udført forskning for nationale og internationale programmidler.

Der bliver udført forskning i GMO'er både i Danmark, i EU og i 3. lande. Resultaterne sammenfattes i det følgende.

Forsøg, der viser tilsvarende udbytte, lavere pesticidforbrug og større dyrkningsikkerhed

De fleste forsøgsudsætninger i Danmark har været med GM-afgrøder hvor man kan anvende herbicider, der har lavere miljøbelastning på dele af miljøet end mange af de konventionelle midler til ukrudtsbekæmpelse. GM-afgrøden giver samtidig landmanden mulighed for at bekæmpe ukrudt i marken længere henne i vækstsæsonen, hvilket ellers ikke kan lade sig gøre, fordi af-grøden ville tage skade. Fordelen er, at landmanden kan anvende en anden sprøjteteknik og dermed i nogle tilfælde sprøjte mindre.

En række forsøg med glyfosat-resistente foderroer, viste et lavere herbicidforbrug i disse roer, og dermed lavere miljøbelastning end ved dyrkning af konventionelle roer med traditionel sprøjtemiddelanvendelse. Forsøgene viste også, at der for de fleste ukrudtsarters vedkommende blev opnået en tilfredsstillende bekæmpelse ved at udsætte sprøjtetidspunktet, hvilket kan have dyrkningsmæssige fordele og kan forbedre biodiversiteten i marken. Udbyttet i GM-roerne var på niveau med konventionelle roesorter.

Samlet set viste forsøgene, at man med GM-afgrøder kan opnå det samme udbytte med lavere pesticidforbrug.

I 2007-2008 er gennemført demonstrationsforsøg med glyfosat-resistent GM-majs (NK603). Ligesom forsøgene i foderroer viste majsforsøgene, at man kan opnå en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse ved et lavere herbicidforbrug, og at der kan sprøjtes på et senere tidspunkt.

De danske resultater bekræftes af udenlandske erfaringer. Herbicidresistent sojabønne er den mest udbredte GM-afgrøde i USA. Tidligere har det været vanskeligt at gennemføre en effektiv ukrudtsbekæmpelse, og sojabønner konkurrerer dårligt mod ukrudt. Efter introduktion af herbicidresistente sorter kan sojabønner nu dyrkes på arealer, som tidligere var uegnede til denne produktion, og tidspunkt og timing af ukrudtsbekæmpelsen er nu ikke længere så afgørende. Produktionen er hermed blevet væsentligt mere dyrkningssikker. Gennem de 12 år, der har været dyrket herbicidresistente sojabønner i USA, er udbyttevariationen således blevet mindre, og produktionen er blevet lettere og mere stabil på arealer, som tidligere ikke blev fundet egnet til dyrkning af soja. Desuden er produktionen generelt lettere for landmanden.

Introduktion af GM-afgrøderne soja og majs har dog indtil videre ikke medført en større udbyttetigning over tid end den som hidtil er opnået gennem traditionel planteforædling.

Spredning til andre afgrøder kan undgås

En stor del af forskningen har beskæftiget sig med spredningsproblemer tilknyttet dyrkning af GM-afgrøder. Spredning kan i visse tilfælde være et problem, enten for det omgivende miljø eller for afsætningen, fordi GM-afgrøder og konventionelle afgrøder ikke må blandes sammen. Spredningsveje kan enten være karakteriseret af afgrødens biologi eller relateret til den menneskelige håndtering. Der kan for eksempel være tale om spredning ved:

- Krydsbestøvning
- Spildplanter
- Udsæd
- Maskinfællesskab, transport og håndtering
- Landbrugsstrukturen
- Produktionsforhold
- Arealer uden for omdrift

For at reducere bestøvning af konventionelle og økologiske naboafgrøder er der blandt andet udviklet forskellige videnskabelige modeller, der kan bruges i forbindelse med vurdering af mulighederne for praktisk sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder. De redskaber, der danner baggrund for sikker sameksistens, er altså til stede.

Ændring i landmandens dyrkningspraksis er afgørende for resultatet

Danske forskere har undersøgt, hvordan danske landmænd muligvis vil bruge herbicidtolerante GM-afgrøder. Det er en undersøgelse med et hypotetisk undersøgelsesgrundlag, da danske landmænd endnu ikke dyrker GM-afgrøder. Det er derfor usikkert, om undersøgelsen faktisk afspejler brugen af herbicidtolerante afgrøder i praksis.

Rapporten fra undersøgelsen peger på, at den enkelte landmands holdninger og dyrkningsrelaterede vurderinger kan være en barriere for at realisere de mulige miljøforbedringer ved anvendelse af herbicidtolerante afgrøder. Hvis man skal opnå positive effekter i form af øget biodiversitet i og omkring marken, er det en forudsætning, at landmanden er parat til at ændre sprøjtepraksis og til at afstå fra at supplere med andre herbicider. De danske landmænds tradition for at bruge rådgivningssystemet vil givetvis kunne nedbryde den barriere.

II.2 Fordele og ulemper i miljøet

Udgangspunktet for rapportens konklusioner er en opdeling af GM-afgrøderne i henholdsvis herbicidtolerante afgrøder og insektresistente afgrøder, der er de altdominerende GM-afgrøder på markedet i dag.

Herbicidtolerante afgrøder

Mindre miljøbelastende sprøjteformer, mindre jordbearbejdning og jorderosion

Den meste forskning omkring brug af herbicidtolerante afgrøder i praksis peger på, at dyrkning af herbicidtolerante roer kan medføre en miljøgevinst i sammenligning med konventionel dyrkning. Gevinsten kræver dog, at sprøjtingen bliver gennemført senere på sæsonen eller med reduceret dosis. Herbicidtolerancen giver derfor sammen med mere miljøvenlige dyrkningsformer mulighed for at opnå miljøfordele. Miljøfordelene er således afhængige af, at landbruget benytter sig af mulighederne. Det kræver oplysning og formentlig lovgivning, hvis den ændrede praksis skal blive udbredt i forbindelse med introduktion af herbicidtolerante GM-afgrøder.

Erfaringen peger desuden på en række muligheder for en reduceret miljøbelastning ved dyrkning af herbicidtolerante afgrøder, såsom:

- Reduceret jordbearbejdning, blandt andet til fordel for biodiversiteten. Reduceret jordbearbejdning betyder desuden reduktion i udledningen af drivhusgasser, både som følge af mindre brændstofforbrug ved dyrkning, og på grund af øget kulstofbinding i jorden.
- Reduceret jordbearbejdning medfører også mindre jorderosion og udvaskning af næringsstoffer (blandt andet kvælstof til vandmiljøet.) Mindre erosion og udvaskning har især betydning for udbytte og dyrkningsikkerhed i udviklingslandene, hvor jorden ofte har lavt næringsindhold. Overgang til herbicidtolerante afgrøder medfører et skift til mindre giftige herbicider.
- Senere sprøjtning kan medføre øget antal leddyr, og altså øget biodiversitet, i marken.

Risiko for udvikling af resistente ukrudtsarter ved manglende sædskifte

På den anden side peger udenlandske erfaringer også på ulemper ved de herbicidtolerante afgrøder. Ulemperne opstår særligt, hvis landmændene dyrker afgrøder, der kun skal sprøjtes med det samme herbicid mange år i træk. Så kan der nemlig opstå problemer med ukrudtsresistens og dermed et større pesticidforbrug end under optimale forhold. En større engelsk undersøgelse fra 1998 viser, at det er herbicidtype og sprøjtepraksis, der har betydning for plante- og dyrelivet, og ikke om afgrøden er genmodificeret eller ej. Undersøgelsen viser også, at såfremt man ikke ændrer dyrkningspraksis, er der risiko for, at dyrkningen af GM-afgrøder kan være med til at mindske biodiversiteten i det dyrkede område.

En særlig problemstilling er knyttet til risikoen for udvikling af ukrudtsarter, der er resistente over for forskellige herbicider. Problemet er størst i de områder, hvor der dyrkes større mængder af herbicidtolerante afgrøder. Op til 1994 blev for eksempel glyfosat ikke brugt i samme omfang som efter 1994, hvor de glyfosat-resistente afgrøder blev meget mere fremherskende. Indtil da var der ikke rapporteret tilfælde af glyfosat-resistente ukrudtsarter. Det skyldtes sandsynligvis en kombination af sprøjtepraksis og jordbearbejdning. Den ensidige anvendelse af glyfosat som ukrudtsmiddel kombineret med anvendelsen af reducerede doser af glyfosat og reduceret jordbearbejdning øger sandsynligheden for, at planter, der kan overleve lave doser af glyfosat, favoriseres og skaber problemer i dyrkningssystemet. Denne tendens er for eksempel observeret i USA hos arterne hvidmelet gåsefod og snerle-pileurt.

Insektresistente afgrøder

Reduceret brug af sprøjtemidler giver større biodiversitet

Muligheden for at reducere sprøjtning med insekticider ved hjælp af GM-planter er først og fremmest knyttet til afgrøder, der er resistente over for visse typer af skadelige insekter.

I praksis er de insektresistente planter modificerede til at producere stoffer, som naturligt dannes af bakterien *Bacillus thuringiensis* (Bt). Disse stoffer virker specifikt på grupper af insekter, der skader afgrøderne, for eksempel sommerfugle. De insektresistente Bt-afgrøder har fået indsat en gensekvens fra bakterien *Bacillus thuringiensis*. Når Bt-toksinet er indbygget i planten, er det overvejende de insekter, som skader afgrøden, der bliver ramt. Det er denne specificitet der betyder, at insektbekæmpelse ved hjælp af GM-insektresistens har potentiale til at være mere miljøvenlig end traditionel insektbekæmpelse. De foreløbige undersøgelser viser følgende fordele:

- Ved brug af insektresistente sorter af de afgrøder, der kræver flest sprøjtebehandlinger, for eksempel bomuld, kan anvendelse af Bt-bomuld mere end halvere forbruget af insekticider, der ofte er sundhedsskadelige.
- Reduktion af insekticidforbruget kan forøge andelen af nyttige insekter i afgrøderne, hvilket blandt andet er set i Kina.
- For honningbier synes GM-planter baseret på Bt-gener ikke at have nogen negativ effekt, mens effekter af andre typer GM-planter på bier ikke er grundigt undersøgt.

Laboratorieforsøg antyder giftvirkning og resistens

Bt-planter indeholder giftstoffer, og det har sat fokus på de negative konsekvenser ved Bt-afgrøder. Der har været fokus på at undersøge, om den forøgede mængde af toksiner fra plantematerialet kan påvirke natur og miljø. Det kunne være ved, at plantemateriale, der indeholder Bt-toksin påvirker uskadelige eller gavnlige insekter, eller ved at Bt-toksinerne frigøres under nedbrydningen af rødder og blade og herved påvirker leddyr i jord- eller vandmiljøet.

Laboratorieforsøg har bl.a. vist følgende:

- Bt-toksin kan påvirke følsomme arter ved en direkte giftvirkning. Men det har ikke været muligt at påvise tilsvarende effekter på arter eller miljø i naturen. Der er en teoretisk mulighed for, at de insektresistente afgrøder

kan forårsage forskydninger i faunaen, da de planteædende insekter indgår i agerlandets fødekæde. De insektresistente afgrøder kan dermed have afledte effekter på andre dele af faunaen, både fordi fødegrundlaget bliver mindre og fordi det ændrer kvalitet. Konklusionen er, at det på det foreliggende grundlag ikke er muligt at forudsige hvilke forskydninger i faunaen, insektresistente afgrøder vil kunne forårsage, og at der er behov for flere undersøgelser.

- Der er foreløbigt fundet to eksempler på insektarter (*Helicoverpa zea* og *Plutella xylostella*), som har udviklet resistens mod *Bt*-toksiner (*Bt*-majs og *Bt*-bomuld). Dette er kun påvist i laboratorieforsøg. Andre insekter har potentialet til at udvikle resistens. Dyrkningsmetoder, hvor afgrøderne har forskellige *Bt*-toksiner, og hvor landskabsstrukturen giver insekterne refugier både inden for marken og udenfor, kan være med til at modvirke udviklingen af resistens.

Konklusionerne vedrørende *Bt*-afgrøder har det problem, at de fleste undersøgelser er foretaget i laboratoriet eller i lille målestok. Det er ikke klart, hvor relevante undersøgelserne er for dyrkning af GM-afgrøder i stor målestok. Erfaringer fra flere undersøgelser, der påpeger effekter i laboratoriet, viser sig af forskellige årsager at være uden betydning i felten. Eksempelvis viste en feltvurdering af de effekter af majsollen, der blev fundet på monarksommerfuglen i laboratoriet, var mindre end effekterne som følge af konventionel bekæmpelse af insekter.

II.3 Livscyklusanalyse – en helhedsvurdering

De miljøvurderinger af GMO'er, der hidtil er gennemført, har ofte fokuseret på de effekter, der optræder på landbrugsjorden. Miljøbelastningen udtrykkes derfor normalt pr. arealenhed, når forskellige produktionsmetoder skal sammenlignes. Denne vurdering er begrænset af, at den kun inddrager bestemte dele af produktionskæden.

Ved en livscyklusvurdering (LCA) udtrykkes miljøpåvirkningen pr. produceret enhed, for eksempel pr. kg produceret sukker, og miljøpåvirkninger fra alle betydningsfulde processer i livscyklussen inkluderes. Det betyder at for eksempel miljøbelastningen ved fremstilling af den mængde kunstgødning, der anvendes til produktion af 1 kg sukker, inkluderes i vurderingen. LCA betyder, at man i princippet medtager alle miljøeffekter i hele produktionskæden "fra vugge til grav". For fødevarerproduktionen betyder livscyklusperspektivet, at det ikke kun er de miljøeffekter, der kommer fra produktionen på landbrugsbedriften, der medtages. Man medregner også den miljøbelastning, der er forbundet med produktionen af slutproduktet og anvendelse af hjælpepestoffer som f.eks. pesticider, diesel og kunstgødning.

For landbrugsafgrøder indebærer forskellige produktionsmetoder ofte et forskelligt forbrug af hjælpepestoffer, et forskelligt udbytte pr. arealenhed og forskellige emissioner fra produktionen. Dette vil normalt også være tilfældet ved sammenligning af GM- og ikke-GM-afgrøder. LCA er en hensigtsmæssig metode til at sammenligne disse forskelle, så der fås et udtryk for miljøbelastningen pr. enhed produceret landbrugsvarer.

II.4 GMO og klima

Der er et betydeligt samspil mellem jordens kvalitet, klimaet og planteproduktionen. Et mere ekstremt klima med længere tørkeperioder og mere intens nedbør vil stille større krav til dyrkningsjordens kvalitet og dyrkningsteknikkerne.

Verdens fødevarerproduktion skal forøges væsentlig over de kommende år. Hvis for eksempel en fordobling af verdens fødevarerproduktion skal foregå med de samme stigninger i input, som har været anvendt hidtil, vil anvendelsen af kvælstof- og fosforgødninger skulle tredobles og det vandede areal skal fordobles. Det vil have uacceptable konsekvenser for miljø og klima, og nye afgrøder, sorter og dyrkningsmetoder, som sikrer både højere udbytter og lav miljøbelastning, er derfor stærkt påkrævede. GMO er en lovende teknik til at fremstille planter, der er mere modstandsdygtige overfor ændrede klimaforhold.

Danmark er i modsætning til mange andre lande i en situation, hvor klimaændringerne ikke reducerer mulighederne for planteavl. Den globale efterspørgsel vil med stor sandsynlighed betyde, at områder som Danmark, hvor der er god landbrugsjord, vil få gode afsætningsmuligheder for landbrugsafgrøder.

Generelt vil vi sandsynligvis opleve, at GM-afgrøder bliver stadigt mere almindelige. Det gælder både de GM-afgrøder, vi kender i dag, men også nye afgrødetyper, der er tilpasset klimaændringerne, eller som producerer særlige produkter, for eksempel vacciner eller biodiesel.

Nogle GM-afgrøder giver mulighed for billigere og mere effektiv ukrudtsbekæmpelse, og det betyder, at det er mere attraktivt for landmanden at dyrke jorden med reduceret jordbearbejdning. Det har flere positive miljøeffekter. Blandt

andet giver det en nedgang i udledningen af CO₂. Det skyldes dels en nedgang i anvendelsen af brændstof, fordi landmanden skal køre færre gange på jorden, med hovedsageligt en øget kulstofbinding i jorden. Livscyklusanalyser, som sammenligner GM-afgrøder med ikke-GM-afgrøder er blevet udført for sukkerroer og majs. For begge har GM-afgrøden umiddelbart positive virkninger med 10-35 % reduktion af udslip af drivhusgasser og 10-60 % reduktion i udledning til nedbrydning af ozonlaget.

II.5 Økonomiske fordele og ulemper

Introduktionen af GM-afgrøder er hidtil sket med henblik på at opnå økonomiske fordele. Det kan være i form af højere udbytte, mindre udgifter til pesticider og jordbehandling samt i form af større dyrkningssikkerhed. Herunder gennemgås rapportens konklusioner for så vidt angår både driftsøkonomien og samfundsøkonomien ved dyrkning og anvendelse af GM-afgrøder og produkter fremstillet heraf.

Konklusionerne vedrørende økonomien i dyrkning af GM-afgrøder er som regel begrænset til den bestemte kontekst for dyrkning af GM-afgrøden. Økonomien er både afhængig af afgrødetype, dyrkningspraksis og lovgivning. Særligt kan lovgivning omkring sameksistens mellem konventionelle og økologiske afgrøder reducere en del af de positive velfærdseffekter, der er ved GM-produkter, når der regnes på omkostningerne til mærkning og adskillelse af GM- og ikke-GM produkter i hele fødevarekæden. For at opretholde en velfungerende samfundsøkonomi, er det samtidig vigtigt med et velfungerende marked. Forskellige godkendelsesprocedurer og tærskelværdier for GM-indhold kan således medføre begrænsninger for samhandelen. Se mere om dette i afsnit II.5 "Samhandel og barrierer".

Da dyrkning af GM-afgrøder endnu ikke er aktuelt i Danmark, og afgrøderne kun dyrkes i mindre omfang i resten af EU, er videngrundlaget endnu meget spinkelt i forhold til at drage håndfaste konklusioner. De fleste konklusioner er derfor baseret på modelberegninger og erfaringer fra dyrkning i tredjelande. Erfaringerne med opdeling af markedet i GM og ikke-GM i forhold til import er dog faktisk baseret.

Driftsøkonomien afhænger af den konkrete GM-afgrøde

Det driftsøkonomiske potentiale ved dyrkning af GM-afgrøder afhænger i høj grad af hvilke afgrøder, der er tale om, samt hvilke egenskaber de pågældende afgrøder har. Det driftsøkonomiske potentiale må desuden forventes at variere fra landmand til landmand og vil afhænge af, om de mulige besparelser og værdien af et større udbytte kan opveje de ekstra omkostninger til GM-udsæd og i forbindelse med overholdelse af reglerne om sameksistens.

Der er en række omkostninger forbundet med dyrkningen af GM afgrøder i Danmark. De er for eksempel afledt af:

- Øgede udgifter til såsæd
- Uddannelseskra (GM-kørekort)
- Godkendelse til dyrkning af GM-afgrøder
- Administrative krav (for eksempel indberetningspligt, journalføring og information af naboer)
- En afgift på 100 kr./ha GM-afgrøde til en kompensationsfond
- Krav om godt landmandskab, herunder rengøring af maskiner/transportmateriel, der har været anvendt til GM-afgrøder samt kontrol af GM-spildplanter
- Afgrødespecifikke afstandskrav til konventionelle og økologiske marker med samme afgrøde.

Omvendt er der også et besparelspotentiale:

- Lavere udgifter til pesticider
- Lavere udgifter ifbm. udbringning af pesticider (som oftest arbejdstid og brændstof)

Danske modelberegninger viser, at der vil være et positivt driftsøkonomisk potentiale ved dyrkning af GM-roer og -kartofler (mellem 400 og 800 kr/ha), mens det driftsøkonomiske potentiale for dyrkning af GM-majs er svagt negativt, da sameksistensomkostningerne samt de øgede udgifter til udsæd overstiger de potentielle besparelser.

Samfundsøkonomien i GM-afgrøder

Ligesom ved driftsøkonomiske beregninger er der både øgede udgifter i forbindelse med GM-dyrkning og et besparelspotentiale, når man ser på økonomien i stor skala. Udgifterne er i lighed med de driftsøkonomiske beregninger primært knyttet til øgede udgifter til udsæd, separering og mærkning af GM-produkter, mens det økonomiske potentiale knytter sig til højere udbytte og højere dyrkningssikkerhed samt lavere udgifter til pesticider og udbringning af pesticider. Konklusionen er overordnet, at hvad der er god økonomi for den enkelte landmand, er som regel også godt i et samfundsøkonomisk perspektiv, når der fokuseres på udbytte og prisniveau. Det bedste eksempel er, at billigere GM-grøder er med til at fastholde lavere udgifter i fødevareproduktionen. Indtil videre har det ikke været muligt at

opgøre miljømæssige fordele og ulemper i monetære størrelser, hvorfor der ikke findes nogen overordnet konklusion for introduktion af GMO'er i fødevarereproduktionen i et bredere samfundsøkonomisk perspektiv. Her er livscyklusanalyserne indtil videre det bedste bud, jf. foregående afsnit.

På verdensplan er de økonomiske erfaringer i forbindelse med introduktion af GM-afgrøder i landbruget meget varierende. De fleste erfaringer peger dog på samlede nettogevinster for landbruget. Igen afhænger erfaringerne meget af afgrøde, område, øvrig lovgivning og dyrkningspraksis. Den overordnede konklusion er, at fordelene ved dyrkning af GM-afgrøder beror på de konkrete forhold i hvert specifikt tilfælde, og kan i sidste ende formodentlig bedst afgøres ved afprøvning i produktionen. I det følgende opsummeres erfaringer fra forskellige egne af verden.

Uensartede erfaringer med GM-majs i Spanien

På europæisk plan er der udført økonomiske beregninger ved dyrkning af GM-majsen MON 810 i Spanien, som er det eneste land i EU, der har en større kommerciel dyrkning af GM-majs. Studiet viser varierende økonomiske fordele mellem regioner i Spanien. I Sarinenaområdet er der en gennemsnitlig stigning i udbyttet på omkring 10 % ved anvendelse af GM-majs, hvilket gav ekstra 123 € pr. hektar i 2002. Derudover kan op mod halvdelen af de samlede omkostninger til insekticider spares væk. Resultatet er dog afhængigt af trykket fra insektet majsboreren på de specifikke bedrifter. I et andet område i Spanien, Barbastro, ses ingen forskel på dækningsbidraget mellem konventionel majs og GM-majs.

Studiet peger også på en række yderligere fordele ved benyttelse af GM-majsen for den enkelte landmand:

- Mindre risiko for afgrødeskader
- Sparet arbejdstid ved mindre sprøjtning og overvågning af afgrøder
- Højere afgrøde kvalitet - lavere indhold af svampegiftstoffer i GM-majsen
- Reduceret risiko for landmanden for uheld ved udbringning af kemiske midler.

Herbicidtolerante sojabønner giver sikker dyrkning i USA

Tidligere analyser har ikke fundet statistisk signifikante økonomiske effekter af overgangen fra dyrkning af konventionelle til herbicidtolerante sojabønner i USA. Den store udbredelse af GM-sojabønner er blevet forklaret med ikke værdisatte fordele i form af tidsbesparelser inden for blandt andet driftsledelse på grund af enklere ukrudtsbekæmpelse. Senere undersøgelser har søgt at prissætte disse fordele samt fordelene ved mere effektiv ukrudtbekæmpelse i dyrkningssystemer med reduceret jordbearbejdning. Dette har vist betydelige nettofortjenester for avlerne ved overgang til GM-sojabønner.

Øget udbytte med insektresistent bomuld i Kina og Argentina

Studier i Kina viser øget udbytte fra insektresistent GM-bomuld (*Bt*-bomuld) på 7 – 10 % i forhold til ikke-GM-bomuld. Den væsentligste effekt af *Bt*-bomuld er 20 – 33 % lavere produktionsomkostninger: udgifter til pesticider udgør for *Bt*-bomuldsproducenter i gennemsnit 27 € pr. hektar sammenlignet med 148 € pr. hektar for ikke-*Bt*-bomuld. En analyse af *Bt*-bomuldsproduktion i Argentina fandt, at udbyttet hos *Bt*-bomuldslandmænd var 32-34 % højere, mens omkostningerne til pesticider var reduceret med mere end 50 %. Disse forbedringer resulterede dog kun i begrænset forøgelse af nettoindtjeningen på grund af den høje pris på udsæd. Prisen på GM-udsæd var fire gange højere end på almindelig udsæd.

Usikkerhed om fordele ved insektresistent majs i USA

Udbyttet af insektresistent majs (*Bt*-majs) i USA var i 1997, 1998 og 1999 højere end for konventionel majs. Alligevel opnåede *Bt*-majskyndere en lavere indtjening i 1998-99. Grunden til, at *Bt*-majs alligevel blev dyrket, tillægges usikkerhed omkring skadedyrsbelastning. Nyere undersøgelser tyder dog på, at der også for majs er opnået en positiv nettofortjeneste for avlerne ved overgang til GM-varianter. Det gælder såvel USA som andre lande.

Forøget rentabilitet ved GM-afgrøder i Sydafrika

Blandt udviklingslandene har særligt Sydafrika taget GM-teknologien i anvendelse og udbredelsen fortsætter med at øge markant. Majs er den GM-afgrøde, der har størst udbredelse i Sydafrika, men også GM-bomuld og GM-sojabønner er taget i anvendelse. Fra at udgøre under 1 % af arealet med majs i 2001 er GM-majs i 2007 oppe på 62 %. Langt hovedparten af GM-majsen indeholder resistens mod insektangreb, men også herbicidresistens er taget i anvendelse.

Et studie fra 2008 viser en gennemsnitlig forøget rentabilitet på tørre jorder på 35 US\$ i 2001-2 og på 117 US\$ på jorder med kunstvanding efter der er taget højde for de ekstra omkostninger ved GM-udsæd. Udbyttet var omkring 11 % højere for GM-majsen og pesticid-omkostningerne væsentligt reduceret.

Et andet studie fra 2005 med specielt små og ressourcetsvage landmænd påviste omkring 11 % udbytteøgning og lavere pesticidomkostninger.

II.6 Samhandel og barrierer

Samhandel er et næsten selvstændigt og komplekst aspekt, når de samfundsøkonomiske fordele og ulemper af GMO'er skal vurderes. I en række lande ligger værdien af GM-afgrøderne nemlig i muligheden for at kunne eksportere dem, mens andre lande er stærkt afhængige af at kunne importere de oftest billigere GM-afgrøder.

Den stadig stigende anvendelse af GM-teknologi indenfor mange sektorer medfører, at handelen med GM-produkter stiger. For mange områder af GM-teknologiens anvendelse er denne udvikling relativt uproblematisk. Men særligt på fødevarerområdet opstår sammenstød mellem forskellige hensyn. Det gælder især i de tilfælde, hvor nationale og regionale godkendelsesprocedurer for GMO'er udgør væsentlige barrierer for samhandelen, ligesom forskellige krav til mærkning af GM-produkter har afstedkommet samhandelsmæssige konflikter.

EU-regler giver problemer med samhandelen

Særligt i EU har der vist sig problemer med samhandelen, fordi eksportlandene tager nye sorter af GM-afgrøder i brug, som ikke er godkendt i EU. Der findes ingen bagatalsgrænse for andelen af ikke-godkendte GMO'er i en ladning, og der for skal importen være helt fri for ikke-godkendte GMO'er. Det betyder, at eksportlandene for at sikre eksporten skal adskille godkendte og ikke-godkendte GMO'er i hele produktionslinjen fra udplantning indtil de lander i EU. Sådant en adskillelse er besværlig og omkostningsfuld, foruden at den over tid bliver stadig mere umulig at opretholde eftersom større og større dele af landbrugsarealerne i eksportlandene tilsås med nye GMO'er. De fleste af eksportlandene har i forvejen ingen krav til sameksistens af GM-afgrøder og konventionelle afgrøder, og derfor vil der forekomme iblanding med ikke-godkendte varianter i sojapartier. Da EU er det eneste væsentlige importområde, som opretholder strenge krav til godkendelse, vil eksportører i faldende grad finde EU-markedet attraktivt og i stedet omdirigere eksporten til mindre krævende markeder.

EU's husdyrproduktion under pres hvis import af GM-soja afbrydes

EU-kommissionen har analyseret 3 scenarier vedrørende sojabønneimporten: et minimal-scenarie, hvor det kun er import fra USA, der afbrydes, et middel-scenarie, hvor det både er import fra USA og Argentina der afbrydes, og et værst-scenarie, hvor import fra USA, Argentina og Brasilien afbrydes.

Den reducerede import fra USA i minimalscenariet kan hovedsagelig erstattes af øget import fra andre lande, mens der er betydelige effekter af middel og værst scenarierne. Værst-scenariet, som ikke er usandsynligt, hvis EU opretholder sin restriktive politik, samtidig med at nye GM-varianter dyrkes i stadig større omfang i alle tre lande, vil på kort sigt føre til, at svineproduktionen falder med omkring en tredjedel, foruden høje prisstigninger på svinekød. Det vil medføre, at EU går fra at være nettoeksportør af svinekød til at blive nettoimportør. Fjerkræproduktionen vil falde med ca. 40 % og ligeledes føre til stigende priser og nettoimport. EU's eksport af oksekød vil helt forsvinde, og importen mere end fordobles. Efter en EU-godkendelse af de nye varianter, vil effekterne aftage, men stadig være mærkbare. Dette dog under den forudsætning, at der ikke sker iblanding af nye, ikke-godkendte varianter. I praksis er det imidlertid mere sandsynligt, at nye varianter jævnlige vil komme på markedet og blive taget i anvendelse i eksportlandene, og at EU hele tiden vil være et skridt bagud med hensyn til godkendelse af GMO'er.

Argentina og Brasilien forsøger at følge EU ved kun at dyrke planter, der er godkendt til fødevarer og foder i EU.

Husdyrproduktion står for 40 % af værdien af EU's samlede landbrugsproduktion i dag. Et betydeligt tab af konkurrenceevne, som følge af manglende godkendelse af nye sorter som beskrevet ovenfor, vil have markant effekt på landbrugsindkomsterne, foruden afledte effekter på landbrugstilknyttede forarbejdnings- og forsyningsvirksomheder. Ydermere vil forbrugerne opleve væsentlige stigninger i kødpriserne.

Et andet meget væsentligt aspekt er den miljømæssige effekt af reduktion af husdyrproduktionen i EU. I praksis vil det betyde, at husdyrproduktionen vil blive forøget i lande, hvor der er langt mindre fokus på og regulering af landbrugets effekter på miljøet. Globalt set har besværlighederne for EU's husdyrproduktion altså også en negativ, miljømæssig effekt.

EU's borgere og politikere bør således overveje, hvorvidt de ønsker at betale denne merpris for at opretholde en særskilt ikke-GM-produktion, og om vi ønsker at producere landbrugsprodukterne i Europa eller vi vil importere fra andre

lande. Krav om særskilte proceslinjer og 0-tolerance overfor ikke-godkendte GMO'er vanskeliggør allerede nu en rentabel landbrugsproduktion og går i øvrigt ud over samfundsøkonomien.

Fødevareministeriet støtter forskning i samfundsnyttig bioteknologi

Genetnologi kan hjælpe til at løse nogle af de aktuelle udfordringer på miljø- og klimaområdet. Derfor har fødevareministeren afsat 65 millioner kroner til forskning i bioteknologi under et nyt forskningsprogram. Programmet skal blandt andet se på, hvad bioteknologien kan gøre, for at landbrugssektoren kan levere tilstrækkeligt med gode, sikre fødevarer og samtidigt skåne miljø og klima.

III. Potentialet ved øget GM-dyrkning

Landbruget står på verdensplan over for nogle fundamentale udfordringer i det 21. århundrede:

- Frem til 2050 forventes verdens befolkning at stige væsentligt. Samtidig forventes det, at der sker et skift mod en større andel animalsk protein i fødevarerindtaget. Det forventes at føre til en fordobling af verdens kødforbrug og en 60 % stigning i verdens kornforbrug fra år 2000 til år 2050.
- Verdens totale landbrugsareal udgør ca. 5 milliarder hektar. Opdyrkning af nye arealer vil medføre alvorlige konsekvenser for miljøet i form af tab af biodiversitet og udledning af drivhusgasser. Der er derfor store miljømæssige grunde til at undgå opdyrkning af yderligere landbrugsareal. Dette indebærer at udbytterne skal øges væsentligt på de eksisterende landbrugsarealer.
- Efterspørgslen efter bioenergi og biobrændstoffer er stigende. Af flere årsager forventes presset på landbrugsarealerne som følge af denne efterspørgsel at stige i de kommende år.
- Der er stærkt stigende fokus på landbrugets ressourceanvendelse og miljøpåvirkning, fordi der foregår en forringelse af dyrkningsjordens kvalitet.
- På verdensplan går ca. 80 % af ferskvandsforbruget til vanding i landbruget. Mange steder i verden indebærer dette et overforbrug af vand med sænkning af grundvandsstand samt udtørring af floder, vandløb og søer til følge.
- Anvendelse af pesticider har konsekvenser for fødevarernes indhold af pesticidrester og for landarbejdernes påvirkning fra disse, men også effekter på det omgivende miljø gennem tab til både jord- og vandmiljøet.
- Tab af kvælstof og fosfor til det omgivende miljø medfører ikke blot eutrofiering af den omgivende natur, men er også tab af værdifulde næringsstoffer.
- Landbrugsproduktionen medfører betydelige udledninger af drivhusgasser og er på verdensplan ansvarlig for 14-30 % af de samlede udledninger afhængig af hvor stor en del af udledningerne fra ændringer i arealanvendelse, der kan tilskrives det voksende landbrugsareal er ansvarligt for skovrydning i troperne.

I kapitel 6 gives en række eksempler på potentialer for landbruget i relation til udfordringerne, særligt dansk landbrug. I kapitlet understreges det, at de beskrevne eksempler ofte er baseret på personlige, forskningsbaserede vurderinger, idet det meste af udviklingsarbejdet hen mod frembringelse af nye sorter foregår i privat regi og derfor ikke er offentligt tilgængeligt. Ud fra et fagligt synspunkt vurderes det, at der ikke er tvivl om, at fornuftig anvendelse af GM-planter kan yde et væsentligt bidrag til at løse de eksisterende og kommende problemer. Det understreges imidlertid, at GM er en teknologi, der ikke kan stå alene.

Det er en forudsætning for udvikling og realisering af dette potentiale, at den nødvendige økonomi til forskning og udvikling sikres, og at lovgivningen skaber rammer for, at forædlingsfirmaerne kan opnå en rimelig indtjening under betingelser, hvor monopolisering undgås. Endelig vil udvikling og anvendelse af GMO i EU-regi være helt afhængig af, at der skabes fornuftige rammer for brug af GM-afgrøder. Det vil sige, at der skal etableres en godkendelsesprocedure uden administrativ spildtid, som opfylder forbrugernes ønsker og krav.

Udvikling af genetisk modificerede afgrøder er en langvarig proces, der typisk kan strække sig op mod 10 år. For nogle afgrøders vedkommende endnu længere. Genetisk modifikation af planter til løsning af kommende tiders problemer bør derfor indtænkes i en langsigtet strategi med klare mål, midler og lovgivning.

I det følgende gives en række eksempler på sandsynlig fremtidig anvendelse af GMO'er:

Bedre tolerance mod virus-, bakterie-, nematode-, svampe- og insektangreb

Traditionel forædling af kartofler er meget langvarig. Det tager omkring 20 år at overføre resistensgener fra vilde slægtninge til de dyrkede sorter. Med genetiske modifikation vil det sandsynligvis være muligt, indenfor kort tid at udvikle

resistente kartofler, der kan modstå svampeangreb. I dag anvendes omkring halvdelen af forbruget af svampemidler på kartofler til bekæmpelse af kartoffelskimmel.

Bedre tolerance mod tørke, kulde, varme, salt og oversvømmelse

Globalt set foregår der en meget stor forsknings- og udviklingsindsats rettet mod at frembringe tørketolerante afgrøder ved genetisk modifikation. Firmaet Monsanto forventer at kunne markedsføre en tørketolerant majs i 2012. Tørketolerant bomuld og sojabønner er ligeledes på vej.

Bedre næringsstofoptagelse (minerale, fosfat og kvælstof)

Vores kornarter er særdeles effektive til at overføre kvælstof fra blade og stængler til kernen, mens andre planter som raps kun kan mobilisere 50 % af kvælstofreserverne fra plantens vegetative dele. Raps med en bedre kvælstofudnyttelse forventes at kunne kommercialiseres indenfor de næste få år. Det kan få væsentlig betydning i forbindelse med reduktion af kvælstofudledningen fra landbruget.

Forbedret næringsstofsammensætning som dyrefoder og reduceret næringsstofudledning til det omgivende miljø

En meget væsentlig del af planteproduktionen anvendes som foder. Globalt set anvendes omkring 60 % af kornproduktionen til dyrefoder, og i Danmark er det omkring 80 %. Kornarter som byg, hvede og majs er udmærkede kilder til stivelse, men har en række ernæringsmæssige mangler. Det kan ændres gennem genetisk modifikation. De enkelte stoffer har såvel ernærings- som miljømæssige konsekvenser:

Fytase

Fytase er et vigtigt enzym i forhold til dyrs optagelse af fosfor, og dermed i forhold til reduktion af udledningen af fosfor til miljøet. Siden begyndelsen af 1990'erne har der været forsket i mulighederne for at fremstille genetisk modificerede afgrøder, der producerer større mængder af fytase i frøet. Dette er lykkedes i arter som sojabønner, lucerne, raps og majs. I dansk sammenhæng har forskningen været koncentreret omkring byg og hvede.

Indtil videre er der ikke kommet fytaseproducerende afgrøder på markedet, hvilket måske kan skyldes, at de genetisk modificerede planter under den eksisterende lovgivning endnu ikke er økonomisk konkurrencedygtige overfor anvendelse af den mikrobielt fremstillede fytase.

Aminosyrer

De proteiner, der oplagres i kornkernen, har ikke en optimal ernæringsmæssig sammensætning. Der er således kun små mængder af de såkaldte essentielle aminosyrer, som mennesker og dyr ikke kan opbygge, men skal have tilført med kosten. For at kompensere for disse mangler tilsættes der i dag store mængder importeret sojaskrå til foder.

For at løse dette problem er der for eksempel i dansk regi fremstillet en genetisk modificeret byg, der har 10 % større indhold af essentielle aminosyrer, og i Indien er der udviklet en kartoffel med forbedret aminosyresammensætning.

Andre foderparametre

På foderområdet er der yderligere en række relevante forædlingsmål, der for nærværende adresseres gennem forskning og udvikling af genetisk modificerede afgrøder. For eksempel er der for fodergræssernes vedkommende interesse i at udvikle planter med en bedre fordøjelighed. Det kan ske gennem reduktion af mængden af vedstof og ved at undertrykke blomstring, idet de blomstrende stængler har en lav fordøjelighed. Metanudledningerne fra bøvsende køer vil kunne reduceres betydeligt ved at fodre med græs eller andre grovfoderafgrøder med et højt indhold af mellemkædede umættede fedtsyrer. I England er der igangsat forskning med henblik på udvikling af græssorter, som på denne måde vil kunne reducere kvægets klimabelastning.

Bedre konkurrenceevne mod ukrudt

Udbredelsen af afgrøder, der er resistente mod ukrudtsmidler (herbicider), har nået et meget stort omfang. Det må forventes, at genetisk modifikation i stigende grad vil blive anvendt til udvikling af nye typer af resistens mod herbicider. Derudover er der for eksempel en omfattende forskning i gang vedrørende kulturplanternes konkurrenceevne mod ukrudt gennem udskillelse af forskellige forbindelser eller via tidlig spiring og etablering.

Sundere fødevarer

Hovedvægten i udvikling af genetisk modificerede afgrøder i den kommercielle sektor ligger helt klart indenfor egen-skaber af relevans for selve dyrkningen i marken og indenfor foderområdet. Der er dog også betydelige aktiviteter, der sigter på forbedring af næringsværdien i fødevarer. Aktiviteterne kan opdeles i følgende hovedgrupper:

Vitaminer og mineraler

Det vurderes for nærværende, at ca. halvdelen af jordens befolkning, primært kvinder og børn i udviklingslandene, mangler jern og zink. Derudover bliver hvert år omkring 500.000 børn blinde på grund af mangel på A-vitamin, og mange dør efterfølgende. Den primære årsag til disse problemer er fattigdom, der bevirker, at befolkningen næsten udelukkende ernærer sig gennem basisfødevarer som majs, ris, hvede og kartofler, der har et lavt indhold af mineraler og vitaminer. Løsning af dette problem blev vurderet som en topprioritet af Copenhagen Consensus Conference 2008.

Den såkaldt "Gyldne Ris" er et eksempel på, at det er lykkedes at udvikle en afgrøde, der producerer forstadier til A-vitamin. Det er lignende forstadier, der giver gulerødder deres orange farve. Den "Gyldne Ris" forventes at komme i almindelig dyrkning inden 2012. Der er også lykkedes at lave ris, hvede og majs, der har 2-3 gange højere jernindhold.

Olier, stivelse og protein

Der har været omfattende aktiviteter vedrørende sammensætningen af fedtstoffer i vore olieafgrøder. For nærværende er der aktiviteter indenfor fremstilling af sojabønner med en oliesammensætning (lavt indhold af linolensyre), der giver en lavere dannelse af de skadelige transfedtsyrer. Ligeledes er der sojabønner på vej, der indeholder omega-3-fedtsyrer, der formodes at have en positiv sundhedsmæssig effekt.

Derudover er der gang i udvikling af afgrøder med en langsomt nedbrydelig stivelse og en sundere proteinsammensætning. Disse aktiviteter er også særdeles relevante for human ernæring.

Forøget eller reduceret indhold af sekundære indholdsstoffer

En række indholdsstoffer i vores afgrødeplanter anses ofte for at have positive effekter på menneskets sundhed. Det er lykkedes at udvikle f.eks. sojabønner med et forøget indhold af antioxidanter. I andre tilfælde er der klart dokumenterede negative effekter af visse planters naturligt forekommende indholdsstoffer, f.eks. de såkaldt cyanogene glucosider i planten kassava, der er fødegrundlag for flere hundrede millioner mennesker i Afrika. Under forarbejdning af de stivelsesholdige rødder frigøres den stærke gift blåsyre, der ofte er vanskelig at fjerne med mindre kassavamelet undergår en omfattende udvaskning. Ved hjælp af genetisk modifikation er det lykkedes at undertrykke dannelsen af disse komponenter.

Fjernelse af allergener

Mange mennesker lider af allergi mod komponenter i vores plantefødevarer. I nogle tilfælde er den allergiske reaktion veldefineret, og der vil her være mulighed for at fjerne den allergifremkaldende komponent gennem genetisk modifikation.

Gode muligheder for mere biomasse og bioenergi

Der synes at være gode muligheder for ved hjælp af genetisk modifikation at fremavle varianter af planter, der vil være velegnet til fremstilling af biogas, biodiesel og bioethanol. Et allerede kommercialiseret eksempel er en majslineje, der producerer et varmestabil, stivelsesnedbrydende enzym i frøene. I dansk regi er der forskning i gang rettet mod anvendelse af halm til bioethanolfremstilling, hvor der i halmstrået produceres cellevægsnedbrydende enzymer. Disse enzymer er først aktive ved temperaturer over 50 grader og påvirker derfor ikke plantens vækst.

Sikker produktion af medicin

Igennem en årrække har der været forsket intenst i anvendelsen af planter til produktion af vacciner, antistoffer, medikamenter, komponenter til diagnose og en række forskellige enzymer. Det har vist sig, at planter er i stand til at syntetisere og samle selv de mest komplicerede forbindelser. En lang række af disse komponenter er for nærværende under afprøvning. Et eksempel er insulin produceret i en tidselplante. Et andet eksempel er planter, der producerer et protein, der er nødvendigt for genudnyttelse af B12 vitaminet.

Fordelen ved en plantebaseret medicinproduktion er, at den vil være væsentlig billigere end de konventionelle måder at fremstille komponenterne på. Derudover har de plantebaserede produkter den fordel, at de med sikkerhed er frie for HIV, hepatitis og andre vira, der udgør et problem, når man skal oprense komponenter fra humant blod. På trods af disse fremskridt og fordele går det langsomt med at få kommercialiseret produkterne.

IV. Holdninger og nytteværdi

En væsentlig del af GMO-debatten har afsat i EU-landenes udbredte skepsis og modstand mod GMO. Både befolkninger og politikere udtrykker denne skepsis, og skepsissen spiller formentlig en væsentlig rolle for den hidtil begrænsede brug af GM-produkter i EU's fødevarerproduktion.

En række undersøgelser har belyst denne skepsis i form af holdningsanalyser. Set i et internationalt perspektiv er de såkaldte Eurobarometerundersøgelser en af de væsentligste kvantitative kilder til viden om folks holdninger til genteknologi. Eurobarometerundersøgelserne har været gennemført i EU-medlemsstaterne med ca. 3-års intervaller siden 1991, og har - ud over kortlægning af holdningen til aktuelle GM-temaer - inkluderet en række spørgsmål, der gør det muligt at beskrive udviklingen i holdningerne. Den senest publicerede Eurobarometerundersøgelse er fra 2005, en undersøgelse fra 2008 forventes publiceret i løbet af det kommende år. I tilgift til Eurobarometerundersøgelserne er der gennemført enkeltstående kvantitative undersøgelser i Danmark såvel som i mange andre lande.

Det generelle billede fra de undersøgelser, der er gennemført af befolkningens holdninger til genteknologi i Danmark såvel som resten af Europa er, at holdningerne knytter sig tæt til hvilke anvendelser, der er tale om. Der er således ikke tale om, at genteknologi afvises som sådan, men typisk at forbehold formuleres i forhold til den konkrete anvendelse. En række undersøgelser peger på, at tre parametre er væsentlige for befolkningens vurdering af de enkelte teknologier, nemlig nytte, risiko og moralske forhold.

Den voldsomme protest, der viste sig imod GM-fødevarer i for eksempel 1996, kan således ses som et udtryk for, at den offentlige regulering i såvel EU som i Danmark overvejende havde fokus på håndtering af miljø- og sundhedsmæssige risici og dermed ikke i tilstrækkelig grad dækkede befolkningens bekymring i relation til nytteværdi samt moralske/etiske forhold.

Nytte for den enkelte legitimerer ikke anvendelsen af GMO

Flere studier peger på, at nytte ikke er en entydig kategori, men at befolkningen typisk skelner mellem forskellige former for nytte. Fra snæver egen nytte over privat eller virksomhedsøkonomisk nytte, til en bredere samfundsmæssig nytte. Meget tyder på, at egen nytte og økonomisk nyttevirkning ikke er nok til at legitimere anvendelsen af genteknologi i den brede befolkning. Det, der fordres, er samfundsmæssig nytte. Anvendelser, der kan bidrage til at løse væsentlige samfundsmæssige problemer såsom sult, sygdom og miljøproblemer, accepteres i højere grad end anvendelser, der er rettet imod at gøre hverdagen lettere for den enkelte eller øge virksomheders indtjening.

Denne efterspørgsel efter samfundsmæssig nytte kan muligvis bidrage til at forklare den udbredte modstand i Danmark og en række andre EU-lande mod de hidtil introducerede genetisk modificerede fødevarer. I befolkningens øjne har de hidtidige anvendelser af genteknologi inden for fødevarerområdet overvejende været rettet imod at øge effektiviteten i fødevarerindustri og landbrug – altså imod nyttevirksomheder, der falder uden for kategorien 'samfundsnytte'. I den forbindelse skal det bemærkes, at danske undersøgelser peger på, at den foreløbig mest udbredte GM-anvendelse i landbruget, herbicidresistens, oftest ikke kategoriseres som samfundsnyttig. Det skyldes muligvis, at den, selvom den understøttes af argumenter om mindre forurening og øget biodiversitet, viderefører en – i befolkningens øjne – problematisk teknologi, nemlig anvendelsen af pesticider.

Omvendt synes der at være en bredere accept af landbrugsmæssige anvendelser med et mere entydigt miljø- eller sundhedsmæssigt sigte. Dog er der en vis skepsis over for anvendelser med et sundhedsmæssigt sigte, hvor der f.eks. er alternativer. Der synes eksempelvis at være en udbredt opfattelse, at sundhedsmæssige problemstillinger som for eksempel overvægt snarere bør håndteres gennem kostomlægninger og lignende end gennem bidrag fra en kontroversiel teknologi som genteknologien.

Det er i dette lys man må se den forholdsvis positive vurdering af landbrugsmæssige anvendelser inden for non-foodområdet, som f.eks. blev antydnet af en dansk borgerjury om genetisk modificerede planter i 2005. Juryens accept af non-food-anvendelser er således i god tråd med tidligere undersøgelser, nemlig at anvendelser med en klar miljø- eller sundhedsmæssig nytte er acceptable.

Kan samfundsmæssig nytteværdi af GMO opgøres?

Efterspørgslen efter samfundsmæssig nytte rejser et centralt spørgsmål, nemlig hvordan nytte kan opgøres. I kapitel 8 gennemgås kriterierne for opgørelse af de samfundsmæssige nytte- eller velfærdændringer ved en introduktion af GMO i dansk landbrug. Analysen er baseret på en gennemgang af eksisterende litteratur inden for området. Gennem-

gangen omfatter danske såvel som europæiske forbrugeres holdninger og præferencer mht. risici, usikkerhed og betalingsvilje i relation til GMO i fødevarer.

Generelt er danskere den nationalitet i EU, der føler sig bedst informerede om GM-fødevarer. Samtidig tilhører danskerne den gruppe forbrugere, som forbinder de laveste risici med GMO-teknologi. Ifølge en holdningsundersøgelse opfattes GMO som væsentligt mindre risikofyldt end pesticider og diverse almindeligt forekommende tilsætningsstoffer i fødevarer. Det tyder på, at danske forbrugere ikke vil være særligt negative over for introduktion af GM-fødevarer.

Danske forbrugere vil kunne vælge selv

Danske forbrugere giver dog samtidig udtryk for meget ringe tiltro til, at offentlige myndigheder vil være i stand til at sikre, at GM-organismer ikke fører til skadevirkninger på miljøet og den menneskelige sundhed. Op mod 70 % af de danske forbrugere ønsker at kunne vælge mellem GM- og ikke-GM-produkter. Det vil sige, at der stilles krav om mærkning. Erfaringer fra EU-lande, hvor GM-produkter er på markedet, tyder ikke på, at forbrugerne her går særlig meget op i at kunne skelne mellem GM- og ikke-GM-produkter. Reelt er det næppe muligt at få et sikkert indtryk af danske forbrugeres adfærd i relation til GM-produkter, før de eventuelt bliver introduceret på det danske fødevaremarked i større omfang.

Med den skepsis, som danske forbrugere giver udtryk for med hensyn til mulige skadevirkninger på såvel miljøet som den menneskelige sundhed, kan man ikke gå ud fra, at GM-afgrøder lige nu kan indføres i Danmark i større omfang uden udbredt skepsis blandt forbrugerne. De foreliggende opgørelser må betragtes som for usikre til, at man kan kvantificere den samlede effekt i økonomiske størrelser. Erfaringer fra andre lande tyder på, at de opfattede risici vil aftage med tiden – forudsat der ikke viser sig væsentlige skadevirkninger som følge af GM-afgrøder. Der eksisterer dog ikke et empirisk grundlag for at vurdere om, eller i hvilket omfang, en sådan accept vil finde sted.

Oplysning om nytteværdi i forbindelse med godkendelsen

Godkendelsesproceduren for GMO'er er beskrevet i videnssynthesen kapitel 2. Det er ofte blevet fremført, at GMO'ers nytte bør vurderes i forbindelse med godkendelse af GMO'erne. En sådan vurdering kunne imødekomme den ovennævnte efterspørgsel efter samfundsmæssig nytteværdi.

I forhold til den nugældende GMO-lovgivning, er det overordnede formål med reguleringen at sikre, at dyrkning og markedsføring af GMO'er ikke fører til uønskede virkninger på menneskers og dyrs sundhed eller miljøet. Godkendelsen er primært baseret på risikovurderingen, hvilket blandt andet betyder, at der ikke skal tages stilling til en GM-afgrødes nytteværdi. Individets (og virksomhedens) handlefrihed kan generelt kun begrænses af lovene, hvis der er videnskabeligt belæg for, at specifikke handlinger kan medføre skader på andre, herunder skade på miljøet. Om genetisk modificerede afgrøder repræsenterer en nytteværdi, bliver i sidste ende afgjort af, om der er et marked for dem.

Godkendelsesproceduren skal respektere etiske principper, der er "anerkendte" i et EU-medlemsland, og åbner derudover mulighed for at indhente og inddrage udtalelser fra etiske komiteer om generelle etiske aspekter ved bioteknologi. Ethiske overvejelser er her tilsyneladende defineret som noget, der ikke har med risici at gøre. Det er svært at forestille sig, at en generel etisk bekymring alene skulle kunne føre til, at en specifik afgrøde ikke godkendes, hvis risikovurderingen ikke peger på problemer.

To modeller for vurdering af nytteværdi

I videnssynthesens kapitel 8 beskrives to modeller for at inddrage nytteværdi i godkendelsesprocedurene.

Den ene model lægger op til, at godkendelsen må baseres på en samlet vurdering af det pågældende genetisk modificerede produkt mht. forventet nytte og risici. Det indebærer, at der sker en afvejning af risici i forhold til forventet nytte, hvilket igen alt andet lige må indebære, at jo større den forventede nytte er, jo større risiko kan accepteres. Eller udtrykt på en anden måde: Jo større fordele, jo større accept af potentielle ulemper

Den anden model fjører yderligere restriktioner til godkendelsesproceduren. Ud over at det pågældende genetisk modificerede produkt skal repræsentere samme lave, acceptable risikoniveau som nu, skal det yderligere leve op til krav om at repræsentere passende substantiel nytteværdi.

Begge modeller kan hævdes at være et opgør med den tradition for frit forbrugs- og teknologivalg, som på nogle områder findes i Danmark. Hvis nytteovervejelser skal indgå i fremtidige godkendelser, vil myndighederne eller politikerne

skulle påtage sig rollen som moralsk dommer i forhold til hvilke teknologier, der kan markedsføres. Om det er en god idé kræver en grundig politisk diskussion.

Normalt anses adfærdsregulerende incitamenter, f.eks. i form af afgifter, for acceptabelt. At forbyde markedsføring af produkter ud fra en central vurdering af, hvad der er godt for folk eller moralsk uacceptabelt, forekommer at være meget radikalt.

Det er endvidere svært at operationalisere hensyntagen til etiske bekymringer, ikke mindst fordi der kan være uenighed om de relevante etiske vurderinger. Hvad den ene f.eks. opfatter som et uacceptabelt indgreb i naturens skaberværk, opfatter den anden som en helt uproblematisk teknologi, som det vil være uacceptabelt at sætte religiøst motiverede grænser for. Det vil være vanskeligt at tage hensyn til begge etiske holdninger på en gang.

Objektivt set bør myndighederne godkende genmodificerede organismer, når de er blevet vurderet som sikre. Kriteriet for godkendelse skal alene være om de er farlige eller ufarlige. Ikke desto mindre er det også relevant at vurdere den genmodificerede organisms samfundsøkonomiske nytteværdi hver gang man godkender en ny genmodificeret afgrøde. En beskrivelse af den samfundsøkonomiske nytteværdi vil kunne medvirke til at forklare, hvorfor afgrøden er interessant at tage i anvendelse og medvirke til at afdramatisere brugen af den nye organisme.

DEL 2

1. Status og tendenser - GMO i verden, i Europa og i Danmark

Af Fødevareministeriet

Genetisk modificerede afgrøder bliver dyrket i mange lande verden over, og arealet stiger år for år. Også i nogle lande i Europa stiger arealet med GM-afgrøder. Afgrøderne bliver anvendt på lige fod med tilsvarende ikke-GM-produkter til blandt andet foder og fødevarer, biobrændsel og tøj. I Danmark bruger vi også GM-produkter. For eksempel udgør genmodificeret soja en stor og vigtig del af foderforsyningen.

I dette kapitel bliver GM-afgrødernes udbredelse og deres anvendelse beskrevet kort.

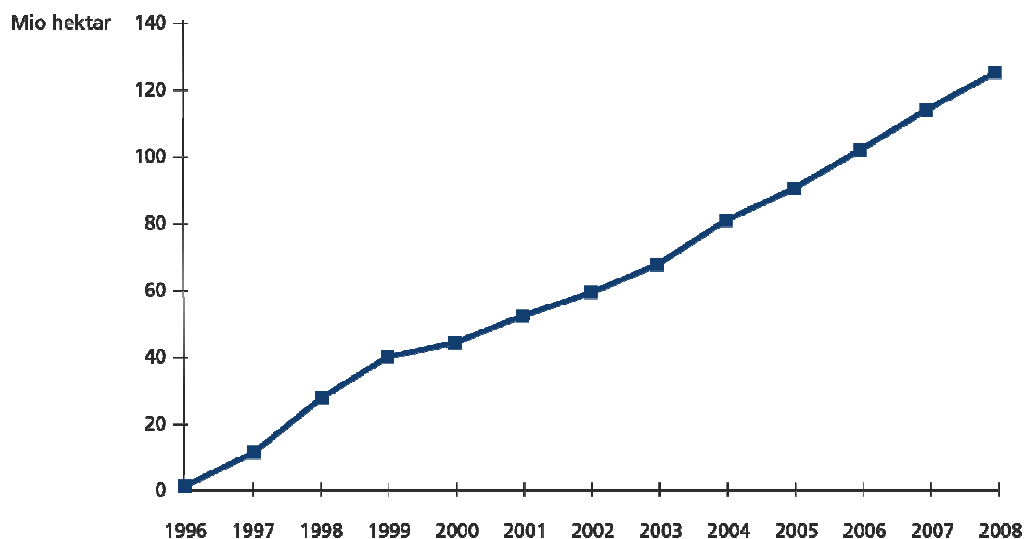
1.1. Stigende globale GMO-arealer

Den kommercielle dyrkning af genetisk modificerede afgrøder startede midt i 1990'erne. I 1996 blev der dyrket totalt 1,7 mio. ha med genmodificerede afgrøder i verden. I hele perioden fra 1996 til i dag er de samlede globale arealer med genetisk modificerede afgrøder steget hvert år. I 2008 blev der i alt dyrket 125 mio. ha. Det svarer til en stigning på næsten 10 % i forhold til året før (3).

Der blev i 2008 dyrket genetisk modificerede afgrøder i 25 lande. Halvdelen af de samlede arealer blev dyrket i USA med 63,5 mio. ha efterfulgt af Argentina med 21 mio. ha, Brasilien med 15,8 mio. ha og Indien og Canada med hver 7,6 mio. ha (3).

Udviklingen i de globale dyrkningsarealer for GM-afgrøder er vist i figur 1.1.

Figur 1.1. Udviklingen i de globale dyrkningsarealer for GM-afgrøder i perioden 1996-2008 (mio. ha).

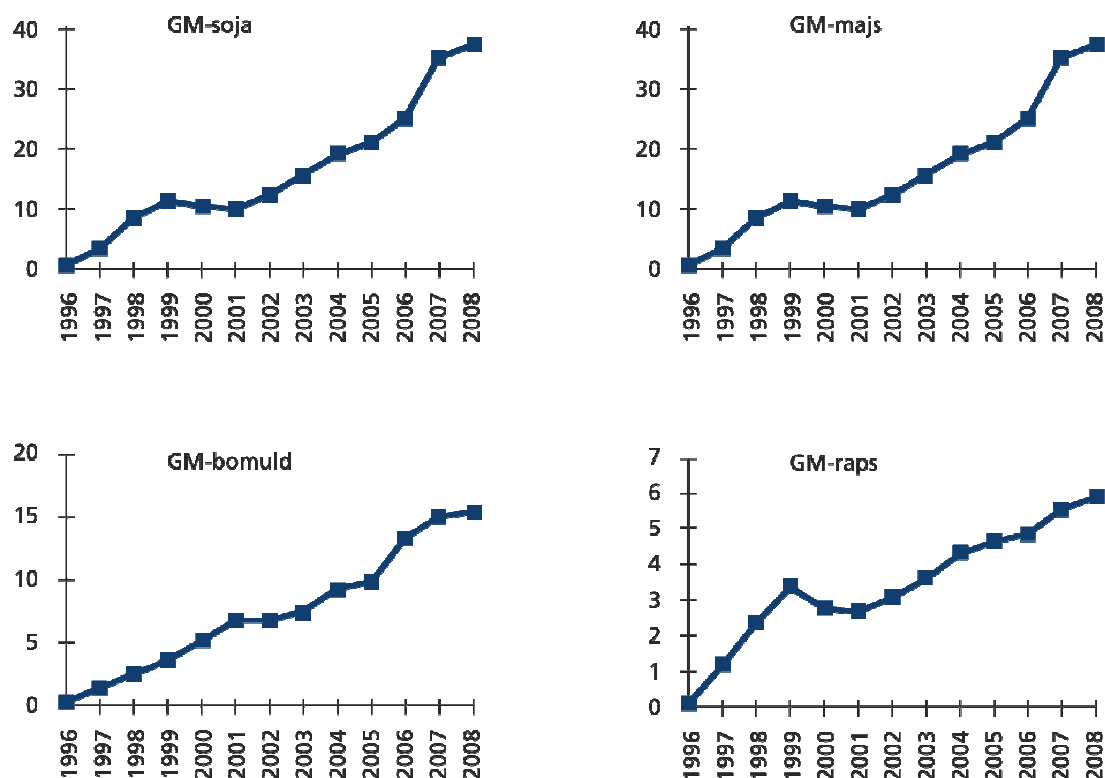


Kilde: GMO-Compass, www.gmo-compass.org.

De fire dominerende genetisk modificerede afgrøder har indtil videre været soja, bomuld, majs og raps. I 2008 udgjorde de globale dyrkningsarealer med genmodificerede afgrøder i forhold til det samlede areal med afgrøden:

- 72 % for soja,
- 23 % for majs,
- 47 % for bomuld, og
- 21 % for raps.

Figur 1.2. Udviklingen i de globale dyrkningsarealer for genetisk modificeret soja, majs, bomuld og raps 1996-2008 (mio. ha).



Kilde: GMO-Compass, www.gmo-compass.org.

På langt mindre arealer er der blandt andet blevet dyrket genetisk modificeret squash og papaya i USA, nelliker i Colombia og tomat, poppel, petunia, papaya og sød peber i Kina.

Faktaboks 1.1. Afgrøder under udvikling – mere GMO på markerne

Verden over er en lang række nye genmodificerede planter under udvikling, og for visse afgrøder, der traditionelt dyrkes meget, er genmodificerede varianter tæt på godkendelse til dyrkning. Som de følgende eksempler viser, er det meget sandsynligt, at de samlede globale dyrkningsarealer med genmodificerede afgrøder vil stige yderligere fremover.

Brasilien godkendte i 2008 de første tre genetisk modificerede majstyper til dyrkning. Genetisk modificeret majs udgjorde 10 % af Brasiliens majsareal i dyrkningsæsonen 2008-2009.

I Indien er en insektresistent genetisk modificeret aubergine tæt på godkendelse.

I USA og Canada begyndte man i 2008 at dyrke en genetisk modificeret sukkerroe, som kan tåle at blive sprøjtet med ukrudtsmidlet Roundup. 59 % af det samlede sukkerroeareal i USA blev dyrket med genetisk modificerede sukkerroer sidste år, og i 2009 forventes dyrkningsandelen at stige til tæt på 90 %.

I USA arbejder man på at udvikle en genetisk modificeret majstype, der kan modstå tørke.

I Australien er en ansøgning om godkendelse af en genetisk modificeret hvedetype, der kan tåle tørke, på vej.

1.2. Flere GM-afgrøder på vej i Europa

I øjeblikket dyrkes der kun en enkelt genmodificeret afgrøde i EU, nemlig en genetisk modificeret majstype kaldet MON810. MON810-majsplanter kan modstå angreb fra nogle bestemte, skadelige sommerfuglelarver. Det samlede areal med MON810-majs i EU var på 108.000 ha i 2008, hvilket er mindre end 1 % af det globale areal med genetisk modificerede afgrøder. MON810-majs blev i 2008 dyrket i Spanien, Tjekkiet, Rumænien, Portugal, Tyskland, Polen og Slovakiet (2).

Spanske landmænd har dyrket genetisk modificeret majs siden 1998, mens dyrkning i de øvrige EU-lande først er begyndt i 2005. Spanien er da også det dominerende dyrkningsland i EU med næsten 80.000 ud af de 108.000 ha GM-majs i EU i 2008.

MON810-majs har ikke været dyrket i Danmark, fordi den sommerfuglelarve, som majsens er modstandsdygtig over for, ikke er noget problem i Danmark.

Udviklingen i de europæiske dyrkningsarealer er vist i tabel 1.1.

Tabel 1.1. Udviklingen i arealer med genmodificerede afgrøder i EU i perioden 2005-2008 (arealer i hektar).

Land	2005	2006	2007	2008
Spanien	53.225	53.667	75.148	79.269
Frankrig	492	5.000	21.147	-
Tjekkiet	150	1.290	5.000	8.380
Portugal	750	1.250	4.500	4.851
Tyskland	342	947	2.285	3.171
Slovakiet	-	30	900	1.900
Rumænien	-	-	350	-
Polen	-	100	320	3.000
				7.146
I alt	54.959	62.284	110.050	107.717

Kilde: GMO-Compass, www.gmo-compass.org.

I det kommende år vil udbuddet af GM planter, som må dyrkes i EU, formodentlig blive væsentligt forøget, idet en række ansøgninger om dyrkningsgodkendelse for nuværende er til behandling i EU. Der er i øjeblikket 18 ansøgninger om tilladelse til dyrkning af genetisk modificerede afgrøder til behandling i EU's godkendelsessystem (primo juli 2009). Disse ansøgninger er vist i tabel 1.2.

Tabel 1.2. Oversigt over ansøgninger om tilladelse til dyrkning af GM-afgrøder til behandling i EU's godkendelsessystem (primo juli 2009).

De indsatte egenskaber er: I = insektresistens (kan modstå insektangreb), H = herbicidtolerance (kan modstå virkning af bestemte sprøjtemidler), MS = ændret sammensætning af stivelse.

Afgrøde	Navn	Egenskaber
Majs	Bt11	I + H
Majs	1507	I + H
Majs	1507xNK603	I + H
Majs	NK603	H
Majs	59122	I + H
Majs	NK603xMON810	I + H
Majs	1507x59122	I + H
Majs	59122x1507xNK603	I + H
Majs	T25	H
Majs	MON810	I
Majs	MON88017	I + H
Majs	GA21	H
Majs	MON89034xMON88017	I + H
Majs	MON89034xNK603	I + H
Kartoffel	EH92-527-1	MS
Kartoffel	AV43-6-GT	MS
Soja	40-3-2	H
Sukkerroe	H7-1	H

Af de 18 ansøgninger, som er anført i tabellen, behandles de 15 under forordningen om GM fødevarer og foder (forordning 1829/2003), mens de resterende (Bt11 og 1507 majs, samt kartoffel EH92-527-1) behandles i henhold til udsætningsdirektivet. For de fleste ansøgninger under forordningen er der samtidig ansøgt om godkendelse til fødevarer og foderbrug samt til andre industrielle formål.

1.3. Egnede GM-afgrøder på vej til Danmark

Danmark har siden 2005 har haft regler om dyrkning af genetisk modificerede afgrøder. Reglerne sikrer, at genetisk modificerede afgrøder kan dyrkes, så GMO-indholdet i konventionelle og økologiske naboafgrøder holder sig under tærskelværdien for mærkning. Yderligere skal landmænd på kursus i dyrkning og håndtering af GM-afgrøder, før de må dyrke dem. Indtil nu har omkring 380 personer gennemført kurser om dyrkning eller håndtering af GM-afgrøder i Danmark. På trods af, at reglerne er på plads, og de danske landmænd er klar til at dyrke GM-afgrøder, er det endnu ikke sket.

Det er formentlig kun tidspunktet for udvikling af en genetisk modificeret plante, der er velegnet til danske forhold, som - sammen med markedsmæssige faktorer - afgør, hvornår dyrkningen af genetisk modificerede afgrøder begynder i Danmark.

Den basale forudsætning for, at en genetisk modificeret afgrøde kan dyrkes i Danmark, er, at den er godkendt til dyrkning i EU. Det er ikke aktuelt at dyrke den eneste genetisk modificerede afgrøde, som hidtil er blevet godkendt til dyrkning i EU, fordi de skadedyr, den er modstandsdygtig over for, ikke er udbredte i Danmark.

Derfor er der indtil nu kun dyrket genetisk modificerede afgrøder i Danmark som forsøg. Op gennem 1990'erne blev GM-sukkerroe, GM-foderroe, GM-kartofler og GM-raps forsøgsdyrket i Danmark. I øjeblikket (2009) er to majstyper, som kaldes NK603 og GA21, under afprøvning. Både NK603- og GA21-majsen kan tåle sprøjtning med Roundup og vil formentlig begge være egnede til dyrkning i Danmark.

Stivelseskartofflen med navnet 'Amflora', har ligget klar til godkendelse til dyrkning siden juli 2007. Kartofflen producerer en modificeret form for stivelse, som kan bruges i industrien. Usikkerhed om vurderingen af et gen, der medfører

modstandsdygtighed over for antibiotika, og som er blevet anvendt som selektionsmarkør i processen med at udvikle kartoflen, har imidlertid forsinket godkendelsen. Kartofflen er udviklet i Sverige og vil formodentlig egne sig til dyrkning i Danmark.

En ansøgning om tilladelse til dyrkning af GM-sukkerroen 'H7-1' er for nylig blevet indsendt til EU. Sukkerroen kan tåle at blive sprøjtet med Roundup. Hvis roen bliver godkendt, vil den også være relevant at dyrke i Danmark. Det er på nuværende tidspunkt uvist, hvornår den bliver godkendt.

1.4. GMO'er bliver brugt til mange formål

1.4.1. Fødevarer

Genmodificerede udgaver af soja, majs, bomuld (til bomuldsfrøolie), raps og papaya bruges på verdensplan som fødevarer på lige fod med ikke-genmodificerede varianter. Der er også udviklet genmodificerede varianter af squash, melon, solsikker, linser, tomater, blomme, kartofler og hvede(1), som dog indtil videre kun anvendes i mindre omfang. Det må formodes, at udviklingen i verden går i retning af flere genetisk modificerede fødevarer.

Kun en begrænset del af disse afgrøder er i dag godkendt til fødevarerbrug i EU. De godkendte produkter omfatter varianter af majs, soja, raps, bomuld og sukkerroe. Fødevarer fremstillet af disse GM planter kan sælges i EU, men udbredelsen heraf er dog fortsat begrænset. Genmodificerede fødevarer skal i EU være mærkede, så forbrugeren kan se, at de indeholder eller er fremstillet af GMO.

I Danmark er fødevarer fremstillet af GMO'er indtil videre yderst sjældne på butikshylderne.

I nogle andre EU-lande findes der i højere grad fødevarer fremstillet af GMO'er på hylderne. I en undersøgelse fra 2008 blev der fundet 69 forskellige produkter i fødevarerbutikkerne i forskellige EU-lande. Undersøgelsen omfattede fødevarer i Grækenland, Slovenien, Sverige, Tjekkiet, Estland, Tyskland, Holland, Polen, Spanien og Storbritannien (4). De GM-fødevarer, man fandt, omfattede popcorn, fiskepinde, snacks, mayonnaise og chokoladebarer.

Det er udbredt i mange sammenhænge at bruge genetisk modificerede mikroorganismer til fremstilling af ingredienser til fødevarerindustrien. De genmodificerede mikroorganismer opformeres i lukkede tanksystemer, som sikrer, at mikroorganismen ikke spredes til det omgivende miljø. Ved denne form for produktion er selve mikroorganismen ikke til stede i det færdige produkt. Der er endnu ingen eksempler på, at genmodificerede mikroorganismer indgår i en fødevarer for eksempel ved fremstilling af øl eller brød.

Faktaboks 1.2. GMO bliver allerede brugt til mange formål i dagligdagen

Allerede i dag indgår produkter fremstillet af GM-mikroorganismer i mange husholdninger. F.eks. indgår enzymer fra genmodificerede mikroorganismer i meget vaskepulver, og en del medicin, f.eks. insulin til sukkersygepatienter og medicin til bløderpatienter, bliver fremstillet ved hjælp af genmodificerede mikroorganismer. Fibre fra genmodificeret bomuld indgår også i produktionen af tekstiler og pengesedler.

Meget af den ost, der spises verden over, bliver fremstillet ved hjælp af osteløbe - et enzym - fra en genmodificeret organisme.

1.4.2. Foder

Genetisk modificerede planteprodukter til foder tjener især som vigtig proteinkilde for svin, fjerkræ og kvæg, f.eks. i form af skrå og kage fra olieholdige frø og kerner. Især sojaskrå og sojakage, som udgør omkring to tredjedele af verdens samlede forbrug af proteinmel, har stor betydning.

Den danske import af sojaskrå og sojakage har i de senere år været på omkring 1,6-1,8 mio. tons (*kilde: Danmarks Statistik*). Langt størstedelen kom fra Brasilien og Argentina. Et realistisk skøn er, at ca. 80 % af produkterne nu kom-

mer fra genetisk modificeret soja. Til sammenligning kan nævnes, at det årlige forbrug af foderblandinger i Danmark skønnes at være omkring 9-10 mio. tons.

I 2004-2006 blev der i Danmark desuden anvendt mindre mængder genetisk modificerede majsprodukter til foder, især majsbærme og majs glutenfoder fra USA (under 100.000 tons årligt). Importen af majs foder fra USA er dog siden faldet kraftigt, blandt andet på grund af risikoen for indhold af genmodificeret materiale, der ikke er godkendt i EU.

Efter at Brasilien, som tidligere var den vigtigste leverandør af traditionel ikke-genmodificeret soja, i stort omfang er gået over til dyrkning af genetisk modificeret soja, bliver ikke-genmodificerede sojaprodukter sværere at skaffe, hvilket kan føre til højere priser (5).

Faktaboks 1.3. Foder og biobrændstoffer

I takt med større fokus på biobrændstoffer vil der være behov for endnu større landbrugsproduktion end i dag. Det kan betyde, at genmodificerede afgrøder bliver endnu mere udbredt.

Restprodukter fra fremstilling af biobrændstoffer kan være udmærkede foderstoffer.

Visse aminosyrer, vitaminer og enzymer, der blandes i foder for at forbedre sammensætningen af næringsstoffer eller fordøjeligheden, er fremstillet ved hjælp af genetisk modificerede mikroorganismer. Blandt de EU-godkendte foderenzymer, der stammer fra genetisk modificerede mikroorganismer, er blandt andet xylanase, som er et enzym, der forbedrer den ernæringsmæssige udnyttelse af foderkorn, og fytaser, som bruges til at forbedre den ernæringsmæssige udnyttelse af fosfor i korn og frø.

I nogle tilfælde kan biomassen, der opstår som biprodukt fra gæring med genetisk modificerede mikroorganismer, bruges til foder. I EU er det tilladt at anvende to sådanne biomasseprodukter til fodring, nemlig biproduktet fra fremstillingen af aminosyren lysin ved hjælp af en genetisk modificeret bakterie og et gærprodukt, der stammer fra fremstillingen af insulin. Produkterne bliver brugt af landmænd lokalt i områderne nær produktionsfabrikkerne.

Referencer

1. Agbios: <http://www.agbios.com/dbase.php> (2009)
2. GMO-Compass: <http://www.gmo-compass.org/eng/home/> (2009)
3. ISAAA: <http://www.isaaa.org/> (2009)
4. Kings College London: <http://www.kcl.ac.uk/consumerchoice> (2008)
5. LEI Wageningen UR, Haag, "EU policy on GMOs. A quick scan of the economic consequences", oktober 2008

2. Regulering, kontrol og politik

Af Fødevareministeriet

De regelsæt, der regulerer GMO-området, er omfattende og komplekse. Genmodificerede produkter skal gennem en godkendelsesproces, der omfatter sundhedsmæssige og miljømæssige risikovurderinger, før de må bruges, uanset om de skal dyrkes i EU, eller om anvendelsen omfatter brug af importerede produkter til fødevarer, foder eller industrielle formål. I dette kapitel findes en overordnet beskrivelse af den lovgivning, der har indflydelse på brugen og dyrkningen af GMO'er og produkter fremstillet heraf.

Reglerne på området er, lige som den øvrige EU-lovgivning, under stadig udvikling. Derfor beskriver kapitlet også de mest aktuelle diskussioner vedrørende godkendelse og anvendelse af GMO'er og GM-produkter i EU.

2.1 Regler

Dyrkning og brug af genmodificerede planter, dyr og mikroorganismer er reguleret af en række fælles EU-regler. En oversigt over alle relevante lovttekster findes i bilag 3. Sammenhængen mellem reglerne er illustreret i figur 2.1.

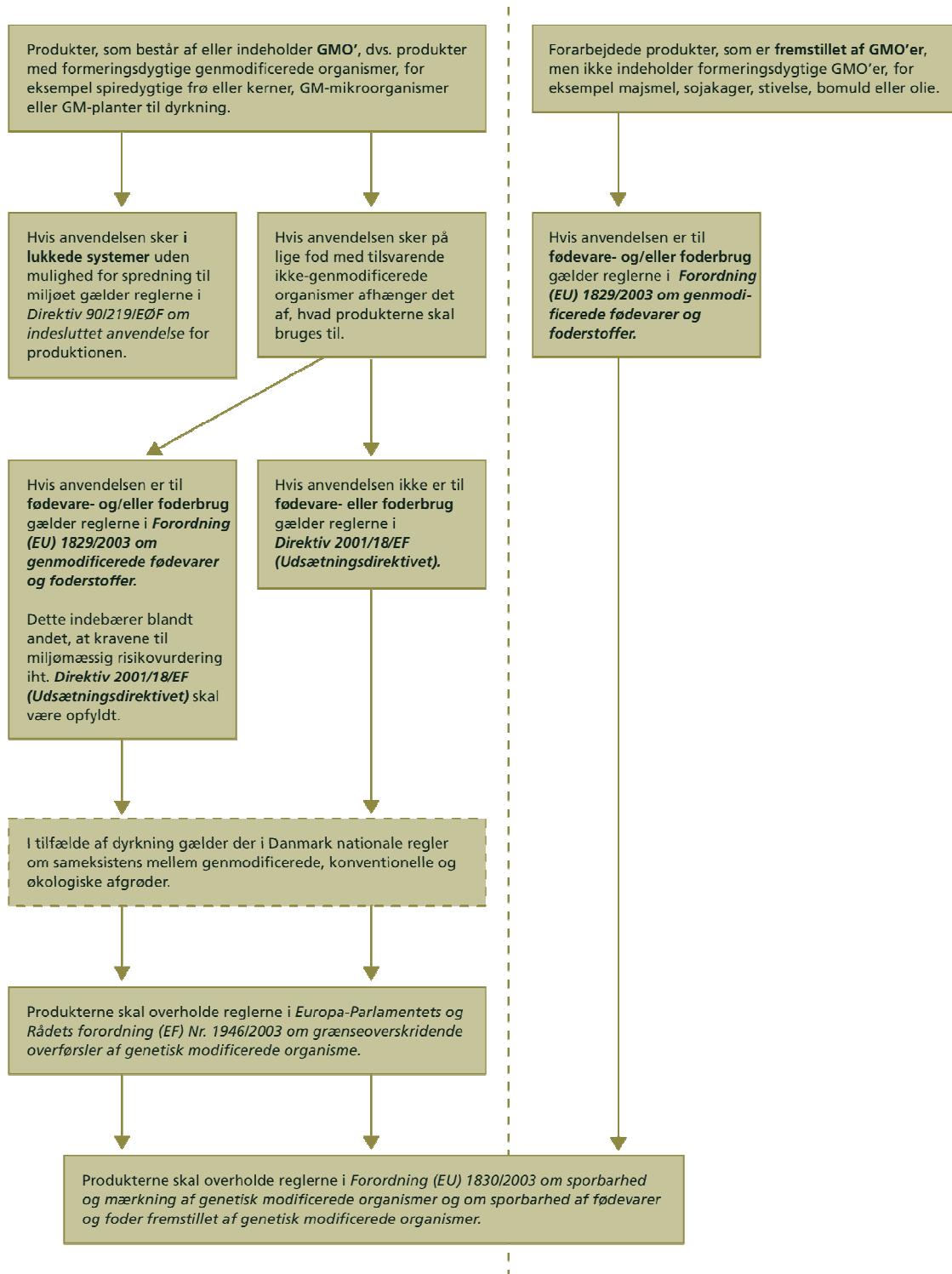
Reglerne fastsætter krav om godkendelse og mærkning af fødevarer og foder der indeholder eller er fremstillet af GMO'er. Hvis GMO'er skal dyrkes i EU, kræver det særlig godkendelse. Der er særlige regler for GM-mikroorganismer i lukkede tanksystemer, hvor der ikke er mulighed for spredning til miljøet.

Når en GMO eller en GM-fødevarer eller -foder bliver godkendt, kan der desuden fastsættes bestemmelser om markedsføringen og håndteringen af produkterne, og der også tages stilling til omfanget af den miljømæssige overvågning efter markedsføring.

Alle EU-regler på GMO-området gælder også i Danmark. På visse områder, for eksempel sameksistens mellem genmodificerede, konventionelle og økologiske afgrøder, hvor der ikke findes fælles EU-regler, er bestemmelserne fastsat på nationalt niveau.

Figur 2.1. Oversigt over EU-regler på GMO-området

Produkter, som består af eller indeholder GMO', dvs. produkter med formeringsdygtige genmodificerede organismer, for eksempel spiredygtige frø eller kerner, GM-mikroorganismer



2.1.1. Godkendelse af GMO'er og produkter fremstillet af GMO'er

Enhver form for markedsføring eller dyrkning af en GMO kræver en godkendelse i EU. Godkendelse sker på baggrund af en omfattende risikovurdering af GMO'en. På baggrund af risikovurderingen fremlægger Kommissionen et forslag, som EU's medlemsstater stemmer om. Hvis der ikke opnås enighed blandt medlemslandene – hverken for eller imod en godkendelse -, er det op til Kommissionen at beslutte om forslaget skal vedtages. Denne situation har indtil videre været den almindeligste.

Konkret sker godkendelse med udgangspunkt i to forskellige regelsæt:

- Forordningen om genmodificerede fødevarer og foder, der stiller krav om godkendelse af fødevarer og foder der indeholder eller består af GMO'er, herunder dyrkning, hvis det er relevant.
- Udsætningsdirektivet, der stiller krav om godkendelse af formeringsdygtige, genmodificerede organismer ved dyrkning på friland.

Langt de fleste godkendelser sker efter forordningen om genmodificerede fødevarer og foder. Godkendelsen kan også omfatte anden anvendelse end fødevarer og foder, herunder dyrkning, hvis der er tale om en plante. Godkendelse af produkter, som hovedsagelig er til industrielt brug, godkendes også nogen gange efter fødevarer- og foderforordningen. Det kan skyldes, at dele af produktet kan bruges til foder, eller at virksomheden ønsker at sikre sig, at spor af planten lovligt kan findes i fødevarer eller foder, selv om det ikke er hensigten. Hvis en GMO ikke er godkendt til fødevarer eller foder, må der nemlig ikke forekomme spor af organismen overhovedet i fødevarer og foder, der bruges i EU.

I forordningen om genmodificerede fødevarer og foder er der mulighed for, at godkendelsen kan omfatte hele kæden fra dyrkning til anvendelse. De fleste af de godkendelser, der er givet indtil nu, er dog ikke til dyrkning. Det er fordi det drejer sig om produkter, der dyrkes udenfor EU. Det har derfor i de fleste tilfælde ikke været relevant at søge om tilladelse til dyrkning.

Det er en forudsætning for godkendelse til fødevarer- og foderbrug, at produkterne ikke:

- har negative virkninger for menneskers eller dyrs sundhed eller for miljøet,
- vildleder forbrugere/brugeren, eller
- er ernæringsmæssigt ufordelagtige for mennesker eller dyr sammenlignet med de fødevarer eller foderstoffer, som de skal erstatte.

For foders vedkommende er det desuden et krav, at det ikke må skade eller vildlede forbrugeren ved at ændre de særlige kendetegn for animalske produkter. Der har ikke været eksempler på dette, men man kunne forestille sig, at det kunne handle om at farve produkterne eller tilføje dem et indhold af uønskede stoffer.

En ansøgning om godkendelse af genmodificerede fødevarer eller foderstoffer er ganske omfattende. Ansøgningen skal indeholde:

1. Ansøgerens navn og adresse.
2. Betegnelsen for produktet og dets specifikationer, herunder den eller de anvendte transformationsbegivenheder, herunder en grundig beskrivelse af de ændringer, der er foretaget ved den genetiske transformation.
3. Oplysninger, der skal til for at overholde Cartagena-protokollen (se afsnit 2.3.2.). Disse oplysninger er kun relevante for levende GMO'er.
4. En detaljeret beskrivelse af produktions- og fremstillingsmetoden i det omfang, det er relevant.
5. En kopi af de undersøgelser, virksomheden har lavet for at sikre, at fødevarer eller foderet lever op til de forudsætninger, der er nævnt ovenfor. Dokumentationen kan også omfatte andet tilgængeligt, relevant materiale, for eksempel videnskabelige artikler i anerkendte tidsskrifter.
6. En analyse af dette materiale, som enten kan konkludere, at produktet ikke adskiller sig fra det konventionelle modstykke, eller – hvis det konkluderes, at der er forskel – et forslag til mærkning, der oplyser om forskellen.

7. En begrundet udtalelse om, at produktet ikke giver anledning til etiske eller religiøse betænkeligheder, eller – hvis det gør – forslag til en mærkning, der oplyser om det. Der har endnu ikke været eksempler på dette.
8. Betingelser for markedsføring eller krav til håndtering, hvis det er relevant. En metode til at påvise forekomsten af det genmodificerede produkt, når det er relevant (Se afsnit 2.2.).
9. Prøver af produkter, der kan bruges som referencemateriale ved analyser.
10. Et forslag til en overvågningsplan af produktet, når det er blevet markedsført, hvis det er relevant.
11. Hvis produktet indeholder eller består af levende GMO'er, skal ansøgningen indeholde de samme oplysninger, som kræves i henhold til udsætningsdirektivet for GMO'er, der ikke skal bruges til fødevarer og foder. Risikovurderingen på basis af disse oplysninger skal også foretages efter de principper for risikovurdering, som er beskrevet i udsætningsdirektivet. Hvis produktet indeholder levende GMO'er, skal der også være en overvågningsplan for de miljømæssige konsekvenser. Overvågningskravene omfatter som regel årlige indrapporteringer om overvågningsresultaterne til Kommissionen.

Genmodificerede planter, der ikke skal bruges til foder eller fødevarer, godkendes efter udsætningsdirektivet. Det kan for eksempel være genmodificerede nelliker.

Vurderingen af de sundheds- og ernæringsmæssige risici for genmodificerede fødevarer og foder foretages af EFSA, som er den fælles europæiske fødevarer sikkerhedsautoritet. Hvis risikovurderingerne er positive, og der ikke er noget der tyder på, at produkterne har negative effekter på menneskers og dyrs sundhed eller på miljøet, og de øvrige betingelser også er opfyldt, fremsætter EU-kommissionen et forslag om godkendelse. Det er derefter op til EU's medlemsstater at stemme for eller i mod Kommissionens forslag. Som en del af EFSA's vurdering sender EFSA analysemetoden til EF-referencelaboratoriet, der vurderer, om den er egnet til kontrol.

Faktaboks 2.1. EFSA - Den Europæiske Fødevarer sikkerhedsautoritet

EFSA er forkortelsen for den **E**uropæiske **F**ødevarer **s**ikkerheds**a**utoritet. EFSA blev oprettet efter BSE-skandalen i England. EU vedtog derfor "den europæiske fødevarerlov", som gennemførte princippet om, at den videnskabelige *risikovurdering* skal gennemføres uafhængigt af den *risikohåndtering*, myndighederne efterfølgende skal lave for at beslutte, hvordan man vil handle ud fra de videnskabelige vurderinger.

EFSA er det videnskabelige forum, der laver risikovurderinger i EU i forbindelse med fødevarer og foder. EFSA vurderer for eksempel ansøgninger om godkendelse af genmodificerede fødevarer og foderstoffer og risikoen ved fund af genmodificerede fødevarer og foder, der ikke er godkendt.

Hvis ansøgningen omfatter en GMO, der skal anvendes som frø eller planteforneringsmateriale, skal organismen godkendes til dyrkning i EU. I det tilfælde beder EFSA miljømyndighederne i en af medlemsstaterne om at udføre miljørisikovurderingen.

I dag sker der oftest det, at medlemsstaterne ikke vedtager Kommissionens forslag i en embedsmandskomité, hvorefter det bliver sat til afstemning i Rådet - med samme resultat. Det er herefter op til Kommissionen at beslutte, om forslaget skal vedtages ved en kommissionsbeslutning. Det er en af grundene til, at godkendelse af genmodificerede fødevarer og foder tager så lang tid, se også afsnit 2.4.1. om sagsbehandlingstiden i EU. Se bilag 4 for en oversigt over godkendelsesproceduren under forordningen om genmodificerede fødevarer og foderstoffer.

Hvis en GMO skal godkendes efter udsætningsdirektivet sendes ansøgningen til en medlemsstat, som udarbejder en risikovurdering og derefter sender en vurderingsrapport til Kommissionen. Kommissionen sender herefter ansøgningen til de øvrige medlemsstater, som har mulighed for at fremsætte indvendinger. Hvis indvendingerne ikke afklares mellem Kommissionen og medlemsstaterne, beder Kommissionen EFSA om at lave en vurdering. Herefter er proceduren den samme som under forordningen om genmodificerede fødevarer og foder. Se bilag 5 for en oversigt over godkendelsesproceduren under udsætningsdirektivet.

En godkendelse af en GMO gælder i 10 år, hvorefter den skal godkendes på ny.

De danske myndigheders rolle i risikovurderingerne

Når en GM-plante skal godkendes under forordningen om genmodificerede fødevarer og foder, har de nationale myndigheder og eksperter mulighed for at komme med kommentarer til ansøgningerne. I Danmark er det Fødevareministeriet, der behandler ansøgninger om godkendelse af GMO-fødevarer og -foder, mens Miljøstyrelsen behandler ansøgninger om dyrkning eller udsætning på anden måde.

I praksis beder Fødevestyrelsen Fødevareinstituttet under Danmarks Tekniske Universitet om en risikovurdering af effekterne på menneskers og dyrs sundhed. Plantedirektoratet vurderer samtidig de mulige effekter på landbruget, mens Miljøstyrelsen beder Danmarks Miljøundersøgelser ved Århus Universitet om at vurdere de miljømæssige effekter.

En nærmere beskrivelse af den sundhedsmæssige, den miljømæssige og den landbrugsmæssige vurdering kan findes i bilag 6, 7 og 8.

De nationale myndigheder har i tre måneder efter at en ansøgning er erklæret komplet af EFSA mulighed for at komme med bemærkninger til ansøgningen og risikovurderingen heraf. Disse bemærkninger sendes til EFSA, som tager højde for dem i forbindelse med sin risikovurdering.

Efter at EFSA har offentliggjort sin risikovurdering gennemføres en høring, hvor offentligheden i 30 dage har mulighed for at indsende kommentarer. Høringer vedr. godkendelse af GM fødevarer og foder kan findes på følgende hjemmeside: http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/gmo_authorisation_en.htm

Proceduren for behandling af ansøgninger under forordningen om genmodificerede fødevarer og foder fremgår af bilag 4.

For godkendelser som udelukkende behandles under udsætningsdirektivet er proceduren lidt anderledes. Her er det i stedet for EFSA en national risikovurderingsmyndighed i et medlemsland, der udarbejder en risikovurdering. Proceduren fremgår af bilag 4.

Ud over de nævnte risikovurderingseksperter hører Fødevestyrelsen, Plantedirektoratet og Miljøstyrelsen også en række interesseorganisationer samt offentligheden om eventuelle bemærkninger til ansøgningen.

Den danske holdning til en godkendelse fastlægges til sidst af Folketinget ud fra en samlet vurdering af de indkomne bidrag.

2.1.2. Mærkning og sporbarhed

Ifølge forordningen om GM-fødevarer og foder skal alle fødevarer og foderstoffer, der indeholder eller er fremstillet af GMO'er, mærkes. Produkterne skal mærkes med ordene "genetisk modificeret [organismens navn]" eller "fremstillet af genetisk modificeret [organismens navn]", alt efter om produktet indeholder GMO'er eller er fremstillet af GMO'er.

Hvis der er mindre end 0,9 % af genetisk modificeret materiale i et produkt, og forekomsten er teknisk uundgåelig eller ikke er tilsigtet, kan producenten lade være med at mærke produktet. Hvis organismen eller produktet ikke er godkendt til foder- eller fødevarerbrug, må materialet slet ikke forekomme, uanset hvor lille mængden af ikke-godkendt materiale er. Der kan også i forbindelse med godkendelsen stilles yderligere specielle krav til mærkning, for eksempel i tilfælde af, at produkterne har særlige karakteristika, der adskiller dem fra tilsvarende ikke-genmodificerede produkter.

Desuden findes der en EU-forordning, der fastlægger krav om sporbarhed og mærkning af genetisk modificerede organismer i almindelighed, dog bortset fra lægemidler. Alle led i handelskæden skal oplyse det næste led om, at et produkt indeholder eller består af GMO'er, sammen med oplysning om, hvilken GMO der er tale om.

For fødevarer og foder gælder, at forordningen om sporbarhed og mærkning - ud over de generelle krav til sporbarhed af fødevarer og foder - stiller krav om, at oplysningerne skal opbevares i 5 år, og at de levende GMO'er skal følges af en unik kode. Desuden gælder det, at hvis et GM-produkt skal sælges til forbrugeren uden indpakning, skal mærkningen stå på f.eks. et skilt, der hvor produktet sælges.

Faktaboks 2.2. GMO-Lovgivning i Canada – en anden måde at se på tingene

I Canada er det egenskaben ved planten (produktet) og ikke produktionsmetoden, der er afgørende for om den skal risikovurderes. Der bruger man termen 'Plants with Novel Traits', såkaldte PNT'er. En PNT er en plante, som indeholder en egenskab, som ikke er til stede i de allerede eksisterende planter af den samme art eller som udtrykker egenskaben på et niveau, som ligger væsentligt uden for det normale niveau for egenskaben i de allerede eksisterende planter.

PNT'er omfatter ud over GMO'er også planter fremkommet ved f.eks. mutationsforædling, hvor den genetiske ændring er fremkaldt ved radioaktiv bestråling eller kemisk behandling. Så i modsætning til i EU skal sådanne planter også gennem en risikovurdering, før de må markedsføres i Canada.

Et eksempel, hvor denne forskel kommer til udtryk, er herbicidtolerante planter: I EU skal en herbicidtolerant plante udviklet med genetisk modifikation risikovurderes. Er en herbicidtolerant plante derimod udviklet ved mutationsforædling, skal den ikke risikovurderes i EU – det skal den i Canada.

Den canadiske tilgang sikrer, at planter, hvor dyrkningen måtte medføre ensartede konsekvenser for miljøet, risikovurderes på samme måde, uanset den metode de er blevet udviklet med.

2.1.3. Dyrkning af GM-afgrøder - sameksistensregler

Når en GM-afgrøde er godkendt til dyrkning, skal der tages stilling til en særskilt problemstilling, som ikke har noget at gøre med risici for miljøet eller for menneskers eller dyrs sundhed. Det skal nemlig sikres, at gener fra GM-afgrøder ikke spreder sig unødigt til nabomarker, for eksempel via pollen, så nabolandmændene risikerer at få nedsat afregning for deres høst. GMO'er er for eksempel ikke tilladt i økologisk produktion, og det skal derfor sikres, at gener fra GM-afgrøder ikke bliver spredt til økologiske afgrøder. Derfor er der særlige regler for dyrkning af GM-afgrøder, de såkaldte sameksistensregler.

I modsætning til stort set hele den øvrige GMO-lovgivning, er regulering af sameksistens mellem GM-afgrøder, konventionelle afgrøder og økologiske afgrøder i EU et anliggende for det enkelte land. Det skyldes blandt andet at landbrugsstrukturen varierer meget mellem EU's medlemsstater. For eksempel kan de typiske markstørrelser være meget forskellige, medlemsstaterne imellem, og det kan den nationale lovgivning bedre kan tage højde for. EU-Kommissionen har dog lavet retningslinjer for udarbejdelse af sameksistensregler i de enkelte medlemsstater.

Danmark var den første medlemsstat i EU, som vedtog lovgivning om sameksistens. Siden er de fleste andre medlemsstater fulgt efter.

Den danske sameksistenslovgivning tager udelukkende højde for de eventuelle økonomiske risici hos nabolandmænd til marker med GM-afgrøder. Derfor er der for eksempel ikke fastsat dyrkningsafstande til særligt udsatte områder. Derimod kan der fastsættes særlige regler for dyrkning af afgrøder, der har vilde slægtninge i Danmark.

For eksempel kan der fastsættes krav om minimumsafstande til områder, hvor de vilde slægtninge vokser. Denne regel er dog udelukkende fastsat for, at de vilde planter ikke kommer til at virke som kilde til spredning af pollen ind i marker med konventionelle eller økologiske afgrøder i de efterfølgende år. Der er altså ikke tale om et beskyttelseshensyn over for de vilde planter.

Hensynet til de vilde planter tages i forbindelse med miljørisikovurderingen, hvor det i forbindelse med en godkendelse er muligt at fastsætte særlige krav i tilfælde af, at der kan være risici for spredning til vilde slægtninge i udsatte områder.

2.2. Myndighedernes kontrol

Myndighederne skal sikre, at reglerne om brug, dyrkning og markedsføring af GMO'er og genmodificerede produkter bliver overholdt. Det indebærer både kontrol af, om det materiale, der sælges, stammer fra godkendte GMO'er, om forbrugerne får den oplysning, de har krav på, og om de landmænd, der dyrker GMO'er, overholder de specielle regler, der skal sikre, at GMO'erne ikke bliver spredt til andre afgrøder.

2.2.1. Fødevarestyrelsen og Plantedirektoratet kontrollerer for ulovligt genetisk materiale i fødevarer og foder

Fødevarer og foder må ikke markedsføres i EU, hvis de indeholder eller er fremstillet af genmodificerede organismer, der ikke er godkendte. Det betyder, at fund af selv små mængder af ikke-godkendt genetisk modificeret materiale i et produkt medfører, at varen ikke må sælges eller bruges i EU. Det er Fødevarestyrelsen og Plantedirektoratet, der fører kontrol med henholdsvis fødevarer og foder.

I EU er der i flere tilfælde fundet ikke-godkendt genetisk modificeret materiale i fødevarer og foder. De hidtidige tilfælde er vist i tabel 2.1.

Tabel 2.1. Fund af ikke-godkendt genetisk modificeret materiale i fødevarer og foder.

Produkt	Årstal	Oprindelse
Papaya	2005	USA
Majs <i>Bt10</i>	2005	USA
Majs DAS59122	2007	USA
Majs MIR604	Flere tilfælde	USA
Ris LLRICE601	2006	USA
Ris <i>Bt63</i>	2006	Kina
Ris LLRICE62	2006	USA
Majs MON 88017	2008	USA

I alle tilfælde har et omfattende samarbejde mellem virksomheder, NGO'er og myndigheder dog forhindret, at de ikke-godkendte produkter blev udbredt.

Ris og risprodukter fra Kina og USA er underlagt særlige begrænsninger ved import til EU. Baggrunden for indførelse af de særlige importrestriktioner er, at der gentagne gange var konstateret indhold af ikke-EU-godkendt genmodificeret ris af typen *Bt63* i produkter fra Kina og LL601 i produkter fra USA. Da de genmodificerede ristyper ikke er godkendte i EU, er der ikke foretaget en sikkerhedsmæssig vurdering heraf i EU. Begrænsningerne er fastsat i to kommissionsbeslutninger. De produkter, der er underlagt særlige begrænsninger, må ikke importeres til EU fra lande uden for EU, med mindre de følges af en analyseattest, der viser, at de er fri for henholdsvis *Bt63* og LL601. Alternativt kan importøren sørge for, at partiet analyseres i EU, inden det markedsføres.

2.2.2. Fødevarestyrelsen og Plantedirektoratet kontrollerer mærkningen af fødevarer og foder

I Danmark fører Fødevarestyrelsen kontrol med GMO-reglernes overholdelse for fødevarer, som er på markedet i Danmark. Den tilsvarende kontrol af foder varetages af Plantedirektoratet.

I praksis udføres kontrollen enten ved dokumentkontrol eller ved at tage prøver, som bliver analyseret på et laboratorium, og ved at gennemgå papirer for at sikre, at al dokumentation er i orden.

Det er en forudsætning for godkendelse af genetisk modificerede fødevarer og foder, at der findes en metode, der kan påvise, at produktet er genetisk modificeret.

Nogle produkter, for eksempel planteolier, som hverken indeholder proteiner eller DNA-materiale, kan imidlertid ikke kontrolleres analytisk. I de tilfælde må kontrollen bestå af dokumentkontrol, hvor myndighederne kontrollerer, om der er dokumentation for, at produktet ikke er fremstillet af en GMO.

Til kontrol af mærkningen af foder er hvert år siden 2004 udtaget af størrelsesordenen 100 foderstoffer til analyse for indhold af godkendt GM materiale. Kontrollen har primært været rettet mod foderstoffer med en høj risiko for eller mistanke om manglende GM-mærkning, f.eks. mod. foderblandinger med et ikke-mærket indhold af sojaskrå m.m. fra Sydamerika eller majsfoder fra USA. Også foderstoffer med indhold af raps er udtaget til mærkningskontrol. Risikoen for manglende mærkning har her været mindre, idet de fleste rapsprodukter i dansk foder har oprindelse i EU, hvor der ikke dyrkes GM raps. Antallet af konstaterede mærkningsfejl blandt de udtagne foderprøver i en sådan målrettet og afgrænset kontrol vil derfor være højt, og kan ikke kunne bruges som mål for GM-mærkningen af foderstoffer på det

danske marked generelt. Umiddelbart efter at kravet om mærkning af foder blev indført i 2004, fandt Plantedirektoratet flere foderstoffer med manglende GM-mærkning (38 foderstoffer med indhold af soja, som manglede GM-mærkning). I årene 2005-2007 blev fundet mellem 13 og 7 fejlmærkede foderstoffer. Igen drejede det sig hovedsagelig om manglende mærkning af sojaingredienser. Antallet af mærkningsfejl for 2008 er ikke gjort endeligt op endnu. Generelt er Plantedirektoratet af den opfattelse, at langt de fleste foderstoffer på det danske marked er korrekt mærket for GM-indhold.

De kontrolkampagner, Fødevarestyrelsen har gennemført siden 2004, har ikke vist overtrædelser af reglerne. Kontrollen har på fødevarerområdet omfattet kontrol af mærkningsreglernes overholdelse. En kortlægnings- og kontrolundersøgelse i 2000 af majs og soja-produkter viste, at reglerne var overtrådt for nogle produkters vedkommende. I de efterfølgende undersøgelser af sojaprodukter i henholdsvis 2001 og 2004 blev der ikke fundet overtrædelser af GMO-mærkningsreglerne. Ved en kontrolundersøgelse af indhold af *Bt11*-majs i majs- og majsprodukter, som gennemførtes i 2005, blev der ikke fundet indhold af *Bt11*. I 2006 gennemførtes kontrol af majs for indhold af GMO, samt undersøgelse af ris for indhold af ikke EU-godkendt LL601-ris. Der blev ikke konstateret overtrædelser af GMO-reglerne. I 2007 og 2008 gennemførtes kontrol af majs og soja råvarer for indhold af GMO. Der blev ikke fundet overtrædelser af reglerne.

I forbindelse med en vildlednings- og kontrolkampagne, der gennemførtes i efteråret 2004 indgik kontrol af GMO-mærkningen (særligt brugen af anprisningen "GMO-fri" eller lignende) som ét af de områder, der var særligt fokus på. Resultaterne af vildledningskampagnen er offentliggjort i en rapport, som kan findes på følgende link: <http://www.foedevarestyrelsen.dk/Maerkning/Vildledning/forside.htm>

2.2.3. Miljøstyrelsen kontrollerer forsøgsudsætninger

I Danmark kontrollerer Miljøstyrelsen, at betingelserne for tilladelser til forsøgsudsætning af GM-planter bliver overholdt. Miljøstyrelsens tilsyn vil typisk være tilsyn med markerne (i de tilfælde, hvor GMO'en er en plante) og deres omgivelser i den periode, hvor de genetisk modificerede planter sås, er i vækst og bliver høstet. Desuden vil der i disse tilfælde blive ført tilsyn med markerne efter selve forsøgsudsætningen er afsluttet, indtil det er sikkert, at evt. overlevende frø af GM-planter ikke spirer på forsøgsarealet.

2.2.4. Plantedirektoratet kontrollerer dyrkning af GM-afgrøder

Danske landmænd har endnu ikke dyrket genmodificerede afgrøder. Hvis der kommer kommerciel dyrkning af genmodificerede afgrøder i Danmark vil Plantedirektoratet have ansvar for at kontrollere, om de danske regler for sameksistens mellem GM-afgrøder, konventionelle afgrøder og økologiske afgrøder bliver overholdt.

Det skal blandt andet kontrolleres, om de dyrkede arealer med GM-afgrøder er blevet indberettet korrekt, om naboer er blevet informeret om dyrkningen, og om afstande til særlige afgrøder og krav om rengøring af maskiner og lagre bliver overholdt.

Rammerne for kontrollen er fastlagt, selvom de - bortset fra et enkelt tilfælde - ikke har været i brug. Den pågældende kontrol omfattede en forsøgsmark med GM-majs, som er godkendt til dyrkning i EU.

2.3. Lovgivning og holdninger i andre dele af verden

2.3.1. Lovgivning og holdninger

Regler for dyrkning og anvendelse af GMO i andre lande er beskrevet i bilag 9. Her fremgår indberetninger fra ambassaderne om politisk og lovgivningsmæssig status og tendenser på GMO-området i 23 lande.

Lovgivningen afspejler de politiske strømninger i de enkelte lande. Forskellene verden over er store, fra USA, der har meget liberale regler på GMO-området, til Italien, der i princippet er underlagt de fælles EU-regler, men hvor folkestemningen generelt er mod GMO, og den politiske praksis derfor også afspejler dette.

Krav til mærkning

Set i et globalt perspektiv er der stor variation i kravene til mærkning af fødevarer og foder med anvendelse af genteknologi. Tærskelværdien for mærkning af fødevarer og foder med indhold af genmodificerede produkter varierer mellem 0,9 og 5 %, bortset fra Kina, som ikke har fastsat nogen tærskelværdi, hvorfor den i praksis er 0. Eksempler på variationen i mærkningskrav er vist i tabel 2.2. Der er også forskel på, om mærkningen er obligatorisk eller frivillig.

Tabel 2.2. Mærkningskrav.

Oversigt over lande og områder med obligatoriske hhv. frivillige mærkningsordninger samt tærskelværdierne for mærkning. Endvidere er angivet, om mærkningen. "Proces" betyder, at mærkning skal ske uanset, om der kan spores GM-materiale i produktet, ved "produkt" skal der kun ske mærkning, hvis der er GM-materiale til stede. Baseret på: Gruère, G.P, & Rao, S.R. (2007). A review of international labeling policies of genetically modified food to evaluate India's proposed rule. *AgBioForum*, 10(1), 51-64 (<http://www.agbioforum.org>).

Land	Mærkningstype	Proces- el. produkt-baseret mærkning	Tærskelværdi
EU	Obligatorisk	Proces	0,9 %
Brasilien	Obligatorisk	Proces	1 %
Kina	Obligatorisk	Proces	0 %
Australien/New Zealand	Obligatorisk	Produkt	1 %
Japan	Obligatorisk	Produkt	5 %
Indonesien	Obligatorisk	Produkt	5 %
Rusland	Obligatorisk	Produkt	0,9 %
Saudi Arabien	Obligatorisk	Produkt	1 %
Sydkorea	Obligatorisk	Produkt	3 %
Taiwan	Obligatorisk	Produkt	5 %
Thailand	Obligatorisk	Produkt	5 %
Argentina	Frivillig	Produkt	Ikke specificeret
Sydafrika	Frivillig	Produkt	Ikke specificeret
Filippinerne	Frivillig	Produkt	5 %
Canada	Frivillig	Produkt	5 %
USA	Frivillig	Produkt	Ikke fastsat

Landene i tabel 2.2 kan inddeles i tre grupper: Den første gruppe omfatter EU, Brasilien og Kina. Her skal produkterne mærkes, uanset om der kan findes GM-materiale i slutproduktet eller ej. Det betyder, at det er selve fremstillingsprocessen, der afgør om produkterne skal mærkes. Dette kræver et system, der kan spore produkterne hele vejen fra jord til bord og baserer sig til dels på dokument-kontrol.

I den anden gruppe, som har obligatorisk mærkning, men hvor systemet er produktbaseret, er kontrollen baseret på, om der kan findes GM-baseret protein eller DNA i slutproduktet ved en analyse.

I den sidste gruppe af lande er det frivilligt, om man vil mærke for GM-indhold.

Der er også forskelle med hensyn til, hvor stor en del af indholdet i sammensatte produkter, der skal mærkes. I visse lande – som f.eks. EU – skal alle ingredienser med et GM-indhold over tærskelværdien mærkes, mens det i andre lande kun er de for eksempel tre eller fem største ingredienser, der skal mærkes.

2.3.2. Internationale aftaler om GMO

Codex Alimentarius er en FN- organisation under FAO/WHO, der fastlægger fælles internationale retningslinjer om fødevarer og om foder. *Codex Alimentarius* arbejder blandt andet med principper for risikovurdering af fødevarer fremstillet ved hjælp af genteknologi og har indtil videre udarbejdet retningslinjer for risikovurdering af fødevarer, der er fremstillet af genmodificerede planter, mikroorganismer eller dyr. Principperne indebærer, at risikovurderingen skal bygge på anerkendt videnskab, men de kan også tage hensyn til såkaldte "andre legitime faktorer". Det er også en del af principperne, at risikovurderingen skal laves, inden en fødevarer bliver markedsført.

Beslutninger i Codex Alimentarius-regi er ikke lovgivning. Det betyder, at de ikke er bindende for medlemslandene, men de kan bruges til at afgøre internationale, handelsmæssige tvister imellem lande og som støtte til at afgøre sager i WTO, f.eks. vedrørende handelshindringer.

Cartagena-protokollen er en FN-aftale, hvis formål er at sikre et passende beskyttelsesniveau i forbindelse med grænseoverskridende overførsel, håndtering og anvendelse af levende genmodificerede organismer (såkaldte LMO'er).

Protokollen er indtil videre anerkendt og implementeret i lovgivningen i 154 stater i verden. USA, Canada og Argentina har dog ikke tiltrådt protokollen.

Den Internationale Plantebeskyttelseskonvention (IPPC) under *FAO* har udarbejdet retningslinjer for vurdering af, om levende genmodificerede organismer udgør en risiko for planter. Et eksempel er retningslinjer for genmodificerede planter, der kan optræde som ukrudt og dermed gøre skade på afgrøder og økosystemer. LMO'erne kan f.eks. også være insekter, svampe eller bakterier.

Retningslinjerne skal tjene til at hjælpe medlemsstaterne under konventionen til at vurdere risikoen for, at LMO'er kan være til skade for planter, f.eks. i forbindelse med import.

2.4. Problemstillinger i forbindelse med reguleringen

EU's primære regler om GMO trådte i kraft i henholdsvis 2001 og 2004. Siden har reglerne været kraftigt diskuteret. Det har blandt andet betydet, at det har været langt sværere at få GMO'er godkendt, end det oprindeligt var hensigten med lovgivningen.

Ifølge forordningen om genmodificerede fødevarer og foder skal det tage under et år at godkende en GMO, hvis ansøgningen er komplet. Imidlertid har det i de hidtidige tilfælde taget mellem 17 og 28 måneder fra ansøgning til godkendelse. Det skyldes dels, at ansøgningerne ikke er komplette, og dels, at den politiske beslutningsproces tager så lang tid. Selvom de seneste GMO-godkendelser (soja MON 89788 (Round Up Ready soja) og raps T45) er behandlet relativt hurtigt i godkendelsessystemet, må det konstateres, at der stadig er politisk debat om GMO'erne, og den debat forsinker indirekte godkendelserne.

Dette afsnit vil kort introducere nogle af de vigtigste danske politiske debatter i forbindelse med EU's GMO-lovgivning, og nævne nogle af temaer, der diskuteres i andre lande.

2.4.1. Den langsomme sagsbehandling i EU

EU's sagsbehandlingstider for godkendelse af GM-fødevarer og -foder medfører ofte, at de lande, der dyrker nye GM-afgrøder, ikke har mulighed for at eksportere dem til EU.

De lange sagsbehandlingstider skyldes dels, at EFSA stiller uddybende spørgsmål til ansøgningerne, dels den politiske behandling af Kommissionens forslag til godkendelse af GM-produkter. For at afhjælpe det første, er Kommissionen i samarbejde med medlemsstaterne i gang med at lave nye retningslinjer for, hvad en ansøgning skal indeholde. Derimod kan det være vanskeligt at gøre noget ved den politiske proces, hvor medlemsstaterne stemmer imod forslagene af politiske grunde eller af hensyn til den offentlige mening.

EU-kommissionen har igangsat et arbejde, som udføres af eksterne konsulentfirmaer, med det formål at evaluere EU's GMO-lovgivning, dels på fødevarer- og foderområdet og dels på miljøområdet.

2.4.2. Nul-tolerance og asynkrone godkendelser af GM-fødevarer og foder

Lovgivningen tillader kun import af GMO'er og GM-materiale, som er godkendt i EU. Derfor må ikke-godkendt GM-materiale ikke forekomme overhovedet. Mange interesseorganisationer har argumenteret for, at denne nul-tolerance ikke afspejler den faktiske risiko ved de små mængder ikke-godkendt materiale, der ofte er tale om, og at nul-tolerancen har negative konsekvenser for handlen med foder mellem EU og 3. lande.

Problemstillingen hænger sammen med, at foder af genetisk modificerede afgrøder som oftest er såkaldt "asynkront godkendt". Det vil sige, at GMO'en er godkendt, herunder til dyrkning, i andre lande, men afgrøden ikke er godkendt i EU.

Det betyder, at eksportører og importører er tilbageholdende med at handle med foder af frygt for, at det er forurenset med ikke godkendt GM-materiale. Problemstillingen har blandt andet medført, at danske virksomheder har mindsket deres import af majs fra USA, og de danske landbrugsorganisationer og foderstofproducenter frygter, at de asynkrone godkendelser kan gøre det vanskeligt eller meget dyrt at få foder fra de vigtigste eksportlande som Argentina og Brasilien. Dette kan få betydning for forbrugerne, der så skal betale mere for kødet i køledisken.

EU-Kommissionen har tilkendegivet, at den vil prøve at finde en løsning på problemet indenfor den nugældende forordning uden at gå på kompromis med sikkerheden. EU-Kommissionen har endnu ikke præsenteret et sådant forslag.

2.4.3. Ingen tærskelværdi for frø

Siden 2000 er der i EU blevet arbejdet med at fastlægge såkaldte tærskelværdier for GM-frø i udsæd, men endnu er reglerne ikke på plads. Så længe sådanne tærskelværdier ikke er blevet fastsat, er tærskelværdien for indhold af GM-frø i udsæd i praksis nul. Indtil tærskelværdierne er fastsat, skal alle partier af frø til udsæd, som indeholder selv meget små mængder GM-materiale, derfor mærkes.

Produktionen af frø ligger forud for foder- og fødevarerfremstillingen i produktionskæden. Derfor skal eventuelle tærskelværdier for mærkning af frø og udsæd være lavere end tærskelværdierne for mærkning af foder og fødevarer på 0,9 %. Tærskelværdierne skal fastsættes, så der tages højde for en række potentielle iblandingskilder undervejs i kæden fra frø til fødevarer eller foder. Det kan f.eks. være under bestøvning, under høst, under transport eller under oplagring.

I fraværet af fælles regler på området har de enkelte EU-medlemsstater indført deres egen praksis for kontrol af frø. Dette skaber imidlertid en besværlig situation for handlen med frø mellem EU's medlemsstater. Der er derfor et stort ønske om, at der snarest bliver fastsat fælles EU-tærskelværdier.

2.4.4. Antibiotikaresistens

I Danmark har der siden vedtagelsen af den fælles GMO-lovgivning været politisk modstand mod markedsføring af GMO'er indeholdende antibiotikaresistensmarkørgener, de såkaldte ARM-gener, da der har været bekymring for, at udbredelse af generne kunne medføre øgede resistensproblemer over for antibiotika.

Danmark har flere gange stemt nej til at godkende GM-produkter, der indeholder disse gener, selvom risikovurderingen fra EFSA har været positiv. I foråret 2008 opfordrede et flertal i Fødevarerudvalget regeringen til at forbyde markedsføring af den genmodificerede majs MON 863, netop fordi den indeholder ARM-genet nptII.

EFSA har flere gange - senest i juni 2009 - vurderet spørgsmålet om brugen af nptII som markørgen i GM-planter. Det er fortsat EFSA's vurdering, at nptII-genet ikke udgør nogen risiko for menneskers sundhed eller for miljøet.

2.4.5. Nationale forbud og GMO-fri zoner

I årene 1997-2000 udstedte Frankrig, Østrig, Luxembourg, Tyskland og Grækenland nationale forbud mod import eller dyrkning af en eller flere af GMO-planter, som indtil da var blevet godkendt i EU. Forbuddene var begrundet i negative effekter på menneskers sundhed, miljøet og landbruget, negative effekter på ikke-målorganismer, tilstedeværelse af et antibiotikaresistensgen, risiko for spredning af indsatte gener til vilde slægtninge m.m.

EU-Kommissionen har hver gang bedt EFSA om at vurdere medlemsstaternes begrundelser for at udstede forbuddene. I ingen af tilfældene har EFSA fundet forbuddene retfærdiggjort med de anførte begrundelser.

Grækenland har i 2009 besluttet at forlænge sit forbud mod import og dyrkning af MON810-majsen på trods af en Kommissionsbeslutning fra 2006, som påbød Grækenland at ophæve sit forbud.

Efter Ungarns indtræden i EU har de også indført nationalt forbud mod dyrkning af MON810-majs.

Kommissionen udarbejdede primo 2009 et forslag om at påbyde Østrig og Ungarn at ophæve deres nationale forbud.

Miljøministerrådet underkendte imidlertid Kommissionen på sit møde i marts 2009. Rådet begrundede sin beslutning vedrørende MON810-majs med, at revurderingen af majs efter proceduren i det nye udsætningsdirektiv endnu ikke var tilendebragt.

Yderligere forbød Frankrig i starten af 2008 dyrkning af majs, efter at den var blevet dyrket i landet de forudgående tre år.

EFSA udtalte i oktober 2008, at de franske begrundelser for at indføre forbuddet ikke gav anledning til at ændre på den oprindelige vurdering af, at MON810-majs ikke udgør nogen risiko for menneskers eller dyrs sundhed eller for miljøet. Frankrig har imidlertid valgt at opretholde sit forbud.

Senest indførte den tyske miljøminister i april 2009 et forbud mod dyrkning af MON810-majs i Tyskland efter at den var blevet dyrket siden 2005. Den tyske biosikkerhedskommission har siden underkendt de tyske begrundelser for at indføre forbuddet.

Problemerne med de nationale forbud har i 2009 givet anledning til forslag fra visse medlemsstater om, at det skal være muligt for enkeltstater i EU at forbyde dyrkning af GM-afgrøder. Det er endnu uvist, om det er realistisk at indføre sådan en mulighed i EU-lovgivningen.

En række europæiske byer og regioner har taget initiativ til etablere netværket "GMO-free regions", som er en række primært franske, østrigske, ungarske og italienske regioner og byer, der har erklæret sig som "GMO-fri zoner". Erklæringerne har dog hovedsageligt politisk betydning, for den nugældende lovgivning giver ikke mulighed for at holde zonerne fri for GMO i praksis. En landmand kan altså helt lovligt dyrke GM-afgrøder i disse områder.

2.4.6. Særligt følsomme områder

På EU-plan har nogle lande ønsket, at der kan tages et større hensyn til følsom natur og beskyttede områder, når en GMO godkendes. For eksempel ønsker nogen, at dyrkning i visse områder kan forbydes.

Den danske sameksistenslovgivning omfatter alene de eventuelle økonomiske risici hos nabolandmænd ved dyrkning af genetisk modificerede afgrøder. Der er derfor ikke i den danske sameksistenslovgivning fastsat dyrkningsafstande til særligt udsatte områder. Loven åbner dog mulighed for, at der for plantearter, der har vilde slægtninge i Danmark, kan fastsættes krav om afstande til naturområder m.v., hvor disse slægtninge forekommer. Denne regel er udelukkende fastsat for, at de vilde planter ikke kommer til at virke som kilde til spredning af pollen ind i marker med konventionelle eller økologiske afgrøder i de efterfølgende år.

2.4.7. GM-afgrøder og bier

Fra såvel danske biavlereforeninger samt fra andre EU lande har der været rejst en problemstilling omkring sikring af en GM-fri honningproduktion.

Bier er nødvendige for både landbrug og biodiversitet i Danmark, fordi deres bestøvning er forudsætningen for tilstrækkelig frøsætning hos både vilde planter og landbrugsafgrøder.

Forudsætningen for biavl – og også biavlernes motivation for at holde bier – er ofte honningproduktion. Dyrkning af genmodificerede afgrøder opfattes som problematisk for biavl og honningproduktionen. Da biernes arbejdsområde er meget stort, er det vanskeligt for biavleren at sikre sig helt mod forekomst af GM-pollen i honningen, hvis der er GM-marker i nærheden.

Som de nugældende regler tolkes i øjeblikket må honning kun indeholde GM-pollen, som er godkendt til fødevarer i EU. Hvis en bi henter nektar i en mark med GM-afgrøder, der ikke er godkendt til fødevarer, vil der forekomme

ikke-fødevarer godkendte GM-pollen i honningen, og honningen må ikke sælges som fødevarer. Danmark har henvendt sig til EU-Kommissionen for at finde en løsning på dette problem

2.4.8. Nyttевærdi og etik

Der er ikke krav om, at en GMO skal være decideret nyttig for at den kan dyrkes eller bruges lovligt. Den skal blot være sikker. Der er heller ikke i lovgivningen hjemmel til at stille yderligere krav til dokumentation for, at en GMO er nyttig, præcis ligesom det heller ikke er et krav i forhold til nogen andre produkter, der markedsføres i Danmark eller Europa. Det er altså op til den enkelte aftager at vurdere, hvad der er til nytte og hvad der ikke er. Som følge af den fortsatte store skepsis over for GMO i EU og de langsommelige godkendelser har der været rejst spørgsmål om, hvorvidt vurderinger og godkendelser af GMO'er fortsat skal baseres på sikkerhed alene, eller om andre aspekter som socioøkonomiske betragtninger eller nytteværdi bør inddrages. Argumentationen er, at jo mere "nyttige" GMO'erne er, jo mere villige vil forbrugere og politikere være til at acceptere en eventuel risiko ved GMO'erne.

Såvel i Danmark som på EU-plan er der politisk opbakning til at undersøge, hvordan GMO'ernes eventuelle nytte kan indgå i godkendelsesprocedurerne. Der er dog tale om en vanskelig problemstilling, da begrebet nytte er svært at definere og måle. En egenskab kan også være til nytte for den ene, men ikke for den anden – for eksempel vil GMO'er næppe blive dyrket, hvis ikke landmanden anså de særlige egenskaber for nyttige, mens forbrugeren ikke nødvendigvis vil anse egenskaben for at have nogen nytte.

Problematikken er yderligere beskrevet i kapitel 7.

Inddragelse af nytteværdi som kriterium for godkendelse af GMO'er er problematisk i forhold til internationale aftaler, hvor for eksempel World Trade Organisation kun tillader, at lande forbyder import af varer og produkter, hvis de udgør en sundhedsrisiko. EU kan altså ikke forbyde import af en GMO blot fordi den ikke er nyttig sammenlignet med andre afgrøder.

EU-Kommissionen forventer i løbet af 2010 at fremlægge en rapport vedrørende spørgsmålet om GMO'ers nytteværdi.

DEL 3

3. GMO som ny teknik i forædlingen af planter

Professor Preben Bach Holm, DJF (afsnit 3.1, 3.2, 3.4) og seniorrådgiver Jan Pedersen, DTU (afsnit 3.3)

3.1. Introduktion

Planteformodling er lige så gammel som landbruget. Man kan forestille sig, at stenalderbonden en gang imellem er stødt på en plante med større frø eller knolde, som måske oven i købet smagte bedre. Nogle af disse plantevarianter er så blevet gemt som såsæd til næste år. På den måde er vores afgrøder blevet forbedrede – forædlede – til det vi kender i dag. I nogle tilfælde er forædlingen så omfattende, at vi ikke har helt styr på, hvilke vilde arter de forædlede arter kom fra.

I begyndelsen af det forrige århundrede begyndte mennesket at foretage en langt mere målrettet forædling, nu baseret på viden om nedarvning af egenskaber, de såkaldt Mendelske love. Betydningen af denne forædling, efterfølgende beskrevet som den konventionelle forædling, har været enorm og er sammen med dyrkningsmæssige tiltag som kunstvanding, gødskning og behandling af plantesygdomme forudsætningen for, at det i dag er muligt at brødføde mere end seks milliarder mennesker og et meget stort antal husdyr.

Siden 1930'erne er en række nye teknikker blevet taget i anvendelse. Ny variation i arvmassen er blevet induceret gennem bestråling, kemisk behandling eller gennem langvarig dyrkning i vævskultur. Den konventionelle forædling udført af professionelle planteformodlere med et indgående kendskab til vores kulturplanter og deres dyrkning er nu og i fremtiden et helt centralt element i udviklingen af nye sorter. Det er imidlertid også klart, at den konventionelle forædling baseret på krydsning af sorter, landracer og nærtstående vilde arter i kombination med moderne genetiske metoder, mutagenese og vævskultur har en række begrænsninger, primært at det kun er muligt at kombinere gener fra arter, der kan krydses med hinanden. I modsætning hertil er det i dag, ved hjælp af genetisk modifikation i realiteten muligt at overføre et hvilket som helst gen fra en hvilken som helst organisme til vore afgrødeplanter. Det er dog også klart, at anvendelsen af genetisk modifikation i planteformodlingen stadigvæk er i sin vorden grundet relativt upræcise og ineffektive teknologier.

3.2. Generelt om planteformodling, hvor kommer vores kulturplanter fra, og hvordan har mennesket ændret dem?

3.2.1. Kulturplanternes oprindelse

Formodling gennem menneskets udvælgelse af spontane varianter af vilde planter har i meget stort omfang givet os de kulturplanter, som vi har i dag. 90 % af menneskets ernæring er baseret på 15 plantearter, der i dag er spredt over hele jorden. 60 % af kalorieindtaget stammer fra ris, hvede og majs. Udover disse arter anvendes omkring 100 arter regionalt som basisfødevarer eller som supplement. Disse afgrøder betegnes som "de forældreløse" afgrøder, idet der kun i meget begrænset omfang er forædlet videre på disse arter. Endelig er der adskillige tusinde arter, der anvendes som et lokalt supplement.

Den første planteformodling foregik som en udvælgelse baseret på naturligt forekommende variation. Arvmassen (Genomet) er i alle organismer ikke statisk men dynamisk, hvor nye varianter af arvmassen hele tiden opstår på grund af baggrundsstråling, fejl under kopiering og en række andre mekanismer. Langt størstedelen af denne variation har negative effekter på organismens funktion og udvikling. En sjældnen gang forekommer der imidlertid en ny eller forbedret egenskab, der er konkurrencedygtig eller som, for vores kulturplanter og husdyrs vedkommende, gennem menneskets indgriben bevares og videreføres. Spontan variation efterfulgt af menneskets selektion har i det store og hele givet os de kulturplanter, som vi har i dag. I figur 3.1 er givet et eksempel for kål.

Figur 3.1. Kåltyper.

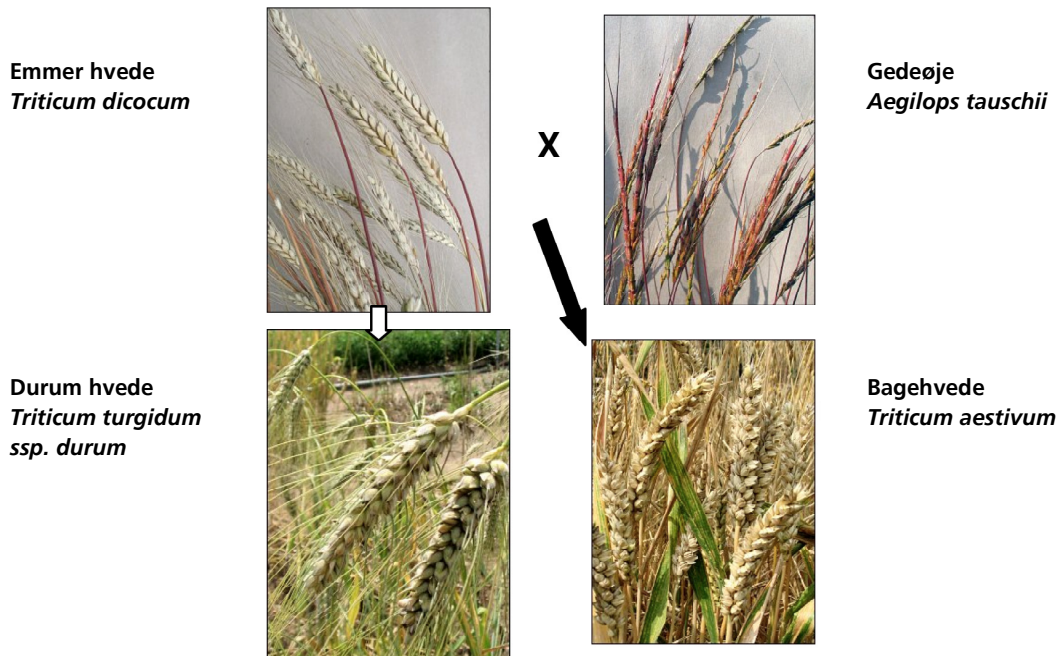
Mange af vore kåltyper – hvidkål, rødkål, grønkål, broccoli, rosenkål osv. er den samme art og nedstammer fra den vilde havekål, hvor naturligt forekommende varianter er blevet udvalgt (1).

For hovedafgrøder som majs, ris og hvede er planteforskningen efterhånden ved at have en ide om hvilke gener, der er blevet ændret i overgangen fra vild plante til afgrøde. Meget ofte drejer det sig om overordnede såkaldt regulatoriske gener, der eksempelvis giver større kerner eller sikrer, at aksene er stabile efter modning og ikke brækker i stykker som i de vilde arter.

Spontan krydsning mellem plantearter har været en anden meget vigtig faktor i planternes udvikling. I langt de fleste tilfælde er sådanne krydsninger ikke i stand til at få levedygtigt afkom, men i sjældne tilfælde udvikles der en mekanisme, der sikrer, at krydsningen sætter levedygtige frø. Man kender endnu ikke detaljerne i denne mekanisme. For nærværende ser det ud til, at næsten alle vore plantearter har udviklet sig gennem krydsning med nærtbeslægtede arter. Etablering af levedygtige krydsninger er dog indenfor den korte tidshorisont meget sjælden i naturen. Indenfor de sidste hundrede år kender man således kun enkelte eksempler, der er opstået ved at forskellige arter, der ellers var geografisk isolerede med voksesteder på forskellige kontinenter, er blevet bragt sammen ved menneskelig indgriben.



Figur 3.2. Udvikling af den moderne hvede.



<http://www.newhallmill.org.uk/wht-evol.htm>

Krydsning mellem arter har også været en meget signifikant faktor i udviklingen af vore afgrøder, og langt de fleste, om ikke alle, er opstået ved krydsning med andre arter. Nogle af disse krydsninger er i historisk tid udvalgt og udnyttet af mennesket. Et særligt velundersøgt eksempel er hvede, der er opstået i Mellemøsten. På et eller andet tidspunkt er der opstået en krydsning mellem to forskellige vilde hvedearter. Denne krydsning blev inddraget til landbrugsmæssig

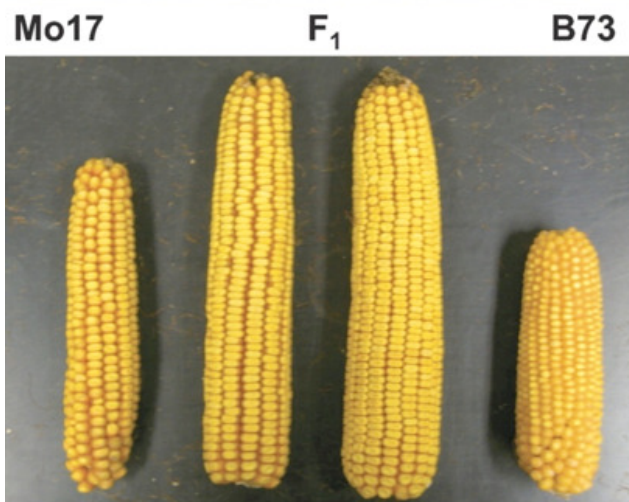
dyrkning for omkring 10.000 år siden og gav ophav til emmerhveden, der i stenalderen blev dyrket over det meste af Europa samt durumhveden, der nu er basis for produkter som brød, nudler og pasta. Efterfølgende udnyttede man en krydsning mellem emmerhveden og en vild hvedeart. Herved opstod den bagehvede, som vi kender i dag.

3.2.2. Den konventionelle forædling

I begyndelsen af det forrige århundrede begyndte mennesket at foretage en langt mere målrettet forædling, blandt andet baseret på de Mendelske love for nedarvning af egenskaber. Nye sorter blev etableret ved krydsning mellem de varianter, der var etableret i landbruget gennem århundreder, de såkaldte landracer. Vilde slægtninge blev ligeledes krydset ind i de dyrkede sorter i et vist, omend begrænset omfang. Sammenkrydsning for kombination af gunstige egenskaber er stadigvæk basis for planteforædlingen og har i stort omfang bidraget til udvikling af de sorter, som vi har i dag. Blandt krydsningerne udvalgte man primært linier med et højere udbytte og en række andre egenskaber såsom forbedret sygdomsresistens, tilpasning til dyrkningsbetingelserne, maltkvalitet i byg, bagekvalitet i hvede, olie-kvalitet i raps og farve og duft og blomsterstørrelse i prydblplanter

Figur 3.3. Krydsningsfrodighed (heterosis) i majs.

I midten ses tre rækker hybrider flankeret af de to indavlede forældrelinier (B73 og Mo17)
<http://genome.cshlp.org/content/17/3/264/F1.expansion>.



Hybridforædling

I midten af det forrige århundrede etablerede man den såkaldte hybridforædling (figur 3.3). Af årsager, som man endnu ikke har klarhed over, vil krydsning af såkaldt indavlede linier af fremmedbestøvende planter give afkom med et langt større udbytte end de to forældrearter. Denne krydsningsfrodighed – heterosis – har revolutioneret forædlingen af især majs med mangedobling af udbytterne til følge og er indført i en række andre arter. Krydsningsfrodigheden opnås imidlertid kun i den første generation og forsvinder i de efterfølgende generationer. Dette bevirker, at landmanden skal købe ny såsæd hvert år. Teknikken kan endnu kun anvendes effektivt og lønsomt i arter, hvor de enkelte individer ikke kan bestøve og befrugte sig selv (fremmedbestøvende arter) men ikke i de arter, der er såkaldte selvbestøvere (arter, der ikke kræver krydsbestøvning) Planteforædlere har også i meget stort omfang forsøgt at gøre naturen kunden efter og krydse fjernere stående arter med hinanden. Succesen har nok været begrænset og har først og fremmest givet resultater i afgrøder, der efterfølgende kan formeres vegetativt, f.eks. i form af stiklinger. Inden for kornarter er det dog lykkedes at fremavle krydsninger mellem rug og hvede, den såkaldte rughvede eller Triticale, der dyrkes i stort omfang på især lettere jorder.

Mutationsforædling

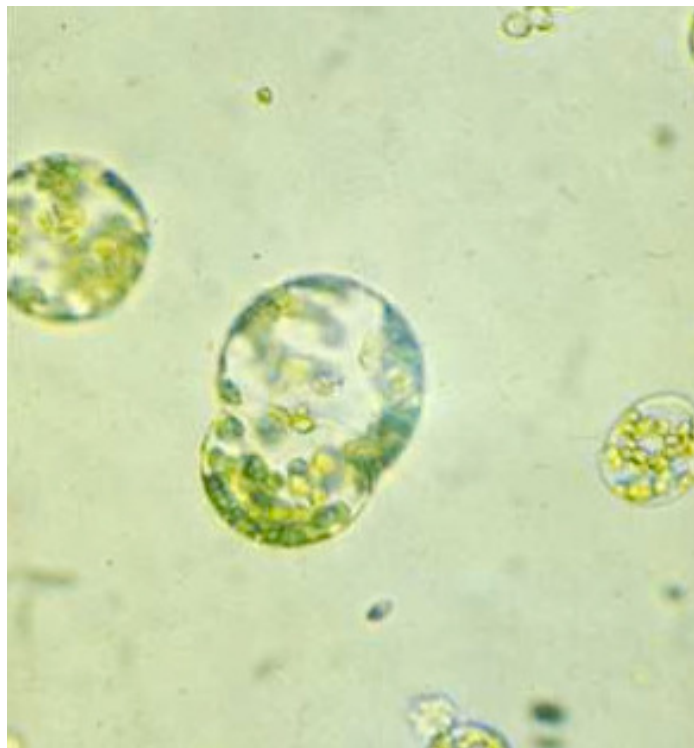
Siden 1930'erne er en række nye teknikker blevet taget i anvendelse. Ny variation i arvmassen er blevet induceret gennem bestråling, kemisk behandling eller gennem langvarig dyrkning i vævskultur. Det vurderes, at denne såkaldte mutationsforædling har givet ophav til 2000 nye sorter og for nogle arters vedkommende, eksempelvis byg, vil det nok være meget vanskelig eller umuligt at finde en nutidig sort, der ikke et eller andet sted i sit stamtræ inkluderer afkom efter en mutationsbehandlet linie.

Forædling via vævskultur

Dyrkning af plantevæv i celle- eller vævskultur med efterfølgende produktion af planter fra de dyrkede celler og væv har nu stor anvendelse i forædlingen af en række arter. Eksempelvis anvendes vævskultur og planteregeneration for at slippe af med forskellige vira eller som et alternativ til stiklingeformering af sterile sorter. I byg, hvede og raps indgår vævskultur i høj grad som et redskab til frembringelse af nye sorter. Umodne pollenkorner kan med en passende forbehandling induceres til at opføre sig som embryoer og give ophav til nye plantelinier. Dette bevirker, at nye rene sorter kan frembringes væsentligt hurtigere end med de konventionelle procedurer. Vævskultur indgår også som et centralt element i forsøg på at lave nye krydsninger af plantearter. Ofte udvikler sådanne krydsninger ikke spiredygtige frø, idet f.eks. frøhviden, det vil sige frøets oplagsnæring ikke etableres. Man isolerer derfor embryoerne fra frøene, dyrker dem i kultur og regenererer planter fra dem. Såfremt det overhovedet ikke er muligt at krydse arterne, kan man anvende såkaldt protoplasfusion. I dette tilfælde etablerer man cellekulturer af de arter, man ønsker at kombinere, fjerner cellevæggen med enzymer og fusionerer de nøgne celler med efterfølgende regeneration af fusionsprodukterne til planter. Som regel vil man behandle den ene af forældrearternes celler med bestråling med det formål at opnå fragmenter af arvemassen, der lettere kan inkorporeres i den anden forældrearts arvemasse. Protoplastfusion mellem arter, der ikke kan krydse med hinanden, betragtes imidlertid i EU som en teknologi, der er reguleret efter direktivet for genetisk modificerede planter.

Figur 3.4. Fusion mellem protoplaster af planterne raps og sort sennep

http://www.angenetik.fu-berlin.de/gerdemann_protoplastenfusion_eng.html



3.2.3. Begrænsninger i den konventionelle forædling

Den konventionelle forædling udført af professionelle planteforædlere med et indgående kendskab til vores kulturplanter og deres dyrkning er nu og i fremtiden et helt centralt element i udviklingen af nye sorter. Der er potentielt store muligheder for at indsætte gener fra vilde slægtninge. Dette gælder i særdeleshed gener for sygdomsresistens og tolerance overfor eksempelvis tørke, salt, kulde og oversvømmelse. Det er imidlertid også klart, at den konventionelle forædling baseret på krydsning af sorter, landracer og nærtstående vilde arter i kombination med moderne genetiske metoder, mutagenese og vævskultur har en række begrænsninger, der begrænser potentialet (faktaboks 3.1).

Faktaboks 3.1.

De primære begrænsninger i den konventionelle forædling kan sammenfattes om følger:

- Det er kun muligt at kombinere gener fra arter, der kan krydses med hinanden. Som konsekvens er det derfor ikke muligt at udnytte det enorme potentiale af gener i planter, der ikke kan indkrydses såvel som gener fra mikroorganismer og dyr. Man fraskriver sig således muligheden for at frembringe planter med helt nye egenskaber.
- Indkrydsning af en vild art i en moderne sort kræver en meget omfattende og langvarig serie af tilbagekrydsninger til den moderne sort for at få fjernet det meste af arvmassen fra den vilde art, der ellers vil have en negativ effekt på kvalitet og udbytte. Eksempelvis tager det 20 år at overføre kartoffelskimmelresistensgener fra vilde slægtninge til dyrkede sorter. Ofte viser det sig umuligt at fjerne de uønskede dele af arvmassen fra den vilde slægtning, og man må på et sent tidspunkt opgive sit forædlingsprogram.
- Mutagenese giver mulighed for at ændre på planternes egenskaber, og moderne teknologier har gjort det langt nemmere at identificere mutationer i de gener, som man er interesseret i. I langt de fleste tilfælde vil de inducerede mutationer imidlertid resultere i, at genet ikke længere er aktivt, og teknologien kan derfor primært bruges i de tilfælde, hvor man ønsker at eliminere en funktion i planten. Derudover kræver det et omfattende tilbagekrydsningsprogram til modersorten for at eliminere den store mængde af andre gener, der også er blevet inaktiveret under mutationsbehandlingen.

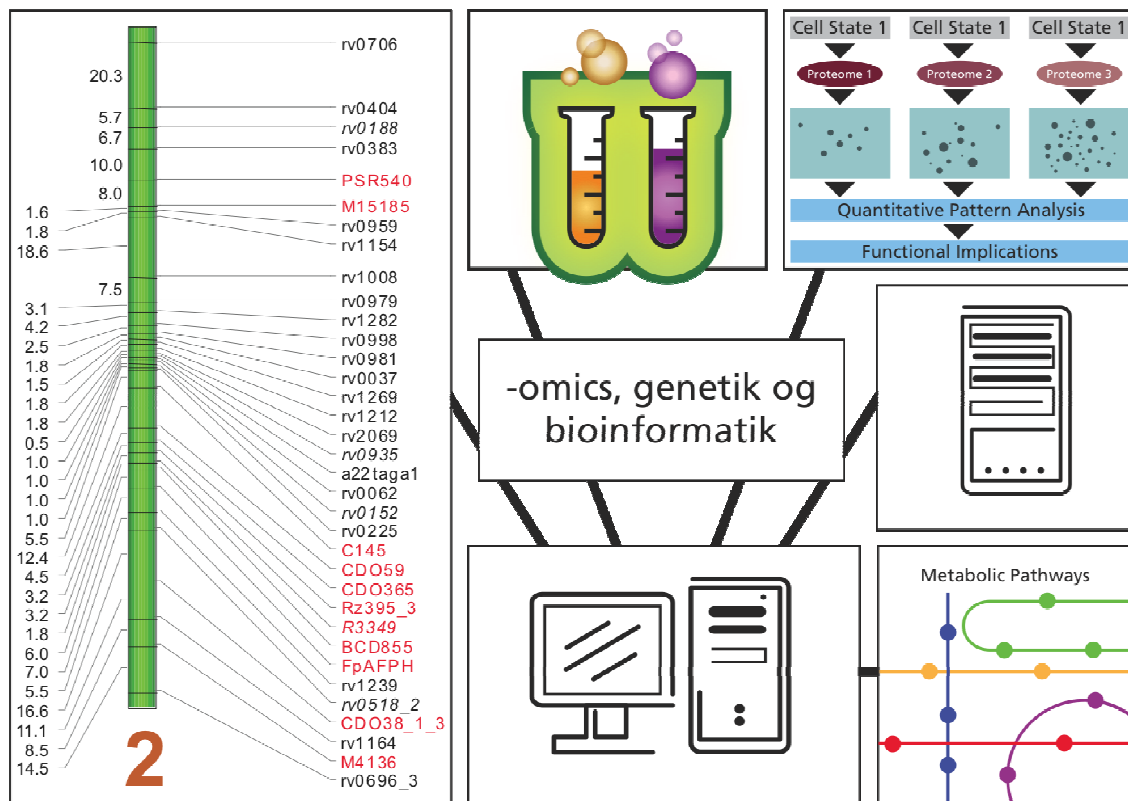
3.2.4. Moderne genetisk forskning og dens anvendelse i den konventionelle forædling

Samlet set er det klart, at den hastigt stigende forståelse af den genetiske basis for planters egenskaber i kombination med en lige så hastig udvikling af nye teknologier for DNA-sekventering og analyse og statistiske værktøjer vil give planteforædlerne en række nye muligheder for at kunne overføre gunstige karaktertræk mellem sorter og nærtbeslægtede arter. Ultimativt forventes det, at man ud fra viden om en plantearts DNA-sekvens vil kunne forudsige dens egenskaber. Hvorvidt dette scenarie er realistisk inden for en overskuelig fremtid står dog endnu uvist. Under alle omstændigheder vil det kræve meget betydelige ressourcer og viden i forædlingsfirmaerne. Der er stadigvæk meget store mangler i vores viden om den genetiske basis for planters egenskaber og i særdeleshed de overbygninger af komplekse reguleringsmekanismer og interaktioner, der bestemmer plantens endelige egenskaber.

Vores viden om plantearternes arvmasse, genomet, udvikler sig i disse år med stor hast. Vi har således den næsten komplette DNA-sekvens for arter som ris, majs, popler og lucerne samt for et par såkaldte modelarter såsom planten gåsemad, *Arabidopsis thaliana*, en lille vildtvoksende plante med et lille genom, der er hurtig og nem at anvende til genetiske undersøgelser – en planteforskningens "bananflue". En række andre arters genom bliver for nærværende helt eller delvist sekventeret.

Parallelt med denne udvikling er der etableret en række simple DNA-baserede teknikker, der muliggør identifikation af variation i arvmassen. Denne variation kan anvendes som markører, der efterfølgende kan bruges i forædlingsprogrammer, såkaldt markørbaseret forædling. I et forædlingsprogram er det ofte bekosteligt og langvarigt at følge den karakter, man ønsker at overføre fra en sort til en anden. Når man eksempelvis ønsker at overføre et resistensgen for en plantesygdom fra en sort til en anden kræver dette, at man på alle trin i forædlingsprogrammet sikrer sig, at dette gen er blevet overført, for eksempel gennem smitteforsøg og monitorering. Hvis man kan lykkes med at finde en markør i DNA-sekvensen, der enten sidder i selve resistensgenet eller tæt på kan man i stedet for at udføre resistensforsøg nøjes med at følge markøren gennem forædlingsprogrammet.

Figur 3.5. –omics, genetik og bioinformatik.



Der er udviklet en række teknologier, der muliggør analyser af mange tusinde plantegeners udtrykkelse og funktion. De såkaldte –omics teknologier omfatter analyser af gendtrykkelser (transcriptomics), proteinprofilen (proteomics) og indholdet af sekundære indholdsstoffer (metabolomics). Derudover er det i dag muligt hurtigt at lave meget detaljerede genkort. Al denne information samles i store internationale databaser og analyseres og sammenholdes ved hjælp af en række computerprogrammer – bioinformatik.

Der er i en række forskellige afgrøder udviklet sådanne markører, primært for gener, der giver resistens mod forskellige plantesygdomme eller mod skadevoldende insekter og jordlevende parasitiske orme. Teknologien er blevet implementeret hos de fleste forældre, men er dog stadigvæk arbejdsmæssigt og økonomisk så krævende, at kun de mellemstore og store forædlingsfirmaer kan anvende et batteri af markører, mens de mindre forædlingsvirksomheder begrænser sig til en enkelt eller nogle ganske få markører.

Mange forædlingsmål såsom tolerance mod kulde, salt, tørke, oversvømmelse, bedre næringsstofudnyttelse og forbedret ernæringsværdi er imidlertid komplekse egenskaber, der bestemmes af en række gener. Disse karakterer benævnes kvantitative karakterer. Det er nu muligt at kortlægge hvilke regioner af arvemassen, der har indvirkning på disse karakterer. I nogle tilfælde finder man et gen med en meget central funktion i disse regioner, men de fleste af disse arve-masse-segmenter har en mindre funktion og er som regel i høj grad påvirket af miljømæssige faktorer. Ligeledes afhænger de mindre signifikante segmenter af arvemassen af den genetiske baggrund og varierer mellem de forskellige sorter. Det må imidlertid forventes, at det i fremtiden vil være muligt i krydsningsprogrammer at overføre en række af sådanne segmenter for de kvantitative karakterer fra en sort til en anden.

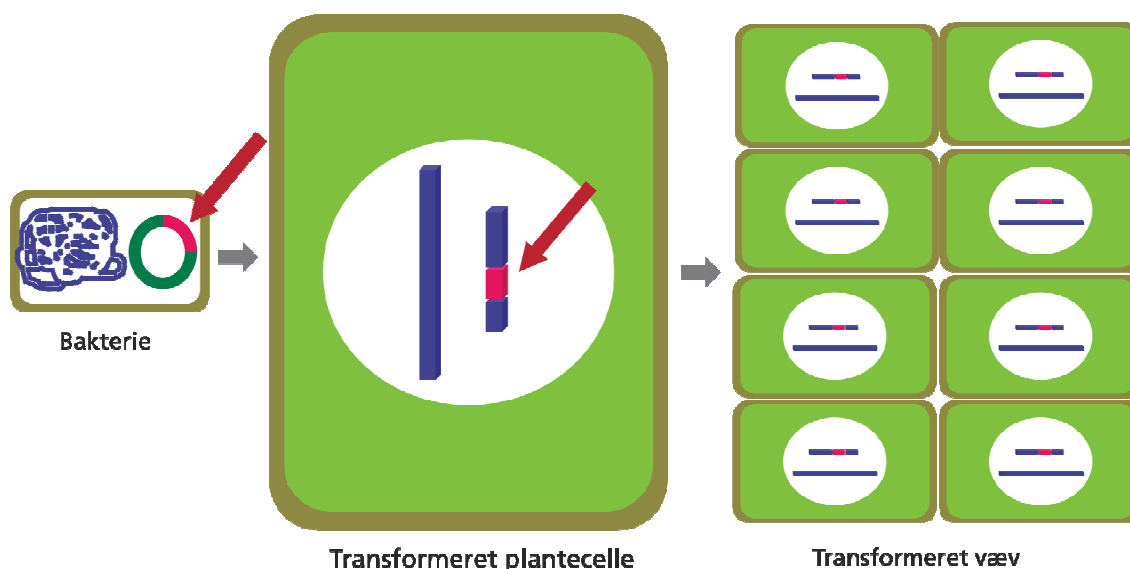
3.2.5. Genetisk modifikation af planter

Det er i teorien muligt at overføre et hvilket som helst gen fra en hvilken som helst organisme til vore afgrødeplanter. I praksis er man meget tæt på dette teoretiske mål. Det er i dag relativt enkelt at isolere og karakterisere gener fra levende organismer. Overførsel af enkeltgener til vore kulturplanter er i dag en teknologi, der beherskes af mange laboratorier verden over og anvendes i stigende grad i videnskabelige undersøgelser, når man ønsker at undersøge effekten af et

bestemt gen. Dette kan være et gen, der giver planten en ny egenskab, eller man indsætter ekstra kopier af gener, således at bestemte processer i plantens stofskifte fremmes. Ligeledes er der i dag veletablerede teknikker, der muliggør, at man kan slukke for et bestemt gens aktivitet. I modsætning til mutationsforædling er denne proces selektiv, idet kun et enkelt gen påvirkes.

Den første gensplejsede plante blev fremstillet i 1983 ved hjælp af jordbakterien *Agrobacterium tumefaciens*. Denne bakterie ernærer sig ved gensplejsning, idet den kan inficere sår på planter og overføre nogle af sine egne arveanlæg til plantens kromosomer. Disse arveanlæg får planten til at producere stoffer, som bakterien kan udnytte samt hormoner, der sikrer, at de inficerede celler mangfoldiggør sig. De pågældende arveanlæg sidder samlet i en region, det såkaldte T-DNA, der overføres som en enhed til planten. Forskerne fjernede arveanlæggene fra denne T-DNA region og indsatte i stedet for gener, som man ønskede at overføre til planten. Man brugte med andre ord en modificeret *Agrobacterium* som et biologisk system til genetisk modifikation af planter. Efterfølgende er systemet blevet forfinet på en række måder, og *Agrobacterium* kan nu anvendes til genetisk modifikation af de fleste kulturplantearter.

Figur 3.6. Transformation af planteceller ved hjælp af *Agrobacterium*.



Bakterien overfører en del af sit eget DNA (markeret med rødt), der indsætter sig i plantecellens kromosomer (angivet som blå bjælker).

Der er forsøgt udviklet en lang række andre metoder til genetisk modifikation af planter men med begrænset succes. Den eneste undtagelse er den såkaldte biolistiske metode. Man binder her kemisk de arveanlæg, som man ønsker at overføre, til overfladen af guldkugler, der er omkring en tusindedel mm i diameter. Disse kugler skydes ved hjælp af komprimeret helium ind i et plantevæv, typisk umodne kim fra frø - embryoer. I nogle arter er den biolistiske metode stadigvæk mere effektiv end *Agrobacterium*-metoden.

Mange processer i planter er bestemt af en serie af genaktiviteter. Dette gælder f.eks. syntesen af en række af plantens indholdsstoffer. Det er nu teknisk muligt at indsætte flere gener samtidigt, således at man enten får etableret en helt ny syntesevej eller fremmer aktiviteten af en eksisterende. Alternativt kan man indsætte de enkelte gener i separate planter og efterfølgende krydse dem sammen. Et velkendt eksempel er den såkaldte "Gyldne ris", hvor man etablerede en syntesevej til forstadier for A vitamin ved at indsætte gener fra en bakterie og en påskelilje.

Som tidligere nævnt bestemmes en række af planternes mere komplekse egenskaber af mange gener, der er organiserede i netværk. Ofte er sådanne netværk integrerede med andre netværk bestemmende for andre karakterer. Disse netværk reguleres af overordnede gener. I en række tilfælde er det lykkedes ved genetisk modifikation at påvirke aktiviteten af disse overordnede regulatoriske gener og derigennem ændre på de komplekse egenskaber. Eksempelvis er en af strategierne for fremstilling af tørketolerante planter at ændre på et af de regulatoriske gener, der er med til at aktivere en række forskellige underordnede gener med funktion i beskyttelse mod vandmangel.

3.2.6. GM-forædlingens begrænsninger

GM-forædling er en ung teknologi og har stadigvæk en række teknologiske begrænsninger og problemer. Nogle af disse problemer har forårsaget skepsis og modstand blandt forbrugere og miljøorganisationer. Teknologiuudvikling er derfor af central betydning for såvel den praktiske anvendelighed som befolkningens holdning og accept (faktaboks 3.2).

Faktaboks 3.2.

De vigtigste teknologiske begrænsninger er angivet nedenfor:

- Genetisk modifikation er for en række af vore kulturplanter stadigvæk langvarig og ikke særlig effektiv og udføres kun af laboratorier, der har specialiseret sig i denne teknologi. På grund af den lave effektivitet er det meget arbejdskrævende at fremstille et tilstrækkeligt antal plantelinier. Kulturplanterne har derudover som regel lange generationstider, der strækker sig fra seks måneder for vores kornarter til adskillige år for træer.
- Det er stadigvæk nødvendigt at anvende såkaldte selektionsgener for at opnå en tilstrækkelig høj frekvens af genetisk modificerede planter. I såvel *Agrobacterium*- som biolistikmetoden overføres generne til væv bestående af mange tusinde celler. Kun et fåtal af disse får inkorporeret det gen, man ønsker at overføre, det såkaldte interessegen. Det er derfor nødvendigt samtidigt at introducere et såkaldt selektionsgen, der typisk giver den genetisk modificerede celle tolerance overfor et herbicid eller et antibiotikum. Når vævet efterfølgende dyrkes på herbicid/antibiotikaholdigt medium, er kun den genetisk modificerede celle i stand til at vokse og udvikle en cellekultur, der kan regenereres til en plante, mens de øvrige celler gradvist dør. Især anvendelsen af antibiotikaresistensgener har været kontroversiel, som beskrevet nærmere i afsnit 4.6, der ligeledes redegør for alternative selektionssystemer.
- Indsættelsen af genet i værtsplantens arvmasse sker på mere eller mindre tilfældige positioner i værtsplantens arvmasse. I en kulturplante udgør selve generne typisk kun en mindre del af den samlede arvmasse. Resten af DNA'en har tidligere været betragtet som "junk", idet den primært synes at bestå af inaktive rester af vira eller korte sekvenser af DNA, der er gentaget tusindvis af gange. Ny forskning viser dog, at i det mindste en del af denne "junk"-DNA har en funktion, f.eks. i regulering af andre gener. Der er således en potentiel risiko for, at det fremmede gen indsætter sig i et gen eller en region af betydning for plantens egenskaber og funktion. Det er derfor et krav i EUs risikovurdering af kommercielle gensplejede sorter, at der præsenteres dokumentation for, hvor genet har indsat sig og egenskaberne af den omgivende DNA. Med nutidig teknologi er sådanne undersøgelser ganske enkle.
- Indsættelsen af genet i værtsplantens arvmasse fører ofte til, at dele af genet mistes, eller at der indsættes flere kopier. Dette giver ophav til forskellig grad af udtrykkelse af genet i forskellige linier, og i den kommercielle produktion ønsker man normalt kun linier med en enkelt funktionel kopi indsat.
- I såvel *Agrobacterium*- som biolistikmetoden indsætter man interessegenet i cirkulære DNA-molekyler, såkaldte plasmider. I begge metoder kan der ske en indsættelse ikke blot af interessegenet men også af resten af plasmid-DNAet. I biolistikmetoden kan man løse problemet ved at klippe selve interessegenet ud og kun anvende dette til overførsel via beskydning. For *Agrobacterium*-metoden designer man plasmidet således, at det kun er interessegenet, der overføres, eller man designer plasmidet således, at det er nemt at finde de planter, hvor der er indsat plasmid-DNA.

Samlet set kan man konkludere, at anvendelsen af genetisk modifikation i planteforædlingen stadigvæk er i sin vorden. Fra et rent teknologisk synspunkt er det klart, at teknikkerne stadigvæk er upræcise og ineffektive. For nærværende håndteres dette problem primært ved, at man laver mange genetisk modificerede linier og derefter udvælger de få, der ikke har uønsket arvemateriale inkorporeret. Som nævnt er der dog gjort en række teknologiske fremskridt, der i fremtiden vil kunne gøre genetisk modifikation til et standardværktøj i forskning og forædling.

3.2.7. GM-forædling og befolkningens holdning og accept - Cisgenese

Den danske og internationale debat for og imod genetisk modifikation af vore kulturplanter har været omfattende og mangesidet. Der er dog næppe tvivl om, at et af de væsentligste argumenter imod genetisk modifikation relaterer til, at der overføres genetisk materiale mellem arter, der ikke kan krydse naturligt med hinanden. For nogle mennesker er

dette et etisk problem men sammenkobles også ofte med en bekymring for, at sådanne "unaturlige" planter kan udgøre en miljø- og sundhedsmæssig risiko (2, 3, 4).

For at imødekomme denne bekymring har man i forskningskredse introduceret det såkaldte *Cisgenese*-koncept (www.cisgenesis.com). I modsætning til den almindeligt anvendte teknologi for genetisk modifikation, hvor der anvendes genetisk materiale fra en række forskellige arter, *Transgenese*, er *Cisgenese* baseret på, at der kun anvendes arvemateriale fra arter, der naturligt kan krydse med hinanden. Ligeledes sikrer man sig, at der i den genetisk modificerede plante ikke forekommer selektionsgener eller anden fremmed DNA. De fleste forædlingsmål vil kunne nås under dette koncept. Det vil være muligt at overføre f.eks. resistensgener mod sygdomme fra vilde slægtninge, at ændre på planternes synteseveje og indholdsstoffer og eliminere udtrykkelsen af enkelte eller grupper af gener. Basalt set omhandler den konventionelle forædling den samme problemkreds. *Cisgenese* er med andre ord meget lig traditionel forædling dog med den forskel, at man ved genetisk modifikation ikke kan kontrollere, hvor det nye gen indsætter sig. I den internationale diskussion om *Cisgenese*-konceptet (www.cisgenesis.com) er det fremført, at genetisk modificerede planter fremstillet efter dette princip bør reguleres, som om det var planter fremstillet ved traditionel forædling. Der er dermed åbnet op for en diskussion af, om EU skal implementere forskellige typer af godkendelsesprocedurer afhængig af, hvordan planterne er fremstillet. En anden interessant mulighed er, i hvilket omfang man for sådanne afgrøder kan hæve grænseværdien for utilsigtet indblanding med sådanne afgrøder fra de nuværende 0,9 %.

3.3. Anvendelse af selektionsmarkører ved udvikling af GM-planter

3.3.1. Hvad bruges selektionsmarkører til?

Gensplejsning i planter foregår ofte ved, at genet, der giver den ønskede egenskab, kobles sammen med et andet såkaldt markørgen, hvorefter de, eventuelt via bakterier, overføres til planteceller. Det er kun en meget begrænset del af alle de behandlede planteceller, som får indsat de ønskede gener med disse metoder. Derfor er det nødvendigt på et tidligt stadium i udviklingen af den gensplejsede plante at få fjernet eller hæmmet de ikke-gensplejsede celler for at "finde" de få planteceller, som skal videreudvikles til hele planter.

Det er her selektionsgenerne skal bruges. Ofte anvendes gener, der giver resistens overfor ukrudtsmidler (herbicider) eller visse typer af antibiotika. Tilsætning af disse stoffer til vækstmediet vil sikre, at kun de resistente celler vil vokse og danne hele planter. Der findes andre typer af selektionsgener, f.eks. hvor kun planteceller med genet kan vokse på et medie med en bestemt sukkerart som brændstof. Lignende princip gælder for gensplejsning af mikroorganismer og dyr.

Uden disse gener ville det i dag ikke være praktisk muligt f.eks. at fremstille en gensplejset tomat med ændret modningsforløb eller en nellike med ny blomsterfarve, hvor egenskaben først kommer til udtryk sent i planternes udvikling.

Ved konstruktionen af det arvemateriale, der indsættes, er markørgenerne koblet tæt til de gener, der ønskes indsat i planten. Den tætte kobling gør, at planter, der udvælges ved hjælp af markørgenet, ofte også indeholder de ønskede gener.

Netop denne tætte kobling mellem de indsatte gener betyder, at det i praksis også er umuligt, at fjerne markørgenerne i de planter, som allerede er udviklet, uden også at fjerne den ønskede egenskab

3.3.2. I hvor stor en del af GMO'erne finders der antibiotikaresistensmarkører?

Af 55 sager vedrørende majs, sojabønne, ris, raps, kartofler, bomuld og roer, som har været behandlet eller er under behandling i EU, har de fleste (44) fået indsat herbicidresistens, som ud over at være den ønskede nye egenskab ved dyrkning også kan anvendes som selektionsmarkør (tabel 3.1). Af de resterende 11 indeholder de 7 markørgener, mens de 4 har fået fjernet de anvendte selektionsgener.

Tabel 3.1. Oversigt over 55 plantesager i EFSA og deres fordeling på selektionsgener. Enkelte planter kan have mere end et markørgen.

Plante (antal)	Herbicidresistens	Antibiotika-resistens (nptII)	Andre herunder fjernede markørgener
Majs (31)	23	4	6
Soja (7)	7		
Bomuld (10)	9	7	
Raps (3)	3		
Kartoffel (1)		1	
Ris (1)	1		
Sukkerroe (1)	1		
Total (55)	44	12	6

Ses der på godkendelser fra andre verdensdele er der en noget højere tendens til, at planterne indeholder selektionsmarkører. Dette er dog vanskeligt at vurdere, da det ikke fremgår om planterne stadig er aktuelle, og hvorvidt der tænkes på ansøgning om godkendelse i EU. Desuden skal man være opmærksom på, at antallet af sager indeholder GM-krydsninger, og derfor kan en GM-plante indgå i flere af sagerne.

3.3.3. I hvor høj grad kan selektionsgener forventes anvendt i fremtiden?

Anvendelse af selektionsgener vil stadig være aktuell for frembringelse af gensplejsede organismer nu og i fremtiden. Hvilke aktuelle gener, der vil blive anvendt, vil i høj grad være bestemt af en række faktorer, som for eksempel deres virkemåde, patentrettigheder, sundhedsmæssige og miljømæssige forhold samt naturligvis lovgivning.

3.3.4. Hvilke risici er der ved anvendelse af antibiotikaresistensmarkører i GMO'er?

Fagligt set vil markørgener blive vurderet som alle andre indsatte gener. Til dato er vurderingen af de anvendte markørgener, at de ikke udgør et sundhedsmæssigt problem.

Specielt har fokus været rettet mod anvendelsen af gener for antibiotikaresistens til fremstilling af gensplejsede planter. Der er udtrykt bekymring for, om overførsel af generne fra planterne til mikroorganismer vil øge risikoen for at skabe resistente sygdomsfremkaldende bakterier.

Alle de undersøgelser, der foreligger og er beskrevet i den videnskabelige litteratur af denne overførsel viser, at denne bekymring er ubegrundet. Ingen af undersøgelserne har påvist, at hele gener overføres fra planter til mikroorganismer (4). Da de anvendte gener alle stammer fra mikroorganismer og findes mere eller mindre udbredt blandt bakterier, konkluderer alle faglige risikovurderinger, at bidraget fra planterne til at skabe resistente bakterier, hvis en overførsel kunne finde sted, er uden betydning.

Den seneste omfattende vurdering af brugen af antibiotikaresistens gener i planter er foretaget af EFSA (5).

Kendskabet til enkelte gener for antibiotikaresistens som for eksempel kanamycinresistensgenet er i dag så stort, at en erstatning med andre mindre kendte selektionsgener kun bidrager med større faglig usikkerhed. Alternativer som anvendelse af gener for herbicidresistens til selektion, hvor de ikke senere skal udnyttes i forbindelse med dyrkningen af den gensplejsede plante, kan være et umiddelbart dårligt alternativ. Her skabes planter med utilsigtet sprøjtemiddelresistens, som senere kan give problemer med anvendelsen af ukrudtsmidler, f.eks. i forbindelse med sædskifte, uden at man har haft en tilsvarende gavn af resistensen i landbruget. Et andet alternativ er et markørgen, der gør det muligt for de gensplejsede planteceller at vokse på et medie med en speciel sukkerart som energikilde. Her gælder, at der er andre sundhedsmæssige betænkeligheder, som skal afklares.

3.3.5. Hvad findes der af alternativer til anvendelsen af antibiotikaresistensmarkører i GMO'er?

Der er blevet udviklet metoder til fjernelse af markørgener i planter, men de kan ikke anvendes på alle gensplejsede planter. De er kun brugbare, hvis gensplejsningen på forhånd er lavet specielt til dette formål.

Det er som nævnt lykkedes at udvikle alternative selektionssystemer, hvor man anvender gener, der giver cellen mulighed for at udnytte bestemte sukkerarter eller aminosyrer. Disse systemer har dog endnu en begrænset udbredelse.

En anden teknik, der kan anvendes, er det såkaldte cre-lox system (6, 7, 8), hvor det indsatte markørgen kan fjernes efterfølgende. Dette kræver, at markørgenet er sat ind på en bestemt måde, og at der senere sker en krydsning til en anden gensplejset plante, som medvirker med enzymer til fjernelsen af markørgenet. En enkelt gensplejset majs som er ansøgt om markedsføring til i EU, er lavet ved denne teknik hvor et antibiotikaresistensgen er fjernet. En helt tredje metode er baseret på, at interessegenet og selektionsgenet indsættes uafhængigt det vil sige uden kobling til hinanden i værtens arvmasse, således at de ikke længere nedarves som en fælles enhed. En del af afkommet fra de selekterede GM-plantelinier fra denne transformation vil kun indeholde interessegenet. Dette kan medføre en mindre succesrate for fremskaffelse af de relevante gensplejsede planter. Begge typer af teknologi er stadigvæk ikke særlig effektive, men dog anvendelige, og har været anvendt i markedsføringssager, som har været behandlet i EFSA. Endelig er der foretaget forsøg, hvor man slet ikke anvender selektionsgener. I stedet overfører man kun interessegenet og regenererer så mange planter som muligt. De screenes efterfølgende for, om de er genetisk modificerede. Typisk vil kun en ud af hundrede planter være genetisk modificeret, men nye fremskridt indenfor screening gør, at denne teknologi er realistisk omend meget arbejdskrævende.

Visse tilfældige begivenheder kan dog indtræffe under transformationen (indsættelsen af DNA), hvorved koblingen mellem gener brydes, og der kan udvælges gensplejsede planter uden markørgener. Dette er sket med den gensplejsede sojabønne og majs MON810.

3.4. Konklusion

Betydningen af den såkaldt konventionelle forædling har været enorm og er sammen med dyrkningsmæssige tiltag som kunstvanding, gødskning og behandling af plantesygdomme forudsætningen for, at det i dag er muligt at brødføde mere end seks milliarder mennesker og et meget stort antal husdyr. Planteforædling er langsom og det tager som regel 10-15 år og for nogle arters vedkommende endnu længere tid at udvikle nye sorter med signifikant bedre egenskaber. Vore nuværende sorter er primært et resultat af en række gradvise ændringer, der over tid har ført til signifikante fremskridt. I nogle tilfælde har der været tale om markante ændringer over en kort tidsperiode. I 1960'erne og 1970'erne udviklede man på de internationale landbrugsforskningscentre nye sorter af ris og hvede med en lavere vækst, bedre sygdomsresistens og respons på gødskning, der førte til en fordobling til tredobling af udbyttet i Asien. Denne udvikling er blevet kaldt den Grønne Revolution. 50 % af tilvæksten tilskrives nye sorter, mens de resterende 50 % var et resultat af forøget kunstvanding, gødskning og kemisk plantebeskyttelse mod sygdomme.

Indtil for tyve år siden var planteforædling en fredelig beskæftigelse, stort set upåagtet af den brede offentlighed og miljøorganisationer. Forædlerne havde ret til at opkræve en afgift af landmanden, når denne indkøbte en af forædlerens sorter til såsæd, men derudover var plantesorter og teknologier ikke beskyttede men kunne bruges af alle. Planteforædling og den bagvedliggende planteforskning var derudover betragtet som en offentlig forpligtelse, hvor samfundet til gengæld fik en større viden og plantesorter med bedre udbytte og sygdomsresistens. Genbanker uddelte materialer af sorter, landracer og vilde slægtninge stort set uden begrænsninger.

Denne situation har med indførelse af de nye genetiske og bioteknologiske teknikker ændret sig markant. Planteforædling er nu blevet højteknologi med store opkøb og fusioner af planteforædlingsfirmaer til følge. Nye plantesorter og teknologier patentbeskyttes i stigende grad, især i USA, og det har været nødvendigt at indføre beskyttelse af landracer og vilde slægtninge i genbanker og i lokalområder. Patentering er især udbredt indenfor genetisk modifikation men bliver i stigende grad også indført indenfor den "konventionelle" forædling, eksempelvis indenfor teknikker til markørudvikling eller plantesorter med bestemte mutationer, der anvendes til bestemte formål. Den helt store udfordring for nærværende er derfor, hvordan man sikrer forskning og giver forædlere ret til at anvende de nye teknologier på fair og acceptable betingelser. Ét standpunkt er, at vi skal "skruer" tiden tilbage til dengang genetiske ressourcer og teknikker var fælles ubeskyttet ejendom. Det modsatte standpunkt fremfører, at såfremt man ønsker at udnytte potentialet i de nye planteforædlingsteknikker, må man acceptere, at kostbar forskning og udvikling kræver en indtjening. Patentering og anden form for beskyttelse er implementeret uden de store problemer indenfor alle mulige andre teknologier og

burde også kunne håndteres på en fornuftig måde indenfor planteforædlingen. Ligeledes må aftagerne af de nye højteknologiske sorter vænne sig til, at såsæd med bedre egenskaber også vil koste mere og ikke må opformeres og distribueres til andres og eget brug uden, at forædleren er sikret en afgift.

Planteforædling vurderes at have et meget stort potentiale for at løse de globale problemer i form af befolkningsvækst og klimaændringer, som vi står overfor. Debatten om denne meget vigtige problemstilling drukner imidlertid som regel meget hurtigt i en debat for og imod genetisk modifikation. Derudover fremføres det ofte, at genetisk modifikation slet ikke er nødvendig, men at alle problemer kan klares med traditionel forædling. Denne polariserede diskussion er bagvendt og ikke særlig konstruktiv. Den første forudsætning for at kunne udnytte planteforædlingens potentiale er at få en bedre forståelse af den genetiske basis for kulturplanternes egenskaber. Når denne forståelse er opnået, vælger man sin forædlingsstrategi. Traditionel forædling med anvendelse af moderne markørbaserede teknikker har et stort potentiale, men en række problemer løses hurtigere og bedre eller kan kun løses ved hjælp af genetisk modifikation. Begge typer af teknologier har deres styrker og svagheder, men bør ses som komplementerende og ikke som konkurrerende teknologier.

Referencer

1. Tjek på Biotek, Institut for Plantebiologi og Center for Molekylær Plantefysiologi, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole, 2004.
2. Bauer M & Gaskell G. 2002. *Biotechnology: the making of a global controversy*. Cambridge University Press.
3. Gaskell G & Bauer M. 2001. *Biotechnology 1996-1999. The Years of Controversy*. Edited by Gaskell, G.; Bauer, M. Science Museum Press, 2001, pp. 3-11.
4. Lassen J, Madsen KH & Sandøe P. 2002 Ethics and genetic engineering – lessons to be learned from GM foods. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 24 (5), 263-71.
5. STATEMENT OF EFSA June 2009: "Consolidated presentation of the joint Scientific Opinion of the GMO and BIOHAZ Panels on the "Use of Antibiotic Resistance Genes as Marker Genes in Genetically Modified Plants" and the Scientific Opinion of the GMO Panel on "Consequences of the Opinion on the Use of Antibiotic Resistance Genes as Marker Genes in Genetically Modified Plants on Previous EFSA Assessments of Individual GM Plants. Prepared by GMO and BIOHAZ Units.
6. Hare PD & Chua N-H. 2002. Excision of selectable marker genes from transgenic plants. *Nature Biotechnology*, 20, 575-580.
7. Russell SH, Hoopes JL & Odell JT. 1992. Directed excision of a transgene from the plant genome. *Mol Gen Genet*, 1, 49-59.
8. Zhang W, Subbarao S, Addae P, Shen A, Armstrong C, Peschke V & Gilbertson L. 2003. Cre/lox mediated marker gene excision in transgenic corn plants. *Theor. Appl. Genet.*, 107, 1157-1168.

4. Status for GMO-forskning

Sektionsleder Morten Strandberg, DMU (afsnit 4.1), seniorrådgiver Gösta Kjellsson, DMU (afsnit 4.2), forskningsleder Birte Boelt, DJF (afsnit 4.3, 4.4, 4.5, 4.7, 4.8) og professor Christian Damgaard, DMU (afsnit 4.6)

4.1. Introduktion

Forskningen i GMO handler dels om at udvikle planter med nye gavnlige egenskaber til anvendelse i landbrug, medicin og industri, dels om at undersøge hvordan de nye organismer kan tænkes at påvirke sundhed, landbrug, natur og miljø. Dertil kommer forskning i, hvordan de påvirker samfund og økonomi. De virksomheder, der udvikler GMO, skal selv som en del af godkendelsen sørge for, at der bliver udført undersøgelser af GMO'ernes sundhedsmæssige, landbrugs-mæssige og miljømæssige egenskaber på en måde, der gør myndighederne og deres eksperter i stand til at godkende eller afvise nye GMO'er. Forskningen og godkendelsen foregår i flere tempi, startende med virksomhedernes egne undersøgelser af om GMO'en har tilfredsstillende egenskaber og overlevelsessevne. I dette indgår blandt andet fodringsforsøg, dyrkningsforsøg og forsøgsudsætninger før en eventuel endelig markedsføring og egentlig produktion. I forbindelse med markedsføring er der for GM-planterne krav om en overvågningsplan til at undersøge, om de forudsigelser, som risikovurderingen er kommet frem til, også gælder, når GMO'en importeres eller anvendes til dyrkning i større stil. Ud over denne lovgivningsmæssige forskning bliver der også udført forskning for nationale og internationale programmidler.

4.2. Forsøgsudsætninger af GM-planter i Danmark og EU

4.2.1. Forsøgsudsætninger af GM-planter i Danmark

Forsøgsudsætningen er tredje del af den trinvis proces (1), som alle GM-planter skal gennemgå før eventuel godkendelse til markedsføring: 1. Udvikling og tests i laboratoriet, 2. undersøgelser af GM-plantens egenskaber i klimakamre og væksthuse under indesluttede forhold og 3. forsøgsudsætninger på friland under kontrollerede betingelser, der minimerer spredningsrisikoen (f.eks. 200 m afstand til marker med samme afgrøde, høst inden frøsætning og anvendelsen af værnebælter).

Formål med forsøgsudsætningen:

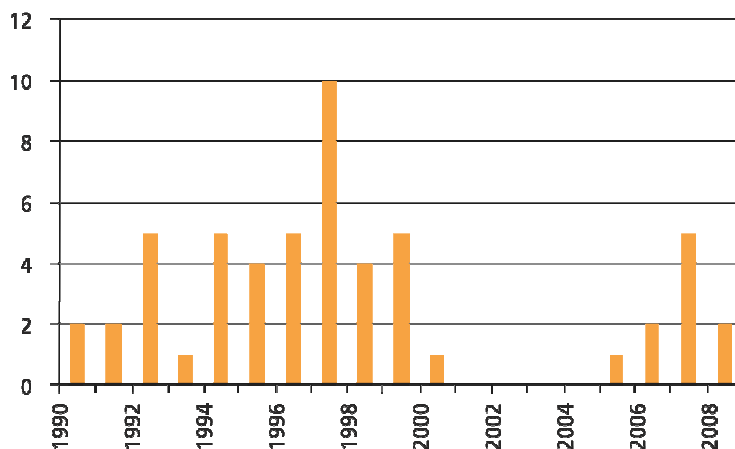
- At undersøge om GM-planten har andre ændrede egenskaber end de bioteknologisk indsatte. Derfor foretages markforsøg, hvor GM-plantens egenskaber sammenlignes med genetisk tilsvarende (isogene) konventionelt udviklede planter (ikke-GM).
- At undersøge de landbrugsmæssige aspekter af dyrkningen af GM-planter, herunder væksthastighed, udbytte og fænologi (tidspunkt for blomstring, frøsætning og modning).
- At kontrollere at de miljømæssige betingelser for en eventuelt senere godkendelse til markedsføring er tilstrækkelig underbyggede. Afhængig af de genmodificerede egenskaber kan der desuden indgå undersøgelser af den dyrkningsmæssige effektivitet og de miljømæssige konsekvenser af sprøjtemidlerne (herbicid-tolerante GM-planter).
- At undersøge omfanget af insektangreb ved *Bt*-planter og konsekvenserne af GM-dyrkningen for insektlivet (jordbundsfaunaen, sommerfugle) i og udenfor marken.
- At undersøge frøoverlevelse i jorden, spiring under de anvendte dyrkningsbetingelser og hybridisering med vilde arter kan også indgå.

Forsøgsudsætningerne vil normalt foregå over en længere periode, oftest mellem et til fem år, undtagelsesvis op til 10-11 år.

Generelt var antallet af nye forsøgsudsætninger stigende i EU i perioden 1992-1997, lidt faldende i 1998 og 1999 for derefter i 2000 at udvise et markant fald med næsten en halvering af antallet af forsøgsudsætninger. I juni 1999 blev det såkaldte "de facto moratorium" underskrevet af miljøministrene fra Danmark, Frankrig, Grækenland, Italien og Luxembourg. Der blev således indgået en aftale om at stemme imod nye GMO-godkendelser, indtil en forbedret regulering på gensplejningsområdet var gennemført i EU. I praksis blev dette et stop for nye tilladelser til markedsføring og

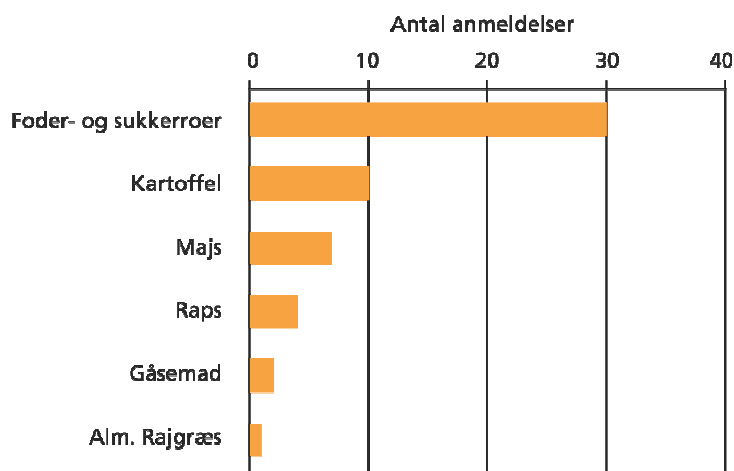
udsætning i miljøet af GMO'er. Dette påvirkede også antallet af forsøgsudsætninger negativt (tabel 4.1), for uden ud-sigt til godkendt markedsføring - og dermed indtægter - afsætter virksomhederne ikke ressourcer til udvikling.

Figur 4.1. Det årlige antal forsøgsudsætninger af GM-planter i Danmark i perioden 1990-2008 (2).



Det ses i figur 4.1, at der i perioden 2001-2004¹ ikke var nogen nye danske godkendelser til forsøgsudsætninger. Der var dog fortsatte forsøgsudsætninger med foder og sukkerroer i perioden. En oversigt over tidligere danske forsøgsudsætningers forløb findes på hjemmesiden Gendebat: <http://www.toft.dk/gendebat/vis/kort/default.asp>.

Figur 4.2. Antal anmeldelser af forskellige GM-planter til forsøgsudsætning i Danmark i perioden 1990-2008 (2).



Der vil i årene 2007-2011 være forsøgsudsætninger i Danmark med den glyfosattolerante majs NK603, og i 2008-2012 bliver der foretaget udsætninger med den glyfosattolerante GA21-majs.

Den igangværende forsøgsudsætning i Danmark med GM-rajgræs (*Lolium perenne*) med forøget indhold af sukkerstof-fet fruktan, der måske kan gøre græsset bedre til foderanvendelse, forventes ikke foreløbig at resultere i konkrete anmeldelser til markedsføring.

De danske forsøgsudsætninger med den i medierne meget omtalte minesøgende gåsemad (*Arabidopsis thaliana*), er indstillet og firmaet bag udviklingen er under likvidation på grund af finansieringsproblemer, medens det overvejes om de intellektuelle rettigheder kan videreføres. Aktiviteterne forventes således ikke at resultere i konkrete anmeldelser til markedsføring i EU.

¹ EU's de facto moratorium mod GMO blev ophævet i 2004

4.2.2. Forsøgsudsætninger af GM-planter i de øvrige EU-lande

En oversigt over tidligere og aktuelle sager vedrørende forsøgsudsætninger under udsætningsdirektivet kan ses på: <http://bgmo.jrc.ec.europa.eu/deliberate/dbother.asp>.

En oversigt over de cirkulerede, såkaldte SNIFer² (Summary Notifications), der rundsendes i EU til eventuel kommentering, kan ses på: <http://bgmo.jrc.ec.europa.eu/deliberate/doc/snifs.pdf>.

Tabel 4.1. Antal forsøgsudsætninger med GM-planter i de 10 EU-lande med flest forsøg samt i resten. Tallene er vist for 1991-1999 og 2000-2008 samt totalt.

Land	1991-1999	2000-2008	Total
Frankrig	459	130	589
Spanien	162	274	436
Italien	257	38	295
Storbritannien	180	55	235
Nederlandene	117	61	178
Tyskland	102	76	178
Belgien	98	35	133
Sverige	54	45	99
Danmark	39	11	50
Ungarn	0*	29	29
Resten (12 lande)	55	75	130
Total	1523	829	2352

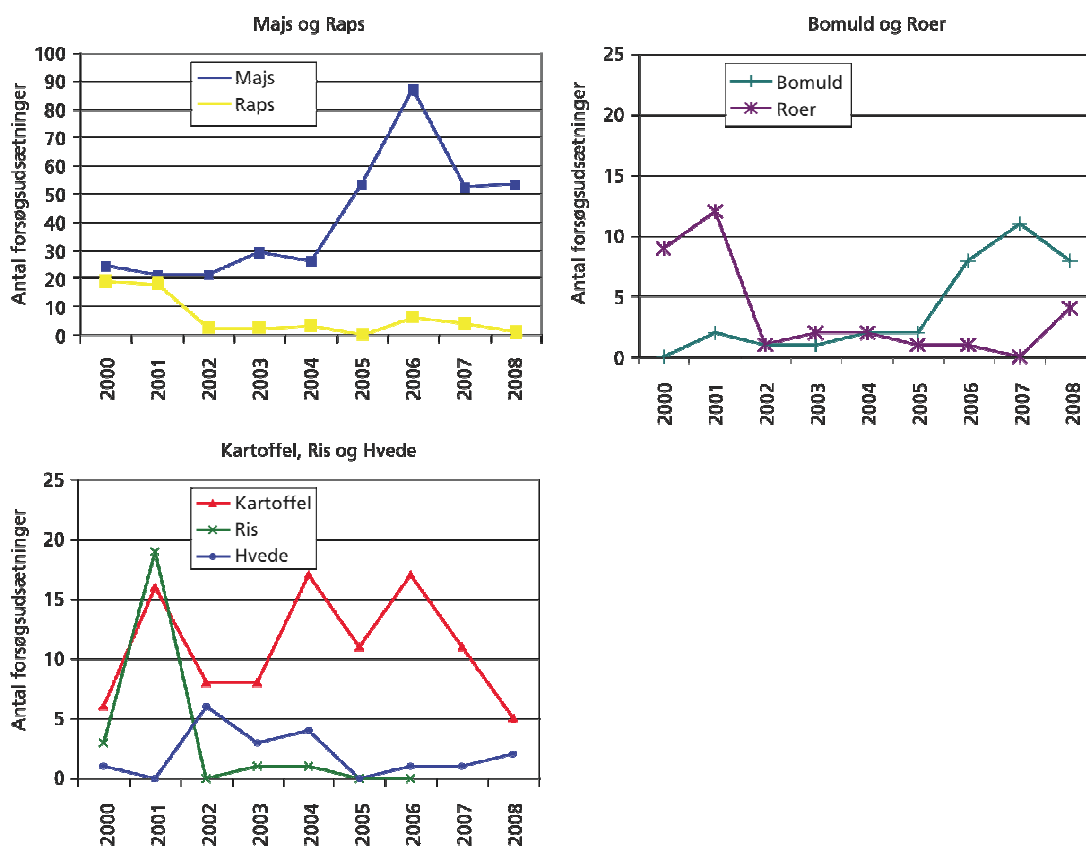
* Ungarn blev først medlem af EU i 2004.

Der var specielt i Italien og Frankrig en relativt set meget kraftig tilbagegang i antallet af forsøgsudsætninger mellem de to perioder (tabel 4.1). I begge disse lande var der oparbejdet en stor politisk modvilje mod GMO-dyrkning, der blandt andet gav sig udslag i sabotage mod forsøgsudsætningerne med GM-planter. Tilbagegangen i forsøgsudsætningerne var også relativt set markant større i Danmark end i Sverige.

I England startede det treårige Farm-scale evaluation-forsøg i 2000 (se afsnit 5.2.3), så der steg antallet af forsøgsudsætninger for året generelt, hvilket var atypisk. I den efterfølgende periode var 2006 året med flest nye udsætninger, specielt i Spanien og Frankrig.

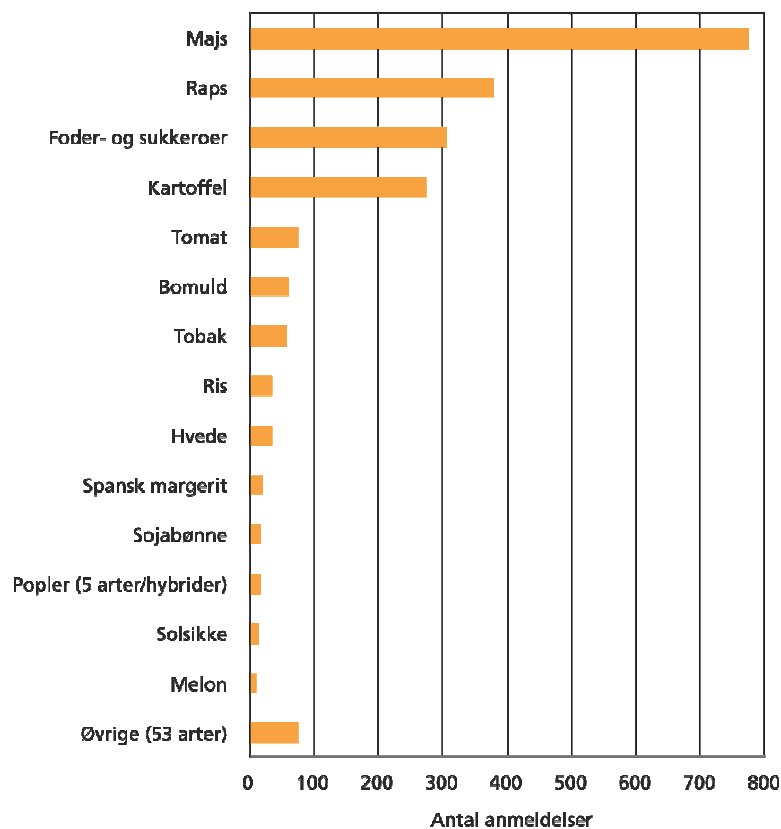
² Den skabelon firmaerne skal anvende til anmeldelse af forsøgsudsætninger med GM

Figur 4.3. Tendenser i forsøgsudsætninger i EU med de syv almindeligste GM-planter i perioden 2000-2008.



Figur 4.3 viser, at der i perioden 2000-2008 var mange forsøgsudsætninger med majs. Tallet steg kraftigt fra 2004 og toppede i 2006 (figur 4.3). Samtidig var der faldende aktivitet for raps med kun få nye forsøgsudsætninger. Genmodificeret raps giver for nærværende både kommercielt og miljømæssigt problemer i EU blandt andet på grund af spredningsrisikoen og frøenes evne til at overleve længe i jorden. Der var i perioden 2002-2005 meget få forsøg med bomuld og roer, men fra 2006 har der været flere forsøgsudsætninger specielt med bomuld. Der har dog været mange forsøg med kartofler i hele perioden, mens aktiviteterne vedrørende hvede har været væsentligt mindre. Der var mange forsøgsudsætninger med ris i 2001, men forsøgene var dog alle med den samme type af GM-ris.

Figur 4.4. De mest anvendte GM-planter i forsøgsudsætninger i EU fra 1991 til og med september 2008. Der har i alt været 2352 anmeldelser om forsøgsudsætning i hele perioden.

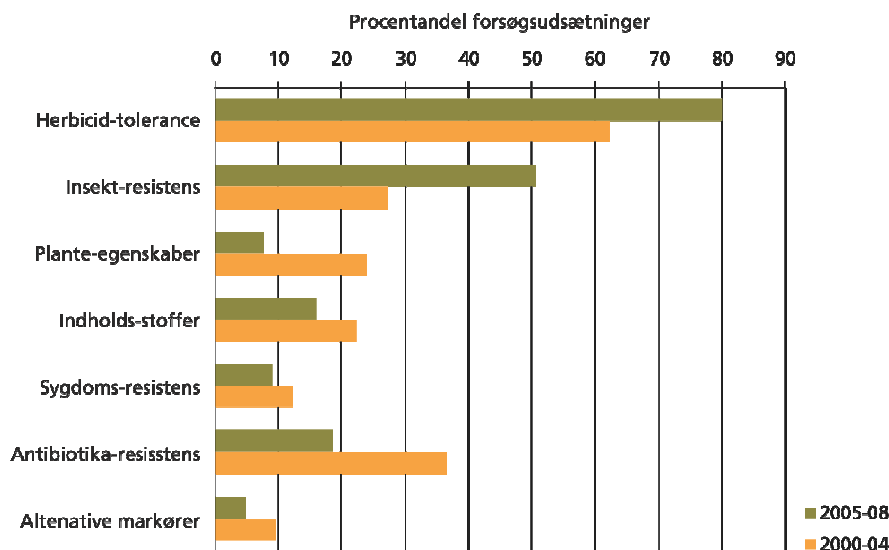


Der har været forsøgsudsætninger i EU med ca. 70 forskellige plantearter og krydsninger. De fleste forsøg har været med majs, raps, roer og kartoffel (figur 4.4).

Der er foretaget flere forsøg i EU med GM-egenskaber hos de fleste af vores dyrkede frugttræer: Appelsin (4), blomme (2), citrange (3), citron (1), kirsebær (3), oliven (2), paradisæble (2), pære (1) og æble (8) samt vindruer (3). Desuden er flere af de almindelige haveafgrøder blevet testet i GM-udgave: Aubergine (10), gulerod (3), kål inklusive blomkål (5), salat (8) og squash (8).

Forsøgene med genmodificerede skovtræer inkluderer: Eucalyptus (4), normansgran (2), skovfyr (2), vortebirk (5) og flere forskellige arter og krydsninger af popler (22).

Figur 4.5. GM-planterers egenskaber i EU forsøgsudsætninger i perioderne 2000-2004 og 2005-2008. Da GM-planterne ofte har flere egenskaber er summen af procentdelene større end 100.



Tendensen i de seneste år har været en øget andel af forsøgsudsætningerne af planter, der er herbicidtolerante og/eller insektresistente (figur 4.5). Relativt set er andelen af forsøgsudsætninger med ændrede planteegenskaber, indholdsstoffer og sygdomsresistens også faldet i de senere år. Andelen af GM-planter med antibiotikaresistens (markørgener) er som forventet faldet som følge af EU-beslutningen om, at de problematiske markørgener skal udfases.

4.3. Status vedrørende forskningsresultater omkring dyrkning af GM-planter

Udenlandske forskningsresultater og erfaringer vedrørende dyrkning af GM-planter kan kun i meget begrænset udstrækning overføres til danske forhold. Det skyldes, at de lande, hvor GM-afgrøder har størst udbredelse (USA, Argentina, Brasilien, Indien og Canada) har helt andre dyrkningsforhold (klima, jordbund, sædskifte, bedriftsstruktur etc.). Yderligere gælder, at de to mest dominerende GM-afgrøder, sojabønne og bomuld, ikke dyrkes i Danmark. Spanien er det land i Europa, som har det største dyrkningsareal med GM-afgrøder. Her blev i 2008 dyrket knap 80.000 ha GM-majs med insektresistens, men pågældende skadedyr findes ikke i Danmark, og tilsvarende er dyrkningsforholdene i Spanien ikke sammenlignelige med danske forhold.

I Danmark har der alene været udført dyrkningsforsøg med GM-raps, bederoer og majs, og resultater herfra behandles i de følgende afsnit.

4.3.1. Herbicidresistente afgrøder

I 1996-1998 blev glufosinatresistente (Basta) vinter- og vårraps sorter afprøvet i Danmark i forbindelse med EU-projektet FACTT (3). Projektets formål var at undersøge Basta-resistente rapssorters reaktion på forskellige behandlinger og dyrkningsvilkår sammenlignet med hybrid sorter og traditionelt forædlede (åbent pollinerede) sorter. De testede parametre var gødningsniveau, fungicid- og herbicidbehandling samt såtidspunkt. Overordnet viste de Basta-resistente sorter samme respons på de afprøvede behandlinger som hybrid og konventionelle sorter. Hybrid sorterne gav det højeste udbytte, mens udbyttet i de Basta-resistente sorter var på niveau med eller lidt lavere end de konventionelle sorter.

I 1996-2000 blev gennemført forsøg i Danmark med den glyfosatresistente (Roundup) foderroe, Simplex (4). Resultaterne viste et lavere herbicidforbrug i Simplex-roen både målt som mængde aktiv stof og målt som behandlingshyppighed (BI), når Roundup blev anvendt som ukrudtsbekæmpelse og sammenlignet med traditionelle roeherbicer. Forsøgene viste også, at for de fleste ukrudtsarters vedkommende blev der opnået en tilfredsstillende bekæmpelse ved

udsættelse af sprøjetidspunktet, medens ukrudtsarter som lugtløs kamille, snerle pileurt og liden nælde krævede en højere dosering for at opnå tilfredsstillende bekæmpelse ved en senere behandling. Hvis ukrudtsbekæmpelsen imidlertid udføres så sent, at nogle ukrudtsplanter har nået at smide frø, kan ukrudtstrykket i efterfølgende afgrøder i sædskiftet øges. Derfor bør vurderingen af en herbicidresistent afgrødes effekt på pesticidanvendelsen udføres i en samlet sædskiftebetragtning og ikke for den herbicidresistente afgrøde alene.



Billede: Hovedparten af de danske forsøgsudsætninger og dyrkningsforsøg er udført i bederoer.

En veletableret roeplante har et stort bladareal og dermed en god konkurrenceevne over for ukrudtsplanter. Andre afgrøder, som eksempelvis majs og korn, har et væsentligt mindre bladareal, og tidlig konkurrence fra ukrudtsplanter kan medføre væsentlige udbyttetab. I konkurrencesvage afgrøder som roer og majs, kræves et større forsøgsarbejde for at kortlægge de præcise muligheder for at udsætte sprøjtningen i herbicidtolerante sorter, uden at det går ud over dyrkningssikkerheden (5).

I 2007-2008 er gennemført i alt seks demonstrationsforsøg med glyfosatresistent (Roundup) majs (NK603) (6, 7). Resultaterne viser, at der vil være stor fleksibilitet vedrørende tidspunkt for ukrudtsbekæmpelse, og at der er muligheder for at tilpasse dosis efter ukrudtsarter og ukrudtets størrelse. Majs er en afgrøde, som etablerer sig langsomt i foråret – særligt under lave temperaturer, og en effektiv ukrudtsbekæmpelse er derfor vigtig for afgrødens udvikling. Det vil derfor være relevant at have adgang til flere midler og strategier for ukrudtsbekæmpelse i majsdyrkingen. Der er ikke udført udbyttebestemmelser i demonstrationsforsøgene, men NK603 afprøves i 2009 i sortsforsøg.

4.3.2. Skadedyrresistente afgrøder

Indtil nu er der ikke udført dyrkningsforsøg med skadedyrresistente afgrøder i Danmark.

4.3.3. Sygdomsresistente afgrøder

Indtil nu er der ikke udført dyrkningsforsøg med sygdomsresistente afgrøder i Danmark.

4.4. Andre egenskaber

En plantes udbytte og produktkvalitet afhænger af en række faktorer så som klima- og jordbundsforhold, input af gødning og plantebeskyttelsesmidler, dyrkningsteknik og ikke mindst management - landmandens evne til at træffe de rigtige beslutninger. Menneskeskabte klimaændringer har stor betydning for planteproduktionen, og i fremtiden vil en afgrødes stress-tolerance få endnu større indflydelse på produktionens resultat (kapitel 6). I Danmark er anvendelse af gødning og plantebeskyttelsesmidler reguleret. Kvælstofnormen for de enkelte afgrøder er eksempelvis fastsat *under*

det økonomisk optimale niveau. Det påvirker både udbytte og produktkvalitet, og det har betydning for hvilke planteegenskaber, der medvirker til at opnå et godt dyrkningsresultat. Landbrugsproduktionens størrelse og den enkelte landmands økonomiske resultat er i stor udstrækning påvirket af afgrødens udbyttensniveau, og nye sorter udvælges på baggrund af en sorts udbyttensniveau.

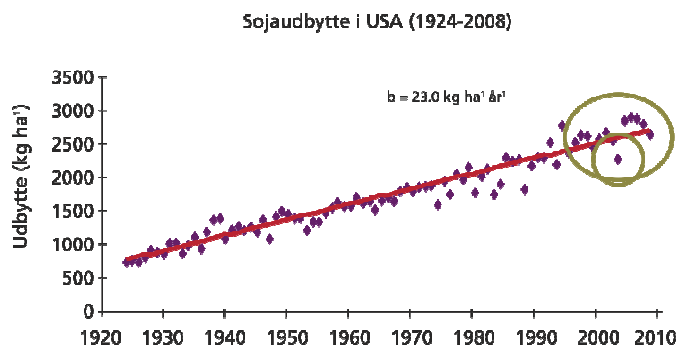
4.4.1. Udbyttensniveau

Godkendelse af en ny sort – inklusive GM-sorter – forudsætter, at sorten i to års forsøg kan dokumentere et udbytte på niveau med eller bedre end aktuelle målesorter og/eller andre dyrkningsmæssige fordele.

Herbicidresistent sojabønne er den mest udbredte GM-afgrøde i USA. Tidligere har det været vanskeligt at gennemføre en effektiv ukrudtsbekæmpelse, da sojabønne konkurrerer dårligt mod ukrudt. Efter introduktion af herbicidresistente sorter kan sojabønner nu dyrkes på arealer, som tidligere var uegnede til denne produktion, og tidspunkt for ukrudtsbekæmpelsen er ikke længere så afgørende. Produktionen er hermed blevet væsentligt mere dyrkningssikker, hvilket ses af udbyttekurven i figur 4.6 – udbyttevariationen er blevet mindre gennem de 12 år, der har været dyrkning af herbicidresistent sojabønne i USA. Overordnet set er produktionen blevet lettere og mere stabil dels på arealer, som tidligere ikke blev fundet egnet til dyrkning af soja, og dels kræves der mindre know-how fra landmandens side (8).

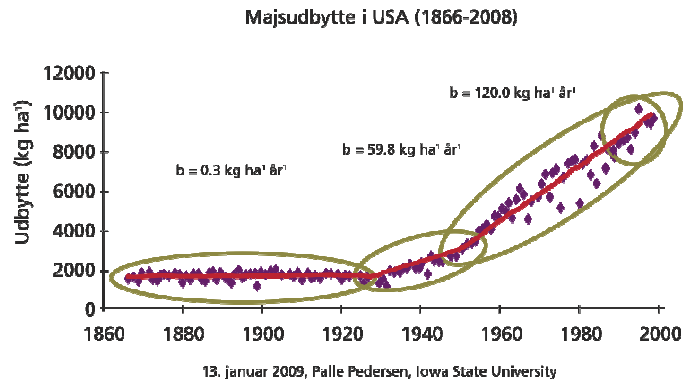
Introduktion af GM-egenskaber i soja og majs har ikke medført en større udbyttestigning, end den som hidtil er opnået gennem traditionel planteforædling, hvilket fremgår af figur 4.6 og 4.7. For majsens vedkommende har det særligt været introduktionen af hybridsorter i 1939, som gav anledning til stigende udbytte. Efterfølgende har forskellige ændringer i dyrkningspraksis yderligere forøget udbyttestigningen blandt andet ved begyndende anvendelse af handelsgødning i 1960'erne og deraf følgende dyrkning ved stigende kvælstofniveauer, kemisk ukrudtsbekæmpelse eksempelvis med midlet atrazin, som anvendes første gang i 1965, ændringer i plantetæthed etc. (9). For majs har der været tale om en seks-dobling af udbyttet i perioden fra 1939 til i dag, og denne forøgelse kan tilskrives forbedret sortsmateriale, ændret dyrkningspraksis og samspillet mellem disse faktorer.

Figur 4.6. Soyaudbytte i USA i perioden 1924-2008. Med grønt er markeret perioden for dyrkning af herbicidresistente sojabønner (8).



13. januar 2009, Palle Pedersen, Iowa State University

Figur 4.7. Majsudbytte i USA i perioden 1866-2008. De grønne cirkler markerer anvendelse af forskellige forædlingsteknikker (8).



4.5. Erfaringer vedrørende spredning

Gener fra GM-afgrøder kan spredes via pollen og frø, og spredningen kan forekomme ved:

- krydsbestøvning med pollen fra GM-planter eller hybrider mellem GM-planter og ukrudt
- fremspiring af GM-spildplanter
- anvendelse af udsæd med utilsigtet indhold af GMO
- ved maskinfællesskab samt
- under transport og håndtering

Der er således tale om spredningsveje, som er karakteriseret af afgrødens biologi samt spredningsveje, som er relateret til den menneskelige håndtering.

4.5.1. Krydsbestøvning

Planter formerer sig fortrinsvis efter forudgående selv- eller krydsbestøvning (fremmedbestøvning), men selvom arter kategoriseres i forhold til deres bestøvningssystem, kan der være afvigende planter. Eksempelvis kan hvede, som er selvbestøver, have en vis grad af krydsbestøvning. Da pollen kan transporteres med vind eller insekter over store afstande, kan krydsbestøvning sjældent undgås, men omfanget kan reduceres betydeligt ved at overholde afstandskrav mellem marker med samme afgrøde. De afstandskrav, som er nødvendige for at opnå en krydsbestøvning under et givent niveau, varierer fra art til art og afhænger endvidere af markstørrelse og lokale forhold som eksempelvis topografi og beplantning. Spredning af GM-planter kan ligeledes forekomme ved krydsbestøvning mellem en afgrøde og ukrudtshybrider eller spildplanter fra tidligere dyrkede GM-afgrøder. Denne spredningskilde kan reduceres ved at slå markskel og vejrabatter før frøsætning, bekæmpe spildplanter samt eventuelt ved at afhøste markkanten separat.

4.5.2. Frøspredning/spildplanter

Planter, som etableres fra frø, overligger eller rodudløbere fra tidligere dyrkede afgrøder på arealet, betegnes spildplanter. I afgrødens modningsperiode og under høst er det stort set umuligt at undgå spild, men hvorvidt dette 'spild' giver ophav til en ny plante afhænger af plantens biologi som eksempelvis frøenes spredningsveje og overlevelsessevne i jord. For kornafgrøder er frøenes overlevelsessevne kort (< 1 år), medens frø af raps og kløver kan overleve helt op til 20 år. Frøenes overlevelsessevne er i høj grad påvirket af tidspunkt og metode for jordbearbejdning. De frø, som indarbejdes dybt i jorden umiddelbart efter høst, vil overleve længst. Reduktion af jordens frøpulje og potentiel spredning af GM-planter via spildfrø kan opnås ved at opretholde et dyrkningsinterval det vil sige et antal vækstsæsoner fri for afgrøden, inden den igen dyrkes på det pågældende areal. I de mellemliggende år/afgrøder skal spildplanter bekæmpes, hvilket kan ske ved kemisk eller mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Der kan i den forbindelse være behov for at tilrettelægge afgrøderækkefølgen i sædskiftet, således at en effektiv bekæmpelse af spildplanter bliver mulig. Spildplanter kan endvidere etableres fra frø, som er spredt via halm eller andre planteprodukter.

Det er vigtigt for jordens fremtidige anvendelse, at spildplanter af GM-afgrøder og ukrudtshybrider bekæmpes effektivt i de mellemliggende afgrøder. Da spildfrø af visse arter kan ligge gemt i jorden i mange år, er en registrering af arealer, hvorpå der har været produceret GM-afgrøder, nødvendig af hensyn til jordens fremtidige anvendelse til eksempelvis økologisk produktion.

4.5.3. Udsæd

En forudsætning for begrænsning af spredning af GM-planter er, at GM-fri udsæd eller udsæd med et lavt indhold af GM-frø er tilgængeligt. I biologiske systemer spredes gener via pollen og frø. Spredningsomfanget varierer fra art til art, men er umuligt at undgå. I selve dyrkningssystemet vil der ligeledes foregå en spredning via redskaber, håndtering etc., og selv under de mest omhyggelige forhold er det umuligt at undgå at planter/frø/gener spredes. For at sikre at en ikke GM-afgrøde kan produceres med et potentielt GM-indhold under 0,9 % (det vil sige under mærkningskravet for indhold af genetisk modificeret materiale) er det helt afgørende, at produktionen har udgangspunkt i frø/udsæd med et lavere GM-indhold. Den danske sameksistensrapport konkluderer, at for hovedparten af afgrøder, som dyrkes i Danmark, er sameksistens mellem GM-, konventionelle og økologiske afgrøder mulig ved overholdelse af retningslinier til reduktion af pollen- og frøspredning. Denne konklusion tager udgangspunkt i de tidligere foreslåede tærskelværdier på 0,3-0,7 % GM-frø i konventionel udsæd og 0,1 % i økologisk udsæd. Det vil variere fra afgrøde til afgrøde, hvor lavt indholdet af GM-frø i udsæd skal være for at sikre, at produktet kan holdes under mærkningskravet. Som nævnt i kapitel 2.4.3 er der endnu ikke fastlagt tærskelværdier for GM-frø i udsæd.

Udsædsproduktion er ofte koncentreret i bestemte geografiske områder eksempelvis i relation til klimatiske forhold, infrastruktur, landmændenes ekspertise m.m. Eksempelvis foregår næsten hele Europas produktion af roefrø i Italien og Frankrig. Langt størstedelen af Europas rapsudsæd er produceret i Frankrig og Tyskland, og ca. 80 % af EU's produktion af hvidkløverfrø er placeret i Danmark. Sikring af udsæd med et lavt indhold af GM-frø, som imødekommer de fastlagte tærskelværdier er derfor et internationalt anliggende og en grundforudsætning for at begrænse spredningen af GM-planter.

4.5.4. Maskinfællesskab, transport og håndtering

Visse landbrugsmaskiner er stort set umulige at rengøre fuldstændig – som eksempelvis en mejetærsker. Maskinfællesskab inklusive anvendelse af samme maskinstation mellem en GMO-producent og en økolog eller ikke GMO-avler kan dermed være en kilde til spredning af GMO. Denne spredningskilde kan reduceres ved at rengøre landbrugsmaskinerne omhyggeligt, i de tilfælde hvor det er muligt eller ved helt at untlade maskinfællesskab for eksempelvis høstmaskiner. GMO kan ligeledes spredes under transport og håndtering (tørring, rensning etc.). Frø af GM-afgrøder bør altid transporteres i lukkede containere for at undgå spredning, og desuden bør anlæg til tørring, rensning og opbevaring rengøres omhyggeligt. Spredning af GMO under håndtering kan undgås under forudsætning af, at der udvises den fornødne omhyggelighed, men denne 'omhyggelighed' vil som regel medføre øgede produktionsomkostninger. Det vil dog være umuligt fuldstændigt at eliminere risikoen for menneskelige fejl og deraf følgende risiko for spredning.

4.5.5. Landbrugsstrukturens betydning for spredning

Bedrifts- og markstørrelse har betydning for spredning af GMO. Da pollenspredningen aftager med stigende afstand til GM-kilden, vil der være relativt mindre spredning af GM-pollen ind i en stor mark end i en lille mark. Tilsvarende vil det være lettere at planlægge sædskiftet på en stor bedrift, så der opnås tilstrækkelig afstand mellem afgrøder til at forhindre/reducere indbyrdes krydsbestøvning. I mange tilfælde vil det dog være nødvendigt at aftale markplacering med naboerne.

4.5.6. Produktionsforholdenes betydning for spredning

I Danmark foregår planteproduktion i alsidige sædskifter, og der er hermed forholdsvis gode muligheder for at planlægge en afgrødefølge, som medvirker til at reducere spredningen af GMO. Der er stigende interesse for reduceret jordbearbejdning/pløjefri dyrkning, men indtil nu har denne dyrkningsform kun begrænset udbredelse i Danmark – i modsætning til Nordamerika, hvor en meget stor del af landbrugsarealet dyrkes pløjefrit med anvendelse af herbicider som eksempelvis Roundup forud for såning. På arealer, hvor der tidligere har været dyrket en Roundup tolerant afgrøde, vil spildplanterne af denne ikke blive bekæmpet. Der udøves dermed et positivt selektionstryk, hvor de

herbicidtolerante spildplanter vil favoriseres. Dette forhold har stor betydning for den uønskede spredning af GMO under nordamerikanske forhold.

4.5.7. Arealer uden for omdrift

Brakmarker, markskel og andre arealer uden for omdrift (landbrugsproduktion) kan bidrage til at opretholde en spredning af GM-planter af eksempelvis GM-græs, -kløver, -raps og ukrudtshybrider. Denne spredningskilde kan reduceres ved, at GM-afgrøder af arter, som kan etablere sig uden for landbrugsarealet, overholder afstandskrav til brakmarker og/eller, at markskel og vejrabatter slås i arternes blomstringsperiode.

4.6. Modeller for pollenspredning

Et væsentlig problem ved dyrkningen af GM-planter er, at deres gener kan sprede sig til andre afgrøder og til naturlige slægtninge. Hvis det sker, kan landbrugere, der ønsker at markedsføre afgrøder, der er frie for GM, få et problem, fordi spredning ved pollen eller frø kan medføre, at der forekommer GM-gener i deres råvarer og produkter. Spredning kan ligeledes være et problem, hvis GM-generne spreder sig til vilde slægtninge til afgrøderne. Dette kan f.eks. få konsekvenser for landbruget ved, at der bliver skabt herbicidresistent ukrudt, og for miljøet hvis der bliver skabt arter, der får en konkurrencefordel i naturen og derved påvirker den naturlige sammensætning af plantesamfundene og det dyreliv der følger med. Modeller for pollenspredning har vist sig at være et godt værktøj til at vurdere betydningen af pollenspredning og til at fastsætte isoleringsafstande mellem GM-afgrøder og andre afgrøder (økologiske og konventionelle uden GM).

Graden af pollenspredning afhænger først og fremmest af den specifikke afgrøde. Nogle afgrøder bestøver hovedsageligt sig selv (selvbestøvede). Hos fremmedbestøvede afgrøder er blomsterne tilpasset således, at bestøvningen varetages af forskellige insekter eller ved hjælp af vinden (vektorer). Disse forskellige vektorer for pollenspredningen har afgørende betydning for mængden af spredte pollen og de afstande de flyver. I det følgende vil modellerne for pollenspredning blive behandlet afgrødevis.

De beskrevne modelresultater er på et relativt generelt niveau og omfatter ikke de topografiske forhold eller forskellige scenarier for udbredelsen af GM-dyrkningen herhjemme. Der er på europæisk plan adskillige initiativer for at inkludere topografiske, driftmæssige og vejrmæssige forhold i forskellige scenarieberegninger af genflowet mellem marker af forskellige afgrøder (f.eks. 10). Modellerne, som er udviklet til forskellige afgrøder, er teknisk komplicerede og data-tunge. Der er endnu ikke nogen virksom model, som inkluderer alle vigtige faktorer for pollenspredningen af en specifik afgrøde.

Majs

Majs er et eksempel på en selvforenelig (det vil sige genetisk bestemt til at være fremmedbestøvet) og vindbestøvet afgrøde, hvilket muliggør en modellering som er tæt på de biologiske og fysiske mekanismer bag pollenspredningen som partikler i luften (11). Sådanne modeller er blevet anvendt i en rumlig model på lokal skala til at forudsige spredningen af pollen mellem majsmarker (12). Atmosfærisk partikelspredning, altså spredning gennem luften, er en proces, som er godt undersøgt, og da majs samtidig er den GM-afgrøde, som dyrkes mest i EU-landene, findes der flere pollenspredningsmodeller for majs. Principperne, som er udviklede ved modelleringen af pollenspredningen i majs, kan også anvendes til modellering af andre fremmed- og vindbestøvede afgrøder.

Rødkløver

Rødkløver er genetisk selvforenelig (dvs. rødkløver skal bestøves med pollen fra andre individer -selvinkompatibel) og bestøves udelukkende af bier (13), hvilket også gør det muligt at opstille semi-mekanistiske modeller for genflowet mellem rødkløvermarker. Ved hjælp af observerede genspredningsdata mellem enkelte blomster eller blomsterstande kan genspredningen mellem marker bestemmes i en simpel model med tre parametre (14, 15). Denne metode er brugt til at bestemme genspredningen mellem rødkløvermarker (16). Generelt afhænger resultaterne af hvilke insekter, der bestøver og disses gennemsnitlige radius for fødesøgning; men hvis markerne ligger langt fra hinanden, vil afstanden mellem markerne være den vigtigste faktor. Ved hjælp af den opstillede model er det muligt at lave forskellige scenarieberegninger over spredningen af gener mellem rødkløvermarker. Hvis for eksempel bestøvningen især varetages af humlebien *Bombus terrestris*, og rødkløvermarkerne er kvadratiske med sider på 100 m med en indbyrdes afstand på 200 m, så forventes genflowet mellem markerne at være 0,17 %.



Hvidkløver

Hvidkløver er genetisk selvforenelig som rødkløver. Den bestøves af naturligt forekommende humlebier og af honningbier. Normalt udsættes 2-3 honningbistader pr. ha i starten af kløverens blomstringsperiode, når der er et godt trækgrundlag. Bistaderne bliver stående i marken, indtil afsluttende blomstring eller til kløveren høstes. Som for rødkløver er der arbejdet med at opstille en model for genspredning, men de foreliggende resultater rummer forholdsvis stor variation.

Hvidkløver har udbredt anvendelse i både konventionelt og økologisk jordbrug, og den forekommer naturligt på mange arealtyper i Danmark. Samtidig er Danmark en betydende producent af såvel konventionel som økologisk hvidkløverfrø. Et igangværende forskningsprojekt undersøger effekten af dyrkningsteknik for genspredning i hvidkløver samt potentialet for frøspredning i afgræsningsmarker.

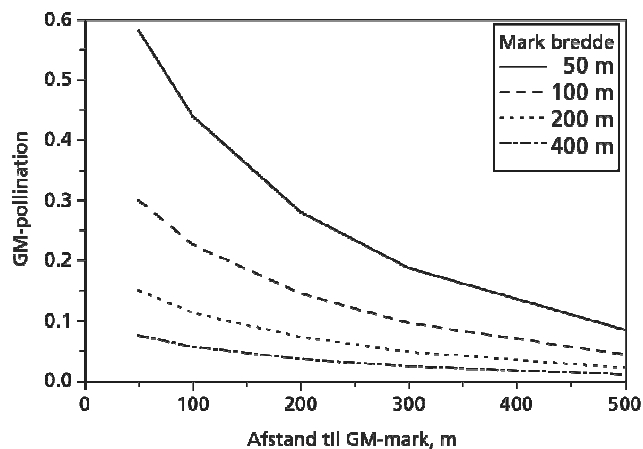
Billede: Hvidkløver er en vigtig afgrøde i både konventionel og økologisk produktion. Genspredning kan foregå både via pollen og frø.

Raps

Raps er hovedsagelig selvbestøvet (17), og da fremmedbestøvningen både varetages af forskellige insekter og ved hjælp af vinden (18), kan man ikke lave en mekanistisk model som forudsiger bestøvningen af rapsplanter. I stedet er resultaterne fra en lang række markundersøgelser over omfanget af genspredning mellem rapsmarker i blandt andet England, Frankrig, Australien, Canada, USA, Danmark og Sverige blevet sammenfattet i en såkaldt meta-analyse (19). Den viser, at hovedparten af rapspollen spredes i kort afstand fra planten, og at spredningen normalt aftager hurtigt med afstanden; dog kan en lille del af rapspollenet fra en mark spredes med vinden eller med insekter i flere kilometers afstand.

Ved hjælp af data fra de forskellige undersøgelser er der opstillet en model, der kan anvendes til at beregne, hvordan afstanden mellem markerne påvirker genspredningen samt betydningen af markstørrelsen for den samlede GM-spredning og procentdelen af GM-holdige rapsfrø (19). Modelresultaterne i figur 4.8 viser, at en øget afstand mellem en GM- og en ikke-GM-rapsmark som forventet reducerer GM-indholdet i frøene specielt i små marker. Samtidig tyder resultaterne på, at en øget markstørrelse (bredde) har den største effekt i at reducere GM-spredning til marken. Dette skyldes, at sandsynligheden for at blive bestøvet med pollen fra den mark en plante står i stiger med markens størrelse (diameter på den korte led). Andre resultater (19) tyder på, at anvendelsen af værnebælter (2-5 m af randen af mark-arealet, der ikke medtages i høsten) er en væsentligt mindre effektiv metode til at begrænse GM-indholdet end øgede isolationsafstande.

Figur 4.8. Samlet procentdel GM-holdige rapsfrø i en ikke-GM-mark i forhold til isolationsafstand og markbredde. Modelresultater for 95 % øvre sikkerhedsniveauer* er vist (19).



* 95 % øvre sikkerhedsniveau betyder, at hvis man måler 100 gange, så vil 95 af punkterne statistisk set ligge under 95 % øvre sikkerhedsniveau, og 5 af punkterne vil ligge over.

Resultaterne tyder på, at det gennemsnitlige GM-indhold i marken, kan holdes under 0,05 % ved en isolationsafstand på 50 meter, selv i små marker (figur 4.8).

Hvis der tages hensyn til de nævnte begrænsninger i form af relevante landbrugsmæssige forholdsregler, må det forventes, at en 50 m isolationsafstand mindst vil kunne holde GM-indholdet i rapsfrøene lavere end 0,1 % af den samlede høst i marken. I randen af marken vil der dog kunne være et højere GM-indhold. En grænseværdi på 0,1 % anses normalt som den i praksis laveste måleværdi, der kan påvises ved prøvetagning og efterfølgende genetisk analyse.

4.7. Forskningsresultater vedrørende landmænds tilpasning af dyrkningspraksis

I rapporten 'Miljøvenlige genmodificerede afgrøder? Vil landmændene have dem, og vil de blive brugt til gavn for naturen?' præsenterede Miljøstyrelsen i 2007 en række resultater fra fokusgruppeinterviews med 36 landmænd omkring aspekter om brug af herbicidtolerante GM-afgrøder (20). Undersøgelsen viste, at indførelse af herbicidresistente afgrøder på kort sigt ikke vil føre til, at de miljømæssige fordele, som f.eks. øget biodiversitet i og omkring marken, realiseres i fuldt omfang. Det skyldes, at landmændene først og fremmest træffer driftsmæssige beslutninger ud fra økonomiske hensyn i relation til hele bedriften, sædskiftet, og at landmændene generelt ser 'rene marker', som et symbol for det harmoniske og det rentable landbrug. Landmændene vil ikke umiddelbart være tilbøjelige til at udsætte sprøjtetidspunktet, men vil foretage behandlingen, når det passer ind i bedriftens arbejdsplan og ud fra en konkret behovsvurdering. Endelig er landmændene skeptiske over for at koncentrere ukrudtsbekæmpelsen på kun ét middel. De vil være tilbøjelige til at supplere eksempelvis Roundup-behandlingen med andre midler blandt andet for at nedsætte risikoen for udvikling af resistens i ukrudtsfloraen.

Rapporten påpeger, at den enkelte landmands holdninger og dyrkningsrelaterede vurderinger er en barriere for at realisere de mulige miljøforbedringer ved anvendelse af herbicidtolerante afgrøder. Hvis man skal opnå miljømæssige positive effekter i forhold til øget biodiversitet i og omkring marken er det en forudsætning, at landmanden er parat til at ændre sprøjtepraksis og til at afstå fra at supplere med andre herbicider.



Billede: I 2009 testes den glyfosatresistente majs (NK603) i sortsforsøg.

I 2008 blev der publiceret en svensk undersøgelse om landmænds holdning til anvendelse af GM-afgrøder (21). Undersøgelsen bygger på en spørgeskemaundersøgelse udsendt til 1000 landmænd. Hovedparten af de 680 landmænd, som svarede, var generelt kritiske over for GM-afgrøder ud fra de følgende begrundelser:

- Forbrugere er skeptiske over for produktet
- Ikke tilstrækkelig effekt over for skadegørere
- Større udgifter til udsæd
- Genspredning fra GM-afgrøde (til ukrudt og andre kulturplanter)
- Skadelig for bestøvere og andre nytte-insekter
- Skadelig for dyr og mennesker.

Ca. 1/3 af besvarelsene var neutrale over for GM-afgrøder, og der peges på følgende positive effekter af GM-afgrøder:

- Højere udbytte
- Reducerede udgifter til insekticider
- Reducerede arbejdsomkostninger
- Reduceret sundhedsrisiko for ansatte i landbruget (mindre omgang med pesticider).

Holdning til GM-afgrøder var ikke påvirket af landmandens alder, men de personer, som havde en højere uddannelse, var generelt mere positive. Samtidig var disse i hovedreglen også indehavere af de større landbrugsbedrifter.

Den svenske undersøgelse peger i overensstemmelse med Miljøstyrelsens rapport fra 2007 på landmændenes overordnede fokus på bedriftens økonomiske resultat, og at dette i stor udstrækning er koblet til deres interesse for anvendelse af GM-afgrøder.

Generelt må man tage i betragtning, at der hverken i Danmark eller Sverige er aktuelle erfaringer med anvendelse af GM-afgrøder, bortset fra de markforsøg der er foregået i begrænset skala. De refererede undersøgelser fortæller alene om forventningerne til landmænds villighed til at ændre dyrkningspraksis. Den danske undersøgelse tager udgangspunkt i herbicidresistente afgrøder, medens den svenske tager udgangspunkt i insektresistente afgrøder. I stor udstrækning kan begge 'skadevoldere' kontrolleres ud fra de kendte bekæmpelsesmuligheder (direkte bekæmpelse såvel som sædskifteplanlægning), men i det omfang ændringer i anvendelse af pesticider skaber begrænsninger i bekæmpelsesmulighederne, må landmændenes holdning forventes at ændres. De refererede undersøgelser kan næppe overføres til GM-afgrøder med egenskaber som eksempelvis højere produktkvalitet, større tolerance over for tørke etc.

4.8. Konklusion

Der har været begrænset aktivitet omkring udvikling og afprøvning af GM-planter i Danmark, hvilket afspejles i et lavt antal forsøgsudsætninger. I perioden 1991-2008 var der i alt 50 forsøgsudsætninger i Danmark mod eksempelvis 589 i Frankrig. Hovedparten af de danske forsøgsudsætninger var med herbicidresistente roer. Tilsvarende har forskningen omkring dyrkning af GM-afgrøder været beskeden og begrænser sig til forsøg med raps, roer og majs. Forsøgene i roer og raps har vist, at GM-planterne har haft et udbytte på niveau med eller lidt lavere end de afprøvede ikke-GM sorter. Majs testes i 2009 og 2010 i sortsforsøg, og her vil GM-planternes udbytte og dyrkningsværdi blive vurderet i forhold til traditionelle, ikke-GM sorter.

Udbytte er en central parameter for danske landmænds sortsvalg og for udviklingen af dansk landbrug. Den traditionelle planteforædling frembringer kontinuerligt nye sorter med højere udbytte og bedre dyrkningsegenskaber under de givne produktionsforhold. Erfaringer fra de seneste 10 års dyrkning af GM-soja og –majs i USA har vist en uændret udbyttetigning, men udbyttesvingningerne er blevet reduceret – med andre ord: GM-sorterne har gjort dyrkningen mere stabil og stiller færre krav blandt andet til jordens kvalitet og landmandens know-how. GM-sorter har ikke introduceret en forholdsvis større udbyttetigning, end den opnået via traditionel forædling. Det er en forudsætning for landbrugets fortsatte udvikling, at der sker en kontinuerlig udvikling af moderne sorter med veltilpassede egenskaber under de givne dyrkningsforhold.

Restriktioner i pesticidanvendelsen i Danmark gør det i visse afgrøder vanskeligt at gennemføre en tilstrækkelig ukrudtsbekæmpelse – dels grundet mangel på midler, som er effektive over for ukrudtet og samtidig skånsom over for afgrøden og dels grundet kravet om at reducere pesticidanvendelsen. Forsøgene med den glyfosatresistente roe (Simplex) har vist, at ukrudtsbekæmpelsen kan gennemføres med et lavere herbicidforbrug i forhold til traditionelle roeherbicer. Demonstrationsforsøg i den glyfosatresistente majs (NK603) har vist en større fleksibilitet vedrørende tidspunkt for bekæmpelse og muligheder for at tilpasse dosering i forhold til ukrudtsbestanden. NK603 kan blive den første GM-afgrøde i dyrkning i Danmark fra 2011.

Forsøg med glyfosatresistente roer har vist, at en udsættelse af tidspunkt for ukrudtsbekæmpelse øger biodiversiteten i marken, men der kræves et større forsøgsarbejde for at kortlægge de dyrkningsmæssige effekter af at udsætte sprøjte-tidspunktet i konkurrencesvage afgrøder. Endvidere bør vurderingen af en herbicidresistent afgrødes effekt på pesticid-anvendelsen udføres i en samlet sædskiftebetragtning.

Realisering af mulige miljøfordele forudsætter, at landmændene er parate til at omlægge dyrkningspraksis til at sprøjte senere i vækstsæsonen og afstå fra at supplere med andre herbicider. Både danske og svenske undersøgelser tyder på, at landmændene vil foretage ukrudtsbekæmpelsen, når det passer ind i bedriftens arbejdsplan. Endvidere vil de supplere eksempelvis Roundup-behandlingen med andre ukrudtsmidler for at undgå udvikling af resistens i ukrudtsfloraen.

Ligesom forskningen i dyrkning af GM-planter har været begrænset i Danmark, har der også kun været en meget begrænset forskning i genspredning af GM-planter. Der er gennemført modelstudier af pollenspredning i raps og rødkløver. På europæisk niveau er gennemført en lang række studier, som overordnet konkluderer, at pollenspredning kan minimeres ved overholdelse af isolationsafstand mellem marker med samme art. Der er færre studier omkring frøspredning, men denne vurderes at få væsentlig større betydning, da frøspild er uundgåeligt, og nogle frøtyper kan overleve i jorden i lang tid. De vil producere spildplanter, hvis pollen og frø kan spredes.

Der mangler endnu dyrkningsrelaterede studier vedrørende omfanget af genspredning i typiske danske sædskifter.

Referencer

1. Kjær C, Damgaard C, Kjellsson G, Strandberg B & Strandberg M. 1999. Ecological risk assessment of genetically modified higher plants (GMHP). NERI technical report, No. 303.
2. GMO-compass. <http://www.gmo-compass.org/eng/home/>
3. Flengmark P, Deleuran LC & Boelt B. 2002. Dyrkning af herbicidtolerante rapssorter i Danmark. DJF rapport nr. 76, 29 sider.
4. Madsen KH, Kudsk P, Jensen PE, Haldrup C & Jensen LS. 2001. Danske erfaringer med genetisk modificerede herbicidresistente afgrøder. 18. Danske Planteværnskonference 2001. DJF-rapport nr. 41:145-155.
5. Holst N, Axelsen JA, Bruus M, Damgaard CF, Kudsk P, Lassen J, Madsen KH, Mathiassen S & Strandberg B. 2008. Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyphosattolerante afgrøder. Effekter på floraen i mark og hegn. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, rapport nr. 121, 166 sider.
6. Oversigt over Landsforsøgene 2007 s345-377.
7. Oversigt over Landsforsøgene 2008 s348-386.
8. Pedersen P. 2009. Nordamerikansk og europæisk landbrugs konkurrenceevne. http://www.lr.dk/planteavl/informationsserier/info-planter/lpm09_shw_palle_pedersen.pdf
9. Lee EA. & Tollenaar M. 2007. Physiological Basis of Successful Breeding Strategies for Maize Grain Yield. *Crop Sci.* 47 (53) 202-215.
10. Gorellia S, Santuccia A, Balducci E, Mazzoncin M & Russuc R. 2008. Spatial simulation model to analyse pollen dispersal and coexistence scenarios between GM and GM-free crops. Pages 59-65 in B. Breckling, H. Reuter, and R. Verhoeven, editors. *Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales*. Peter Lang, Frankfurt.
11. Klein EK, Lavigne C, Foueillassar X, Gouion P-H & Larédo C. 2003. Corn pollen dispersal: quasi-mechanistic models and field experiments. - *Ecological Monographs* 73:131-150.
12. Messéan A, Angevin F, Gómez-Barbero M, Menrad K & Rodríguez-Cerezo E. 2006. New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. European Commission.
13. Free J B. 1993. *Insect Pollination of Crops*, 2 edition. Academic Press, London.
14. Cresswell JE, Osborne JL & Bell SA. 2002. A model of pollinator-mediated gene flow between plant populations with numerical solutions for bumblebees pollinating oilseed rape. - *Oikos* 98:375-384.
15. Cresswell JE & Osborne JL. 2004. The effect of patch size and separation on bumblebee foraging in oilseed rape: implications for gene flow. - *Journal of Applied Ecology* 41:539-546.
16. Damgaard C, Simonsen V & Osborne JL. 2008. Prediction of pollen mediated gene flow between fields of red clover (*Trifolium pratense*). - *Environmental Modelling & Assessment* 13:483-490.
17. Becker HC, Damgaard C & Karlsson B. 1992. Environmental variation for outcrossing in rapeseed (*Brassica napus*). - *Theoretical and Applied Genetics* 84:303-306.
18. Williams IH. 1984. The concentration of air-borne rape pollen over a crop of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). - *J. agric. Sci., Camb.* 103:353-357.
19. Damgaard C & Kjellsson G. 2005. Gene flow of oilseed rape (*Brassica napus*) according to isolation distance and buffer zone. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108:291-301.
20. Lassen J, Nielsen DF, Vestergaard L & Sandøe P. 2007. Miljøvenlige genmodificerede afgrøder? Vil landmændene have dem, og vil de blive brugt til gavn for naturen? Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, rapport nr. 112, 80 sider.
21. Lehrman A. & Johnson K. 2008. Swedish farmers attitudes, expectations and fears in relation to growing genetically modified crops. *Environ. Biosafety Res.* 7 (2008) 153-162.

5. Miljø, klima og fødevarer – hvilke effekter har GMO?

Forskningsleder Niels Holst, DJF (Introduktion, afsnit 5.7), sektionsleder Morten Strandberg, DMU og seniorforsker Gabor Lövei, DJF (afsnit 5.1, 5.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.1, 5.3.2), seniorrådgiver Gösta Kjellsson, DMU (afsnit 5.2.4), seniorforsker Vibeke Simonsen, DMU (afsnit 5.2.5; 5.3.3), seniorforsker Annie Enkegaard og seniorforsker Per Kryger, DJF (afsnit 5.4), seniorforsker Martin Tang Sørensen, DJF (afsnit 5.5.1, 5.5.2), seniorrådgiver Jan Pedersen, DTU (afsnit 5.5.1, 5.5.3) og forskningsleder John E. Hermansen, DJF (afsnit 5.6)

Når jorden dyrkes har det store konsekvenser. Jordbruget sætter rammerne for agerlandets miljø og er samtidigt det åbne lands primære erhverv. Jordbrugets grundlæggende forudsætninger er jordbund og klima, og i større sammenhæng er jordbruget én af de faktorer, som påvirker klimaet. Afgrøderne og landbrugsdriften bestemmer, hvori dyrkingen består og dermed også hvilket samspil mere præcist, dyrkingen har med miljø, klima og økonomi. Når der overvejes at dyrke nye afgrøder, såsom GMO, er det derfor relevant at overveje, hvilke afledte effekter en sådan dyrking vil have.

5.1. Positive og negative erfaringer og viden fra dyrkning af GM-afgrøder

Dyrkning af genetisk modificerede organismer (GM-planter) kan både medføre fordele og ulemper for natur og miljø. Det er i mange tilfælde et kendetegn ved dem, at det ofte er den måde de bliver anvendt på, der afgør om de kommer til at virke som en fordel eller en ulempe for landbrug, natur og miljø. Dette er særligt klart for de genmodificerede herbicidtolerante afgrøder (GMHT), som ved dyrkning uden hensyntagen til dyrkningssystemet og dets natur, kan medføre problemer med herbicidtolerant ukrudt, forarmning af flora og fauna i dyrkningssystemet og dets omgivelser, mens dyrkning af GMHT under hensyntagen til dyrkningssystemet og dets naturindhold kan medvirke til forøget biodiversitet, reduceret erosion og reduceret udvaskning af fosfor og kvælstof til vandmiljøet.

Spørgsmålet om evaluering af miljømæssige risici eller fordele er genstand for intens diskussion. Den officielle amerikanske USDA-evaluering (1) anfører for eksempel fordele ved dyrkning af GM-afgrøder, mens andre har fundet, at GM-afgrøder overhovedet ikke har indløst de lovede fordele i form af forøgede udbytter (2). I Europa er der ligeledes forskellige opfattelser. Således har adskillige lande i den Europæiske Union forbudt dyrkning af GM-afgrøder af forskellige miljømæssige grunde, mens andre lande ikke har fundet de samme grunde tilstrækkelige til et forbud mod f.eks. dyrkning. Endvidere rejser EUs Ministerråd eller nationale myndigheder jævnligt tvivl om Den Europæiske Fødevarersekretariats udtalelser, hvilket nødvendiggør fornyede overvejelser og udkast. I denne syntese har vi derfor kun anvendt kilder, som vi anser for pålidelige og uafhængige, og som kan konstateres ved evaluering af datakildernes kvalitet. Dette har for det meste udelukket referencer til erhvervsfinansierede undersøgelser (f.eks. 3). Primærpublikationer er blevet anset for mere valide end review-artikler og er blevet anvendt, hvor det har været muligt.

Fordelene ved de insektresistente afgrøder, som er gjort resistente ved hjælp af bakteriegiftstoffet *Bt*-toksin handler om, at de først og fremmest rammer skadedyrene, mens gavnlige og uskadelige insekter ikke bliver påvirket. Der eksisterer dog en lille risiko for, at arter, der er beslægtede med de skadelige insekter, kan blive negativt påvirkede. For de øvrige insektresistente afgrøder tyder meget på, at de ikke er så sikre at bruge som *Bt*-afgrøderne, blandt andet fordi der kun er få erfaringer med disse afgrødetyper. Den nævnte lille risiko ved *Bt*-afgrøderne er først og fremmest, at de kan være skadelige for arter, der er beslægtet med de skadedyr, der søges bekæmpet – f.eks. kan uskadelige sommerfugle i teorien blive negativt påvirkede af pollen fra majs, der falder på deres larvers foderplanter og ufrivilligt ædt af larverne sammen med deres naturlige bladføde.

Hvis genet, der koder for udskillelsen af *Bt*-toksin, giver afgrødeplanten en konkurrencefordel, kan den eventuelt sprede sig i naturen. Der kan også ske en påvirkning af naturen, hvis genet, der sørger for, at planten udskiller *Bt*-toksin, bliver overført til en slægtning til afgrødeplanten, hvorved slægtningen kan få en konkurrencefordel, der gør, at den kan etablere og sprede sig i naturen.

I de lande, hvor der dyrkes kommercielle GM-afgrøder, er det især herbicidtolerante og insektresistente afgrøder, der dyrkes.

5.2. Herbicidanvendelse

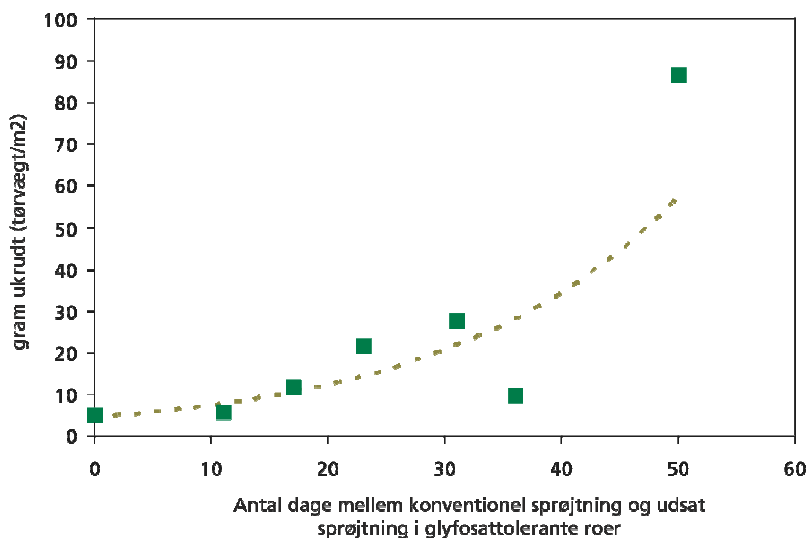
I det konventionelle landbrug er man nødt til at bruge herbiciderne på en måde, der tager hensyn til afgrøden, da mange herbicider også kan skade afgrøderne. Det kan for eksempel betyde, at man kun kan sprøjte mod visse former for ukrudt, kun kan sprøjte, før afgrøden er etableret, eller kun kan sprøjte i et kort tidsrum efter etablering. Dette betyder tilsammen, at sprøjtningen kan blive tidsmæssigt presset. Anvendelsen af afgrøder, der er tolerante over for herbicider, giver bedre mulighed for at vente med at sprøjte, til de vejrmæssige forhold er optimale.

5.2.1. Ændret sprøjtemønster

Dyrkning af herbicidtolerante roer kan, hvis man udvikler nye dyrkningsplaner, medføre en miljøgevinst, når der sammenlignes med konventionel dyrkning uden GM. Gevinsten kræver dog, at sprøjtningen bliver gennemført senere på sæsonen eller med reduceret dosis. I et dansk eksempel fra foderroer var det muligt at udsætte sprøjtningen mere end 40 dage og halvere dosis uden, at det gik ud over udbyttet (4). Forsøgene viser, at herbicidtolerancen ikke nødvendigvis medfører en miljøfordel, men at herbicidtolerancen sammen med mere miljøvenlige dyrkningsformer giver mulighed for at opnå miljøfordele, når der sammenlignes med konventionel dyrkningspraksis uden GM. Miljøfordelene er afhængige af, at landbruget benytter sig af mulighederne, hvilket kræver oplysning og kontante virkemidler, hvis den ændrede praksis skal blive udbredt i forbindelse med introduktion af herbicidtolerante GM-afgrøder (5).

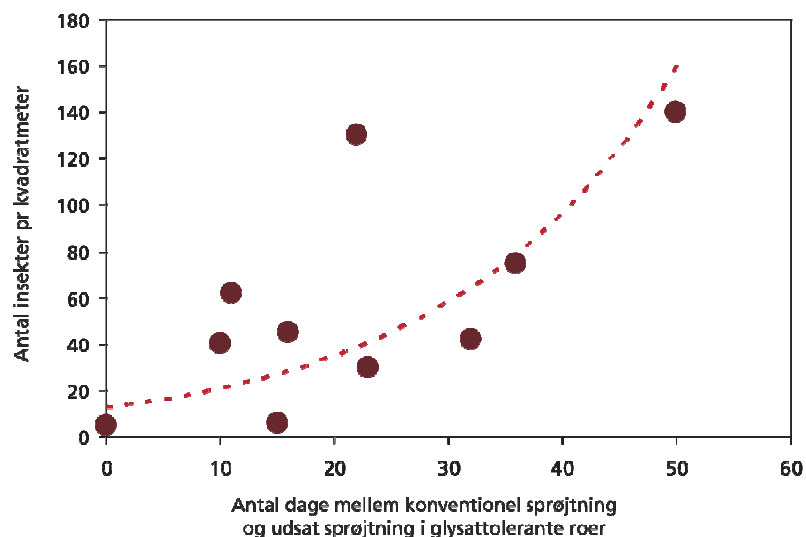
Med anvendelse af herbicidtolerante afgrøder opstår der nye muligheder for, at landmanden kan variere sit sprøjtemønster. Han kan for eksempel vælge at sprøjte med en mindre dosis eller vente med at sprøjte til et senere tidspunkt (4). Begge dele har miljømæssige fordele (figur 5.1 og 5.2). Når landmanden vælger at sprøjte senere, bliver det lettere at bedømme, om der er behov for sprøjtning, fordi det bliver synligt, om afgrøden kan udkonkurrere ukrudtet (4, 16). Erfaringer fra forsøgsudsætninger med glyfosattolerante roer i Danmark viser, at det er nødvendigt med grundig information for at få landbruget til at benytte sig af muligheden for at reducere sprøjtetosis eller udskyde sprøjtetidspunktet (6, 7, 8, 16). Der er i øvrigt meget få undersøgelser af de miljømæssige effekter af at reducere sprøjtetosis og variere tidspunktet for sprøjtningen. I England har man med baggrund i Farm Scale Evaluation (9) af fire herbicidtolerante GMO'er fundet frem til, at den simpleste måde til at kompensere effekterne af den ændrede anvendelse af herbicider er ved at lade mellem 2 % og 4 % af afgrøderækkerne være usprøjtede (10).

Figur 5.1. Effekt på mængden af ukrudt.



Effekten på mængden af ukrudt af at udsætte tidspunktet for den første herbicidsprøjtning ved dyrkning af glyfosattolerante roer (4).

Figur 5.2. Effekt på mængden af insekter.



Effekten på mængden af insekter af at udsætte tidspunktet for den første herbicidsprøjtning ved dyrkning af glyfattetolerante røer. Effekten er i dette tilfælde ikke en direkte følge af den senere sprøjtning men derimod indirekte. Den skyldes, at der er mere ukrudt at leve af, når sprøjtningen bliver udsat (4).

5.2.2. Reduceret jordbearbejdning

Jordbearbejdningen er en af de måder landbruget påvirker biodiversiteten i det dyrkede land. Effekten af jordbearbejdning på miljø og biodiversitet sker dels ved en påvirkning af jordbundsorganismer gennem en ændring af jordens struktur og forsyning med ilt og vand, dels ved en risiko for forøget erosion. Jo mindre dyrkningen påvirker jorden desto flere regnorme, smådyr og mikroorganismer kommer der i de øverste jordlag (11). Generelt er det de større dyr som regnorme, der bliver ramt hårdest af pløjning, som i visse tilfælde kan dræbe mellem 60 og 80 % af regnormene (12). Flere regnorme betyder et mere frugtbart dyrkningssystem, hvilket igen har en positiv betydning for den flora og fauna, der er knyttet til dyrkningssystemet. Modelresultater viser, at dyrkning uden pløjning, som er mulig ved anvendelse af GMHT i områder, der er udsat for erosion, kan reducere erosionen i størrelsesordenen 70 % eller mere, hvilket blandt andet skyldes, at de riller, som jordbehandlingen skaber, bliver undgået, når jorden ikke bliver pløjet (13). Rillerne virker som kanaler, hvor vandet kan få fat i jorden og føre den med sig sammen med afstrømning af nedbør. Danske resultater har vist, at pløjning forøger udvaskning af fosfor dramatisk og også forøger udvaskning af kvælstof (14).

Mulighederne for reduceret jordbearbejdning kan blive bedre ved dyrkning af herbicidtolerante afgrøder, sammenlignet med andre afgrøder (15). Den væsentligste årsag til dette er muligheden for at anvende et totalherbicid som glyfosat, der yder en næsten total bekæmpelse af ukrudt, uafhængigt af, om der er afgrøde på marken. Dette giver en sikkerhed for, at opvækst af ukrudt kan bekæmpes, selvom afgrøden er spiret. Den ensidige anvendelse af totalherbicider kan dog også have negative følger. For eksempel stiger risikoen for udvikling af resistent ukrudt (afsnit 5.2.5), som vil kræve en anden type af bekæmpelse. Desuden kan anvendelsen af store mængder af totalherbicider som glyfosat medføre en negativ påvirkning af naturen i markernes nærmeste omgivelser i form af reduceret biodiversitet, hvilket typisk vil sige øget dominans af de få græsser og urter, som bedst tåler påvirkningen (16).

5.2.3. Effekter på miljø og biodiversitet

Man kan umiddelbart forestille sig to modsatrettede konsekvenser for miljø og biodiversitet af den forøgede fleksibilitet, som glyfattetolerante afgrøder giver. På den ene side vil en udsætning af den første sprøjtning føre til, at en større mængde ukrudt står i længere tid i marken. På den anden side kan en fuld udnyttelse af glyfosats effektivitet føre til, at ukrudtet sjældent når at udvikle sig frem til frøsetning, hvorved ukrudtsbestanden vil blive reduceret på længere sigt. Dette er påvist både for herbicidtolerante røer og majs. Herbicidtolerante afgrøder giver således både mulighed for at forøge og at reducere biodiversiteten (16). I 1998 besluttede de engelske myndigheder at undersøge, hvilke effekter

dyrkning i større skala medfører for biodiversiteten i agerlandet. Denne beslutning førte til en landsdækkende og meget kendt undersøgelse under navnet "Farm Scale Evaluation".

Farm Scale Evaluation undersøgelsen

I 1998 var fire genetisk modificerede herbicidtolerante afgrøder i praksis risikovurderet efter EU-direktiv 90/220/EØF om udsætning i miljøet af GMO. De var vurderet at være sikre med hensyn til menneskets sundhed og direkte effekter på natur og miljø, og stod over for at blive tilladt til markedsføring i EU (17). De fire afgrøder var vinterraps, vårraps, foder/sukkerroer og majs. Det stod derimod ikke klart, hvilke effekter de dyrkningsformer, der skulle til for at dyrke disse herbicidtolerante GM-afgrøder, ville medføre for biodiversiteten i det åbne land. Bekymringen gik på, om overvintrende sangfugle ville blive påvirket. Disse sangfugle er et vigtigt element i faunaen i Storbritannien og en referencegruppe, der anvendes som indikator for miljømæssig kvalitet. De er afhængige af ukrudtsfrø om vinteren og af leddyr om sommeren. Dyrkning af herbicidtolerante GM-afgrøder kunne tænkes at være skadelig for fuglenes formering og overlevelse. For at fremskaffe viden om effekterne af dyrkningsformen besluttede de britiske myndigheder at bevilge midler til at undersøge disse effekter i storskalaforsøg, hvor hver afgrøde blev dyrket på 60 marker over tre år. I storskalaforsøgene (betegnet Farm Scale Evaluation (FSE) blev ukrudt og leddyr (inklusive bestøvere) overvåget gennem hele den 3-årige forsøgsperiode (9). Der blev anvendt et såkaldt split-plot design, hvor hver forsøgsmark blev delt i to for at minimere muligheden for, at eventuelle effekter ikke skyldes forskelle mellem marker og "nuværende praksis".

Undersøgelsen viste, at det var forskellen i herbicidtype og sprøjtepraksis, der havde betydning for plante- og dyrelivet, og ikke om sorten var genmodificeret eller ej. Svarene var blandede grupperne imellem, men den endelige bedømmelse var, at dyrkningen af GM-sukkerroer og GM-raps var skadelige for biodiversiteten, mens dyrkning af GM-majs relativt til konventionel majs uden GM havde en positiv virkning på biodiversiteten af planter og hvirvelløse dyr (leddyr, snegle) (for detaljer se faktaboks 5.1). FSE-undersøgelsen omfattede også analyser af frøbankens størrelse og produktionen af frø hos markens vilde flora. Konklusionen var, at introduktionen af herbicidtolerante GM-afgrøder under samme dyrkningspraksis som i FSE-undersøgelsen vil accelerere den tilbagegang, der har været i floristisk diversitet i det dyrkede land siden indførelsen af mekaniseret landbrug med kemiske hjælpemidler.

Andre undersøgelser af miljøeffekter

Andre tilsvarende eksperimentelle undersøgelser af herbicidtolerante GM-afgrøder er blevet udført i andre europæiske lande, herunder blandt andet Tyskland (f.eks. 18). Der kan desværre ikke udtrækkes generelle konklusioner fra disse studier.

Efterfølgende har eksperimentelle undersøgelser (19, 10) vist, at det er muligt at udvikle dyrkningssystemer, der reducerer de negative effekter som dyrkningen af de herbicidtolerante afgrøder kan have på biodiversiteten. Der, hvor de herbicidtolerante afgrøder bliver dyrket, anvender man dog så vidt vides ikke de miljøvenlige dyrkningsformer.

Påvirkningen af jordbundsfaunaen i dyrkningssystemet er undersøgt ved eksperimentel dyrkning af herbicidtolerant (glufosinattolerance) majs i Frankrig og Danmark i det dansk koordinerede EU-FP5-projektet ECOGEN (www.ecogen.dk). Undersøgelserne sammenlignede resultaterne fra feltundersøgelser, væksthusforsøg og forsøg under kontrollerede laboratorieforhold. Der var en høj grad af overensstemmelse mellem resultaterne fra de tre forskellige undersøgelsesformer. Resultaterne viste effekter af herbicidanvendelsen på jordbundens fauna og mikrobiologi, men at effekterne var små sammenlignet med effekterne af jordbunden og den landbrugsmæssige praksis i øvrigt. Ingen af de observerede effekter skyldtes direkte effekter fra selve den genetiske modifikation (20, 21, 22).

Feltundersøgelser i Danmark

Også i Danmark er der gennemført undersøgelser af, hvordan indflydelsen af dyrkning af herbicidtolerante GM-afgrøder påvirker biodiversiteten. Undersøgelserne er dog lavet i mindre skala end FSE og kun i én afgrøde, hvilket betyder, at den generelle værdi af resultaterne er mindre end for FSE. Til gengæld har de danske studier inddraget effekten af en varieret sprøjtedosis og tidspunktet for sprøjtning. De danske resultater er dermed væsentlige med hensyn til at foreslå mulige miljøvenlige sprøjtestrategier for GMHT. I de danske undersøgelser viste Elmegaard & Bruus (6), at reduktionen af mængden af sprøjtedosis ved dyrkning af Roundup-tolerante foderroer gav mere ukrudt og dermed også flere insekter og andre leddyr i marken i forsommeren end ved traditionel dyrkning af foderroer, hvor ukrudt bekæmpes med andre ukrudtsmidler end Roundup. Undersøgelsen viste samtidig, at sprøjtning med insekticider over-skygger eventuelle positive effekter af de miljøvenlige dyrkningsformer. For andre danske afgrøder har Reddersen (23) ligeledes vist, at en øget ukrudtsmængde som følge af reduceret herbicidanvendelse kan forårsage et øget antal leddyr i marken.

Sprøjtetidspunktet spiller dog en rolle. Hvis ikke der sprøjtes senere i marker med Roundup-tolerante roer end i traditionelle roemarkers, er forholdene for flora og fauna bedst i de traditionelle marker, idet ukrudtsmængden hermed er størst her. Roundup er nemlig mere effektivt, end de herbicider man hidtil har anvendt i roer (6).

Udnyttes potentielle miljøfordele i praksis?

Det skal fremhæves, at de potentielle miljøfordele (erstatning af mere miljøskadelige herbicider med glyfosat), som flere udenlandske undersøgelser har påvist, kan opnås ved dyrkning af GMHT-afgrøder og deraf følgende mulighed for at udnytte ændret sprøjtepraksis, ikke bliver udnyttet optimalt i landbruget. Ved dyrkning af herbicidtolerante afgrøder falder nogle landmænd muligvis for fristelsen til at bruge højere herbicidkoncentrationer for at opnå en større virkning af ukrudtsbekæmpelsen eller at behandle afgrøderne, når det er belejligt (24), hvilket kan føre til udvikling af herbicidresistent ukrudt (21). I USA har flere analytikere og forskere da også vist, at anvendelsen af herbicidresistente GM-afgrøder øger herbicidanvendelsen (f.eks. 24). På den anden side har Brookes & Barfoot (25) for Monsanto ved hjælp af en problematisk anvendelig miljøbelastningsindikator (EIQ)³ beregnet en nedgang i miljøbelastningen fra herbicider på 20,9 % i sojabønner ved en formodet konventionel ukrudtsbekæmpelse på det samme areal. Under alle omstændigheder bliver det ved dyrkning af GMHT i Danmark nødvendigt at kræve miljøvenlige dyrkningsformer for at leve op til gældende danske mål om at nedbringe mængden af anvendt herbicid. Som allerede nævnt kræves der oplysning og måske yderligere lovgivning for at udbrede den ændrede miljøfordelagtige sprøjtepraksis i forbindelse med dyrkning af herbicidtolerante GM-afgrøder (5).

³ EIQ: Environmental Impact Quotient – Er en miljøbelastningsindikator som tager hensyn til en række miljøfaktorer. EIQ er problematisk fordi den er additiv/delvis additiv, benytter sig af en række faktorer hvis værdi ekspertbaseret, og endelig giver faste procenter for en nedgang i miljøbelastningen. Kritikken af EIQ skal dog ikke tages som et udtryk for at GM-afgrøderne har medført en forøget miljøbelastning med pesticider, kritikken er en kritik af metoden og dens kvantificering af nedgangen i miljøbelastningen. EIQ beregnes efter følgende formel $EIQ = \frac{C[(DT \cdot 5) + (DT \cdot P)] + [(C \cdot ((S + P) / 2) \cdot SY) + (L)] + [(F \cdot R) + (D \cdot ((S + P) / 2) \cdot 3) + (Z \cdot P \cdot 3) + (B \cdot P \cdot 5)]}{3}$ hvor DT = dermal toxicity, C = chronic toxicity, SY = systemicity, F = fish toxicity, L = leaching potential, R = surface loss potential, D = bird toxicity, S = soil half-life, Z = bee toxicity, B = beneficial arthropod toxicity, P = plant surface half-life.

Faktaboks 5.1. Resultater fra Farm Scale Evaluation i Storbritannien fra 1999-2003.

Indirekte effekter på biodiversiteten i agerlandet som følge af dyrkning af herbicidtolerante afgrøder (GMHT).

Vårraps

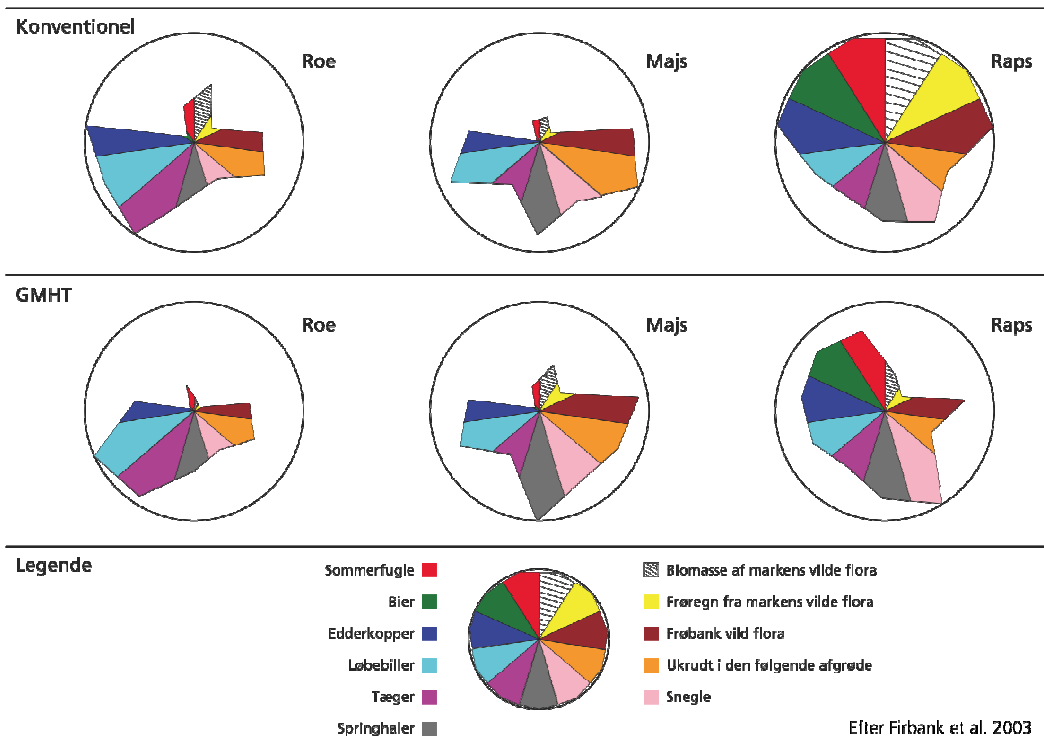
- 1,7 gange flere vilde planter i GMHT-raps før herbicidanvendelse
- 1,7 gange færre tokimbladede urter i GMHT-raps
- 5 gange færre frø produceret af tokimbladede urter i GMHT-raps
- Ingen forøgelse af frøbanken i GMHT-raps (fordobling i konventionel raps)
- 30 % færre sommerfugle i GMHT-rapsmarkens kanter

Roer

- 5 gange flere vilde planter i GMHT-roer før herbicidanvendelse
- 1,3 gange færre tokimbladede urter i GMHT-roer
- 3 gange færre frø produceret af tokimbladede urter i GMHT-roer
- Mindre forøgelse af frøbanken i GMHT-roer end i konventionelle roer
- 40 % færre sommerfugle i GMHT-roemarkers kanter

Majs

- 3 gange flere vilde planter i GMHT-majs
- 2,3 gange flere frø af tokimbladede urter i GMHT-majs
- 1,6 gange flere springhaler i GMHT-majs i sensommeren



Legenden viser, hvordan figurene skal tolkes med hensyn til dyregruppe. Derudover betyder et stort real, at der er mange dyr af den pågældende dyregruppe og et lille areal, at der er færre dyr.

Samlet set skyldes alle effekterne anvendelsen af herbicider i forbindelse med dyrkningen af GMHT, der er årsagen til de observerede forskelle.

5.2.4. Overlevelse af frø i jordens frøpulje

Frø af GM-planter og ukrudtshybrider kan overleve i jorden i adskillige år afhængig af plantearten. Generelt overlever arter med små frø længere end planter med store frø. Mens frø af kornsorterne generelt ikke overlever meget mere end et år, kan frø af raps, roer, sneglebælg og kløver overleve i 5 til måske 20 år. Overlevelsen er blandt andet afhængig af: Planteart og sort, jordtypen, jordbearbejdning og klimatiske variationer. Mængden af spildfrø i marken af specielt raps kan være betydelig og udgøre et alvorligt ukrudtsproblem på længere sigt.

Overlevelse og spredning af GM-frø via frøbanken

Frøspredning fra GM-planter kan i praksis gøre det vanskeligt at dyrke økologiske afgrøder i områder med tilsvarende GM-afgrøder, uden der sker overførsel af gener. Dette kan lovmæssigt på grund af en øvre grænse for den tilladte mængde af GM i økologiske produkter, give de økologiske avlere problemer med at få deres afgrøder godkendt som økologiske. Spildfrø fra dyrkningen kan i forskellig grad (afhængig af plantearten) overleve i jorden og etableres som tilfældige GM-plantebestande. Desuden kan der under uheldige omstændigheder ske en direkte spredning af GM-frø under transport (26) eller med markredskaber under høsten ved maskinfællesskab. Der er fastsat en tærskelværdi på 0,9 % for indholdet af GM-gener i ikke GM-afgrøder. De danske regulativer for sameksistens må forventes at sikre mod større spredning på dyrkningsarealerne og sammenblanding af GM-frø med ikke GM-dyrkningsafgrøder for de godkendte GM-afgrøder. En vis overlevelse specielt af frøene fra arter med langtidsfrøbank som raps, rajgræs og kløverarterne kan dog være vanskeligt fuldstændigt at forhindre specielt ved omdrift til brak eller græsningsarealer. Der er for nærværende for mange andre arters vedkommende ikke tilstrækkelig viden til at afgøre, hvilke betingelser der skal foreligge for at sikre mod spredning og frøoverlevelse udenfor dyrkningsarealerne.

Overlevelse af GM-frø i jorden

Levedygtighed af frø i jord er en egenskab, der giver arten mulighed for spire over længere perioder, det vil sige op til flere år. Nogle af de dyrkede kulturplanter kan således overleve længe i jorden og spire i senere afgrøder på arealet. Det bedst kendte eksempel er raps, hvis frø kan bevare spiredygtigheden i jord i en årrække. Når det drejer sig om GM-afgrøder, kan dette give landmanden øgede udgifter til bekæmpelse og/eller gøre arealet uegnet til dyrkning af økologiske afgrøder og eventuelt også af konventionelle afgrøder i en årrække. Antallet af frø pr. plante (frøproduktionen) har stor betydning for sandsynligheden for, at nogle frø spredes langt eller overlever længe som hvilende frø i jorden.

Raps er den største problemart med hensyn til lang tids overlevelse af GM-frø i jorden. De fleste dyrkede plantearter har dog denne egenskab i større eller mindre grad afhængig af blandt andet sort, jordforhold og jorddybde (tabel 5.1). Undersøgelser af konventionelle rapssorter har således vist, at der kan være store forskelle i levedygtighed blandt andet påvirket af sort og jordforhold (27). Samtidig er overlevelsen generelt stigende med stigende jorddybde (28).

I en skånsk forsøgsudsætning med en glufosinattolerant raps med en hansteril-linie og en fertilitets "restorer"-linie (det vil sige en plantelinje, der ved krydsning gendanner fertiliteten) etablerede og overlevede GM-rapsen i frøbanken i jorden i perioden 1995-2005 (29). Hvert år blev jorden pløjet og harvet før såning af hvede, byg eller roer. Fremspirede GM-raps blev i alle årene sprøjtet med forskellige herbicider, og det blev kontrolleret, at spildrapsen var fjernet ved behandlingen. Undersøgelsen viser tydeligt, hvor besværligt det er at blive af med en raps-frøbank, når den først er etableret. På trods af herbicidbehandlingen var der stadig spildraps til stede efter 10 års forløb. Også andre oplysninger tyder på, at rapsfrøene under særlige omstændigheder kan overleve i 10-15 år eller mere (30). I sameksistensudredningen blev der for GM-raps foreslået et dyrkningsinterval på mindst 8 år før dyrkning af ikke-GM-afgrøder og 12 år indtil der kan dyrkes økologiske afgrøder (31).

For kornarter, hvor persistens i jord normalt ikke er en egenskab der tillægges betydning, påviste Rauber (32), at bygkerner kan bevare spireevnen i jord i op til 15 måneder. I en anden undersøgelse af Rauber (33) fandt man store forskelle i levedygtighed mellem 2 bygsorter, hvor ca. 25 % af den ene sorts kerner stadig var spiredygtige 10 måneder efter indarbejdning i jorden.

Arter, der anvendes i græsmarkafgrøder, har også frø, der oftest har stor overlevelsessevne i jorden. Generelt har græsser med relativt små frø som f.eks. eng-rottehale (Timote) og almindelig rapgræs størst overlevelsessevne i jorden. Storførrede arter som almindelig og italiensk rajgræs, eng- og rødsvingel samt hundegræs har kortere levedygtighed (34). Frø af bælgplanter med hårde frø som hvid- og rødkløver har evnen til at overleve længe i jord (35). En tidligere undersøgelse viste, at frøbanken i danske agerjorde ikke indeholdt større mængder frø af dyrkede afgrøder bortset fra raps og byg (36).

Tabel 5.1. Overlevelse af frø i jorden af nogle vigtige afgrødeplanter.*

Frøbanktype, overlevelses-interval i antal år	Planteart
Midlertidig overlevelse, < 1 år	Havre (<i>Avena sativa</i>), hvede (<i>Triticum aestivum</i>), majs (<i>Zea mays</i>), rug (<i>Secale cereale</i>), løg (<i>Allium cepa</i>)
Korttidsfrøbank, 1- 4 år	Byg (<i>Hordeum vulgare</i>), Alm. rajgræs (<i>Lolium perenne</i>)
Kort- til langtidsfrøbank, 1- >10 år	Italiensk rajgræs (<i>Lolium multiflorum</i>), lucerne (<i>Medicago sativa</i>), pastinak (<i>Pastinaca sativa</i>), gulerod (<i>Daucus carota</i>)
Langtidsfrøbank, 5 - > 20 år	Raps (<i>Brassica napus</i>), sukkerroe, foderbede (<i>Beta vulgaris</i>), humle-sneglebælg (<i>Medicago lupulina</i>), rødkløver (<i>Trifolium pratense</i>), hvidkløver (<i>T. repens</i>), selleri (<i>Apium graveolens</i>), kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i>)

* Oplysninger om evnen til at overleve midlertidigt eller danne kort- eller langtidsfrøbank er baseret på informationer i Thompson *et al.* (37), Højland (38) samt Tolstrup *et al.* (39). De angivne tidsintervaller repræsenterer gennemsnitlige angivelser for naturlig placering i uforstyrret jord. Frøenes overlevelse vil blive længere, hvis de pløjes dybt ned og kortere ved intensiv jordbearbejdning.

5.2.5. Udvikling af resistens hos ukrudtsarter

Der er udviklet resistens blandt ukrudtsarter mod sprøjtemidler, og dyrkningsmetoder skal tage højde herfor.

Der er i dag rapporteret om adskillige ukrudtsarter, der er blevet resistente over for forskellige herbicider (www.weedscience.com). Problemet er størst i de områder, hvor der dyrkes større mængder af herbicidtolerante afgrøder. Op til 1994 blev f.eks. glyfosat ikke brugt i samme omfang som efter 1994, hvor de glyfosatresistente afgrøder blev meget mere fremherskende (40), og indtil da var der ikke rapporteret tilfælde af glyfosatresistente ukrudtsarter. Det skyldtes sandsynligvis en kombination af sprøjtepraksis og jordbearbejdning. Den ensidige anvendelse af glyfosat som plantebeskyttelsesmiddel kombineret med anvendelsen af reducerede doser af glyfosat og reduceret jordbearbejdning øger sandsynligheden for, at arter, der kan overleve lave doser af glyfosat, favoriseres og bliver til problemarter i dyrkningssystemet – ukrudtet udvikler resistens. Denne tendens er for eksempel observeret i USA hos arterne hvidmelet gåsefod og snerle-pileurt (41, 42). Hvis der derimod blev vekslet mellem forskellige herbicider, kombineret med mekanisk jordbearbejdning, er der en større mulighed for at undgå udviklingen af herbicidtolerante afgrøder.

5.3. Insekticidanvendelse

5.3.1 Reduktion eller forøgelse af insekticidforbrug?

Muligheden for at reducere sprøjtning med insekticider i fødevarerproduktionen ved hjælp af GM-planter er først og fremmest knyttet til anvendelsen af planter, der er resistente over for visse typer af insekter, der angriber afgrøden.

Bt-afgrøder

Størstedelen af de insektresistente GM-afgrøder indeholder et bakterietoxin, der dræber visse planteædende grupper, når de æder af den toksinproducerende GM-plante (faktaboks 5.2). Sådanne planter dyrkes i adskillige lande i EU (Spanien, Tjekkiet, Slovakiet og tidligere, men ikke for øjeblikket i Frankrig og Tyskland). Fem EU-lande (Frankrig, Grækenland, Østrig, Tyskland og Ungarn) har indført beskyttelsesklausuler og tillader ikke dyrkning af sådanne afgrøder, men de dyrkes i stort omfang uden for Europa i Nordamerika, Asien (Kina og Indien), Australien samt i mindre omfang i Sydafrika, Burkina Faso og Egypten. De væsentligste afgrøder er bomuld og majs. En tidligere udvikling, Bt-kartoffel, blev indført i USA, men er siden blevet trukket tilbage på grund af afsætningsproblemer.

Faktaboks 5.2. *Bacillus thuringiensis*' virkemåde.

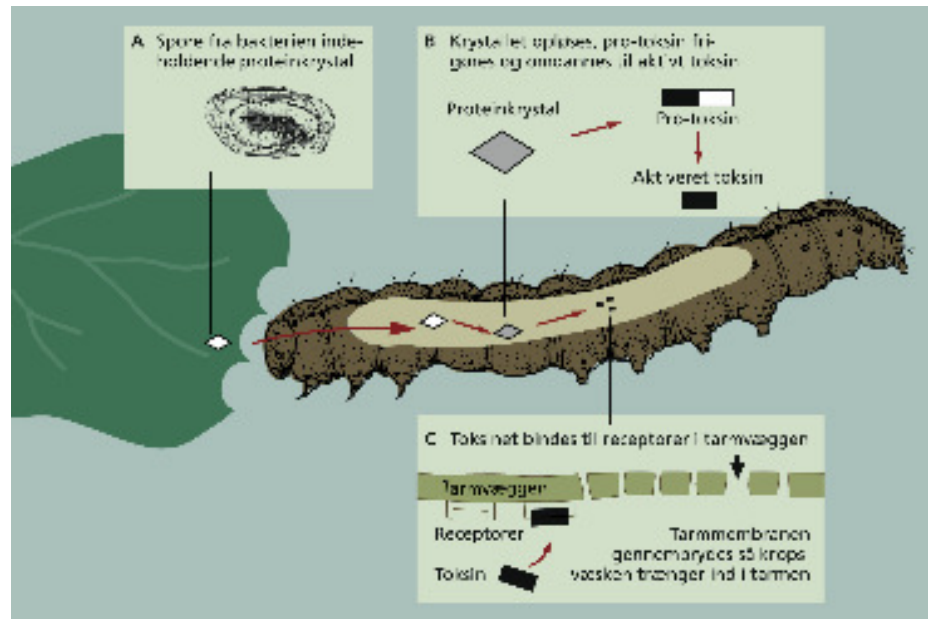


Illustration fra Miljøbiblioteksbog nr. 7

Skematisk fremstilling af *Bacillus thuringiensis*' virkemåde over for insekter, der er følsomme over for proteinkrystallet. Sporer fra bakterien indeholdende proteinkrystallet optages i larvens tarm, hvor de opløses og omdannes til et proto-toksin. Proto-toksinet deles i to dele. Den ene del (aktiveret toksin) udgør det toksin, der binder sig til tarmen og ultimativt dræber larven. Den anden del har ikke mere med historien at gøre (43).

I praksis er de insektresistente planter modificerede til at producere toksiner, som naturligt dannes af bakterien *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). De insektresistente *Bt*-afgrøder har fået indsat en sekvens fra denne bakterie. Der findes flere forskellige varianter af dette *Bacillus thuringiensis*-toksin, som giver resistens over for forskellige artsgrupper af insekter. Toksinerne af denne type er i højere grad end de fleste insekticider specifikke over for de arter, der ønskes bekæmpet. Det faktum, at *Bt*-toksinet er indbygget i planten, gør oven i købet, at det overvejende er de insekter, som skader afgrøden, som bliver ramt. Det er denne specificitet der gør, at insektbekæmpelse ved hjælp af GM-insektresistens har potentiale til at være mere miljøvenlig end traditionel insektbekæmpelse. På den anden side udtrykkes toksinet ofte i store dele af planten, hvilket gør, at det er store mængder af toksin, der bliver produceret i forbindelse med produktion af insektresistente afgrøder. Disse mængder af toksiner har gjort, at der har været fokus på at undersøge, om toksinerne fra plantematerialet kan påvirke natur og miljø ved, at plantemateriale, der indeholder *Bt*-toksin, påvirker uskadelige eller gavnlige insekter, eller ved at *Bt*-toksinerne frigøres under nedbrydningen af rødder og blade og herved kommer i kontakt med, og påvirker leddyr i jord- eller vandmiljøet. Eksempelvis undersøgte Rosi-Marshall *et al.* (44), om plantester fra dyrkning af *Bt*-majs i USA potentielt kan påvirke leddyr i vandløb nær områder, hvor der bliver dyrket *Bt*-majs. I laboratoriestudier fandt de, at vårfluelarver bliver påvirket af *Bt* via plantedele fra *Bt*-majs. I laboratoriet var der en 43 % øget dødelighed ved koncentrationer af majs pollen 2,75 gange højere end de mængder, der blev observeret i vandløbet.

Det er vigtigt at påpege, at effekterne i laboratoriet ikke kunne genfindes i felten (se også faktaboks 5.2). Andre har undersøgt, om der kan være effekter på mikroorganismer og jordbundsdyr ved at undersøge om nedbrydningen af plantemateriale fra *Bt*-majs var forskellig fra nedbrydningen af en sammenlignelig konventionel majs. Der blev dog ikke fundet væsentlige forskelle i nedbrydningshastigheden (45).

Andre former for resistens

Nogle indholdsstoffer i planter er naturligt forekommende og udviklet som et led i planternes forsvar mod for eksempel planteædende insekter. Disse såkaldte sekundære indholdsstoffer virker på mange forskellige måder. Nogle hæmmer de enzymer i fordøjelsessystemet, som nedbryder proteiner til aminosyrer – de kaldes proteinasehæmmere. Hvis planter indeholder høje koncentrationer af disse stoffer, kan planteædende organismer komme til at mangle nødvendige amino-

syrer. Hvis proteinasehæmmere bliver indsat i afgrødeplanter, kan det utilsigtet ramme arter som rådyr, hare, lærke, agerhøne og andre dyr, der lejlighedsvis æder afgrøderne. Et andet problem er, at ændret forekomst af naturligt forekommende planteindholdsstoffer i afgrødeplanter vil kunne påvirke gavnlige insekter som bier, der medvirker til bestøvning af mange afgrøder (46) eller rovinsekter, der æder de skadelige insekter. Ifølge et review af Lövei *et al.* (47) kan man ikke konkludere, at proteinasehæmmere generelt er sikre med hensyn til forekomst af negative effekter på gavnlige insekter (afsnit 5.3.2). Det vil med andre ord sige, at anvendelse af proteinasehæmmere og sikkert også mange andre naturlige forsvarsstoffer i GM-planter stiller særlige krav til risikovurderingen og de data, der skal indgå i denne.

Bladlus, der kan være alvorlige skadedyr på mange danske afgrøder og er det alvorligste skadedyr i korn, har ikke proteiner i deres fordøjelsessystem. De optager aminosyrer (bestanddele af proteiner) direkte fra saften i planternes ledningsvæv. Bladlus rammes derfor ikke af proteinasehæmmere og heller ikke af *Bt*-toksin. Det betyder, at afgrøder med proteinasehæmmere og *Bt*-toksin ikke er beskyttet imod bladlus. Det kan derfor alligevel være nødvendigt at foretage kemisk bekæmpelse, hvorved en positiv miljøeffekt af gensplejsningen relativt til konventionelle afgrøder reduceres væsentligt. Bladlus kan dog potentielt bekæmpes ved hjælp af genteknologien. Det har vist sig, at genet, der koder for proteinet GNA (*Galanthus nivalis agglutinin*), der findes i vintergækker, ved indsættelse i kartoffelplanter virker hæmmende på bladlusenes fødeindtag, vækst og reproduktion (9). Men det har desværre også vist sig, at nyttedyr ligeledes kan få nedsat reproduktion og større dødelighed, når de æder de påvirkede skadedyr (48).

Insektresistente afgrøders evne til at reducere forbruget af insekticider er mest oplagt i de afgrøder, der kræver flest behandlinger i den konventionelle dyrkning uden GM. Her er bomuld et godt eksempel på en afgrøde, som kræver et højt antal, hvilket vil sige mellem 15 og 30 behandlinger med insekticider som ofte både er skadelige for mennesker og natur og miljø (49, 50). I en sammenlignende undersøgelse af 2 bomuldsmarker i Arizona blev det fundet, at anvendelsen af *Bt*-bomuld mere end halverede forbruget af insekticider (51). Reduktionen havde ydermere den fordel, at antallet af nyttige insekter var højere i *Bt*-bomulden end i den konventionelle bomuld.

5.3.2. Effekter på miljø/biodiversitet på mark/gårdniveau, i jorden og på regionalt niveau

Dyrkning af insektresistente GM-afgrøder anføres af flere forfattere at have flere positive fordele, herunder færre pesticidbehandlinger (51), og dermed reduceret insekticidbelastning af miljøet (52). Specielt ved dyrkning af bomuld er der en markant reduktion af anvendelsen af insekticider (53). Der er imidlertid forskellige meninger angående de overordnede virkninger især fra USA og Kina (54), og den virkelige situation kan vanskelig bedømmes for nuværende. Generelt set synes der at være potentiale til at spare på pesticider. Imidlertid kan situationen hurtigt ændre sig – på grund af den selektive eliminering af visse grupper af skadedyr (*Lepidoptera* (sommerfugle, møl)) kan andre grupper (bladlus og tæger) forøges kraftigt, hvilket nødvendiggør flere insekticidbehandlinger (55). To yderligere kilder til bekymring er udviklingen af resistens mod det virksomme stof i GM-afgrøden i målorganismene (afsnit 5.3.3) og virkningen af insekttolerante GM-afgrøder på uskadelige planteædende insekter, på naturlige fjender og bestøvere, på fugle i agerlandet, samt afledte effekter på floraen (se nedenfor). *Bt*-afgrøderne, som er de eneste insektresistente afgrøder, der bliver dyrket kommercielt, har det hidtil været vanskeligt for insekterne at udvikle resistens over for (afsnit 5.3.3), alligevel er bekymringen for, at det skal ske stor, fordi resistensudvikling vil udgøre et stort problem både for industri, landbrug og miljø.

Effekter på uskadelige planteædende insekter (herbivorer)

Der er foretaget et stort antal af undersøgelser af mulige negative konsekvenser på uskadelige planteædende insekter ved dyrkning af *Bt*-afgrøder, og det er også blevet påvist, at *Bt*-toksinet kan påvirke følsomme arter ved en direkte giftvirkning. Disse effekter er påvist i laboratorieforsøg (56, 57, 58), medens det i naturen ikke har været muligt at påvise effekter på arter eller miljø som følge af direkte effekter af *Bt*-toksinerne (59). De effekter, der har været fokus på, er primært udvikling af resistens over *Bt*-afgrøder hos målorganismene (afsnit 5.3.3). Der kan dog også være effekter på plantearters evne til at overleve uden for dyrkningssystemet. Således fandt Kjær *et al.* (60) tegn på, at plantekonkurrencen bliver påvirket, da de undersøgte effekter af *Bt*-raps på larver af stor kålsommerfugl. Modelundersøgelserne viste, at den æglæggende kålsommerfugl ikke kan skelne mellem *Bt*-raps og konventionel raps. Tværtimod havde den en tendens til at vælge *Bt*-rapsen, måske fordi *Bt*-rapsen ikke producerer så mange sekundære indholdsstoffer (afsnit 5.3.1.). Larverne spiser af *Bt*-rapsen i ca. 5 minutter, hvorefter de bliver inaktive og dør. Den afledte effekt på plantekonkurrencen opstår, fordi den insektresistente raps i mindre grad bliver spist af herbivorer, hvilket gør, at rapsplanterne klarer sig bedre i naturen. Dermed øger *Bt*-rapsen ifølge den anvendte model sine muligheder for at etablere sig i naturen. Modellen tager dog ikke hensyn til herbivore insekter, som ikke bliver påvirket af *Bt*-toksinet.

Effekter på naturlige fjender og bestøvere

Indvirkning på gavnlige økosystemydelse/-tjenester (inklusive bestøvere, se nærmere i afsnit 5.4) er et heftigt debatteret område (f.eks. 61). Laboratoriedata er stadig temmelig fragmentariske med kun 55 undersøgte arter af nyttedyr og 2 af bestøvere, for det meste i kortvarige forsøg (46). Vi kan endnu ikke forudsige, hvordan en ny GM-afgrøde vil påvirke økosystemydelse/-tjenester på grundlag af eksisterende data. Derfor er det nødvendigt med nye oplysninger til risikovurderingen i hvert enkelt tilfælde. Markoptællinger varierer med hensyn til detaljer, formål og værdi. En netop foretaget metaanalyse af tilgængelig viden (62) tyder på, at miljøfordele er mulige i forbindelse med *Bt*-afgrøder, og – under disse betingelser – ikke skader naturlig skadedyrsregulering. Dette beviser dog ikke i sig selv, at der er en miljømæssig fordel.

Den mest interessante, nye antydning af en mulig fordel i forbindelse med skadedyrsbekæmpelse stammer fra Kina (63), hvor GM-bomuld i stor udstrækning dyrkes på små landbrug. Som følge heraf er små pletter af denne GM-afgrøde spredt ud over det dyrkede landskab, og dette har en bekæmpende virkning på det væsentligste skadedyr i andre afgrøder. Dette væsentligste skadedyr, bomulds møllet *Helicoverpa armigera*, fouragerer på bomuld, majs og adskillige grøntsager. En optælling på landskabsniveau over flere år i det nordøstlige Kina, viste, at individtætheden af dette skadedyr ikke kun blev bremset i GM-bomuld men også i de andre afgrøder, der er vært for dette skadedyr. Dette nedsætter behovet for at bruge sprøjtemidler mod dette skadedyr.

Effekter på fugle i agerlandet

En af de almindelige naturoplevelser, som vel nok alle holder af, er at høre lærkens sang i det åbne land. Hvordan vil GM-afgrøder med insektresistens kunne påvirke antallet af lærker og dermed muligheden for at opleve lærkesang? Det er blevet vurderet ved hjælp af en matematisk simuleringmodel, der sammenlignede lærkernes ynglesucces i marker med insektresistent vårbyg og almindelig vårbyg (64). Simuleringerne blev baseret på indsamlinger af de insekter, som udgør lærkernes føde i yngletiden fra pesticidsprøjtede og usprøjtede marker over en periode på 3 år. Simuleringerne viste, at lærkernes ynglesucces ville være halveret i to ud af tre år, hvis afgrøden indeholdt resistens overfor insekter. I det tredje år viste simuleringerne en stigning på 25 % i ynglesuccesen for den insektresistente afgrøde. Den reducerede ynglesucces i den insektresistente afgrøde i de to år skyldes primært, at afgrødetilknyttede arter ikke findes i marken. I det tredje år opvejes denne mangel af flere andre insekter på ukrudt og jordoverflade, som har gavn af insektresistente afgrøder, der ikke sprøjtes med insektgifte. Da simuleringernes resultat varierer fra år til år, giver de ikke noget klart svar på, om insektresistente afgrøder må forventes at påvirke antallet af lærker i det åbne land. Da simuleringerne peger på en negativ effekt, bør dette undersøges nærmere (65). Sådanne undersøgelser kunne f.eks. inkludere en længere periode end tre år, således at en afgrødetilpasset fauna får bedre tid til at etablere sig.

Afledte effekter på floraen

Økologisk modellering baseret på forsøg med kålsommerfugl og raps har sandsynliggjort, at *Bt*-raps ved et højt herbivortryk kan invadere naturlige habitater, der i øvrigt har betingelser, som gør, at en-årige planter som raps kan konkurrere (66). Det vil sige, at der skal være en vis grad af forstyrrelse, som skaber blottet jord, hvori frøene kan spire. Herudover vil invasion af naturlige habitater kunne påvirke følsomme herbivorer i naturlige habitater, når disse lægger deres æg på *Bt*-planterne. Denne forsøgsbaserede modellering viser, at problemstillingen omkring påvirkningen af naturområder via udvikling af mere konkurrencesterke arter er mulig, men det mangler stadig at blive undersøgt, om det i den aktuelle situation kan have reel biologisk betydning for de modtagende økosystemer. Den viden, der er på området, er overvejende baseret på erfaringer fra invasionsbiologien og fra studier af plantekonkurrence, som typisk er udført i kontrollerede forsøg med to arter.

Den anvendte økologiske konkurrencemodellering, der kan forudsige sandsynligheden for, at en transgen art kan invadere naturlige habitater, udgør et første trin på vejen mod at foretage den kvantitative risikovurdering af genetisk GM-planter, som er beskrevet i udsætningsdirektivet (se også kapitel 2).

Effekter af dyrkningen af afgrøder der udtrykker *Bt*-toksiner – ECOGEN-projektet

Det dansk koordinerede EU-projekt ECOGEN undersøgte, hvorledes dyrkningen af *Bt*-majs påvirker udvalgte dele af jordens mikroorganismer og fauna. Effekterne af *Bt*-majs blev undersøgt på en lang række organismer både i feltforsøg i Frankrig og Danmark og i kontrollerede forsøg i laboratoriet. Det generelle billede var, at der var få effekter af den genetiske modifikation. Undersøgelserne viste, at der ikke var effekter på plettet voldsnegl, springhaler, fløjlsmidler, fedtmider, rovmidler, pansermider, og mykorrhiza efter 3 måneder (67). Blandt de fundne effekter var en lille effekt på jordbundsorganismerne i feltforsøg på lerjord, disse effekter var dog ikke større end de effekter, der sås mellem forskellige varieteter af konventionel majs uden GM, og effekterne var under alle omstændigheder mindre end effekterne af insekticidet dimethoat (68). Derudover blev tilvæksthastigheden hos plettet voldsnegl påvirket efter 10 måneder på en

ren diet af *Bt*-majs (Cry1Ab event MON 810) (25 % nedgang) (69), hvilket viser, at der kan være grund til at udføre langtidsundersøgelser. Det resterer dog stadig at forklare mekanismerne, der giver den nedsatte tilvækst hos den undersøgte snegl, og samtidig skal man være opmærksom på, at 10 måneder på en ren *Bt*-majsdiet repræsenterer en worst-case situation.

Overførselsværdi af resultater fra laboratorium til felt

De fleste undersøgelser er blevet foretaget i laboratoriet eller lille målestok. Det er ikke klart, hvor relevante disse er for dyrkning af GM-afgrøder i stor målestok. Erfaringer fra flere undersøgelser, der viser effekter i laboratoriet, viser sig af forskellige årsager at være uden betydning i felten. Eksempelvis viste en feltvurdering af de effekter af majs pollen, der blev fundet på monarksommerfuglen i laboratoriet, at effekterne var mindre end ved konventionel bekæmpelse med insekticider (56, 57). Endvidere er koncentrationen af *Bt*-toksin i den majs, der blev anvendt af Sears *et al.* (57), højere end i de majs linier, der anvendes i dag (59) (se også faktaboks 5.3).

Fordelen ved undersøgelser i lille skala er, at de er relativt billige og kan give nogle hurtige resultater, som kan bruges som indikation på effekter, der efterfølgende kan valideres i feltundersøgelser, men der er ingen klare retningslinjer for overførsel af erfaringer fra laboratorium og væksthus til felt i den økologiske metodologi.

Faktaboks 5.3. Effekt af *Bt*-toksin i feltforsøg.

Larver af monarksommerfugl
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Danaus_plexippus-caterpillars.jpg

Laboratorieundersøgelser, der påviser effekter af *Bt*-toksin på beslægtede leddyr som for eksempel undersøgelser af monarksommerfuglens følsomhed over for *Bt*-toksin (56, 57, 43) af vårfuellarvers følsomhed har ved kontrol i feltforsøg ikke kunne eftervises. Og hvis man holder de modelberegnedede effektniveauer op mod effekten af den insekticidanvendelse som *Bt*-afgrøden erstatter, repræsenterer de nævnte tilfælde en reduktion af miljøpåvirkningen. Det betyder dog ikke, at de nævnte undersøgelser er forkerte eller skal forkastes. De skal blot tages som det de er, hvilket vil sige laboratorieundersøgelser, der påpeger et potentielt problem. At problemet i de aktuelle sager ikke er relevant for situationen i felten betyder ikke, at det ikke kan være relevant for andre arter under andre omstændigheder. Det har disse og lignende undersøgelser gjort klart. Samtidig peger de på, at der er problemer, der endnu ikke er undersøgt, og sandsynligvis også problemer, som endnu ikke er erkendt. Begge undersøgelser fungerer derfor som øjenåbnere for risikovurderingen ved at inkludere mulige effekter, som hidtil ikke har været inkluderet i risikovurderingen. For sommerfuglene er der noget, der tyder på, at andre arter, specielt dagpåfugleøje, kan være mere følsomme end monarksommerfuglen (70 og kilder deri), og at deres fødeplanter samtidig er mere effektive til at opfange pollen fra majsplanterne (70 og kilder deri*).



* Bemærk, at de resultater, som Lang *et al.* 2007 refererer til, er publiceret på ungarsk og i øvrigt er omdiskuterede, specielt med hensyn til relevans, da arten dagpåfugleøje er en i Europa vidt udbredt art, som dog er fredet i Ungarn. Som et minimum peger undersøgelserne af dagpåfugleøje og andre arter i Ungarn dog på, at effekter af pollen fra *Bt*-majs er noget, der trænger til at blive undersøgt bedre, både med hensyn til variation i eksponering og følsomhed hos ikke mål-organismer.

5.3.3. Udvikling af resistens hos insekter

På lignende vis som hos ukrudtsplanter vil der blive udviklet resistens mod insekticider blandt insekter, og dyrkningsmetoder skal tage højde herfor

Udvikles resistens overfor en given GM-afgrøde bortfalder grundlaget for dyrkning af denne og dermed de eventuelle miljømæssige fordele derved. Det er et velkendt fænomen, at insekter kan udvikle resistens mod forskellige insekticider, f.eks. stuefluens resistens mod DDT (gennemgået i 71), men at anvendelsen af insekticider kan have mange sekundære effekter på økosystemerne. Da GM-afgrøder som *Bt*-majs og *Bt*-bomuld dyrkes i større omfang, har foreløbigt to insekt-

arter (*Helicoverpa zea* og *Plutella xylostella*) udviklet resistens mod *Bt*-toksiner, men andre insekter har potentialet til at gøre det (72). Derfor er det nødvendigt at videreudvikle gener for nye *Bt*-toksiner, som har den fornødne virkning på skadevolderne. En af de muligheder, der er forsøgt, er at indbygge gener for flere forskellige *Bt*-toksiner, såkaldte "stacked events" (afsnit 6.4.2), men det er sandsynligvis ikke den optimale løsning, da nogle af de insekter, der har udviklet resistens mod et bestemt *Bt*-toksin, også kan udvise mere eller mindre resistens mod andre *Bt*-toksiner (63). Dyrkningsmetoder, hvor afgrøderne har forskellige *Bt*-toksiner, og hvor landskabsstrukturen giver insekterne refugier både inden for marken og udenfor, kan være med til at forhale udviklingen af resistens. Et bedre kendskab til, hvorledes toksinerne virker på insekterne, kan måske føre til produktion af nogle mere velegnede genetisk modificerede planter (73).

I I-landene findes der særlige bestemmelser, der skal begrænse resistensudvikling, og mens de præcise detaljer i disse løbende ændres, synes styringen indtil videre at være effektiv (74).

5.4. Honningbier og GM-planter

Honningbier er vigtige i forbindelse med vurderinger af GM-planter eventuelle negative indvirkninger på miljøet og i forbindelse med vurdering af potentialet for spredning af transgener. Honningbiernes blomsterfasthed og store pollenforbrug og fourageringsområde gør dem til væsentligste bestøvere af dyrkede og vilde planter. Honningbier har som følge heraf en meget stor økonomisk, økologisk og samfundsmæssig betydning.

I Enkegaard & Kryger (75) gives med fokus på dyrkningsgodkendte (eller ansøgt godkendte) GM-afgrøder et overblik over den eksisterende viden vedrørende GM-planter mulige indflydelse på honningbier samt vedrørende honningbiernes mulige spredning af transgener i miljøet. Ligeledes omtales den aktuelle, tosidede problemstilling vedrørende forekomst af GM-materiale i honning – dels det hypotetiske aspekt vedrørende potentiel spredning af transgent materiale i fødekæden, dels aspektet vedrørende skelnen mellem GM-materiale med ophav i fødevarer godkendte eller ikke-fødevarer godkendte GM-afgrøder. Nedenstående er et sammendrag fra Enkegaard & Kryger (75), hvortil der henvises for flere detaljer samt referencer.

Effekter på honningbier

Direkte effekter på honningbier kan opstå, hvis de æder GM-pollen, der udtrykker den transgene egenskab eller nektar fra GM-planter. Effekten vil afhænge af det konkrete transgene produkt og den konsumerede mængde. Der foreligger en række studier til undersøgelse af effekt på honningbier af GM-planter, der er baseret på toksiner fra *Bacillus thuringiensis* (*Bt*-toksiner) og proteinasehæmmere. Forsøg med oprensede *Bt*-toksiner og intakt *Bt*-GM-pollen tyder på, at *Bt*-GM-planter er sikre for honningbier, mens visse oprensede proteinasehæmmere kan påvirke honningbiernes udvikling og levetid. Der er kun få undersøgelser af effekt på honningbier af GM-planter baseret på glucanase-, herbicidresistens-, kitinase-, lektin- og biotinbindende-gener. De to første typer antages dog at have begrænset effekt, da bier mangler substraterne for de indspilede enzymer. For de øvrige GM-typer er generelle konklusioner ikke mulige. Det skal dog understreges, at der kun er kommercialiseret planter med *Bt*-toksin rettet mod insektskadevoldere samt planter med herbicidresistens. De øvrige typer, der er nævnt ovenfor, har kun været anvendt i forsøgsudsætninger.

Indirekte effekter på honningbier kan opstå, hvis den genetiske transformation fører til utilsigtede ændringer i plantens fænotype (f.eks. ændret kvalitet/mængde af pollen/nektar; ændret attraktivitet). Forskelle i nektarmængde og sukkerindhold er påvist for visse GM-planter baseret på *Bt*-, kitinase- eller proteinasehæmmer-gener, men ikke for andre. Der er kun få undersøgelser af GM-planter attraktivitet for honningbier og af konsekvenser for honningbier af ændringer i agroøkosystemforhold som følge af ændret dyrkningspraksis for GM-planter.

Spredning med honningbier

Kun få studier har søgt at klarlægge honningbiernes rolle i den spredning af transgent pollen fra GM-planter til planter af samme art eller til nærtstående plantearter, som er dokumenteret i flere tilfælde. For visse GM-planter (f.eks. raps) er det dog vist, at honningbier kan medvirke ved kortdistance (under 10-11 m) spredning til konventionelle afgrøder, og at de eventuelt bidrager til en lav og sporadisk spredning over længere afstande (under 1,8 km). Oplysninger om honningbiernes medvirken til spredning af transgener fra GM-afgrøder til andre plantearter foreligger ikke, men de kan antagelig bidrage til en sådan spredning, hvis 1) naturlige krydsningspartnere findes i Danmark, 2) blomstringsperioderne er sammenfaldende, og 3) både GM-afgrøden og krydsningspartnerne er attraktive for honningbier.

Horizontal genoverførsel, det vil sige genoverførsel mellem arter til andre organismer, har været nævnt som en potentiel mulighed, hvis transgent DNA frigøres fra ædt pollen og efterfølgende optages af mikroorganismer i honningbiernes tarmflora. En sådan overførsel er imidlertid endnu ikke demonstreret. Ligeledes foreligger ingen dokumenterede tilfælde af horizontal overførsel via honningbier, honning eller lignende til andre organismer associeret med honningbier, herunder mennesker.

GM-materiale i honning – spredningsrisiko?

Pollenindholdet i slynget honning (den almindeligste udvindingsmetode i Danmark) er normalt under 0,1 %. Hvis honningbier trækker på GM-planter, er der mulighed for, at GM-materiale ender i honningen og dermed en teoretisk risiko for horizontal genoverførsel til mennesker. Dette er dog aldrig blevet dokumenteret og må anses for lidet sandsynligt, da GM-materialet vil være til stede i meget lille mængde og desuden undergå nedbrydning i menneskers tarmsystem.

GM-materiale i honning

Honning med et indhold af GM-materiale (dvs. pollen) fra fødevarer godkendte afgrøder på under 0,9 % må sælges uden mærkning, mens grænsen for GM-materiale fra ikke-fødevarer godkendte afgrøder (forsøgsafgrøder og mulige fremtidige GM-non-food afgrøder) er 0 %. Denne skelnen sætter begrænsninger for salg af honning fra bifamilier, som har trukket på sidstnævnte afgrøder.

Risikovurdering af effekter på honningbier

Før GM-planter frigives, skal der i henhold til EU-regulativer foretages en miljømæssig vurdering. Risici for ikke-målvirvelløse dyr, for eksempel bier, er relevant i denne forbindelse. Nye guidelines for specifikke risikovurderingsprocedurer vedrørende dette aspekt er undervejs i IOBC-regi (International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants) med forslag om en rækkefølge af undersøgelser, der begynder med "worst-case-scenario" laboratorieundersøgelser og afsluttes med realistiske afprøvninger i markforsøg. En sådan successiv risikovurdering for honningbier kunne omfatte en række undersøgelser af voksne bier og bilarver, herunder attraktivitets-, fouragerings- og adfærdsundersøgelser samt bestemmelse af transgent udtryk i pollen og kvantificering af biernes pollenindtag.

Konklusioner

Fremtidige GM-planter kan omfatte planter med en række nye egenskaber. Disse GM-planter effekt på honningbier og honningbiers rolle ved spredning af transgent pollen fra disse vil blive vurderet fra sag til sag.

Direkte effekter på honningbier synes usandsynlig for visse typer af GM-planter end for andre. Eventuelle indirekte effekter af GM-planter på honningbiers adfærd og funktion i agroøkosystemer er vanskelige dels at forudsige og dels at undersøge, men er relevante at inddrage i en fuldt omfattende risikovurdering.

Afstandskrav og værnebælter vil kunne minimere honningbiers spredning af transgent pollen til traditionelle afgrøder af samme art, mens en minimering af spredning til andre plantearter kan være vanskeligere.

De eksisterende regler skelner mellem honning med indhold af GM-materiale af henholdsvis fødevarer godkendt og ikke-fødevarer godkendt oprindelse. Dette sætter begrænsninger for salg af honning fra bifamilier, som har trukket på afgrøder af sidstnævnte type.

5.5. Ernæringsmæssige aspekter

5.5.1. Ernæringsmæssige aspekter for husdyr og mennesker

Der kan skelnes groft mellem to hovedtyper af gensplejsning af planter i relation til de ernæringsmæssige aspekter. Dels den type hvor det netop er hensigten at modificere plantens ernæringsmæssige værdi for eksempel for at øge den ernæringsmæssige værdi for husdyr eller forbedre den ernæringsmæssige tilstand hos mennesker specielt for befolkningsgrupper, hvis kost er meget afhængig af en enkelt afgrøde f.eks. ris. Dels den type, hvor det er en dyrkningsmæssig egenskab eller andre egenskaber, der ikke relaterer sig til næringsstoffer, der modificeres, som for eksempel resistens mod et insekt eller et sprøjtemiddel. Der er gennemført forsøg med dyr med begge typer gensplejsede planter. Et nyligt review sammenfatter disse forsøg (76). De to forskellige typer af gensplejsning vil generelt give anledning til forskelligt behov for undersøgelser, herunder dyreforsøg, idet der for GM-planter, hvor der ikke er foretaget ernæringsmæssige ændringer, ikke umiddelbart er behov for yderligere undersøgelser af ernæringsmæssige forhold. For GM-planter med

ændringer i vigtige ernæringsmæssige indholdsstoffer derimod, vil supplerende undersøgelser, herunder fodringsforsøg, kunne kortlægge effekterne af den ændrede sammensætning på forsøgsdyrene.

5.5.2. Ernæringsmæssige aspekter for husdyr

Foder fra GM-planter med ændringer i ernæringsmæssige egenskaber

Der er gennemført relativt få forsøg med denne type af genmodificerede planter. Resultater fra de foreliggende forsøg tyder dog på, at det er muligt at frembringe planter med en så markant ændret sammensætning, at det kan måles på husdyrene (76).

I forsøg med GM-majs med øget indhold af aminosyren lysin var produktionsresultaterne ens for slagtekyllinger, der blev fodret med GM-majsen sammenlignet med kyllinger fodret med ikke-GM-majs suppleret med syntetisk lysin. Ligeledes er det fundet, at biotilgængeligheden af lysin fra GM-majs og ikke-GM-majs er ens (76).

Husdyrfoder sammensættes typisk af mange råvarer, og det er muligt at dække behovet for lysin og andre livsnødvendige aminosyrer med syntetisk fremstillede aminosyrer eller aminosyrer fremstillet af genetisk modificerede mikroorganismer. Behovet for de forskellige aminosyrer kan også i vid udstrækning dækkes ved en balanceret anvendelse af forskellige råvarer.

En del af en plantes fosfor indgår i et såkaldt fytatmolekyle, som ikke kan udnyttes direkte af husdyr; det skal først spaltes af et enzym kaldet fytase, som ligeledes findes i mange planter. Desuden binder fytatmolekylet sig til f.eks. jern og calcium og nedsætter derved udnyttelsen af disse stoffer. Planters indhold af fosfat, calcium og jern ville derfor blive bedre udnyttet, såfremt indholdet af fytat blev reduceret eller ved, at indholdet af fytase blev øget.

Der er gennemført forsøg både med planter med reduceret indhold af fytat og med planter med øget indhold af fytase. I begge typer af forsøg er der markant forbedret udnyttelse af fosfor (76, 77). Effekten af det øgede indhold af fytase vil også kunne opnås ved tilsætning af mikrobielt fremstillet fytase, mens der ikke p.t. er anvendelige alternativer til gensplejsede planter for at få en reduktion i fytatindholdet. I den hjemlige foderproduktion skal foderet opvarmes for at eliminere spredning af salmonella. Denne opvarmning vil normalt ødelægge aktiviteten af enzymer som fytase og derfor neutralisere en gavnlig virkning af enzymet. Imidlertid tyder nyere forsøg på, at det er lykkedes at indsætte en varmetolerant udgave af fytase, således at dens aktivitet bevares uanset, at foderet opvarmes (78).

Konklusion

Det er en gennemgående konklusion fra de foreliggende forsøg, at husdyrs udnyttelse af fosfor kan forbedres betydeligt ved anvendelse af gensplejsede planter. Forsyningen med livsnødvendige aminosyrer kan øges ved anvendelse af gensplejsede planter.

Foder fra GM-planter med modificerede dyrkningsmæssige egenskaber

For denne type af genmodificering er der gennemført en række forsøg med foder fra GM-planter og ikke-GM-planter til husdyr for at fastlægge foderværdien. Mange af forsøgene har imidlertid begrænset selvstændig værdi, fordi materiale fra én mark med GM-planten typisk sammenlignes med materiale fra en anden mark med en ikke-GM-plante. En sådan sammenligning kan ikke anvendes til at drage generelle konklusioner om GM-planten, idet eventuelle forskelle eller ligheder lige så vel kunne skyldes forskelle eller ligheder mellem f.eks. de to marker eller to vejrtyper, som det kunne skyldes forskelle eller ligheder mellem de to planter. Forsøg af denne type bør derfor inkludere materiale fra en række marker. Selvom de enkelte forsøg således selvstændigt ikke kan give grundlag for generelle konklusioner, tegner der sig alligevel et generelt billede, når alle informationer samles.

Fjerkræ. I de fleste forsøg anvendtes slagtekyllinger, men der er også enkelte forsøg med æglæggere og vagtler. Forsøgene har omfattet majs, soja, raps og hvede. Generelt rapporteres der om ens resultater for foder fra GM- og ikke-GM-planter. Desuden konkluderes det, at når der er konstateret ens sammensætning af foderet, kan det forventes, at den ernæringsmæssige værdi vil være ens for GM-foder og ikke-GM-foder (76).

Svin. Der er gennemført mange forsøg med slagtesvin. Forsøgene har omfattet majs, sukkerroer, soja, raps, ris og hvede. Generelt konkluderes det, at når der er ens sammensætning af foderet, kan det forventes, at også den ernæringsmæssige værdi vil være ens for GM-foder og ikke-GM-foder (76).

Kvæg. Der er gennemført forsøg med både kødkvæg og malkekvæg. Forsøgene har omfattet majs, sukkerroer, soja, raps, bomuldsfrø og hvede. Som for de andre husdyr konkluderes det, at når der er ens sammensætning af foderet, kan det forventes, at også den ernæringsmæssige værdi vil være ens for GM-foder og ikke-GM-foder (76).

Andre dyr. Udover de almindeligste husdyr er der også gennemført forsøg med får, kaniner og fisk. Konklusionerne fra disse forsøg ligger på linje med dem fra de almindeligste husdyr (76).

Produktionsegenskaber

I en række af forsøgene blev husdyrenes produktionsegenskaber så som vækst og helbred også undersøgt. Generelt konkluderes, at anvendelse af sammenlignelige GM- og ikke-GM-planter ikke vil resultere i forskelle i husdyrenes produktionsegenskaber (76).

Konklusion

Det er en gennemgående konklusion fra de foreliggende forsøg, at der ikke er forskelle mellem GM-planter og sammenlignelige planter med hensyn til sammensætningen af næringsstoffer eller næringsstoffernes fordøjelighed. Der kan forekomme enkelte signifikante udslag, men de betegnes som små, ikke konsistente og uden biologisk betydning. Det kan forventes, at når der er ens sammensætning af foderet fra GM-planter og ikke-GM-planter, vil også den ernærings- og produktionsmæssige værdi være ens.

5.5.3. Ernæringsmæssige aspekter for mennesker

Problemstillingen ved den sundhedsmæssige risikovurdering er meget afhængig af, om gensplejsningen har været foretaget på planter, mikroorganismer eller dyr. Kun mikroorganismer skal for eksempel vurderes på deres evne til at kolonisere tarmen.

Udover at gensplejsning kan foretages på forskellige organismer, er også formålene med ændringerne så vidt forskellige, at der internationalt er enighed om, at produkter fremstillet ved gensplejsning skal vurderes fra sag til sag.

Vedrørende den sundhedsmæssige risikovurdering er der også internationalt enighed om, at et godt udgangspunkt for vurderingen er at sammenligne den nye gensplejsede organisme med den tilsvarende ikke gensplejsede organisme. For planter sker det ved, at den gensplejsede plante og den tilsvarende traditionelle plante dyrkes side om side, hvorefter der foretages en lang række analyser på planterne, som bruges til sammenligningen. Typisk analyseres de dele af planten, der anvendes til fødevarer f.eks. kernerne fra majs og soja, for indhold af aminosyrer, fedtsyrer, mineraler, vitaminer samt de stoffer, som er kendt fra planten for at kunne ændre den ernæringsmæssige værdi. OECD udgiver rapporter, hvori der findes anbefalinger for hvilke stoffer, det ville være relevant at måle for i de enkelte planter i relation til både fødevarer og foderanvendelse. I EU guidelines for risikovurdering af GMO henvises til disse OECD rapporter.

Er de to produkter i al væsentlighed ens (**Substantial equivalence**), kan det nye produkt betragtes sundhedsmæssigt som det tilsvarende traditionelle. Er der mindre forskelle, skal risikovurderingen fokusere på disse. Her kan være tale om forskelle, der vil kræve dyreforsøg, før der kan laves en vurdering af de sundhedsmæssige aspekter ved anvendelsen i fødevarer. Ofte vil der være tale om fodringsforsøg med rotter eller mus, der tilsvarende anvendes til vurdering af andre stoffers sundhedsmæssige indvirkning på mennesker. I mange af de GMO-sager, EU har haft til vurdering, har ansøger vedlagt data fra fodringsforsøg med rotter eller mus, som grundlag for risikovurderingen. Fodringsforsøg med de nye proteiner, der dannes i den gensplejsede organisme, er ofte et krav, hvorimod fodringsforsøg med hele planter, frø eller lignende ikke har været påkrævet, men ofte lavet af ansøger. Resultaterne fra disse supplerende forsøg indgår naturligvis i risikovurderingen dog uden at de nødvendigvis tillægges større vægt, idet værdien af visse fodringsforsøg er begrænset i relation til risikovurderingen. Dette skal sammenholdes med, at der stilles krav om en lang række andre undersøgelser, herunder sammenlignende kemiske undersøgelser, der danner et vigtigt grundlag for risikovurderingerne.

Risikoen ved fødevarer fra gensplejsede planter kan være relateret til ændring i:

- næringsstoffer
- toksiske stoffer
- allergenicitet

Er formålet med gensplejsningen at ændre på den ernæringsmæssige eller sundhedsmæssige sammensætning, som det f.eks. er tilfældet med den "gyldne ris", hvor den gensplejsede ris må vurderes at være ændret på væsentlige

punkter (non substantial equivalence), vil behovet for dyreforsøg være til stede, hvor blandt andet den tiltænkte virkning af gensplejsningen undersøges.

Særlig opmærksomhed har været rettet imod risikoen for, at de nye indsatte gener kan give problemer med allergi. Dette spørgsmål vil blive afklaret i forbindelse med risikovurderingen, hvor det undersøges, om proteinet fra genet er kendt fra andre levnedsmidler, om det er varmostabil, om det let nedbrydes under fordøjelse med videre. Specielt er det vigtigt at undersøge, om donor for genet er kendt for at give allergi, og hvis dette er tilfældet at undersøge, om det er allergenet, der er overført. I et forsøg på at forbedre næringsværdien i soja ved at indsætte et gen fra paranød, blev det efterfølgende konstateret, at netop det nye protein, som blev dannet i sojabønnen, var proteinet, som personer med paranøddallergi reagerer overfor. Undersøgelser af denne art vil derfor blive krævet som grundlag for risikovurderingen.

Er der sket ændringer af næringsværdien, eller er indholdet af de naturlige giftige plantestoffer øget, vil dette blive opfanget under den sammenlignende undersøgelse.

Som et ekstra bidrag til vurderingen af, om der er utilsigtede ændringer i den ernæringsmæssige værdi, har flere ansøgninger indeholdt resultater fra fodringsforsøg f.eks. med slagtekyllinger. De hurtigt voksende slagtekyllinger anses for at være følsomme overfor mindre ændringer i næringsværdien af foderet, og sammenligningen af blandt andet tilvækst mellem kyllinger fodret med GM- og ikke-GM-planter anvendes til at vurdere, om der kunne være mistanke om negative effekter ved anvendelsen som fødevarer.

5.6. GM-afgrøders miljøbelastning i et livscyklusvurderingsperspektiv (LCA)

Ofte vurderes miljøbelastningen ved landbrugsproduktion ved de effekter, der optræder på landbrugsjorden, og de emissioner, som produktionen medfører f.eks. udvaskning af nitrat til grundvand. Miljøbelastningen udtrykkes derfor normalt pr. arealenhed, når forskellige produktionsmetoder skal sammenlignes.

Ved en livscyklusvurdering (LCA – Life Cycle Assessment) udtrykkes miljøpåvirkningen pr. produceret enhed f.eks. pr. kg produceret sukker ved forskellig metode, og miljøpåvirkninger fra alle betydningsfulde processer i livscyklusen inkluderes. Det betyder f.eks., at den miljøbelastning, der er ved fremstilling af den mængde kunstgødning, der anvendes til produktion af 1 kg sukker, inkluderes i vurderingen.

I det følgende belyses metodens anvendelighed til vurdering af GM-afgrøders miljøbelastning, og der gives eksempel på anvendelsen heraf.

5.6.1. Relevansen af livscyklusvurderingsperspektiver ved GM-afgrøder

LCA er oprindelig udviklet til brug i industriproduktionen med det formål at give virksomheder et beslutningsgrundlag til at begrænse forbruget af ikke fornybare ressourcer som f.eks. fossil energi. Senere er metoden udviklet til at dække mange forskellige miljøeffekter, og gennem de seneste år har der været stor fokus på at anvende LCA også til vurdering af miljøpåvirkningen fra fødevarerproduktionen eller rettere fødevarerforbruget. Livscyklustankegangen er således et af de fem grundprincipper i EU-kommissionens Integrerede Produkt Politik (80) og understøttes ligeledes af de Forenede Nationers miljøprogram (81). Det mest anerkendte værktøj inden for livscyklustankegangen er Livscyklusvurdering (LCA) (82, 83).

Som nævnt betyder en LCA, at man i princippet medtager alle miljøeffekter i hele produktionskæden "fra vugge til grav". For fødevarerproduktionen betyder dette livscyklusperspektiv, at det ikke kun er de miljøeffekter, der kommer fra produktionen på landbrugsbedriften, der medtages. Man medregner også den miljøbelastning, der er forbundet med produktionen og anvendelse af hjælpestoffer som f.eks. pesticider, diesel og kunstgødning.

Forskellige produktionsmetoder for landbrugsafgrøder medfører ofte et forskelligt forbrug af hjælpestoffer, et forskelligt udbytte pr. arealenhed og forskellige emissioner fra produktionen. Dette vil normalt også være tilfældet ved sammenligning af GM- og ikke-GM-afgrøder. Her udgør LCA en hensigtsmæssig metode til at sammenveje disse forskelle, således at der fås et udtryk for miljøbelastningen pr. enhed produceret landbrugsvarer.

Miljøbelastningen summeres og udtrykkes ved forskellige indikatorer, der hver især anses for relevant i den givne sammenhæng. Ideelt set ønsker man ofte at udtrykke effekter på økosystemet, på human sundhed og på ressourceforbruget. I praksis bruger man oftest mere simple indikatorer, hvor der i højere grad er enighed om metoder og data til rådighed. For landbrugsprodukter er nogle hyppigt anvendte miljøeffekt-kategorier:

- Global opvarmning – udtrykt ved CO₂ ækvivalenter
- Eutrofiering eller næringsstofbelastning - udtrykt ved nitrat ækvivalenter
- Forsuring – udtrykt ved svovldioxid ækvivalenter
- Naturbeslaglæggelse – udtrykt ved m² areal
- Økotoksicitet – udtrykt ved tri-ethylen-glycol eller chrom ækvivalenter

Udtrykket ækvivalenter dækker over, at flere forskellige stoffer/emissioner har en effekt på den betragtede kategori, og at disse så sammenvejes til en enhed. I effekt-kategorien 'global opvarmning' indgår således både den CO₂, der frigøres ved forbrænding af fossilt brændstof gennem hele produktionskæden, og den lattergas, der frigøres på marken afhængig af anvendt gødning. Sidstnævnte er korrigeret for den større drivhusgaseffekt af lattergas sammenlignet med CO₂. Tilsvarende for de øvrige kategorier. Indikatorerne er primært beregnet til at vurdere effekterne globalt, idet effekterne, der udmønter sig forskellige steder i produktionskæden, aggregeres. Det er f.eks. tydeligt med udledningen af CO₂, der frigøres ved f.eks. gødningsfremstilling langt fra den aktuelle bedrift og lattergas emissionen, der foregår på den aktuelle landbrugsbedrift.

Mens der er et meget velunderbygget rationale og stor enighed om, hvordan effekter sammenvejes for global opvarmning, næringsstofbelastning og forsuring, er der større usikkerhed, når en kategori som økotoksicitet skal sammenvejes – primært på grund af et mindre fuldstændigt kendskab til den reelle effekt af forskellige kemiske stoffer på økosystemet. Det er et område, der forskningsmæssigt arbejdes på at forbedre. Larsen og Hauschild (84) fra DTU har således som led i et europæisk samarbejde undersøgt og foreslået en metode til kvantificering af økotoksicitet for vandlevende organismer alene baseret på akutte giftigheder, hvilket er de informationer, der typisk findes for pesticider, og som således vil gøre det operationelt at inkludere denne effekt-kategori.

Én af de problemstillinger, der diskuteres ved GM-afgrøder er, om GMO påvirker biodiversiteten. I LCA bruges i nogle sammenhænge en indikator, der udtrykker reduktionen af plantearter på et antal m² som følge af ændringer i landbrugsdriften (PDF), altså eksempelvis at produktion af 1 kg majs betyder et reduceret antal arter på et antal m². Indikatoren ønskes at udtrykke såvel det, der sker på det direkte beslaglagte areal, som den effekt, der er af ændringer i f.eks. forsuring på andre arealer. Selv om der forskningsmæssigt arbejdes med at kvalificere metodegrundlag for denne indikator, er der p.t. langt fra et velunderbygget rationale og datagrundlag for at anvende indikatoren i praksis.

Sammenfattende udgør livscyklusvurdering en hensigtsmæssig måde til at bedømme, hvilke effekter der er af at erstatte en bestemt mængde afgrøde med en tilsvarende GM-afgrøde for så vidt angår effekter på global opvarmning, næringsstofbelastning, forsuring og anvendelse af fossil energi. LCA har også en logisk ramme for at vurdere effekter på økotoksicitet eller effekter på human sundhed relateret til anvendelse af f.eks. pesticider, men det eksisterende datagrundlag er utilstrækkeligt. En stor fordel ved LCA metoden er, at man kan vurdere flere miljøeffekter på samme tid, f.eks. effekt på den globale opvarmning, eutrofiering, og forsuring. På den måde er man opmærksom på "pollution swapping" - at når man løser et miljøproblem et sted, skaber man et nyt miljøproblem et andet sted i produktionskæden.

5.6.2. Gennemførte livscyklusvurderingsperspektiver på GM-afgrøder

Der foreligger så vidt vides kun to publicerede resultater vedrørende LCA for GM-afgrøder versus tilsvarende ikke-GM-afgrøder (85, 86). Den ene omhandler LCA af en GM-herbicidtolerant sukkerroefgrøde sammenlignet med ikke-GM-sukkerroefgrøde, og den anden omhandler en GM-herbicidtolerant og insektbeskyttet majs sammenlignet med konventionel majs. Begge undersøgelser er modelleringsarbejder med fokus på den forskellige anvendelse af pesticider og forskellige krav til mekanisk jordbearbejdning, mens gødningstilførsel og udbytter (tilsyneladende) er forudsat at være ens. De modellerede forskelle repræsenterer således især forskelle i ressourcer og emissioner relateret til fremstilling og brug af pesticider og markmaskiner. Sukkerroefgrødernes dyrkningspraksis repræsenterer normal praksis i England og Tyskland, mens dyrkningspraksis og pesticidanvendelse for majs var argentinsk praksis.

I tabel 5.2 er vist den relative miljøeffekt af GM-afgrøden sammenlignet med den tilsvarende konventionelle afgrøde beregnet pr. enhed høstet sukkerroe og majs-tørstof fra marken for de gennemførte kombinationer af forudsætninger.

Tabel 5.2. Relativ miljøpåvirkning ved GM-afgrøder sammenlignet med tilsvarende ikke-GM-afgrøder.

Afgrøde	Sukkerroe	Majs
Effektkategori (enhed, ækvivalenter)		
Global opvarmning (CO ₂ æk.)	65-80 %	90 %
Ozon nedbrydning (CFC æk.)	40-50 %	85-90 %
Forsuring (SO ₂ æk.)	60-95 %	Ikke angivet
Eutrofiering (PO ₄ æk.)	60-85 %	Ikke angivet
Økotoksicitet, vand (Cr æk.)	10-15 %	
Økotoksicitet, vand (1,4-DCB æk.)		90-95 %
Humantoksicitet (1,4-DCB æk.)		85-90 %
Partikler (< 10 µm)	60-95 %	Ikke angivet
Carcinogenitet (PAH æk.)	40-50 %	Ikke angivet

Miljøbelastningen for GM-afgrøderne var generelt lavere (for de anvendte indikatorer). De største effekter blev fundet ved sukkerroe, hvor der var størst forskel i pesticidanvendelse og mekanisk jordbearbejdning mellem konventionelle og GM-sorter. Forskellen i økotoksicitet mellem GM og konventionelle sukkerroe tilskrives forskelle i toksicitet for de anvendte herbicider. Min vurdering er, at de andre forskelle er knyttet til forudsat forskellig anvendelse af diesel.

Det er - som vist - ganske få sammenlignende undersøgelser, der er lavet, og de er baseret på en modelvurdering af at anvende mindre mængde eller mindre giftige pesticider og/eller mindre energi i produktionen. Der er behov for yderligere undersøgelser baseret på data fra praksis, som inkluderer den reelle succesrate med reduceret pesticid- eller energiforbrug.

5.6.3. Konklusion vedrørende livscyklusvurdering

Miljøvurderingen ved LCA gennemføres med de indikatorer, der er udviklet metoder til, og hvor der findes et hensigtsmæssigt datagrundlag. Det vurderes, at af de brugte indikatorer her, er der størst metodeusikkerhed om økotoksicitet både begrebsmæssigt og datamæssigt, og der er behov for mere metodeudvikling. LCA metoden vurderes at være meget hensigtsmæssig til at vurdere de andre effekter, som er inkluderet i undersøgelserne. Hvis der er forskelle på ressourceforbrug og emissioner i den efterfølgende produktionskæde – f.eks. hvis GM-majs påvirker husdyrenes produktion forskelligt fra konventionel majs – vil sådanne effekter umiddelbart kunne inkluderes i vurderingen med de samme indikatorer.

Omvendt dækker disse effekt kategorier ikke alle de effekter, der er stor opmærksomhed på, f.eks. hvordan landbrugslandets biodiversitet påvirkes. Her forgår der p.t. en betydelig metodeudvikling vedrørende LCA, men der er behov for bedre og mere alment accepterede metoder end de nuværende.

5.7. Konklusion

GMO i agerlandet

Sammenlignet med konventionelle afgrøder giver herbicidtolerante afgrøder flere muligheder for at styre ukrudtsbekæmpelsen, hvilket kan give umiddelbar økonomisk gevinst. Hvis det fornødne incitament er til stede, kan den forøgede fleksibilitet også målrettes en forøgelse af biodiversiteten i og omkring marken. En fuld udnyttelse af herbicidtolerante afgrøders fleksibilitet er dog betinget af, at der udvikles dyrkningsplaner, som beskriver, hvorledes denne fleksibilitet kan udmøntes under hensyntagen til de praktiske muligheder og økonomiske betingelser.

Insektresistente afgrøder vil give færre planteædende insekter i markerne og dermed sænke anvendelsen af insekticider. En reduktion af insekticidforbruget har umiddelbart både økonomiske og miljømæssige gevinster. De planteædende insekter indgår imidlertid i agerlandets fødekæde, og dyrkning af insektresistente afgrøder kan dermed have afledte effekter på andre dele af faunaen, både fordi fødegrundlaget bliver mindre, og fordi det ændrer kvalitet. Det er ikke på det foreliggende grundlag muligt at forudsige, hvilke forskydninger i faunaen, insektresistente afgrøder vil kunne forårsage.

For både herbicidtolerante og insektresistente afgrøder gælder, at de på længere sigt (ca. 10 år) kan skabe større problemer for landbruget end de først løste. Disse problemer drejer sig om udviklingen af resistens over for pesticiderne blandt ukrudt og overfor *Bt*-toksin hos insekter. Rationelt brug af disse afgrøder forudsætter derfor, at de dyrkes, således at risikoen for resistensudvikling holdes lav. Fokus for resistensforebyggelse er at veksle mellem flere afgrødetyper i sædskiftet og at veksle mellem forskellige bekæmpelsesmetoder over for skadegørerne.

For honningbier synes GM-planter baseret på *Bt*-gener ikke at have nogen negativ effekt, mens effekter af andre typer GM-planter ikke er grundigt undersøgt. GM-planter kan få økonomisk betydning for biavl, idet GM-pollen kan ende i honningen og dermed sænke dens salgbarhed.

GMO som ernæring for dyr og mennesker

Husdyrs udnyttelse af fosfor kan forbedres betydeligt ved anvendelse af GM-afgrøder udviklet til dette formål. For andre typer GM-planter synes der ikke at være utilsigtede effekter på husdyr; de foreliggende undersøgelser er dog generelt dårligt statistisk funderede.

Godkendelse af GM-produkter, som skal indgå i fødevarer, forudsætter med det nuværende lovgrundlag en grundig risikovurdering for ernæring, giftighed og allergenicitet

GMO og klima

Egentlige livscyklusanalyser, som sammenligner GM-afgrøder med ikke-GM-afgrøder, er kun udført for sukkerroer og majs. For begge har GM-afgrøden umiddelbart positive virkninger med 10-35 % reduktion i CO₂-udslip og 10-60 % reduktion i udledninger til nedbrydning af ozonlaget.

Referencer

1. Fernandez-Cornejo J, Caswell M. 2006. The First Decade of Genetically Engineered Crops in the United States. USDA Economic Information Bulletin No. (EIB-11).
2. Gurain-Sherman D. 2009. Failure to yield: evaluating the performance of genetically engineered crops. Union of Concerned Scientists. Cambridge (MA), USA.
3. Brookes & Barfoot. 2009. GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007. PG Economics Ltd., Dorchester, UK. 128 pp.
4. Strandberg B, Bruus Pedersen M & Elmegaard N. 2005. Weed and arthropod populations in conventional and genetically modified herbicide tolerant fodder beet fields. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105: 243-253.
5. Lassen J, Nielsen DE, Vestergaard L & Sandøe P. 2007. Miljøvenlige genmodificerede afgrøder? Vil landmændene have dem, og vil de blive brugt til gavn for naturen? Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 112.
6. Elmegaard N & Bruus Pedersen M. 2001. Flora and Fauna in Roundup Tolerant Fodder Beet Fields. National Environmental Research Institute. - NERI Technical Report 349: 37 pp.
7. Strandberg B, Bruus Pedersen M & Elmegaard N. 2002. Glyphosat-tolerante roer: Perspektiver for landmand og miljø. 19. Danske Planteværnskonference. Ukrudt, sygdomme og skadedyr. Danmarks JordbrugsForskning. - DJF rapport. *Markbrug* 64: 167-180.
8. Strandberg B. 2004. Responses of farmland wildlife to genetically modified herbicide tolerant crops. *AG Biotech Net 2004(6)* ABN 122, 1N-7N.
9. FSE. 2003. The Farm Scale Evaluations of spring sown genetically modified crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences*. 358, Issue 1439 - Special Issue.
10. Pidgeon JD, May MJ, Perry JN & Poppy GM. 2007. Mitigation of indirect environmental effects of GM crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 274 (1617) 1475-1479.
11. Matson PA, Parton WJ, Power AG & Swift MJ. 1997. Properties Agricultural Intensification and Ecosystem. *Science* 277, 504 – 509.
12. Strandberg B & Axelsen JA. 2001. Naturkonsekvenser af landbrugets anvendelse af GMO'er. I Naturrådet 2001. Invasive arter og GMO'er - nye trusler mod naturen. Tamarapport nr. 1. <http://www.naturraadet.com/udgivelser/12.strandberg.dok.pdf>.
13. Fu G, Chen S & McCool DK. 2006. Modelling the impacts of no-till practice on soil erosion and sediment yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. *Soil and Tillage Research* 85: 38-49.
14. Olsen P. 2008. Reduceret jordbearbejdning. Fosfor og virkemidler – beskyt ferskvand mod P-tab. Udkast til Faktablade – A1.
15. Graef F, Stachow U, Werner A & Schütte G. 2007. Agricultural practice changes with cultivating genetically modified herbicide-tolerant oilseed rape. *Agricultural Systems* 94: 111-118.
16. Holst N, Axelsen JA, Bruus M, Damgaard CF, Kudsk P, Lassen J, Madsen KH, Mathiasen SK & Strandberg B. 2008. Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyphosat-tolerante afgrøder: Effekter på floraen i mark og hegn. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 121, 2008.
17. Firbank LG, Perry JN, Squire GR, Bohan DA, Brooks DR, Champion GT, Clark SJ, Daniels RE, Dewar AM, Haughton AJ, Hawes C, Heard MS, Hill MO, May MJ, Osborne JL, Rothery P, Roy DB, Scott RJ & Woiwod IP. 2003. The implications of spring-sown genetically modified herbicide-tolerant crops for farmland biodiversity: A commentary on the Farm Scale Evaluations of Spring Sown Crops. Merlewood: Centre for Ecology and Hydrology. ISBN 0-85521-036-2.
18. Volkmar C, Hussein MLA, Jany D, Hunold I, Richter L, Kreuter T & Wetzel T. 2003. Ecological studies on epigeous arthropod populations of transgenic sugar beet at Friemar (Thuringia, Germany). *Agric. Ecosyst. Env.* 95, 37-47.
19. Dewar AM, May MJ, Woiwod IP, Haylock LA, Champion GT, Garner BH, Sands RJN, Qi AM, & Pidgeon JD. 2003. A novel approach to the use of genetically modified herbicide tolerant crops for environmental benefit. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B – Biological Sciences*. 270 (1513): 335-340.
20. Griffiths BS, Caul S, Thompson J, Birch ANE, Cortet J, Andersen MN & Krogh PH. 2007. Microbial and microfaunal community structure in cropping systems with genetically modified plants. *Pedobiologia* 51:195-206.
21. Krogh PH, Griffiths BS, Demšar D, Bohanec M, Debeljak M, Andersen MN, Sausse C, Birch ANE, Caul S, Holmstrup M, Heckmann LH & Cortet J. 2007. Responses by earthworms to reduced tillage in herbicide tolerant maize and Bt maize cropping systems. *Pedobiologia* 51:219-228.
22. Griffiths BS, Caul S, Thompson J, Hackett CA, Cortet J, Pernin C & Krogh PH. 2008. Soil microbial and faunal responses to herbicide tolerant maize and herbicide in two soils *Plant Soil* 308:93-103.

23. Reddersen J. 1997. The arthropod fauna of organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Biological Agriculture and Horticulture* 15: 61-71.
24. Binimelis R. *et al.* 2009. "Transgenic treadmill": Responses to the emergence and spread of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina. *Geoforum*, doi:10.1016/j.geoforum.2009.03.009.
25. Benbrook C. 2004. "Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years," Technical Paper No. 7, October 2004.
26. von der Lippe M & Ingo Kowarik. 2007. Crop seed spillage along roads: a factor of uncertainty in the containment of GMO. *Ecography* 30: 483-490.
27. Lutman PJW & Lopez-Granados F. 1998. The persistence of seeds of oilseed rape (*Brassica napus*). *Aspects of Applied Biology* 51, Weed seed banks, Determination, dynamics and manipulation, 147-152.
28. Pekrun C & Lutman PJW. 1998. The influence of post-harvest cultivation on the persistence of volunteer oilseed rape. *Aspects of Applied Biology* 51, Weed seed banks: Determination, dynamics and manipulation, 113-118.
29. D'Hertefeldt T, Jørgensen RB & Pettersson LB. 2008. Long-term persistence of GM oilseed rape in the seed bank. *Biol. Lett.* 4, 314-317.
30. Lutman PJW, Berry K, Payne RW, Simpson E, Sweet JB, Champion GT, May MJ, Wightman P, Walker K & Lainsbury M. 2005. Persistence of seeds from crops of conventional and herbicide tolerant oilseed rape (*Brassica napus*). *Proc. R. Soc. B.* 272, 1909-1915.
31. Tolstrup K, Bode Andersen S, Boelt B, Gylling M, Bach Holm P, Kjellsson G, Pedersen S, Østergård H & Mikkelsen SA. 2007. Supplerende rapport fra udredningsgruppen vedrørende sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. Opdatering af Udredningen fra 2003. Aarhus Universitet.
32. Rauber R. 1988. Untersuchungen zum überdauern frischgereifter gerstenkörner (*Hordeum vulgare* L.) im boden. 2. Einfluss einer strohbeimengung auf das überdauern von körnern und ähren. *Angewandte Botanik* 62: 255-263.
33. Rauber R. 1986. Influence of temperature on germination in winter barley (*Hordeum vulgare*-L) during seed development and after ripening. *Seed Science and Technology.* 14(1): 33-40.
34. Roberts HA. 1986. Persistence of seeds of some grass species in cultivated soil. *Grass and Forage Science* 41: 273-276.
35. Milberg P. 1990. Hur länge kan ett frö leva? *Svensk Botanisk Tidskrift* 84: 323-352.
36. Jensen HA & Kjellsson G. 1995. Frøpølvens størrelse og dynamik i moderne landbrug 1. Ændringer af frøindholdet i agerjord 1964-1989. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 13.
37. Thompson K, Bakker JP & Bekker RM. 1997. The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press, Cambridge.
38. Højland JG & Poulsen GS. 1994. Five cultivated plant species: *Brassica napus* L. ssp. *napus* (Rape), *Medicago sativa* L. ssp. *sativa* (Lucerne/Alfalfa), *Pisum sativum* L. ssp. *sativum* (Pea), *Populus* L. spp. (Poplars), *Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* (Potato). Dispersal, establishment and interactions with the environment. The National Forest and Nature Agency; The Environmental Protection Agency; Ministry of the Environment, Copenhagen.
39. Tolstrup *et al.* 2003. Sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. Udredningsrapport, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 152 pp, 2003.
40. Powles SB. 2008. Review: Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: Lessons to be learnt. *Pest Management Science* 64, 360-365.
41. Wilson RG, Miller SD, Westra P, Kniss AR, Stahlman PW, Wicks GW & Kachman SD. 2007. Glyphosate induced weed shifts in glyphosate-resistant corn or a rotation of glyphosate resistant corn, sugarbeet and spring wheat. *Weed Technology* 21: 900-909.
42. Westra P, Wilson RG, Miller SD, Stahlman PW, Wicks GW, Chapman PL, Withrow J, Legg D, Alford C & Gaines TA. 2008. Weed population dynamics after six years under glyphosate- and conventional herbicide based weed control strategies. *Crop Science* 48: 1170-1177.
43. Damgaard C, Kjellsson G, Kjær C & Strandberg B. 2005. Genmodificerede planter. *Miljøbiblioteket* 7. Hovedland.
44. Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, Whiles MR, Evans-White M, Chambers C, Griffiths NA, Pokelsek J & Stephen, ML. 2007. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 104(41): 16204-16208.
45. Zwahlen C, Hilbeck A & Nentwig W. 2007. Field decomposition of transgenic *Bt* maize residue and the impact on non-target soil invertebrates. *Plant Soil* 300:245-257.

46. Pham-Delegue M, Girard C, Le Metayer M, Anne-Lorraine Picard-Nizou A-L, Hennequet C, Pons O & Jouanin L. 2000. Long-term effects of soybean protease inhibitors on digestive enzymes, survival and learning abilities of honeybees. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95: 21–29, 2000.
47. Lövei G, Andow DA & Arpaia S. 2009. Transgenic insecticidal crops and natural enemies: a detailed review of laboratory studies. *Environmental Entomology* 38: 293-306.
48. Sétamou M JS, Bernal JS, Legaspi JC & Mirkov TE. 2002. Effects of Snowdrop Lectin (*Galanthus nivalis* Agglutinin) Expressed in Transgenic Sugarcane on Fitness of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), a Parasitoid of the Nontarget Pest *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Annals of the Entomological Society of America* 95(1):75-83.
49. Shetty PK. 2004. Socio-ecological Implications of Pesticide Use in India. *Economic and Political Weekly*, 39(49): 5261-5267.
50. Mansini F, van Bruggen AHC, Jiggins JLS, Ambatipudi ACA & Murphy H. 2005. Incidence of Acute Pesticide Poisoning Among Women and Men Cotton Growers in India. I: The Impact of the FAO-EU IPM Programme for Cotton in Asia, redigeret af Ooi, PAC, Praneetvatakul, S, Waibel, H og Walter-Echols, G. Pesticide Policy Project Publication Series, Special Issue No. 9, Juli 2005, Development and Agricultural Economics, School of Economics and Management, University of Hannover, Germany in cooperation with Food and Agricultural Organization of the United nations (FAO), Rome, Italy, 74-88.
51. Sisterson MS, Biggs RW, Manhardt NM, Carriere Y, Dennehy TJ & Tabashnik BE. 2007. Effects of transgenic *Bt* cotton on insecticide use and abundance of two generalist predators *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124: 305-311.
52. Brookes G. & Barfoot P. 2008. Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and environmental Effects, 1996-2006 *AgBioForum*, 11(1): 21-38.
53. Yang PY, Iles M, Yan S & Jolliffe F. 2005. Farmers' knowledge, perceptions and practices in transgenic *Bt* cotton in small producer systems in Northern China. *Crop Protection* 24, 229-239.
54. Pems D & Waibel H. 2007. Assessing the profitability of different crop protection strategies in cotton: Case study results from Shandong Province, China. *Agricultural Systems* 95: 28-36.
55. Men XY, Ge F, Edwards CA & Yardim EN. 2004. Influence of pesticide applications on pest and predatory arthropods associated with transgenic *Bt* cotton and nontransgenic cotton plants. *Phytoparasitica*: 32: 246-25.
56. Losey JE, Rayor LS & Carter ME. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399:214.
57. Sears, M.K., R.L. Hellmich, D.E. Stanley-Horn, K.S. Oberhauser, J.M. Pleasants, H.R. Mattila, B.D. Siegfried & G.P. Dively, 2001. Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc Natl Acad Sci USA* 98(21): 11937–11942.
58. Rosi-Marshall, EJ. Tank, JL. Royer, TV. Whiles, MR. Evans-White, M. Chambers, C. Griffiths, NA. Pokelsek, J. Stephen, ML. 2007. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104(41): 16204-16208.
59. Clark EA. 2006. Environmental risks of genetic engineering. *Euphytica* 148: 47-60.
60. Kjær C, Damgaard C & Lauritzen A. (subm). Assessment of effects of genetically modified insect resistant crops on non-target herbivores. (*Entomologia Experimentalis et Applicata* - submitted).
61. Tallis H & Polasky S. 2009. Mapping and Valuing Ecosystem Services as an Approach for Conservation and Natural-Resource Management In: *Year in Ecology and Conservation Biology 2009 Book Series: Annals of the New York Academy of Sciences* 1162: 265-283.
62. Wolfenbarger LL, Naranjo SE, Lundgren JG, Bitzer RJ & Watrud LS. 2008. *Bt* crop effects on functional guilds of non-target arthropods: A meta-analysis. *PLoS ONE* 3 (5), art. no. e2118.
63. Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY & Zhao JZ. 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in china in areas with *Bt* toxin-containing cotton. *Science* 321: 1676-1678.
64. Kjær C. 2000. *B. thuringiensis* planter og fødekæde effekter. i Niels Bohse Hendriksen & Bjarne Munk Hansen (red.) Første danske workshop om *Bacillus thuringiensis* 28. - 29. marts 2000. Arbejdsrapport fra DMU nr. 128.
65. Strandberg B & Axelsen JA. 2001. Naturkonsekvenser af landbrugets anvendelse af GMO'er. I *Naturrådet 2001. Invasive arter og GMO'er - nye trusler mod naturen. Temarapport nr. 1.* <http://www.naturraadet.com/udgivelser/12.strandberg.dok.pdf>.
66. Damgaard C & Kjær C. (subm). Competitive interactions and the effect of herbivory on *Bt*-*Brassica napus*, *Brassica rapa* and *Lolium perenne*.
67. de Vaufleury A, Kramarz P, Binet P, Cortet J, Caul S, Andersen MN, Plumey E, Coeurdassier M & Krogh PH. 2007. Exposure and effects assessments of *Bt*-maize on non-target organisms (gastropods, microarthropods, mycorrhizal fungi) in microcosms. *Pedobiologia* 51: 185-194.

68. Cortet J, Griffiths BS, Bohanec M, Demsar D, Andersen MN, Caul S, Birch ANE, Pernin C, Tabone E, de Vaufleury A, Ke X & Krogh PH. 2007. Evaluation of effects of transgenic *Bt* maize on microarthropods in a European multi-site experiment. *Pedobiologia* 51:207–218.
69. Kramarz PE, De Vaufleury A, Gimbert F, Cortet J, Tabone E, Andersen MN & Krogh PH. 2009. Effects of *Bt*-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus aspersus*. *Appl. Soil Ecol.* (in press) DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.04.007>.
70. Lang A, Lauber E & Darvas B. 2007. Early-tier tests insufficient for GMO risk assessment. *Nature Biotechnology* 25:35-36.
71. Bjerregaard P. 2005. Økotoksikologi, Gyldendal, København, pp. 75-83.
72. Bravo A & Soberón M. 2008. How to cope with insect resistance to *Bt* toxins? *Trends in Biotechnology* 26, 573-579.
73. Griffiths JS & Aroian RV. 2005. Many roads to resistance: How invertebrates adapt to *Bt* toxins. *BioEssays* 27, 614-624.
74. Gassmann AJ, Carriere Y & Tabashnik BE. 2009. Fitness costs of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annu Rev. Ent.* 54, 147-163.
75. Enkegaard & Kryger, 2009. Honningbier og genmodificerede planter. DJF Rapport (in press).
76. Anonym (EFSA GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials). 2008. Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: The role of animal feeding trials. *Food and Chemical Toxicology* 46, S2–S70.
77. Nyannor EKD, Williams P, Bedford MR & Adeola O. 2007. Corn expressing an *Escherichia coli*-derived phytase gene: A proof-of-concept nutritional study in pigs. *J. Anim. Sci.* 85, 1946-1952.
78. Brinch-Pedersen H, Hatzack F, Stöger E, Pontopidan K, Holm PB. 2006. Heat-stable phytases in transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.): deposition pattern, thermostability, and phytate hydrolysis. *Agric. Food Chem.* 54, 4624-4632.
79. Nordlee J. *et al.* 1996 Identification of brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *The new England Journal of Medicine*. Vol. 334, 688-692
80. European Commission. 2003. Communication from commission to the council and the European parliament. Integrated product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking. COM(2000) 302 final. Available on-line at: <http://www.aeanet.org/forums/IPPFinalcommunication18june2003.pdf>.
81. UNEP. 2004. United nations Environment Programme. Life Cycle Initiative. Available on-line at: www.unep.org/pc/sustain/lcinitiative.
82. ISO. 2006a. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040:2006(E). Geneva. Switzerland. International Organization for Standardization.
83. ISO. 2006b. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. ISO 14044:2006(E). Geneva. Switzerland. International Organization for Standardization.
84. Larsen HF & Hauschild M. 2007. GM-Troph - a low data demand ecotoxicity effect indicator for use in LCIA. *Int. J. LCA* 12: 79-91.
85. Bennett R, Phipps R, Strange A & Grey P. 2004. Environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet: a life cycle assessment. *Plant Biotechnology Journal* 2: 273-278.
86. Bennett RM, Phipps RH & Strange AM. 2006. The use of life cycle assessment to compare the environmental impact of production and feeding of conventional and genetically modified maize for broiler production in Argentina. *Journal of Animal and Feed Sciences* 15: 71-82.

6. Potentialet for mennesker og miljø

Seniorforsker Bernd Wollenweber, DJF (afsnit 6.1, 6.6), forskningsprofessor Jørgen E. Olesen, DJF (afsnit 6.2, 6.2.1), seniorforsker Mathias N. Andersen, DJF (afsnit 6.2.2), seniorforsker Niels Henrik Spleid, DJF (afsnit 6.2.3.1), seniorforsker Jens Petersen, seniorforsker Gitte H. Rubæk og seniorforsker Mathias Neumann Andersen, DJF (afsnit 6.2.3.2), professor Preben Bach Holm, DJF og seniorforsker Kell Kristiansen, DJF (afsnit 6.3), seniorforsker Vibeke Simonsen, seniorforsker Paul Henning Krogh og sektionsleder Morten Strandberg, DMU (afsnit 6.4, 6.5.1-6.5.9), seniorrådgiver Gösta Kjellsson, professor Christian Damgaard, seniorforsker Beate Strandberg, forskningschef Hans Løkke og seniorforsker Helle Ravn, DMU (afsnit 6.5.1-6.5.9) og seniorrådgiver Jan Pedersen, DTU (afsnit 6.5.10)

6.1. Introduktion

Indtil nu er det lykkedes fødevarereproduktionen at holde trit med befolkningsudviklingen gennem udvikling af nye plantersorter ved hjælp af traditionel planteforædling samt forbedring af dyrkningsmetoderne såsom anvendelse af kunstvanding, gødskning og pesticidanvendelse. I 2050 vil der være 9 milliarder mennesker på jorden, hvilket vil kræve en meget markant stigning i den vegetabiliske og animalske produktion (afsnit 6.2, 6.3). Et stadigt stigende behov for fødevarer og andre plantebaserede produkter vil fremover kræve en øget landbrugsproduktion og lægge pres på arealanvendelsen (afsnit 6.2, 6.4).

GM-afgrøderne indgår i dag i traditionelle dyrkningssystemer og kan ikke betragtes isoleret som planter, der har fået ændret deres gener og derfor i sig selv påvirker miljøet. Det vil sige, at en seriøs miljømæssig evaluering må tage udgangspunkt i en analyse af alle miljømæssigt relevante elementer i landbrugspraksis (afsnit 6.2, 6.4). Der er dermed blevet mere fokus på sorterens miljøvenlighed og konsekvenserne af klimaændringer. Klimaets variabilitet er en vigtig faktor for afgrødernes respons på stress og deres vækst, udbytte og kvalitet (afsnit 6.2.2, 6.2.3). Øget variabilitet, som medfører hyppigere ekstreme forhold, vil resultere i, at afgrøderne udsættes for mere end ét tilfælde af stress i løbet af en enkelt vækstsæson (afsnit 6.2). I dette kapitel er givet en række eksempler på områder, hvor det vurderes muligt at udvikle genetisk modificerede sorter på kort (5-10 år) til mellemlangt sigt (10-20 år) med særlig vægt på problemstillinger i dansk jordbrug (afsnit 6.3).

Molekylærbiologiske metoder har skabt stor fremgang i den traditionelle forædling og i udviklingen af transgene planter. Den videnskabelige litteratur vedrørende mulige anvendelser af GMO'er er enorm. Den potentielle anvendelse af GM-teknologi for udvikling af afgrøder med forbedrede eller nye egenskaber synes ofte at være uden grænser. Det skal imidlertid kraftigt understreges, at langt størstedelen af de videnskabelige undersøgelser er begrænset til en indikation af, at det potentielt set er muligt at fremstille afgrøder med forbedrede egenskaber gennem genetisk modifikation (afsnit 6.4).

Der er gjort fremskridt inden for individuelle videnskabelige fagområder, men der skal implementeres tværfaglig forskning for at tackle begrænsningerne for tilstrækkeligt kornudbytte og kvalitet i fremtiden og for at kunne belyse de komplekse samspil mellem klimaets variabilitet, metoder, plantereaktioner og konsekvensen for udbytte og kvalitet (kapitel 11). Derudover er det klart, at det for en lang række egenskaber vedkommende, under den eksisterende lovgivning og med de nuværende finansieringsmuligheder, ikke vil være rentabelt at udvikle genetisk modificerede planter. Dette gælder i særdeleshed egenskaber, der kan give en bedre miljøprofil og sygdomsresistens eller en bedre ernæringsmæssig sammensætning (afsnit 6.3).

6.2. Udfordringer for fremtidens fødevarereproducenter og fødevarerhverv

Landbruget står på verdensplan over for nogle fundamentale udfordringer i det 21. århundrede. Disse udfordringer er primært knyttet til behovet for væsentlige stigninger i produktion af fødevarer og bioenergi samtidigt med, at produktionens miljømæssige fodaftryk (f.eks. i form af bidrag til eutrofiering og drivhuseffekt) reduceres betydeligt.

Verdens befolkning forventes at stige frem til 2050 fra 6 til 9 milliarder mennesker. Samtidigt vil fødevarerforbruget pr. person være stigende, især i udviklingslandene, hvor der samtidigt forventes at ske et skifte mod en større andel animalsk protein i fødevarerindtaget. Dette forventes at føre til en fordobling af verdens kødforbrug og en 60 % stigning i verdens kornforbrug fra 2000 til 2050 (1).

Verdens totale landbrugsareal udgør ca. 5 milliarder hektar (37 % af verdens landareal). Heraf udgør vedvarende græsningsarealer ca. 70 %. De resterende 30 %, svarende til 11 % af verdens landareal, udnyttes til både enårige og fler-årige afgrøder (alt fra korn til vin og valnødder). Det er estimeret, at der er yderligere 2,6 milliarder ha jord på verdensplan, der kunne inddrages til produktion af landbrugsafgrøder. I virkeligheden er mange af disse jorde dog uegnede som følge af lav frugtbarhed, økologisk sårbarhed og mangel på infrastruktur. Desuden henligger en stor del af dette areal for nærværende som skov eller moseområder, og opdyrkning vil medføre alvorlige konsekvenser for miljøet i form af tab af biodiversitet og udledning af drivhusgasser. Der er derfor store miljømæssige grunde til at undgå opdyrkning af yderligere landbrugsareal, men i stedet koncentrere produktionen på det eksisterende opdyrkede landbrugsareal. Dette indebærer, at udbytte skal øges væsentligt på de eksisterende landbrugsarealer.

Samtidigt med, at efterspørgslen efter fødevarer er stærkt stigende, er der også en stigende efterspørgsel efter bioenergi og biobrændstoffer. Denne udvikling forstærkes af høje oliepriser, og konsekvenserne har været, at prisudviklingen på landbrugsprodukter i stadig højere grad er blevet koblet til udviklingen i oliepriserne. Med høje oliepriser øges efterspørgslen efter biobrændstoffer, og dette indebærer, at en del af landbrugsarealet udnyttes til bioenergi i stedet for fødevarerproduktion med stigende fødevarerpriser til følge. Samtidigt stiger dog også priserne på landbrugets hjælpemidler som gødning og pesticider. Verdens oliereserver er faldende, og det forventes fremover i stadig stigende grad at blive vanskeligt at tilfredsstille efterspørgslen på olie og brændstof (2). Dette vil øge presset på landbruget for at bidrage med en øget produktion af biobrændstoffer. For at undgå drivhusgasudledninger og pres på natur og biodiversitet skal en sådan produktion helst foregå uden at fælde eksisterende skov eller foretage omfattende opdyrkning af sårbare naturarealer. Der findes dog på verdensplan en række arealer, som i mindre grad er anvendelige til landbrugsproduktion, men hvor en passende bioenergiproduktion formentlig vil kunne finde sted. Det drejer sig især om marginale jorder både med hensyn til jordbundsegenskaber og klima, som giver for usikre udbytter ved dyrkning af almindelige landbrugsafgrøder, men hvor en produktion af biomasse baseret på flerårige afgrøder vil kunne foregå. Dette forudsætter dog udvikling af nye bioenergi afgrøder med høj produktivitet, lavt vandforbrug og ringe forbrug af gødning og pesticider. Der vil dog formentlig under alle omstændigheder ske en dyrkning af bioenergi på eksisterende landbrugsarealer, hvilket yderligere øger presset for udbyttestigninger for at efterkomme den stigende efterspørgsel efter fødevarer.

Samtidigt med et stærkt stigende behov for produktion af fødevarer og bioenergi er der stærkt stigende fokus på landbrugets ressourceanvendelse og miljøpåvirkning. Der foregår mange steder i verden en forringelse af dyrkningsjordens kvalitet. Dette sker især for landbrugsjord i omdrift og kan skyldes mange forskellige processer, herunder erosion (vind og vand), saltophobning, tab af organisk stof og komprimering af jorden. I nogle tilfælde er dette koblet til et meget tørt klima og kan føre til ørkendannelse. En række af disse processer vil kunne afhjælpes gennem bedre dyrkningsformer (f.eks. reduceret jordbearbejdning, tilbageførsel af planterester, efterafgrøder, mere effektive vandings-systemer), hvor afgrøder og dyrkningspraksis er tilpasset de lokale jordbunds- og klimaforhold. Det er i mange tilfælde særligt vigtigt, at der sikres en større tilbageførsel af organisk stof til jorden f.eks. gennem rødder og planterester.

På verdensplan går ca. 80 % af ferskvandsforbruget til vanding i landbruget. Mange steder i verden indebærer dette et overforbrug af vand med sænkning af grundvandsstand samt udtørring af floder, vandløb og søer til følge. Da klimaændringer samtidigt mange steder vil medføre mere ekstremt nedbørsklima med blandt andet længere tørkeperioder øges behovet for at øge planternes vandudnyttelse, enten gennem forbedrede vandingsteknikker, mere vandbesparende dyrkningsformer eller tørketolerante afgrøder og sorter.

Landbruget påvirker især miljøet gennem pesticidanvendelse, næringsstofftab og udledninger af drivhusgasser (3). Pesticidanvendelse medfører ikke alene konsekvenser for fødevarernes indhold af pesticidrester og for landarbejdernes påvirkning fra disse, men også effekter på det omgivende miljø gennem tab til både det terrestriske og akvatiske miljø. Tab af kvælstof og fosfor til det omgivende miljø medfører ikke blot eutrofiering af den omgivende natur, men er også tab af værdifulde næringsstoffer. Der menes således kun at være fosforreserver nok til 60 års yderligere forbrug. I vandmiljøet giver disse næringsstoffer anledning til algeopblomstring, iltsvind, fiskedød og tab af biodiversitet, og på global skala er disse problemer voldsomt voksende (4). Samtidig medfører landbrugsproduktionen betydelige udledninger af drivhusgasser og er på verdensplan ansvarlig for 14-30 % af de samlede udledninger afhængig af hvor stor en del af udledningerne fra ændringer i arealanvendelse, der kan tillægges, at det voksende landbrugsareal er ansvarligt

for skovrydning i troperne. For at løse disse problemer kræves både en betydelig mere ressourceeffektiv produktion samt generelt et stop for fældning af skov eller opdyrkning af lavbundsarealer til landbrug. For at opnå et mere ressourceeffektivt landbrug kræves indsatser på mange områder, der både omfatter dyrkningspraksis, bedre plantesorter og bedre planlægning af arealanvendelsen.

Stigningerne i fødevarerproduktionen har hidtil i stort omfang været baseret på stigende gødsning med kvælstof og fosfor og et stigende vandforbrug. Hvis en fordobling af verdens fødevarerproduktion skal foregå med de samme stigninger i input, som har været anvendt hidtil, vil det forudsætte en tredobling af anvendelsen af kvælstof- og fosforgødninger, en fordobling af det vandede areal samt en 18 % forøgelse i det dyrkede areal (3). Dette vil have helt uacceptable konsekvenser for miljø og klima, og nye afgrøder, sorter og dyrkningsmetoder, som sikrer både højere udbytter og lav miljøbelastning, er derfor stærkt påkrævede. Det er særligt væsentligt, at udviklingen af nye sorter følges af en samtidig udvikling og tilpasning af dyrkningssystemerne og omvendt.

6.2.1. Klimafaktorer som påvirker afgrødernes vækst

Landbrugets planteproduktion består grundlæggende i, at planterne opfanger sollyset og omdanner en del af energien i sollyset til kemisk (metabolisk) energi. Denne omdannelse sker i planternes fotosyntesystem, hvor CO_2 og vand (H_2O) omdannes til kulhydrater og ilt (O_2). Omtrent halvdelen af de dannede kulhydrater forbruges af planterne selv i deres interne omsætningsprocesser og udåndes som CO_2 . Afhængig af planteart er det derfor maksimalt 5 til 6 % af indstrålingen fra solen, der i sidste ende lagres i plantebiomasse. Det er naturligvis en endnu mindre del, der afhængigt af afgrødetype og dyrkningsforhold ender med at blive høstet i kerner, knolde og rødder, oftest kun 30-50 % af den totale tørstofproduktion. Den resterende biomasse tilbageføres jorden og omsættes af mikroorganismer i jorden. En del af det organiske materiale lagres i nogen tid i jordens organiske stof, men i sidste ende omsættes alt igen til atmosfærisk CO_2 .

I forbindelse med planternes vækst er der et væsentligt vandforbrug, fordi vandet fordampes fra jord- og bladoverflader samt gennem planternes spalteåbninger. Fordampningen fra jordoverfladen kan reduceres gennem et jorddække med planterester, og betydningen af jordfordampningen er også mindre ved et tæt plantedække. Det meste af fordampningen sker dog gennem planternes spalteåbninger, hvor vanddampen slipper ud, mens CO_2 -molekylerne siver ind i bladene. Dette indebærer naturligvis et tab af vand for jord-plantesystemet, men det tjener også et andet formål. Det er nemlig med til at afkøle planterne på varme dage. Den mængde vand, der tabes ved fordampningen varierer afhængig af planteart og dyrkningsform, men ligger i størrelsen 0,3 til 1,0 liter vand pr. gram tørstof produceret.

For de fleste plantearter, der dyrkes under tempererede klimaforhold, er atmosfærens CO_2 -indhold begrænsende for fotosyntesen. Et øget CO_2 -indhold vil derfor øge fotosyntesens effektivitet og dermed tørstofproduktionen. Det vil for de fleste afgrøder føre til en stigning i udbytterne på 20-30 % ved en fordobling af atmosfærens CO_2 -koncentration. Et øget CO_2 -indhold i atmosfæren vil også reducere antallet af spalteåbninger på bladene og også reducere deres åbningsgrad, så fordampningen af vand reduceres. Herved bliver planternes tørstofproduktion mere vandbesparende, og afgrødernes samlede vandforbrug vil oftest også blive reduceret en lille smule.

Planternes produktion er ikke kun afhængig af lys og CO_2 , men også af adgangen til vand og næringsstoffer i passende mængder. Vand og næring leveres til planterne gennem jorden og optages gennem planternes rødder. Jordens struktur og egenskaber er afgørende for at kunne sikre en tilstrækkelig god rodudvikling og tilstrækkelig forsyning med vand og næring. Jordens evne til at sikre dette under varierende klimaforhold sammenfattes i begrebet jordkvalitet. Det er i praksis svært at måle jordens kvalitet, da de bestemmende forhold varierer afhængigt af klima og dyrkningsforhold. Der er dog grundlæggende fem trusler mod jordkvaliteten (5): 1) Erosion, 2) tab af organisk materiale, 3) tilsaltning, 4) jordpakning, og 5) jordskred. Heraf er især pakning af jorden under pløjelaget og tab af jordens organiske materiale af betydning for danske jorder. På verdensplan er erosion, tilsaltning og tab af organisk stof årsager til betydelig reduktion i produktionspotentialet. Alle disse trusler reducerer planternes rodudvikling samt deres vand- og næringsstofoptagelse.

Der findes dog også en række andre faktorer, som kan reducere planternes vækst og udbytte. Her udgør især ozon og ultraviolet (UV) stråling potentielle trusler mod plantevæksten. Ozon er luftforurening, som dannes af solen i områder med højt indhold af kvælstofilter og flygtige organiske stoffer i luften, f.eks. fra forurening fra trafikken. Ozon skader planternes fotosyntese og metabolisme og kan også føre til synlige bladskader. Beregninger af effekter af ozon på kornudbytter i Danmark viser udbyttetab på op til 5-10 % (6). Tabene er størst i områder med megen luftforurening, men da forureningsniveauet i Danmark generelt er faldende, må der også forventes et faldende niveau af skader på

afgrøderne. UV-strålingen har været stigende som følge af svækkelse af ozonlaget i stratosfæren. Også UV-strålingen medfører skader på planternes fotosyntese og metabolisme. Omfanget på afgrøder i Danmark er dog ikke kendt, men må formodes at være noget lavere end effekten af ozon. Der er internationalt igangsat effektive tiltag til at reetablere jordens ozonlag. Eventuelt skadelige effekter af UV-stråling må derfor forventes at blive mindsket fremover.

De menneskeskabte klimaændringer skyldes udledning af drivhusgasser, især kuldioxid, metan, lattergas og CFC. Den samlede udledning af disse gasser er stigende og forventes frem til år 2100 at føre til en stigning i den globale middeltemperatur på mellem 1,4 og 5,8°C (7). Variationsbredden er udtryk for variation mellem en række mulige scenarier for udslip af drivhusgasser samt usikkerhed i klimamodellerne. De forskellige emissionsscenarioer er udtryk for forskellige udviklingsmuligheder for eksempel verdens befolkningstilvækst, energiforbrug og velstand. Selv med en stabilisering af atmosfærens indhold af drivhusgasserne på det nuværende niveau vil der ske en yderligere global temperaturstigning på op mod 1°C (7). Det skyldes, at klimaet er meget afhængigt af havtemperaturen, og det tager lang tid at få varmet oceanerne op.

Menneskeskabte klimaændringer er dog ikke blot noget, der hører fremtiden til. Over de seneste 50 år er den globale middeltemperatur steget med 0,6°C, og temperaturstigningerne i Danmark har på det seneste endda været endnu større. I Danmark har det ført til en forøgelse af vækstsæsonen med ca. en måned. Samtidigt har nedbørsmønstrene ændret sig. På verdensplan er der blevet mere udbredt tørke, især i de subtropiske områder. Det ses i Europa mest tydeligt i Middelhavsområdet, hvor stigende hyppighed af tørke har ført til stigende pres på vandingsystemerne. I Nordeuropa har der derimod været en stigning i nedbørsmængderne. For Danmarks vedkommende er nedbørsmængden steget med ca. 100 mm over de sidste 50 år. Ændringen er næsten udelukkende sket i vinterhalvåret.

Det er dog ikke kun gennemsnitsklimaet, der har ændret sig. Der er også blevet flere ekstremer. Over det meste af verden er størrelsen og hyppigheden af meget intens nedbør steget. Det hænger sammen med, at varm luft kan rumme mere vanddamp, og dermed bliver der også mulighed for meget større nedbørsmængder under regnvejr. De højere temperaturer og dermed højere energiindhold i atmosfæren giver også mulighed for kraftigere storme. Om sommeren vil tørre klimaområder, som f.eks. i Sydeuropa, kunne opleve meget større variation i temperatur og nedbør fra år til år end for nuværende. Modelberegninger af klimaændringer viser, at variationen i temperatur og nedbør vil blive større i fremtiden, især om sommeren (8). I Central- og Sydeuropa kan variationen i sommertemperaturen mod slutningen af dette århundrede blive fordoblet, hvorimod stigninger på 50 % er sandsynlige i Danmark. Samtidig vil der blive hyppigere og mere langvarige tørkeperioder.

De ændrede klimaforhold stiller nye krav til afgrøder og dyrkningssystemer. I enårige landbrugsafgrøder, som f.eks. korn, raps og kartofler, er planternes udviklingsforløb afhængig af temperatur og daglængde. En temperaturstigning vil i disse afgrøder reducere længden af den aktive vækstperiode, fordi afgrøderne vil modne tidligere. Dette vil alt andet lige reducere udbyttet. Reduktionen i udbytte er størst i vintersæd og mindre i vårsæd, hvor det er muligt at modvirke en del af effekten gennem tidligere såning, således at afgrøderne bedre udnytter de gunstige lysforhold om foråret. Et øget udbytte vil især kunne opnås ved at skifte afgrødearter (f.eks. til majs) og sorter (med længere vækstperiode).

Der er et betydeligt samspil mellem jordens kvalitet, klimaet og planteproduktionen. Et mere ekstremt klima med længere tørkeperioder og mere intens nedbør vil stille større krav til dyrkningsjordens kvalitet, herunder især evnen til hurtig vandafledning, til at modstå vanderosion samt sikre god rodudvikling og høj vandretention, som kan understøtte afgrødernes vandforbrug i tørkeperioder. Det stiller også større krav til planternes tolerance over for både tørke og oversvømmelse.

6.2.2. Responsmekanismer over for abiotisk stress

Stress er defineret som "den negative indflydelse af levende og ikke levende faktorer på planter i et givet miljø". Ved biotisk stress udgøres disse faktorer af andre levende organismer: patogene svampe, bakterier, vira, insekter, dyr med videre, medens de abiotiske stressfaktorer omfatter en lang række klimatiske forhold såsom høj/lav temperatur, vind, mangel/overskud af vand, samt f.eks. jordbundsforhold, forurening mm. Det er som regel underforstået, at disse stressfaktorer forekommer på et niveau, der ligger udover den normale variation i miljøet, og således skader planten eller plantepopulationen i udtalt grad. Abiotisk stress er formentlig den mest begrænsende faktor for produktionen af landbrugsafgrøder på global skala. Abiotisk stress kan også ramme dyr, men planter er specielt udsatte, da de dels er mere

afhængige af klimafaktorer med hensyn til deres vækst dels er ude af stand til at bevæge sig væk fra områder med ugunstige forhold.

At planterne er stedbundne har formentlig haft afgørende betydning for deres evolution og genetik. Planter har i udstrakt grad udviklet responsmekanismer, der sætter dem i stand til at overleve (a)biotisk stress. Ved responsmekanismer forstås her genetisk nedarvede egenskaber, der sætter planten i stand til bedre at overleve forskellige stressfaktorer – i stil med det humane immunforsvar. Det har medført, at en stor del af planters arveegenskaber er miljøpåvirkelige, hvilket er i modstrid med den almindelige opfattelse af gener, som et enten/eller (blå eller brune øjne). Hos planter er der i højere grad tale om graderede egenskaber, som kommer til udtryk afhængigt af leveforholdene. For at en respons på (a)biotisk stress kan fungere, kræves en mekanisme med en række egenskaber, der som minimum omfatter et (cellulært) system til at måle stressniveauet, et (inter-cellulært) signal-system til at videregive informationen til hele planten samt et (cellulært) system til at regulere vækst og fysiologi i forhold til det modtagne signal. Når sådanne responsmekanismer aktiveres, er det som regel omkostningsfuldt for planterne, og det resulterer i reduceret vækst. Som eksempel kan nævnes AtMPK4 genet (9), der under normale vækstvilkår undertrykker planters forsvarssystem mod patogener. Planter, hvor genet er sat ud af funktion, udviser dværgvækst. I disse mutanter er systemet til forsvar mod patogener konstant aktiveret - med tilhørende høje omkostninger.

Hvordan fungerer så en responsmekanisme? I det følgende vil en respons på tørke, en såkaldt signalkæde, blive omtalt. Signaleren fra rod til skud under begyndende udtørring af jorden varetages af hormonet abscisinsyre (ABA). ABA er involveret i flere processer i planter blandt andet frøhvile, og stoffet har været kendt siden begyndelsen af 1960'erne. Det var imidlertid først omkring 1985, at ABAs rolle som kemisk signal fra rødder til blade under tørke blev opdaget. I de efterfølgende år blev det klart, at ABA-indholdet i planters saftstrøm fra rødder til blade var forhøjet under tørke, og at der var en sammenhæng mellem læbecellernes lukning under tørke og ABA koncentrationen i saftstrømmen. Når læbecellerne i bladene lukker, nedsættes fordampningen af vand fra planterne, så de kan overleve længere på vandserven i jorden, men samtidig falder optagelsen af CO₂ fra luften og dermed plantens biomasseproduktion. Endvidere ændres plantens vækst, så flere reserver investeres i rodvækst i forhold til bladvækst.

Medens det således forholdsvis tidligt blev klart, at ABA var et langdistancesignal mellem plantens rod og top, var det stadig et åbent spørgsmål, hvilke cellulære processer, der var ansvarlige for dannelsen af hormonet og dets virkning på skudvæksten. Flere brikker i puslespillet om ABA-signaleren kom til i 1990'erne. I starten på signalkæden blev der fra majs isoleret et gen, der koder for det enzym, der katalyserer produktionen af ABA ud fra karotenoider (10). Det er senere blevet påvist, at dette NCED-gen er kraftigt udtrykt i rødder og responderer på udtørring. Detaljerne i, hvordan NCED biosyntese-genet styres af jordens udtørring, er dog stadig uklare. Afdækningen af, hvordan gener (og dermed plantevæksten) i enden af signal-kæden reguleres af ABA var startet nogle år tidligere, da det viste sig, at en bestemt DNA-sekvens gik igen i promotoren hos ABA-regulerede gener (11), som f.eks. i genet for α -amylase, der medvirker i frøspireringen. Det var derfor klart, at reguleringen sker via transkriptionsfaktorer, der består af proteiner, der binder sig til promotorregionen af ABA-regulerede gener og påvirker transkriptionshastigheden (e.g. 12). Der er dermed tale om et komplekst netværk af gener, der modificerer effekten af ABA-signalet på cellulært niveau, og som stadig er under udforskning. Et vigtigt skridt i den retning er den nylige identifikation af to ABA-receptorer, det vil sige proteiner, der er i stand til "oversætte" ABA-signalet på ydersiden af cellerne til intracellulære processer (13).

Den nye viden om ABA-signalkæden udnyttes allerede kommercielt i stor stil, dog ikke ved hjælp af GM-planter. Derimod induceres signalet ved dyrkningsmæssige tiltag. Dette sker ved hjælp af drypvandingssystemer, hvor man skiftevis vander på den ene og så den anden side af planterne ca. en uge af gangen, hvilket er en meget udbredt praksis i vinavl i Australien. Teknikken øger ABA-produktionen i rødderne i den tørre del af jorden og får dermed stomata til at lukke delvis, således at fordampningen fra planterne mindskes. Herved spares 20-40 % af vandingsvandet. Dette påvirker kun produktionen marginalt, og opvejes af tilsvarende kvalitetsforbedringer. Det er klart, at man indenfor dette område kan forestille sig en anvendelse af GM-planter, hvor vandbesparelseeffekten så at sige er indbygget ved at, ABA-produktionen er øget, eller planterne er gjort mere følsomme overfor ABA.

Sammenfattende synes genetisk modifikation af responsmekanismerne overfor (a)biotisk stress, at være en særdeles lovende teknik til at fremstille planter, der er mere modstandsdygtige overfor f.eks. dårlige klima- og jordbundsforhold. Dette skyldes ikke mindst, at de negative stresseffekter ofte rammer særligt følsomme processer i planterne, som er udviklings- og organspecifikke; f.eks. aborterer majs' frøanlæg som respons på tørke, fordi sukkerstofsiftet påvirkes i nogle bestemte celler i frøanlægget i ugen efter befrugtning (14). En sådan respons kan formentlig kun ændres ved indgreb i signalkæden, der regulerer sukkerstofsiftet i de pågældende celler, idet de almindelige GM-teknikker ikke er

vævsspecifikke. GM-planter, hvor en signalkæde er ændret, bør afprøves under markforhold, idet der som omtalt ofte er omkostninger i form af mindsket vækst forbundet med at aktivere responsmekanismer overfor (a)biotisk stress.

6.2.3. Miljøaspekter

6.2.3.1. Pesticider

Mere end 99 % af de GM-afgrøder, der blev dyrket i 2007, havde egenskaber, der har indflydelse på anvendelse af pesticider (15). For 63 % af de dyrkede afgrøder var der tale om GM-planter, der havde fået indbygget egenskaber, således at planten var tolerant over for herbiciderne glyfosat eller glufosinat, mens de insektresistente planter, der stod for 18 % af de dyrkede GM-afgrøder, havde fået tilført egenskaber, der gjorde dem i stand til at producere *Bacillus thuringiensis* (Bt) toksin. Der er således tale om to vidt forskellige egenskaber med vidt forskellige miljøaspekter. De resterende 19 % af GM-afgrøderne besad både herbicidtolerance og insektresistens.

Resistens mod glyfosat er indbygget i en lang række kulturplanter: majs, sojabønner, raps, roer m.fl. Glyfosat er et bredspektret herbicid, der bekæmper de fleste plantearter. Ved at tilføje en afgrødeplante resistens mod glyfosat vil man kunne behandle marken og bekæmpe de fleste ukrudtsarter, mens den resistente afgrøde vil være upåvirket. Det har de dyrkningsmæssige fordele, at man kun behøver at anvende ét herbicid, hvor man ved en traditionel bekæmpelse ofte må benytte flere forskellige midler med forskellige egenskaber. Da glyfosat er systemisk, hvilket betyder, at stoffet transporteres rundt i planten og virker meget effektivt, er det heller ikke nødvendigt at sprøjte, mens ukrudtet er på kimbladstadiet, da man også vil kunne bekæmpe større planter, eventuelt ved at benytte en højere dosis. Dermed opnås en fleksibilitet, der letter planlægningen for landmanden.

Glyfosat er relativt ugiftigt for dyr og fugle (16), og samtidig besidder det egenskaber, der gør, at det bindes i jorden, således at transporten gennem jorden er begrænset samtidig med, at det under de fleste forhold let nedbrydes i jord, og dermed er belastningen af vandmiljøet begrænset. Der kan således være miljømæssige fordele ved at benytte glyfosat i ukrudtsbekæmpelsen frem for andre mere miljøbelastende herbicider. En potentiel miljømæssig risiko er, at glyfosat-behandlingerne er så effektive, at ukrudtsfrøproduktionen fra overlevende planter er så lille, at fødegrundlaget for insekter og fugle i marken falder væk. Denne problemstilling samt risikoen for udvikling af resistens hos ukrudtsplanterne behandles blandt andet i Miljøstyrelsesrapporten "Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyfosattolerante afgrøder (GT-afgrøder)" (17), hvor det opsummeres, at "hvis blot GT-afgrøder dyrkes i sædskifte med ikke-GT-afgrøder, så vil der gennem årene ikke opstå problemer med udbrud af særligt glyfosattolerante ukrudtsarter i marken eller dominans af glyfosattolerante arter i hegnet. Danske landmænd ville da også med deres nuværende viden og holdninger sandsynligvis vælge at kombinere glyfosat med andre sprøjtemidler under dyrkningen af GT-afgrøder, netop for at forhindre udviklingen af glyfosattolerant ukrudt. Hvis man ønsker at forøge ukrudtsdækket i forsommeren gennem en forsinkelse af herbicidbehandlingen, så vil det i GT-afgrøder være muligt at gøre dette med en mindre forøgelse af behandlingsindeks, end det er muligt i konventionelle afgrøder. Men i konkurrencesvage afgrøder som majs og roer kræves et større forsøgsarbejde for at kortlægge de præcise muligheder for at udsætte sprøjtingen i herbicidtolerante sorter uden, at det går ud over dyrkningssikkerheden. Mere ukrudt i marken kan give flere insekter, hvilket potentielt også kan have en positiv effekt længere oppe i fødekæden. Vi kan imidlertid ikke forudsige mængden af insekter blot ud fra ukrudtsmængden". Et forøget ukrudtsdække kan være forårsaget af et ønske om at styrke dyrelivet i marken. Det vil for den enkelte landmand blive holdt op imod dyrkningssikkerheden, hvor et øget ukrudtstryk kan give nedgang i høstudbyttet og en vanskeligere bjærgning af kornet.

Bt-afgrøder er blevet genmodificerede til at modstå insektangreb. Det er sket ved, at en gensekvens fra bakterien *Bacillus thuringiensis* er blevet overført til planten. Planten bliver derved i stand til at producere et protein, der er giftigt overfor en række insekter. Proteinets er ugiftigt for dyr og mennesker (http://www.bt.ucsd.edu/bt_safety.html), mens insekter, der gnaver i planten, dør (faktaboks 5.2.). Bomuld, majs, kartofler m.fl. har fået overført denne egenskab. De miljømæssige fordele er, at det ikke er nødvendigt at sprøjte planten med insekticider mod de pågældende skadegøremere. Derved bliver sprøjtepersonel, nyttedyr og det omgivende miljø ikke i samme grad udsat for eksponering med insekticider. Potentielle risici er, at modificerede planter ikke naturligt bliver angrebet af insekter og derfor vil kunne få invasive egenskaber (18). En anden risiko, som er diskuteret generelt i nærværende rapport, er uønsket overførsel af gener til beslægtede vilde planter, der hermed bliver modstandsdygtige over for insektangreb. Eventuelle risici for jordlevende organismer i marken og biodiversiteten bør ifølge FAO (19) vurderes "case by case".

Det er naturligvis ikke muligt at foretage en generel vurdering af miljøaspektet ved genetisk overførsel af egenskaber for resistens over for skadegørere eller pesticider. Fremtidige overførsler af gener, der medfører tolerance over for specifikke pesticider, må vurderes fra sag til sag, ligesom indbygning af egenskaber, der f.eks. medfører, at planten bliver i stand til selv at producere stoffer med pesticidlignende egenskaber, må miljø- og sundhedsvurderes individuelt.

6.2.3.2. Næringsstoffer

Miljøspekter vedrørende plantenæringsstoffer må anskues fra to synsvinkler: 1) Sikring af afgrødernes forsyning med næringsstoffer med henblik på produktion, og 2) sikring mod at overskydende næringsstoffer tabes til miljøet, specielt vandmiljøet og følsomme terrestriske naturtyper. Endvidere må det ved anvendelse af husdyrgødning og anden biomasse (afgrøder) til energiproduktion sikres, at næringsstofferne fortsat kan indgå i jordbrugsproduktionen som en ressource. Emnet belyses med et par eksempler.

Afgrødens næringsstofforsyning

Sollys er grundlaget for planteproduktion, og det er vigtigt, at afgrøderne udnytter denne ressource i størst mulig udstrækning. For de fleste afgrøder er der i løbet af året perioder, hvor lyset ikke udnyttes enten på grund af sen etablering eller tidlig høst. For at maksimere produktionen er det vigtigt at gøre disse perioder så korte som muligt og forlænge vækstsæsonen.

Majs er blevet en populær afgrøde i Danmark, men da den er varmekrævende sås den sent, typisk i begyndelsen af maj. Endvidere dyrkes majs med en rækkeafstand på 75 cm, og rækkerne lukker først efter Sct. Hans. Dette betyder, at majsmarkerne stort set er uproduktive i hele foråret og forsommeren. En medvirkende årsag til den langsomme etablering er en svag rodvækst, som betyder, at de spæde majsplanter kun har beskedne evne til at afsøge jorden for næringsstoffer. Selv på velgødede marker observeres mangel på fosfor (P), der i modsætning til kvælstof (N) betegnes som immobil. Majsplanternes rødder skal i højere grad vokse hen til P for at kunne optage det. Derfor anvendes almindeligvis mineralisk gødning, der placeres ved siden af majsrækkerne i forbindelse med såning. Typisk anvendes en NP-gødning, idet ammonium-N virker fremmende på optagelsen af P. Med henblik på at begrænse forbruget af mineralisk P, der på verdensplan er en begrænset ressource, er der gennemført forsøg med placering af gylle som P-kilde for majsplanterne i etableringsfasen (20), men substitution af mineralisk P med P i husdyrgødning byder imidlertid på en række udfordringer.

Udover tilgængeligheden af P i jord og husdyrgødning spiller en række egenskaber ved majsens ind på røddernes evne til at optage fosfor, herunder rodnettets udvikling, rodhår og røddernes symbiose med bestemte typer af svampe (mykorrhiza). Det vurderes, blandt andet på grundlag af Shenoy & Kalagudi (21) og Bucher (22), at genetisk optimering af de mekanismer, der indvirker på fosforoptagelsen vil give mulighed for en bedre udnyttelse af næringsstoffer i jorden. Det formodes således, at såvel behovet for P-gødsning som afgrødernes krav til jordens fosforstatus reduceres, og begge dele vil medvirke til at reducere risikoen for P-tab til miljøet. Problemet med overforsyning med gødningsfosfor er i øjeblikket størst i majs, men vil også være gældende for andre afgrøder.

Begrænsning af næringsstofftab

Efter høst mineraliseres en del af jordens organiske kvælstof og ved overskud af nedbør i efterårs- og vintermånederne kan det mineraliske kvælstof tabes fra marken ved udvaskning. Der findes afgrøder med en lang vækstsæson, som effektivt kan opsamle det mineraliske kvælstof. De effektive afgrøder passer imidlertid ikke ind i alle sædskifter, og de vil ud fra et produktionsmæssigt synspunkt blive fravalgt. I stedet vil almindeligt dyrkede vinterformer af kornafgrøder i praksis blive foretrukket på grund af disse afgrøders økonomiske afkast og en genetisk tilpasning af disse til længere vækstsæson eller mere effektiv kvælstofopsamling vil kunne bidrage til at reducere tabet af kvælstof.

Med hensyn til fosfor må overskudsproblematikken gribes an på en anden måde. Ved fodring af svin er fytaseindholdet i foderet af betydning for P tilgængeligheden i grisenes mave/tarm-system. Genetisk modifikation af afgrøder til at indeholde mere fytase i kernerne vil betyde øget udnyttelse af P i svineproduktion og dermed mindre behov for tilsætning af mineralisk P til foderet. Herved bliver dyrenes udskillelse af P reduceret, hvilket på sigt vil reducere risikoen for tab af P fra markerne til vandmiljøet.

Omsætning med henblik på energiproduktion

Størstedelen af det organiske materiale i husdyrgødning og i planter er forholdsvis let omsætteligt. Ved energiproduktion på basis af husdyrgødning og eventuelt plantemateriale, f.eks. i biogasanlæg, bliver en svært omsættelig rest

tilbage, og efter separering kan denne fiberrige fraktion forbrændes med henblik på varmeproduktion. Ved forbrænding fjernes næringsstofferne fra kredsløbet i jordbruget, idet kvælstof tabes som atmosfærisk kvælstof, mens mineralstofferne bliver tilbage i asken. Mulighederne for at anvende asken som næringsstofkilde i jordbruget er ikke uden problemer (23).

En mere effektiv biogasproces, hvor en større andel af det organiske materiale omsættes, vil reducere fiberfraktionen, og hermed mængden af aske fra forbrænding af fiberfraktionen. Genetisk tilpasning af bakteriekulturen til en mere effektiv omsætning under biogasproduktionen kan give mulighed for en større gasproduktion, der kan oplagres og benyttes som drivmiddel i modsætning til f.eks. varme. Samtidig vil næringsstofferne forblive på en form, der umiddelbart kan anvendes i landbruget.

6.3. Fremtidig anvendelse af GM-afgrøder

Introduktion

Den globale planteproduktion har tidligere stået overfor store udfordringer hvad angår sikring af fødevarerproduktionen. Indtil nu er det lykkedes at holde trit med befolkningsudviklingen gennem udvikling af nye plantesorter ved hjælp af planteforædling samt forbedring af dyrkningsmetoderne såsom anvendelse af kunstvanding, gødskning og pesticid-anvendelse.

Vi står nu overfor udfordringer, der er langt større. I 2050 vil der være 9 milliarder mennesker på jorden, hvilket vil kræve en meget markant stigning i den vegetabiliske og animalske produktion. Planteproduktion rettet mod fremstilling af biomasse til opvarmning, biogasfremstilling og flydende brændstoffer synes allerede nu at være en reel konkurrent til den vegetabiliske foder- og fødevarerproduktion.

Samtidig hermed er der især i industrilandene et udtalt ønske om mere natur og en reduceret miljøbelastning fra landbruget med næringsstoffer og pesticider. I udviklings- såvel som industrilande inddrages store landbrugsarealer til anvendelse for beboelse og infrastruktur. I mange områder, især Middelhavsregionen og Nærøsten, er vand til kunstvanding i stigende grad en begrænset ressource, og mange kunstvandede landbrugsområder lider i stigende grad under en høj saltholdighed med reduceret produktivitet til følge. Klimaændringsscenerierne forudsiger en række nye udfordringer for planteproduktionen i form af mere ekstreme vejrforhold.

Udfordringerne er med andre ord at producere mere og bedre under mere variable forhold, på et mindre areal og med en reduceret mængde af indsatsfaktorer som vand, gødskning og pesticider.

Den videnskabelige litteratur vedrørende mulige anvendelser af GMO'er er enorm. Den potentielle anvendelse af GM-teknologi for udvikling af afgrøder med forbedrede eller nye egenskaber synes ofte at være uden grænser. Det skal imidlertid kraftigt understreges, at langt størstedelen af de videnskabelige undersøgelser er begrænset til en indikation på, at det potentielt set er muligt at fremstille afgrøder med forbedrede egenskaber gennem genetisk modifikation. En meget stor del af undersøgelserne er udført i såkaldte modelplanter uden kommerciel anvendelse. Forsøg med genetisk modificerede kulturplanter er som oftest begrænset til forsøg i drivhus. Den endelige test af, om den genetiske modifikation af en kulturplante har de ønskede egenskaber, kan først foretages under produktionsbetingelser i marken. Det har her ofte vist sig, at der ikke er overensstemmelse mellem forsøg i drivhus og i mark, og at planten ikke lever op til forventningerne.

Nedenstående er givet en række eksempler på områder, hvor det vurderes muligt at udvikle genetisk modificerede sorter på kort (5-10 år) til mellemlangt sigt (10-20 år) med særlig vægt på problemstillinger i dansk jordbrug. Der vil her primært blive lagt vægt på de danske hovedafgrøder. Det skal understreges, at de beskrevne eksempler ofte er baseret på personlige vurderinger, idet det meste af udviklingsarbejdet for frembringelse af nye sorter foregår i privat regi og derfor ikke offentligt tilgængeligt gennem publikationer i internationale tidsskrifter eller præsentationer ved kongresser etc.

6.3.1. Bedre tolerance mod biotisk stress (virus-, bakterie-, nematode-, svampe- og insektresistens)

Der eksisterer i dag veletablerede teknikker for forbedret tolerance mod virus. Papaya-produktionen på Hawaii er således baseret på planter genetisk modificeret mod virus. Ligeledes er der udviklet virustolerante kartoffelsorter, men disse

er for nærværende ikke i kommerciel produktion. Forbedret tolerance overfor bakterier og nematoder (rundorme), der inficerer planternes rødder, er ligeledes opnået.

I dansk planteproduktion er svampe og insekter de primære skadevoldere. Omkring halvdelen af forbruget af svampemidler anvendes i dag på kartofler til bekæmpelse af kartoffelskimmel. Traditionel forædling er i kartofler særdeles langvarig, hvor det tager omkring 20 år at overføre resistensgener fra vilde slægtninge til de dyrkede sorter. Det er sandsynligt, at det på kort sigt vil være muligt at udvikle resistente kartofler gennem genetisk modifikation. Der er således i Holland etableret et meget stort projekt – DuRPh (<http://www.durph.wur.nl/UK/>), der har til hensigt at isolere resistensgenerne fra de vilde kartoffellinier og overføre disse til de dyrkede sorter gennem genetisk modifikation. Firmaet BASF har ligeledes kartofler i markforsøg, der hævdes at have en bedre resistens mod kartoffelskimmel (http://www.gmo-safety.eu/en/potato/plant_diseases/462.docu.html).

Figur 6.1. Kartoffelplanter og -knolde inficeret med kartoffelskimmel.



<http://plantclinic.cornell.edu/FactSheets/lateblight/potatobig.jpg>
www.plantpath.cornell.edu/Fry/Disease1A.html



Der anvendes derudover en del svampemidler til sprøjtning af korn. Den forædlingsmæssige indsats er her primært rettet mod overførsel af resistensgener rettet mod specifikke stammer af svampe, hvorimod der synes at være en begrænset indsats for at skabe en generel resistens. Dette kan skyldes, at de videnskabelige og teknologiske forudsætninger endnu ikke er til stede for at skabe en bred resistens mod svampe, eller at alternative strategier såsom sprøjtning er mere effektive og billigere. Der er dog en omfattende forskning i gang for at forbedre resistensen mod svampen *Fusarium*. Denne svamp inficerer kornkerner og udskiller en række særdeles giftige forbindelser, såkaldte mycotoksiner.

Halvdelen af det danske forbrug af insektmidler anvendes i grantræsproduktionen for fremavl af juletræer. Der eksisterer i dag veletableret teknologi for insektresistens baseret på den såkaldte *Bt*-teknologi (faktaboks 5.2.), der anvendes kommercielt i majs og bomuld, og fremstilling af insektresistente grantræer er en realistisk mulighed.

6.3.2. Bedre tolerance mod abiotisk stress (tørke, kulde, varme, salt, oversvømmelse)

Globalt set foregår der en meget stor forsknings- og udviklingsindsats rettet mod at frembringe tørketolerante afgrøder ved genetisk modifikation. Firmaet Monsanto forventer at kunne markedsføre en tørketolerant majs i 2012. Tørketolerant bomuld og sojabønner er ligeledes på vej (en oversigt over Monsanto's "pipeline" kan findes på http://www.monsanto.com/pdf/pipeline/pipeline_2009_presentation.pdf).

En række andre firmaer har lignende initiativer på vej. I dansk sammenhæng vil tørketolerante græsser til rekreative områder og foder samt tørketolerant raps også være af stor interesse. Det danske firma DLF-Trifolium har således, indtil det i 2009 besluttede at stoppe med udvikling af GM, haft en forsknings- og udviklingsindsats rettet mod produktion af genetisk modificerede græs med bedre tørketolerance. Varme- og tørketolerante kornarter er også relevante i særdeleshed i den vækstperiode, hvor kornkerne dannes og modnes. Salttolerance er ligeledes af stor vigtighed i regioner med kunstvanding. Problematikkerne omkring abiotisk stress forventes at blive særdeles aktuelle i forbindelse med forventede klimaændringer med mere ekstreme temperaturer og nedbør (afsnit 6.2.1).

6.3.3. Planter med bedre næringsstofoptagelse (mineraller, fosfat og kvælstof)

Der er i EU såvel som i global sammenhæng stor interesse og store initiativer igangsat med det formål at forbedre kulturplanternes næringsstofoptagelse og -udnyttelse gennem genetisk modifikation med det formål at reducere miljøbelastningen med kvælstof og fosfor. Der er i denne problematik to komponenter nemlig dels at forbedre planternes optag af næringsstoffer fra jorden, dels at sikre at de optagne næringsstoffer overføres til høstproduktet – frø, frugter, rødder og knolde. Problematikken er især aktuell hvad angår kvælstof. Nogle kulturplanter som vore kornarter er særdeles effektive til at overføre kvælstof fra de blade og stængler til kernen, mens andre arter som raps kun kan mobilisere 50 % af kvælstofreserverne fra plantens vegetative dele. Ambitionen er, at en kulturplante skal kunne udnytte langt størsteparten af den tilførte kvælstof, samt at al kvælstof i planten overføres til det høstbare produkt. Der synes at være gjort store fremskridt, og genmodificeret majs og raps med en bedre kvælstofudnyttelse forventes at kunne kommerialiseres indenfor de næste få år.

I dansk sammenhæng er der primært fokus på kvælstofudnyttelse i byg, hvede og græs, men projekterne er primært på forskningsstadiet.

På fosforområdet er den primære ambition at kunne forbedre planternes fosfatoptagelse. Fosfat er hårdt bundet i jorden i en organisk eller uorganisk form, og en del eksperimenter er foretaget med det formål at fremme f.eks. udskillelse af enzymer fra rødderne for at kunne mobilisere det organisk bundne fosfat. Indtil videre har dette dog kun vist sig at fungere på modelplanter i laboratoriet.

Globalt set er optagelse af mineraller et meget stort problem, idet mange jorde har et lavt indhold af bestemte mineraller såsom zink. I andre tilfælde er problemet et overskud af mineraller som bor og aluminium, der virker giftigt på planterne. I dansk sammenhæng er manganmangel det primære problem, idet kalkholdige jorder vanskeligt afgiver mangan. Der er forskning i gang indenfor disse problemkredse ved hjælp af såvel traditionel forædling som genetisk modifikation.

6.3.4. Planter med forbedret næringsstofsammensætning som dyrefoder og dermed reduceret næringsstofudledning til det omgivende miljø

En meget væsentlig del af planteproduktionen anvendes som foder. Globalt set anvendes omkring 60 % af kornproduktionen således til dyrefoder, i Danmark er det omkring 80 %. Kornarter som byg, hvede og majs er udmærkede kilder til stivelse, men har en række ernæringsmæssige mangler. Fosfatreserverne i kornkernerne er således ikke tilgængelige for enmavede dyr som dambrugsfisk, høns og svin, og proteinsammensætningen er langt fra at være optimal. Disse aspekter har såvel ernærings- som miljømæssige konsekvenser.

1. Fosfor

Den manglende evne hos enmavede dyr til at kunne udnytte fosfatreserverne i korn skyldes, at de i deres fordøjelsessystem ikke producerer enzymer, der kan udnytte kornkernens oplagrede fosfat. Størsteparten af fosfatet udskilles derfor og er den primære årsag til husdyrgødningens fosforbelastning af det omgivende miljø. For at sikre dyrenes produktivitet og sundhed er det desuden nødvendigt at tilsætte mineralisk fosfat til foderet. Mineralisk fosfat er en ikke fornybar ressource, der vil være opbrugt om nogle få årtier. I dag tilsættes der i Danmark, som i andre områder med intensiv husdyrproduktion, et mikrobielt fremstillet enzym, fytase, til det kornbaserede konventionelle foder. Herigennem er det lykkedes at opnå en fordøjelighed på 60 % af reserverne. Målet er at nå op på 75 %, hvorved man vil kunne undgå at tilsætte mineralisk fosfat.

Siden begyndelsen af 1990'erne har der været forsket i mulighederne for at fremstille genetisk modificerede afgrøder, der producerer større mængder af fytase i frøet som et alternativ til tilsætning af mikrobiel fytase. Dette er lykkedes i

arter som sojabønner, lucerne, raps og majs. I dansk sammenhæng har forskningen været koncentreret omkring byg og hvede. For alle arternes vedkommende har det vist sig, at fytase produceret i frøene er mindst lige så effektivt til at nedbryde fosfatreserverne i frøet som mikrobiel produceret fytase. Der har været udført omfattende risikovurderinger inklusive adskillige fodringsforsøg uden, at det har været muligt at påvise nogen problemer for såvel afgrødeplanternes som husdyrenes produktivitet og sundhed (der henvises til 24 for oversigt).

De kinesiske myndigheder har meddelt, at de er i færd med at kommercialisere en majs, der er genetisk modificeret for produktion af fytase. Der har desuden over en årrække været rygter om kommercialisering af genetisk modificeret raps samt majs med en så høj fytaseproduktion, at den vil kunne anvendes som tilsætning. Indtil videre er der ikke kommet fytaseproducerende sorter på markedet, hvilket måske kan skyldes, at de genetisk modificerede planter, under den eksisterende lovgivning, endnu ikke er økonomisk konkurrencedygtige overfor anvendelse af den mikrobielt fremstillede fytase.

2. Aminosyrer

Den for husdyr ikke-optimale proteinsammensætning skyldes, at de proteiner, der oplagres i kornkernen, har en ernæringsmæssigt forkert sammensætning. Der er således kun små mængder af de såkaldte essentielle aminosyrer, som er komponenter, som mennesker og dyr ikke kan opbygge men skal have tilført med kosten. For at kompensere for disse mangler, tilsættes der i dag store mængder sojaskrå, der har en bedre aminosyresammensætning til foderet, ligesom der produceres i størrelsesordenen ½ mio. tons af hver af aminosyrerne lysin og threonin ved mikrobiel fremstilling samt ½ mio. tons af aminosyren methionin ved kemisk syntese. På den anden side indeholder kornkernerne store mængder af de ikke-essentielle aminosyrer prolin og glutamin, der ikke kan udnyttes, og som derfor udskilles, hvorved de yder et væsentligt bidrag til landbrugets kvælstofbelastning af miljøet.

Der er over de sidste halvtreds år udført omfattende forsøg med mutationsforædling med det formål at forbedre kornkernernes proteinsammensætning. I majs er det lykkedes gennem en periode på 40 år at opnå en forbedret majs, såkaldt højlysinmajs (25), der har en omfattende anvendelse til foder i Kina. I byg har man nået lignende resultater, men denne byg er grundet et 10 % mindre udbytte endnu ikke konkurrencedygtig. Over de sidste 10-15 år har der været en omfattende forskningsindsats med det formål at forbedre proteinsammensætningen under anvendelse af en række forskellige strategier og med større eller mindre succes. Indenfor de sidste år er det imidlertid lykkedes med en strategi, hvor man undertrykker dannelsen af de proteiner, der har den dårligste aminosyresammensætning. I dansk regi er der således fremstillet en genetisk modificeret byg, der har et 10 % større indhold af de essentielle aminosyrer og en 10-15 % reduktion i mængden af prolin og glutamin (26).

Firmaet Monsanto har fremstillet en majslinie, LYO38, med et 40 % højere indhold af aminosyren lysin, der for nærværende søges godkendt som foder og fødevarer i EU området. I Indien er der udviklet en kartoffel med forbedret aminosyresammensætning.

3. Andre foderparametre

Der er på foderområdet en lang række yderligere relevante forædlingsmål, der for nærværende adresseres gennem forskning og udvikling af genetisk modificerede afgrøder. For fodergræssernes vedkommende er der interesse i at udvikle planter med en bedre fordøjelighed gennem at reducere mængden af vedstof og undertrykke blomstring, idet de blomstrende stængler har en lav fordøjelighed. Det er derudover af relevans at ændre på kulhydrat/protein balancen i planten med det formål at opnå mere kulhydrat og mindre protein. Firmaet DLF-Trifolium har siden 2007 haft markforsøg med en genetisk modificeret græs, der producerer mere af kulhydratet fruktan. Inden for kvægproduktionen er der desuden interesse i at udvikle afgrøder med en langsomt nedbrydelig stivelse. Hvedeplanter med disse karakteristika er for nærværende i markforsøg i Australien, men er dog primært rettet mod fødevarerproduktionen. Metanudledningerne fra bøvsende køer vil kunne reduceres betydeligt ved at øge andelen af mellemkædede umættede fedtsyrer i foderet. Det er dog dyrt og uhensigtsmæssigt at tilsætte dette til foderet fra raps- eller palmeolie. Forædling af græs eller andre grovfoderafgrøder med et højt naturligt indhold af disse fedtsyrer vil kunne reducere metanudledningerne fra husdyrbruget betydeligt. Der er i England igangsat forskning med henblik på forædling af græssorter, som på denne måde vil kunne reducere kvægets klimabelastning.

6.3.5. Bedre konkurrenceevne mod ukrudt

Udbredelsen af afgrøder, der er resistente mod ukrudtsmidler (herbicer), har som tidligere nævnt nået et meget stort omfang. Det må forventes, at genetisk modifikation i stigende grad vil blive anvendt til udvikling af nye typer af resistens mod herbicer.

Der er derudover en omfattende forskning i gang vedrørende kulturplanternes konkurrenceevne mod ukrudt gennem udskillelse af forskellige forbindelser eller via tidlig spiring og etablering. Ligeledes er der stor interesse i at kunne forstå og kontrollere afgrødernes arkitektur, hvilket vil kunne have potentiel betydning for deres konkurrenceevne overfor ukrudt. Så vidt vides er der dog ikke nogle af disse typer på vej mod markedsføring.

6.3.6. Sundere fødevarer, fjernelse af allergener

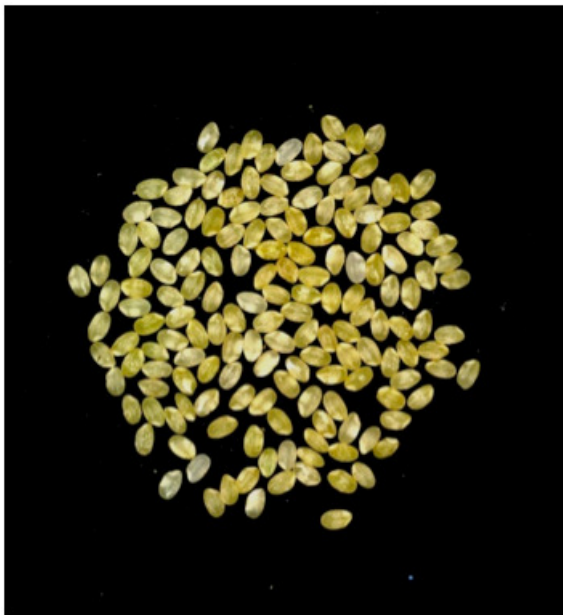
Hovedvægten i udvikling af genetisk modificerede afgrøder i den kommercielle sektor ligger helt klart indenfor karakterer af relevans for selve dyrkningen i marken og indenfor foderområdet. Der er dog også betydelige aktiviteter indenfor fødevarer. Aktiviteterne kan opdeles i følgende hovedgrupper:

1) Vitaminer og mineraler

Det vurderes for nærværende, at ca. halvdelen af jordens befolkning, primært kvinder og børn i udviklingslandene mangler jern og zink. Derudover bliver hvert år omkring 500.000 børn blinde på grund af mangel på A-vitamin, og mange dør efterfølgende. Den primære årsag til disse problemer er fattigdom, der bevirker, at befolkningen næsten udelukkende ernærer sig gennem basisfødevarer som majs, ris, hvede og kartofler, der har et lavt indhold af mineraler og vitaminer. Løsning af dette problem blev vurderet som værende topprioritet af Copenhagen Consensus Conference 2008 (<http://www.copenhagenconsensus.com/Default.aspx?ID=953>). Forskning og udvikling på dette område foregår primært i offentlig regi via de såkaldte CGIAR-institutter, de internationale landbrugsforskningscentre. Disse har påbegyndt et projekt, HarvestPlus, der har til formål at forbedre næringsværdien af basisfødevarerne gennem traditionel forædling eller genetisk modifikation (www.HarvestPlus.org). Projektet er primært finansieret af Verdensbanken og Bill og Melinda Gates Foundation, der derudover støtter en række større aktiviteter rettet mod at forbedre den generelle næringsværdi af ris og Sorghum, som er en vigtig fødeareafgrøde, især i Afrika.

Den såkaldt "Gyldne Ris" er udviklet i regi af HarvestPlus, hvor det er lykkedes at udvikle en ris, der producerer forstadier til A vitamin. Det er lignende forstadier, der giver gulerødder deres orange farve. Den "Gyldne Ris" forventes at komme i almindelig dyrkning inden 2012 (figur 6.2). Der er også lykkedes at lave ris, hvede og majs, der har et 2-3 gange højere jernindhold (<http://www.biokemi.org/biozoom/issues/525/articles/2395>).

Figur 6.2. Kerner af den Gyldne Ris. Foto: Peter Beyer, Freiburg Universitet, Tyskland.



Udover disse aktiviteter arbejdes der med at udvikle afgrøder med et højere indhold af C og E vitamin, men disse aktiviteter er primært på forskningsstadiet.

2) Olier, stivelse og protein

Der har været omfattende aktiviteter vedrørende sammensætningen af fedtstoffer i vore olieafgrøder. I raps blev der således markedsført og dyrket genetisk modificerede varianter, der producerede mere laurylsyre. Disse er imidlertid taget ud af produktionen efter en kort årrække. For nærværende er der aktiviteter indenfor fremstilling af sojabønner med en oliesammensætning (lavt indhold af linolensyre), der giver en lavere dannelse af de såkaldte transfedtsyrer. Disse sojabønner er markedsført under navnet Vistive. Ligeledes er der sojabønner på vej, der indeholder de såkaldte omega-3-fedtsyrer, der formodes at have en positiv sundhedsmæssig effekt. Ifølge firmaet Monsanto er denne afgrøde samt videreudviklede linier af Vistive i det næstsidste stadium af afprøvning før markedsføring.

Som tidligere nævnt udvikles der for nærværende afgrøder med en langsomt nedbrydelig stivelse og med en sundere proteinsammensætning. Disse aktiviteter er også særdeles relevante for human ernæring.

3) Forøget/reduceret indhold af sekundære indholdsstoffer

En række indholdsstoffer i vore afgrødeplanter betragtes ofte som havende positive effekter på menneskets sundhed. Det er lykkedes at udvikle f.eks. sojabønner eller tomater med et forøget indhold af antioxidanter. I andre tilfælde er der klart dokumenterede negative effekter, f.eks. hvad angår de såkaldte cyanogene glucosider i planten kassava, der er fødegrundlag for hundrede af millioner af mennesker. Under forarbejdning af de stivelsesholdige rødder frigøres den stærke gift blåsyre, der ofte er vanskelig at fjerne med mindre kassavamelet undergår en omfattende udvaskning. Det er lykkedes ved hjælp af genetisk modifikation at undertrykke dannelsen af disse komponenter, en forskning der har en stærk dansk komponent. (<http://www.biokemi.org/biozoom/issues/525/articles/2399>).

4) Fjernelse af allergener

Mange mennesker lider af allergi mod komponenter i vores plantefødevarer. I nogle tilfælde er den allergiske reaktion veldefineret, og der vil her være mulighed for at fjerne den allergifremkaldende komponent gennem genetisk modifikation. Så vidt vides er denne indsats endnu på forskningsstadiet, men der er f.eks. frembragt æbletræer uden allergenet. Hvorvidt æblerne også har et lavere allergenindhold, og om de bedre tåles af allergikere er under afprøvning.

6.3.7. Anvendelse for produktion af nye typer fibre, stivelser, olier og protein

En lang række af planternes indholdsstoffer og komponenter anvendes som råvarer til forskellige non-food formål. Cellevægskomponenter som de såkaldte pektiner har en meget udstrakt anvendelse som fortykningsmidler til fødevarer, og der foregår en omfattende indsats for at "skræddersy" disse komponenter til en række nye formål. Indenfor dette område er der også betydelige danske styrkepositioner, forsknings- og produktionsmæssigt. (<http://www.biokemi.org/biozoom/issues/525/articles/2399>).

Stivelser anvendes ligeledes i meget stort omfang til industrielle formål, og der er meget store forskningsaktiviteter i gang for at kunne producere bestemte typer af stivelser til bestemte formål. Firmaet BASF har således udviklet en kartoffel, hvor syntesen af en af stivelsestyperne er undertrykt, og har ansøgt om markedsføringstilladelse i EU. (<http://www.basf.com/group/corporate/en/innovations/innovative-solutions/amflora>).

Ligeledes er der stor interesse i udvikling af planter, der kan producere olier til industrielt brug, eksempelvis skæreoiler eller olier til transportindustrien.

6.3.8. Udvikling af afgrøder til biomasse og bioenergi

Højere udbytte er klart et af de allervigtigste forædlingsmål. Dette gælder, uanset om afgrøden er beregnet som biomasse til energifremstilling, eller der er tale om en traditionel landbrugsafgrøde. Planternes fotosyntese er et centralt element for i hvilket omfang, det vil være muligt at opnå markante stigninger i biomasse og udbytte. Der synes her at være basis for en begrundet optimisme, men indsatsen er endnu på forskningsstadiet. Et andet centralt indsatsområde er at sikre, at planten ved modning mobiliserer alle sine indholdsstoffer til de høstbare produkter som frø, frugter, rødder og knolde.

Der synes også at være gode muligheder for ved hjælp af genetisk modifikation at fremavle varianter af planter, der vil være velegnet til fremstilling af biogas, biodiesel og bioethanol. Et allerede kommercialiseret eksempel er majs, hvor firmaet Syngenta har udviklet en majslinie, der producerer et varmestabilt stivelsesnedbrydende enzym i frøene. I dansk regi er der forskning i gang rettet mod anvendelse af halm til bioethanolfremstilling, hvor der i halmstrået produceres cellevægsgnedbrydende enzymer. Disse enzymer er først aktive ved temperaturer over 50 grader og påvirker derfor ikke plantens vækst (27).

Den mindste miljøbelastning fås ved dyrkning af flerårige afgrøder, der som oftest også er de afgrøder, der har den største samlede biomasseproduktion. Sådanne afgrøder omfatter blandt andet pil og elefantgræs, men også en række græsser. I disse afgrøder er det især den samlede biomasseproduktion, der er interessant at optimere, og der har været en forholdsvis ringe forædlingsindsats omkring disse afgrøder. Det kan muligvis være mere acceptabelt at benytte GM-teknologi til forædling af sådanne afgrøder, der ikke direkte vil skulle anvendes til foder eller fødevarer.

6.3.9. Anvendelse for produktion af medicin

Der har igennem en årrække været forsket intenst i anvendelsen af planter til produktion af vacciner, antistoffer, medikamenter, komponenter til diagnose og en række forskellige enzymer. Det har vist sig, at planter er i stand til at syntetisere og samle selv de mest komplicerede forbindelser. En lang række af disse komponenter er for nærværende i afprøvning. Eksempelvis forventer det canadiske firma SemBiosSys snarest at kunne markedsføre insulin produceret i en tidselplante. Et andet eksempel er det danske firma Cobento, der har udviklet planter, der producerer et protein, der er nødvendigt for genudnyttelse af B12 vitaminet.

Fordelen ved en plantebaseret produktion er, at den vil være væsentlig billigere end de konventionelle måder at fremstille komponenterne på. Derudover har de plantebaserede produkter den fordel, at de med sikkerhed er frie for HIV, hepatitis og andre vira, der udgør et problem, når man skal oprense komponenter fra humant blod. På trods af disse meget signifikante fremskridt og fordele går det dog langsomt med at få kommercialiseret produkterne. En af årsagerne kan være en vis forsigtighed og konservatisme i medicinalindustrien, der ikke ønsker at introducere nye produktionsmetoder, der kan besværliggøre den meget kostbare godkendelsesprocedure. Der er derudover det problem, at plante proteiner kobler sig til forskellige sukkerstoffer på en lidt anden måde end humane proteiner. Der forskes for nærværende intenst i at kunne modificere planterne, således at protein/sukkerstof komplekserne er som i mennesket.

6.3.10. Prydplanter

I produktionen af prydplanter kan der findes yderligere betydelige anvendelsesområder for genetisk modifikation. Hos mange pottedplanter reduceres plantens højde kemisk ved at sprøjte/vande med forskellige stoffer (stråforkortere – retarderingsmidler), der både miljø- og arbejdsmæssigt er problematiske. I en række plantearter er der frembragt genetisk modificerede planter med et reduceret behov for kemiske retarderingsmidler. Der bruges også kemiske holdbarhedsmidler i produktionen af prydplanter, hvor holdbarhedsmidlerne hæmmer effekten af plantehormonet ætylen, der er medvirkende til, at planter taber blade og blomster. Der er frembragt GM-planter, som ikke påvirkes af ætylen, blandt andet er der godkendt en ætylenufølsom nellike. En lang række havebrugsplanter formeres vegetativt, hvorfor planternes evne til at danne rødder kan have betydning for den kommercielle anvendelse. Gener, der fremmer roddannelsen, er indsat i forskellige plantearter, herunder grundstammer til pærer. Den æstetiske værdi, herunder blomsterfarve og duft, er vigtige egenskaber for prydplanter, hvor genetisk modifikation har et potentiale. Der er godkendt en GM-nellike med blålige blomster, og der er andre eksempler på planter, som har fået deres blomsterfarve modificeret ved hjælp af GM-teknologi.

Figur 6.3. Den blå genmodificerede nellike.



Billede: <http://www.suntory.com/about/news/2005/img/9013.jpg>.

6.3.11. Konklusion vedrørende fremtidig anvendelse

I den verserende debat om udfordringer til planteproduktionen nævnes genetisk modifikation (GM) ofte som løsningen. Der er ud fra et fagligt synspunkt næppe nogen tvivl om, at GM-planter anvendt fornuftigt vil kunne yde et endog meget væsentligt bidrag til at løse de eksisterende og kommende problemer. Det må imidlertid understreges, at GM kun er en teknologi, der som sådan ikke kan stå alene. Vores udvikling af GM-planter vil således være helt afhængig af, at der udvikles et meget omfattende vidensbasis om det genetiske grundlag for vore kulturplanters egenskaber. Derudover vil der, som beskrevet i Kapitel 4 være behov for en omfattende metodeudvikling for at udnytte teknologiens fulde potentiale. Den nødvendige økonomi for forskning og udvikling bør sikres, og der skal skabes lovgivningsmæssige rammer for, at forædlingsfirmaerne kan opnå en rimelig indtjening men under betingelser, hvor monopolisering undgås. Endelig vil udvikling og anvendelse af GMO i EU-regi være helt afhængig af, at der skabes fornuftige rammer for GM-afgrøderne, der på den ene side muliggør en acceptabel og hurtig godkendelsesprocedure og samtidig opfylder forbrugernes ønsker og krav.

Der er på alle områder et behov for et stort offentligt økonomisk og lovgivningsmæssigt engagement, såfremt man ønsker at fremme udviklingen af GM-afgrøder. Planteproduktion er en lavværdiproduktion, der sikrer, at der er billige råvarer for anvendelse som foder, fødevarer og biomasse til industrielle formål og bioenergi. På intet tidspunkt er der i planteproduktionskæden tale om "værdispring" under forædling fra råvare til færdigt produkt, som det er tilfældet for den animalske produktion, der giver mulighed for opkrævning af afgifter til støtte for forskning og udvikling.

Derudover er det klart, at det for en lang række egenskabers vedkommende, under den eksisterende lovgivning og med de nuværende finansieringsmuligheder, ikke vil være rentabelt at udvikle genetisk modificerede planter. Dette gælder i særdeleshed egenskaber, der kan give en bedre miljøprofil og sygdomsresistens eller en bedre ernæringsmæssig sammensætning. Kravet til sådanne afgrøder vil være, at de, hvad angår deres basale egenskaber og udbytte, skal være mindst lige så gode, som de ikke genetisk modificerede elitesorter. Derudover skal den nye egenskab være profitabel, hvilket i høj grad vil være afhængig af den eksisterende miljølovgivning samt konkurrencedygtig overfor alternative løsningsmodeller og teknologier. Ligeledes er det for nærværende kun profitabelt at udvikle afgrøder, hvor landmanden er nødsaget til at indkøbe ny såsæd hvert år, eksempelvis majshybrider, hvor den såkaldte krydsningsfrodighed kun er virksom i selve krydsningen, men ikke i afkommet, eller hvor der kontraktmæssigt er mulighed for at forhindre, at landmanden selv opformerer genetisk modificerede planter til anvendelse som såsæd det følgende år.

EUs regler for utilsigtet indblanding af genetisk modificerede afgrøder i konventionelle og økologiske produktioner må også vurderes som værende en væsentlig barriere for implementering af genetisk modificerede afgrøder i landbruget. For nærværende anvendes en grænseværdi på 0,9 %. Som beskrevet i den danske udredningsrapport om sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder (28) vil det for en række selvbestøvende afgrøder som byg og hvede være relativt enkelt at imødekomme denne grænseværdi, mens det for vind- og insektbestøvende afgrøder som raps og græsser vil være forbundet med varierende vanskeligheder.

Endelig bør det understreges, at udvikling af genetisk modificerede afgrøder er en langvarig proces, der typisk vil strække sig over op mod 10 år og for nogle afgrøders vedkommende endnu længere. Genetisk modifikation af planter til løsning af kommende tiders problemer bør derfor indtænkes i en langsigtet strategi med klare mål, midler og lovgivning. Denne strategi bør have et såvel nationalt som globalt sigte. Der er næppe tvivl om, at GM-teknologien vil kunne afhjælpe en række landbrugs- og ernæringsproblemer i udviklingslandene. Disse mangler imidlertid som regel de økonomiske og organisatoriske rammer for at kunne implementere og håndtere teknologien. Bistand til indkøb af GM-såsæd såvel som EU og dansk støttet forskning og udvikling i udviklingslandenes primære afgrøder kunne være vigtige redskaber for at fremme landbrugsproduktionen.

6.4. Fremtiden for GM-afgrøder, miljømæssigt set

Et stadigt stigende behov for fødevarer og andre plantebaserede produkter vil fremover kræve en øget landbrugsproduktion og lægge pres på arealanvendelsen. Danmark er i modsætning til mange andre lande i en situation, hvor klimaændringerne ikke reducerer mulighederne for planteavl, selvom de bliver ændret (afsnit 6.4). Den globale efterspørgsel vil med stor sandsynlighed betyde, at områder som Danmark, hvor der er god landbrugsjord, vil få gode afsætningsmuligheder for afgrøder på det globale marked. Derfor vil vi i fremtiden opleve, at GM-afgrøder bliver stadig mere almindelige for at tilgodese behovene. Det gælder både de GM-afgrøder vi kender i dag, men også nye afgrødetyper, der er tilpasset klimaændringerne, eller som producerer ønskede produkter for eksempel biodiesel eller

vacciner med videre (afsnit 6.3.8). Derfor kan vi forvente et stort pres på arealressourcen i Danmark og dermed også både direkte og indirekte på natur- og seminaturarealer.

6.4.1. Fremtidige udfordringer

Globalt står vi over for nogle store udfordringer på grund af en kraftigt stigende befolkningstilvækst. Det medfører, at der vil blive en stigende efterspørgsel efter fødevarer, både animalske og vegetabiliske. Planteproduktion kræver jord, vand og lys, hvor såvel jord som vand er knappe ressourcer mange steder i verden. Vandmangel afhjælpes mange steder af kunstvanding, der ofte fører til saltophobning i jorden. Klimaændringerne vil øge temperaturen på globalt plan og gøre mange områder umulige eller vanskeligere at dyrke. Et varmere klima vil resultere i omlægninger af landbruget til mere varmekrævende/varmetolerante afgrøder over alt i verden.

Generelle egenskaber, der er af betydning for planters vækst, er roddannelse og længde af rødder for vand- og næringsoptagelse, bladenes størrelse og udformning (behåring, fortykkelse af kutikula etc.), blomstringstidspunkt, fordelingen mellem vegetativt og reproduktivt væv, frøhvile og frøs overlevelse i frøpuljen. Forbedret næringsstofoptagelse kan være af stor betydning i områder, hvor der ikke er råd til at supplere med kunstgødning. Forøgelse af bladenes evne til at tilbageholde vand vil give disse planter en større sandsynlighed for at overleve det varmere klima. En justering af blomstringstidspunkt, så det er bedre tilpasset et forandret miljø, kan være af stor betydning for frøsætning. Frøhvile for mange landbrugsplanter er relativ kort men kan være et større problem for en række træarter. Hvis hvileperioden strækker sig over flere vækstsæsoner, er der en øget risiko for, at frøet vil dø på grund af de ændrede klimatiske betingelser.

Landbrugets påvirkning af miljøet på arealer, der anvendes til planteproduktion, er både mekanisk, fysisk og kemisk. Den mekaniske er jordbehandlingsmetoder (pløjning, harvning etc.), som medfører en reduktion af såvel jordfauna som frøpulje. Fysisk behandling som tilførsel af vand kan ændre både jordfauna og vegetation. Den udstrakte brug af gødning, specielt gylle, forøger kvælstofpuljen i jorden, men også fordampning af kvælstof, hvilket medfører et forøget nedfald af det både på landbrugsjord og på naturområder. Når kvælstofnedfaldet sker i naturområder, bliver økosystemerne påvirket, og det ændrer floraen i området. Endelig er der brugen af pesticider, som reducerer artsdiversiteten i marken og i dens omgivelser på grund af afdrift.

I forbindelse med klimaændringer i retning af varmere klima forventes det, at det nordeuropæiske område vil blive i stand til at dyrke nye afgrøder, ligesom der vil komme nye skadevoldere. Det vil medføre en øget brug af midler mod disse.

6.4.2. GM-planter giver muligheder

Anvendelsen af GM-planter kan være af stor betydning for at sikre fødevarerforsyningen i en tid, hvor det dyrkbare areal er aftagende, blandt andet som følge af klimaændringer. Udfordringen består i at øge produktionen på det areal, der er til rådighed, samtidig med at påvirkningen af dyrkningsjorden og omgivelserne bliver så lille som muligt. Her er anvendelsen af GM-planter et af de redskaber, som man kan tage i anvendelse. I det følgende gennemgås de muligheder, anvendelsen af GM-planter giver for at producere afgrøder og andre produkter på landbrugsarealet i fremtiden, hvor fokus lægges på de mulige positive og negative konsekvenser for miljøet ved disse anvendelser af GM-planter.

Resistens mod biotisk stress

Resistens mod skadegørere (vira, bakterier, svampe, nematoder, insekter) kan være medvirkende til at reducere forbruget af sprøjtemidler. Specielt insektresistens baseret på *Bt*-toksiner har været af stor interesse (se nedenfor). En anden gren af insektresistens er baseret på lektin fra vintergæk, som har virkning på bladlus (29). Proteinasehæmmere fra forskellige kilder, også planter, kan give resistens mod forskellige insekter og nematoder (30). Et tredje område, som absolut ikke er af mindre interesse, er svamperesistens. Så tidligt som 1999 lykkedes det Bliffeld *et al.* (31) at overføre chitinase fra byg til hvede. Chitinase og visse proteinasehæmmere giver resistens mod svampe, men endnu er der ikke GM-hvede med svamperesistens på markedet (32). Det er helt klart nødvendigt at undersøge, hvordan forskellige former for resistens, som måske vil give GM-planterne øget konkurrenceevne, vil påvirke natur og miljø.

Bt-planter

Hidtil har der især været fokuseret på brugen af gener, som koder *Bt*-toksiner, og som kan yde beskyttelse mod forskellige insekter. Toksinerne kommer fra en bakterie (*Bacillus thuringiensis*) og påvirker insektlarvernes tarmkanal,

således at den bliver ødelagt. Forekomst af resistens hos insekter mod *Bt*-toksiner er observeret (afsnit 5.3.3.), hvorfor en løbende identifikation af gener, der koder for nye varianter af toksiner er nødvendig (33). Der har været mange be-
kymringer for, hvordan *Bt*-toksiner fra plantedele kan påvirke jordfaunaen, men kun ingen eller svage direkte effekter på leddyrfaunaen har været påvist hidtil (34, 35, 36). I forbindelse med brugen af *Bt*-planter er en overvågning af virk-
ning på non-target organismer nødvendig eventuelt suppleret med specifikke undersøgelser, især for lokalt sjældne arter.

Tolerance over for abiotisk stress

Udvikling af afgrøder, der er tolerante over for abiotisk stress som tørke, varme og salt, vil være meget attraktivt i frem-
tiden set i lyset af problemer med nedbørsmangel og forhøjet saltindhold i overfladejorden. Tolerance over for abiotisk
stress er vanskelig at udvikle, da det ofte involverer flere gener (f.eks. 37). Wang *et al.* (38) nævner, at abiotisk stress
fører til en reduktion på ca. 50 % af planteproduktionen globalt set, og at i 2050 vil ca. 50 % af landbrugsarealet være
saltplaget. Derfor er der allerede i dag et højt incitament til at udvikle tolerante planter, og selv om det tydeligvis er
vanskeligt, er der næppe tvivl om, at det vil lykkes i stadigt stigende omfang i de kommende år. Hvis planter kan modi-
ficeres til at tåle forskellige former for abiotisk stress, vil der være større områder i verden, der kan udnyttes, men det
kan skabe pres på naturområder, som det i dag ikke er muligt at dyrke. Derudover vil tolerance overfor abiotisk stress
give planter, der har disse gener, mulighed for at sprede sig til naturområder, hvis eksistens er betinget af tørke, salt,
eller tidvise fersk- eller saltvandsprægede oversvømmelser.

Herbicidtolerance

Herbicidtolerante planter (GMHT) vil også i fremtiden være en væsentlig del af landbrugets anvendelse af GM-planter.
Den resistens, som mange af de vilde planter i dyrkningssystemerne har udviklet over for glyfosat, må forventes at blive
mere udbredt (39). Det vil stille stadig større krav til den måde herbicidtolerante afgrøder dyrkes på. Det vil blandt an-
det betyde behov for sædskifte, hvor der skiftes mellem GMHT-afgrøder og traditionelle afgrøder, således at der ikke
sker opformering af resistente arter. Andre løsninger kan være skift mellem forskellige GMHT med resistens over for
andre herbicider end glyfosat. Det medfører, at mulighederne for at tilgodese biodiversiteten i det dyrkede land bliver
begrænsede. Erfaringer fra en række projekter antyder, at længere tids anvendelse af GMHT påvirker miljøet ved at
reducere de vilde planters frøproduktion i marken og dens nærmeste omgivelser (40, 41). Det påvirker livsgrundlaget
for insekter og andre leddyr i dyrkningssystemet, hvilket igen påvirker organismer højere oppe i fødekæden (42). Disse
virkninger kan modvirkes ved at vælge mere miljøvenlige måder at dyrke GMHT på, f.eks. ved at sprøjte senere og ved
at sprøjte med reduceret dosis (43), eller måske mest optimalt ved at indføre sprøjtefri rækker i dyrkningssystemer (44).
Det er muligt, at sprøjtning med reducerede doser kan medvirke til resistensudvikling hos ukrudtsarter (45). Forøget
resistensudvikling vil både fra et landbrugsmæssigt og et miljømæssigt synspunkt være uheldigt, da en meget nærlig-
gende løsning vil være yderligere herbicidsprøjtning.

Medicinproducerende planter

Muligheden for at producere forskellige former for medicin ved hjælp af GM-planter eksisterer allerede. Der vil sand-
synligvis blive tale om forskellige former for indelukket produktion ligesom den produktion (f.eks. www.cobento.com),
der i dag finder sted ved hjælp af mikroorganismer. Afhængigt af det producerede produkt skal det i hvert enkelt til-
fælde forsøges forudsagt, hvilke miljømæssige risici der er forbundet med den pågældende produktion, og hvilke krav
der stilles om forudgående undersøgelser, samt betingelser til produktionen, når/hvis der bliver givet tilladelse.

Råvareproducerende planter

Der er i dag flere eksempler på dette i forsøgsstadiet, f.eks. findes der en kartoffel med modificeret stivelsessammen-
sætning, der er bedre egnet til papirfremstilling end andre kartofler. Forsøg med at lave bioplast ved genmanipulation
af castorbønne er i gang (29), og ændringer i poppels vedmasse, så den bliver bedre egnet til papirproduktion, er også
i gang. Men de indsatte gener styrer ikke alene ændringen i lignin, de påvirker også jordbundens kulstofsammensæt-
ning (46). De miljømæssige konsekvenser må derfor vurderes eller undersøges i hvert enkelt tilfælde, da det ændrede
produkt næppe nedbrydes på samme måde som det hidtidige og måske har et andet bidrag til jordens kulstofpulje.

Stacked events

Den stigende anvendelse af GM-planter giver mulighed for at få planter, som i større omfang er skræddersyet til pro-
duktionen således, at sprøjtning, jordbearbejdning og lignende kan reduceres. I stedet for at have planter med kun en
egenskab, kan det være en fordel at have planter med flere former for forskellige typer af egenskaber. Det kan opnås
forholdsvis simpelt ved at krydse to linier, der hver i sær indeholder et til flere transgener. På denne måde har man fået
majs, som kan producere flere *Bt*-toksiner og samtidig er herbicidtolerant. Når flere gener er indført i en plante, er det
muligt, at disse gener vil spille sammen på en eller anden måde. Inden for genetik tales om epistasis, som skyldes to eller

flere gener, der påvirker en egenskab, eller pleiotropi, som er et gen, der er ansvarlig for en bestemt egenskab, men som sammen med andre gener påvirker en anden egenskab. Viden vedrørende samspil af gener er begrænset, og hvad det kan føre til indenfor GM-planter, er uvist. Der er i høj grad brug for mere viden på det område.

Konklusion

Da mulighederne for genmodifikation af planter er mangfoldige er det umuligt at forudsige, hvilke konsekvenser de direkte og indirekte via dyrkning kan have på omgivelserne. Derfor må det i hvert enkelt tilfælde vurderes, hvilke miljømæssige risici der er forbundet med den eller de pågældende egenskaber, og den måde planterne skal produceres på. Dette vil i mange tilfælde kræve undersøgelser både af den indsatte egenskabs eventuelle effekter på miljøet, og af det dyrkningssystem planterne med de nye egenskaber skal være en del af.

6.5. Fremtidens forskningstemaer

Der kan peges på følgende fremtidige forskningstemaer.

6.5.1. GM-risikovurdering baseret på planteindholdsstoffer

Mange typer GMO'er vil ikke udelukkende kunne risikovurderes på basis af de tilsigtede effekter af de nye indsatte gener, derimod vil der være en række utilsigtede ændringer, som oftest ikke kan forudsiges, men som stadig skal håndteres i risikovurderingen. Dette kan undersøges i biologiske screeninger, men der er muligheder og begrænsninger i anvendelsen af "transcriptomics", "proteomics", "metabolomics" og andre former for screeninger af planteindholdstoffer for risikovurderingen og evalueringen af substantiel ækvivalens, som ikke er afklaret. Yderligere undersøgelser af anvendeligheden af disse screeningsmetoder er derfor nødvendigt.

6.5.2. GM-interaktioner i planten (stacked events)

I de senere år har der været en tendens til, at der bliver indført flere transgener i samme plante. Der forventes i de kommende år et stigende antal GM-planter med mange forskellige kombinerede egenskaber. Der bliver derfor et stigende behov for at undersøge, om indsættelse af et øget antal transgener i planten vil medføre ændrede miljøeffekter på såvel mål-organismer som ikke-mål-organismer. Eventuelle ændringer af effekterne kan skyldes, at de indsatte gener ikke virker uafhængigt af hinanden, men i synergi. I EFSAs guidelines indgår undersøgelser af muligheden for synergieffekter, men der angives ikke præcist, hvordan dette skal foregå. Der er derfor behov for at undersøge, hvordan kravene til undersøgelser kan gøres mest effektive.

6.5.3. Følsomme ikke-målorganismer

Der mangler viden om følsomheden hos ikke-målorganismer, her specielt insekter og jordbundsdyr der kan blive påvirket negativt ved dyrkningen af *Bt*- og andre insekttolerante planter. Hvilke sikkerhedsfaktorer og baggrundsoplysninger skal vi anvende, når vi giver tilladelse til dyrkning. Eksempelvis er sommerfuglelarvers følsomhed overfor *Bt*-pollen ikke ordentligt undersøgt i Europa med hensyn til følsomhedsvariationen mellem forskellige sommerfuglearter i larvestadiet. Desuden mangler der viden om de eventuelle virkninger af pollenafsætningen på larvernes foderplanter. Området kræver derfor mere viden, end den der aktuelt demonstreres i ansøgninger om forsøgsudsætning og markedsføring.

6.5.4. Integreret fødevare- og energiproduktion

Der er behov for forskning i, hvordan GM-afgrøderne kan medvirke til at mindske de miljømæssige ændringer og påvirkninger af klimaændringerne. Som en tilpasning til en fremtid med en forhøjet atmosfærisk CO₂-koncentration i kombination med et varmere klima mangler der viden om, hvordan de afgrøder, der udvikles til at give det optimale udbytte og den optimale sammensætning med hensyn til foder- og fødevarekvalitet, vil påvirke miljøet i og omkring marken. Blandt de mulige miljøeffekter er påvirkning af plantekonkurrence, ændret N-udvaskning, ændret jordkvalitet og dermed ændret biodiversitet, ændret anvendelse af bekæmpelsesmidler og kunstgødning. Bekæmpelsesmidler kan også blive ændret sæsonmæssigt, hvilket kan give nye påvirkninger af miljøet.

6.5.5. Miljøeffekter ved dyrkning i stor skala

Ved en eventuel fremtidig udbredt dyrkning af GM-afgrøder på det danske landbrugsareal er der behov for viden om den resulterende påvirkning af omgivelserne, som det ikke er muligt at opdage i den case by case risikovurdering, der foretages i dag. Den generelle overvågning er heller ikke veludviklet til formålet, da den dels følger den enkelte godkendelse, dels ikke indsamler data der belyser sammenhængen mellem årsag og virkning. De miljøeffekter, der kan forekomme ved stor-skalaanvendelse, er i dag ikke fuldstændig kendte, men de må forventes at kunne variere meget afhængig af (GM)afgrødevalg, dyrkningsstrategi for GM-afgrøderne og graden af landskabsmæssig integration af dyrknings- og naturarealer.

6.5.6. Integreret evaluering af GM-dyrkningssystemer

Nye landbrugsteknologier kræver en samlet vurdering således, at de kan sammenlignes med alternative og eksisterende dyrkningssystemer. Da GMO'er indgår i dyrkningssystemer med specifikke krav og muligheder til sprøjtning, gødsning, jordbehandling og sædskifter, er det ultimativt på dyrkningssystemniveauet, at GMO'ers cost-benefits skal evalueres. Dette kræver værktøjer, der f.eks. udnytter informatik og modellering til en bred evaluering af økologiske konsekvenser og samfundsnytte.

6.5.7. Foranstaltninger til at forhindre spredning af invasive, stresstolerante GMO'er

I hvilken grad er det økologisk muligt at bekæmpe spredningen af stresstolerante, invasive GMO'er? Når der som tilpasning til klimaændringer og øget efterspørgsel bliver udviklet arter med forøget stresstolerance, øges risikoen samtidig for, at der bliver "skabt" arter, der kan sprede sig uden for landbrugsøkosystemerne og til naturen. Dette er uønsket, men der mangler viden om, hvordan man kan neutralisere en uønsket spredning, og hvornår og hvordan man bedst kan sætte ind. Introduktionen af nye stresstolerante GM-planter kan ændre risikovurderingen, og de krav denne stiller til, hvordan disse arter skal testes i forbindelse med ansøgningen om forsøgsudsætning og markedsføring. Det er eksempelvis muligt, at der skal indtænkes et ekstra led mellem forsøgsudsætning og markedsføringsansøgning for at skaffe yderligere supplerende oplysninger i den enkelte sag. Tidsperspektivet bliver formentlig endnu mere vigtigt for disse afgrøder, end det er for de hidtidige herbicidtolerante og insektresistente, og her kan blandt andet erfaringerne fra invasive arter være relevante at tænke ind.

6.5.8. Virkemidler mod spredning

Et af risikomomenterne ved GM-planter er risikoen for spredning af transgener fra GM-arter til bestande af vilde plantearter, som de kan bestøve og krydses med. Der er brug for forskning i, hvordan man ved hjælp af biologiske virkemidler, f.eks. forskellig ploiditet (kromosomtallet) eller ændret blomstringstidspunkt, effektivt kan forhindre genoverførsel fra GM-planter til nærtbeslægtede vilde plantearter.

6.5.9. Forbedret overvågning af GMO

For godkendelse af en GM-plante til markedsføring er der krav om, at der skal udarbejdes en overvågningsplan, blandt andet for at kunne opdage uventede miljømæssige konsekvenser ved f.eks. dyrkning. Anmelderens risikovurdering vil dog ofte konkludere, at da der ikke er påvist nogen konkrete uønskede effekter ved GM-planten, vil en *specifik overvågning* ikke være nødvendig. Ansøgningerne om dyrkning af en GM-plante indeholder derfor oftest udelukkende anbefaling af, at der foretages en *generel overvågning*. Formålet med denne er imidlertid kun meget lidt konkret, og da den desuden er meget bredt formuleret, vil kun de mest iøjnefaldende miljøændringer kunne opdages, og en forklaring på ændringernes årsag kan desuden normalt ikke påvises. Dette gør, at den overvågning, der for nærværende finder sted, oftest kun bidrager minimalt til at udvide vores viden om GMO'ens påvirkning af miljøet, da konkrete miljømæssige oplysninger mangler fra overvågningen. Samlet betyder dette, at der er meget lille feedback fra overvågningen til risikovurderingen, og at udviklingen af den økologiske risikovurdering ikke, som det burde være tilfældet, sker via resultaterne fra overvågningen. Det er vanskeligt at ændre disse forhold uden, at der sker en ændring af udsætningsdirektivet, men forskning og demonstrationsprojekter i tilknytning til dyrkning af GMO vil kunne påvise, hvor der er specielt behov for at tilføre overvågningen mere vidensopbyggende elementer. Samtidig vil langtidserfaringer med overvågning fra andre dyrkningsområder udenfor EU kunne inddrages.

6.5.10. Mykotoxinindholdet i GM-majs

Det har vist sig, at GM-majs med indbygget insektresistens (indsat *Bt*-toksin gen) overfor sommerfuglelarver ofte har lavere indhold af de sundhedsskadelige mykotoksiner. Det skyldes, at de svampe, der danner disse stoffer, ikke så let kan invadere majsplanterne via borehuller, forårsaget af larverne fra sommerfugle. Det vil derfor være yderst interessant at få flere undersøgelser på disse effekter, således at denne viden kan indgå i vurderingen af, om de insektresistente planter kan bidrage positivt sundhedsmæssigt i form af lavere indhold af mykotoksiner.

6.6. Konklusion

Der er et betydeligt samspil mellem jordens kvalitet, klimaet og planteproduktionen. Et mere ekstremt klima med længere tørkeperioder og mere intens nedbør vil stille større krav til dyrkningsjordens kvalitet, herunder især evnen til hurtig vandafledning, god rodudvikling og høj vandretention, som kan understøtte afgrødernes vandforbrug i tørkeperioder. Det stiller også større krav til planternes tolerance over for både tørke og oversvømmelse (afsnit 6.2.2).

Genetisk modifikation af responsmekanismerne overfor stress er en særdeles lovende teknik til at fremstille planter, der er mere modstandsdygtige overfor f.eks. dårlige klima- og jordbundsforhold. Dette skyldes, at de negative stress-effekter ofte rammer særligt følsomme processer i planterne, som er udviklings- og organ-specifikke. En sådan respons kan formentlig kun ændres ved indgreb i signalkæden. GM-planter, hvor en signalkæde er ændret, bør afprøves under markforhold, idet der, som omtalt, ofte er omkostninger i form af mindsket vækst forbundet med at aktivere responsmekanismer overfor (a)biotisk stress (afsnit 6.2.3).

Stigningerne i fødevareproduktionen har hidtil i stort omfang været baseret på stigende gødsning med kvælstof og fosfor og et stigende vandforbrug. Hvis en fordobling af verdens fødevareproduktion skal foregå med de samme stigninger i input, som har været anvendt hidtil, vil det forudsætte en tredobling af anvendelsen af kvælstof- og fosforgødninger, en fordobling af det vandede areal samt en 18 % forøgelse i det dyrkede areal. Dette vil have helt uacceptable konsekvenser for miljø og klima, og nye afgrøder, sorter og dyrkningsmetoder, som sikrer både højere udbytter og lav miljøbelastning, er derfor stærkt påkrævede (afsnit 6.2).

Men GM-afgrøderne indgår i virkeligheden i dyrkningssystemer og kan ikke betragtes isoleret som planter, der har fået ændret deres gener, og derfor alene, i sig selv, gør noget ved miljøet. Det vil sige en seriøs miljømæssig evaluering må tage udgangspunkt i en analyse af alle miljømæssigt relevante elementer i landbrugspraksis. Dette er en meget kompleks opgave, og udgangspunktet vil derfor også være at prioritere mellem elementer i landbrugspraksis og luge ud i dem, således at en fornuftig evaluering og planlægning af relevante miljømæssige undersøgelser bliver mulig.

I den verserende debat om udfordringer til planteproduktionen nævnes genetisk modifikation (GM) ofte som løsningen. Der er ud fra et fagligt synspunkt næppe nogen tvivl om, at GM-planter anvendt fornuftigt vil kunne yde et endog meget væsentligt bidrag til at løse de eksisterende og kommende problemer. Det må imidlertid understreges, at GM kun er en teknologi, der som sådan ikke kan stå alene. Vores udvikling af GM-planter vil således være helt afhængig af, at der udvikles en meget omfattende vidensbasis om det genetiske grundlag for vore kulturplanters egenskaber. Derudover vil der være behov for en omfattende metodeudvikling for at udnytte teknologiens fulde potentiale (afsnit 6.4).

Danmark er i modsætning til mange andre lande i en situation, hvor klimaændringerne ikke reducerer mulighederne for planteavl. Den globale efterspørgsel vil med stor sandsynlighed betyde, at områder som Danmark, hvor der er god landbrugsjord, vil få gode afsætningsmuligheder for afgrøder på det globale marked. Derfor vil vi i fremtiden opleve, at GM-afgrøder bliver stadigt mere almindelige for at tilgodese behovene. Det gælder både de GM-afgrøder, vi kender i dag, men også nye afgrødetyper, der er tilpasset klimaændringerne, eller som producerer ønskede produkter for eksempel vacciner eller biodiesel. Derfor kan vi forvente et stort pres på arealressourcen i Danmark og dermed også på natur- og seminaturarealer. GM kan lige som så mange andre teknologier, der er skabt til at løse nogle problemer, og så skabe nye problemstillinger, som er svære at tænke sig frem til, og derfor ofte vil være undersøgelseskrævende (afsnit 6.5).

I takt med at viden om samspillet mellem genotyper, dyrkningspraksis, miljø- og klimaforhold udbygges i de kommende år, øges forståelsen af ændrede klimaforholds betydning for foder- og fødevarekvalitet. Der er dog behov for en indsats fra flere discipliner, fordi en ensidig forskning i GMO ikke kan løse udfordringen. De forskellige forskningsdiscipliner skal integreres for at belyse både det komplekse samspil mellem klimaets variabilitet og konsekvenser for udbytte og produktkvalitet, agronomiske metoder og interne responsmekanismer (kapitel 11).

Den nødvendige økonomi for forskning og udvikling bør sikres, og der skal skabes lovgivningsmæssige rammer for, at forædlingsfirmaerne kan opnå en rimelig indtjening men under betingelser, hvor monopolisering undgås. Endelig vil udvikling og anvendelse af GMO i EU-regi være helt afhængig af, at der skabes fornuftige rammer for GM-afgrøderne, der på den ene side muliggør en acceptabel og hurtig godkendelsesprocedure og samtidig opfylder forbrugernes ønsker og krav (afsnit 6.4).

Referencer

1. FAO. 2006. World agriculture: towards 2030/2050. Global Perspective Studies Unit. FAO, Rome.
2. IEA. 2008. World energy outlook 2008. OECD/IEA.
3. Tilman D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96, 5995-6000.
4. Erisman JW, Sutton MA, Galloway J, Klimont Z & Winiwarter W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1, 636-639.
5. CEC. 2006. Thematic strategy for soil protection. Commission for the European Communities.
6. Zlatev Z, Dimov I, Ostromsky T, Geernaert G, Tzvetanov I & Bastrup-Birk A., 2001. Calculating losses of crops in Denmark caused by high ozone levels. *Environ. Model. Assess.* 6, 35-55.
7. IPCC. 2007. Summary for Policymakers. I Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H.L. (red.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
8. Schär C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA & Appenzeller C. 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427, 332-336.
9. Petersen M, Brodersen P, Naested H, Andreasson E, Lindhart U, Johansen B, Nielsen HB, Lacy M, Austin MJ, Parker JE, Sharma SB, Klessig DF, Martienssen R, Mattsson O, Jensen AB & Mundy J. 2000. Arabidopsis map kinase 4 negatively regulates systemic acquired resistance. *Cell* 103: 1111-1120.
10. Schwartz SH, Tan BC, Gage DA, Zeevaart JAD & McCarty DR. 1997. Specific oxidative cleavage of carotenoids by VP14 of maize. *Science* 276: 1872-1874.
11. Skriver K, Olsen FL, Rogers JC & Mundy J. 1991. Cis-acting dna elements responsive to gibberellin and its antagonist abscisic-acid. *PNAS* 88: 7266-7270.
12. Zhang X, Wollenweber B, Jiang D, Liu F & Zhao J. 2008. Water deficits and heat shock effects on photosynthesis of a transgenic Arabidopsis thaliana constitutively expressing ABP9, a bZIP transcription factor. *J. Exp. Bot.* 59: 839-848.
13. Pandey S, Nelson DC & Assmann SM, 2009. Two novel GPCR-type G proteins are abscisic acid receptors in Arabidopsis. *Cell* 136: 136-148.
14. Andersen MN, Asch F, Wu Y, Jensen CR, Næsted H, Mogensen VO & Koch KE., 2002. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. *Plant Physiology* 130, 591-604.
15. Clive James. 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief No. 39. ISAAA: Ithaca, NY.
16. Tomlin CDS. 2005. The e-Pesticide Manual. BCPC.
17. Holst N, Axelsen JA, Bruus M, Damgaard CF, Kudsk P, Lassen J, Madsen KH, Mathiassen SK & Strandberg B. 2008. Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyphosatolerante afgrøder. *Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen* Nr. 121, 2008.
18. Glare TR & O'Callagan M. 2000. *Bacillus thuringiensis: Biology, Ecology and Safety*, ISBN 0-471-49630-8. http://www.bt.ucsd.edu/bt_crop.html.
19. FAO. 2003. Report of the FAO Expert Consultation on Environmental Effects of Genetically Modified Crops 16 - 18 June 2003, Rome, Italy. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/006/ad690e/ad690e00.pdf>.
20. Petersen J, Jensen HH & Rubæk G. 2008. Gødningsplacering i majs. *Plantekongres 2008*, 8.-9. januar 2008, Herning kongrescenter. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, og Dansk Landbrugsrådgivning. p 42-44. ISBN 978-87-91949-10-4.
21. Shenoy VV & Kalagudi GM. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Bio-technology Advanced* 23, 501-513.
22. Bucher M. 2007. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist* 173, 11-26.
23. DJF-notat. 2009. Notat om konsekvenser for fosfor (P) ved forbrænding af biomasse. Notat til Fødevareministeriet. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, 7. maj 2009, 4 p.
24. Brinch-Pedersen H, Hatzack F, Stöger E, Arcalis E, Pontopidan K & Holm PB. 2006. Heat stable phytases in transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.): Deposition pattern, thermostability and phytate hydrolysis. *J. Agr. Food Chem.* 54, 4624-4632.
25. Prasanna BM, Vasal SK, Kassahun B & Singh NN. 2001. Quality protein maize. *Cuyrrent Science*, 81, 1308-1319.
26. Lange M, Vincze E, Wieser H, Schjoerring J & Holm PB. 2007. Suppression of C-hordein synthesis in barley by antisense constructs results in a more balanced amino acid composition. *J. Agr. Food Chem.* 55, 6074-6081.

27. Borchardt B. 2007. Designerhalm til grøn transport. 8 forskerhistorier 2007, Forskningsrådet for Teknologi og produktion, pp 36-39. <http://fi.dk/publikationer/2008/8-forskerhistorier-2007/8%20forskerhistorier%202007.pdf>
28. Tolstrup *et al.* 2003. Sameksistens mellem genetisk modificerede, konventionelle og økologiske afgrøder. Udredningsrapport, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 152 pp, 2003.
29. Teknologirådet. 2005. Nye gensplejsede planter til nye formål, Teknologirådet, 63 p.
30. Mosolov VV & Valueva TA. 2008. Proteinase inhibitors in plant biology: A review. *Applied Biochemistry and Microbiology* 44, 233-240.
31. Bliffeld M, Mundy J, Potrykus I & Fütterer J. 1999. Genetic engineering of wheat for increased resistance to powdery mildew disease. *Theoretical and Applied Genetics* 98, 1079-1086.
32. Ioset J-P, Urbaniak B, Ndjoko-Ioset K, Wirth MF, Gruissem W, Hostettmann K & Sautter C. 2007. Flavonoid profiling among wild type and related GM wheat varieties. *Plant Molecular Biology* 65, 645-654.
33. Bravo A & Soberón M. 2008. How to cope with insect resistance to *Bt* toxins? *Trends in Biotechnology* 26, 573-579.
34. Cortet J, Griffiths BS, Bohanec M, Demsar D, Andersen MN, Caul S, Birch ANE, Pernin C, Tabone E, de Vaufléury A & Krogh PH. 2007. Evaluation of effects of transgenic *Bt* maize on macroarthropods in a European multi-site experiment. *Pedobiologia* 51, 207-218.
35. Krogh PH, Griffiths B, Demsar D, Bohanec M, Debeljak M, Andersen MN, Sausse C, Birch ANE, Caul S, Holmstrup M, Heckmann L-H & Cortet J. 2007. Responses by earthworms to reduced tillage in herbicide tolerant maize and *Bt* maize cropping systems. *Pedobiologia* 51, 219-227.
36. Sanvido O, Romeis J & Bigler F. 2007. Ecological Impacts of Genetically Modified Crops: Ten Years of Field Research and Commercial Cultivation. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 107, 235-278.
37. Marris E. 2008. More crop per drop. *Nature* 452(7185), 273-277.
38. Wang WX, Vinocur B & Altman A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218, 1-14.
39. Powles SB. 2008. Review: Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: Lessons to be learnt. *Pest Management Science* 64, 360-365.
40. Farm Scale Evaluations. 2003. The farm-scale evaluations of spring-sown genetically modified crops. *Philosophical Transactions of The Royal Society- Biological Sciences* 358(1439), 1773-1913.
41. Kjær C, Strandberg MT & Erlandsen M. 2006. Effects on hawthorn the year after simulated spray drift. *Chemosphere* 63, 853-859.
42. Strandberg B, Pedersen MB & Elmegaard N. 2005. Weed and arthropod populations in conventional and genetically modified herbicide tolerant fodder beet fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, 243-253.
43. Elmegaard N & Pedersen MB. 2001. Flora and fauna in Roundup tolerant fodder beet fields. NERI-technical Report 349, 1-39.
44. Pidgeon JD, May MJ, Perry JN & Poppy GM. 2007. Mitigation of indirect environmental effects of GM crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 274 (1617) 1475-1479.
45. Westra P, Wilson RG, Miller SD, Stahlman PW, Wicks GW, Chapman PL, Withrow J, Legg D, Alford C & Gaines TA. 2008. Weed population dynamics after six years under glyphosate- and conventional herbicide-based weed control strategies. *Crop Science* 48, 1170-1177.
46. Hancock JE, Bradley KL, Giardina CP & Pregitzer KS. 2008. The influence of soil type and altered lignin biosynthesis on the growth and above and belowground biomass allocation of *Populus tremuloides*. *Plant and Soil* 308, 239-253.

7. GMO's økonomiske effekt og potentiale

Seniorrådgiver Morten Gylling, FOI LIFE KU, (afsnit 7.1.), afdelingschef Alex Dubgaard, FOI LIFE KU, (afsnit 7.2.) og seniorforsker Kim Martin Lind, FO LIFE KU (afsnit 7.3.)

7.1. Økonomiske forhold i forsyningskæden

Indledning

Som tidligere beskrevet (kapitel 2) er dyrkning og anvendelse af GM-afgrøder i EU underlagt en række reguleringer og kontrolforanstaltninger.

Det overordnede formål med regelsættet og kontrolforanstaltningerne er, at der i ethvert led i forsyningskæden kan sikres adskillelse mellem GM- og konventionelle/økologiske produkter, hvilket i sidste ende skal sikre forbrugeren et frit valg gennem en mærkningsordning. Mærkningsordningen stiller krav om mærkning af produkter der indeholder mere end 0,9 % GMO. Indholdet af GMO skal samtidig være utilsigtet og teknisk uundgåeligt, hvilket også betyder at man ikke kan "blande sig" til et lavere indhold af GMO i for eksempel et parti sojaskrå. Grænseværdien på 0,9 % gælder kun for GMO, der er godkendt til anvendelse i EU, for ikke godkendt GMO er grænseværdien 0.

Det er i denne forbindelse væsentligt at fremhæve, at på baggrund af EU's godkendelsesregler bør sporbarheds- og mærkningsordningerne ikke betragtes som en fødevare/fodersikkerhedsmæssig foranstaltning, men alene som en markeds-mæssig foranstaltning.

I primærproduktionen giver GM-afgrøder mulighed for en forbedret indtjening som følge af besparelser på især plan-tebeskyttelse og/eller højere produktværdi. Den forbedrede indtjeningsmulighed skal dog ses i sammenhæng med omkostningerne til sameksistens.

I forsyningskæden fra landmand til det forarbejdede produkt vil der også være en række omkostninger til at sikre adskillelse, sporbarhed og dokumentation mellem GM- og konventionelle/økologiske råvarer og produkter.

En stor del af disse omkostninger eksisterer dog allerede for så vidt angår sporbarhed og dokumentation som følge af EU's foderstof- og fødevarehygiejne forordninger. Samtidig er mange, især større, fødevare- og foderproducenter certificeret af uafhængige certificeringsinstitutter, hvilket også betyder at ekstraomkostningerne til at håndtere sporbarhed og dokumentation i relation til GMO vil være marginale, da de kan håndteres i allerede eksisterende systemer. Dog vil specifikke analyser af GMO-indholdet i råvarer og mellemprodukter kunne udgøre en ikke uvæsentlig omkostning. For en del virksomheder kan der også være tale om nødvendige investeringer til at sikre adskillelse.

7.1.1. Internationale erfaringer

Der er ikke længerevarende praktiske erfaringer under klimatiske og driftsmæssige forhold, der ligner de danske, med GM-afgrøder der har egenskaber, der kunne være relevante for danske forhold. Det er i EU kun i Spanien, hvor der gennem en længere årrække har været dyrket GM-majs, som er resistent over for den europæiske majsborerbille.

Der er publiceret en række studier omhandlende de økonomiske forhold vedrørende dyrkning af GM-afgrøder i primærproduktionen. De kommer alle frem til større eller mindre gevinster for primærlandbruget (J1). Det er dog fælles for disse studier, at de er udført for GM-afgrøder og forhold, der ikke direkte kan overføres til danske forhold, samtidig er der ikke indregnet eventuelle forskelle i pris mellem GM- og konventionelle afgrøder, ligesom der kun i få tilfælde er indregnet omkostninger til sameksistens.

En af de seneste og mest omfattende analyser (J2) af driftsøkonomien i den spanske GM-majskyldyrkning er udført på baggrund af driftsdata fra perioden 2002 – 2004.

Analysen omfatter GM-majsdyrkere og konventionelle majsdyrkere i 3 spanske provinser (Albacete, Lleida og Zaragoza), hvor der har været dyrket GM-majs siden 1999.

Analysen viser, at der for alle provinser er en driftsøkonomisk gevinst, men også en markant forskel i den driftsøkonomiske gevinst mellem de enkelte provinser afhængig af udbredelsen af og risikoen for angreb af den europæiske majsborer bille.

I provinserne Lleida og Albacete var den gennemsnitlige årlige forbedring i dækningsbidrag på henholdsvis 23,60 kr./ha og 70,70 kr./ha. Der er for begge provinser tale om, at gevinsten svarer til besparelsen i plantebeskyttelse. Der har også været tale om et mindre merudbytte ved dyrkning af *Bt*-majsen i alle årene, men dette merudbytte har ikke været signifikant.

I Zaragoza-provinsen er der derimod tale om en markant forbedring af dækningsbidraget på 902,40 kr./ha årligt i de tre år analysen omfatter. Gevinsterne har her været signifikante for både merudbytte og besparelser på plantebeskyttelse, samtidig har merprisen for GM-udsæd også været markant højere i denne provins i forhold til de to andre provinser.

Den dyrkede majs bliver solgt til markedspriser, og der var ikke observeret nogen prisforskel mellem GM- og konventionel majs ligesom der i beregningerne ikke var inddraget nogen form for sameksistensomkostninger.

Som det fremgår af ovenstående vil de driftsøkonomiske gevinster i provinserne Lleida og Albacete ikke kunne dække det danske bidrag (100 kr./ha) til kompensationsfonden. I Zaragoza-provinsen er den driftsøkonomiske gevinst derimod så stor, at der selv efter sameksistens-omkostninger på dansk niveau vil være en markant forbedring af driftsøkonomien.

I EU er det reelt kun foderstofindustrien, der har praktisk erfaring med håndtering af GM- råvarer i form af importerede soja og majs produkter, mens fødevarerindustrien hidtil har forholdt sig afventende. Dette må hovedsageligt tilskrives markedsforholdene, både på råvare og afsætningssiden. Det er efterhånden vanskeligt og dyrt at importere ikke-GM-soja og -majsprodukter, samtidig har langt de fleste konventionelle husdyrproducenter accepteret GM-soja i foderblandingerne, da produkter fra dyr fodret med GM-foder ikke skal mærkes.

7.1.2. Driftsøkonomien i GM-afgrøder (primærproduktionen)

7.1.2.1. GM-afgrøder

Det driftsøkonomiske potentiale ved dyrkning af GM-afgrøder under danske forhold afhænger i høj grad af hvilke afgrøder, der er tale om, samt hvilke egenskaber de pågældende GM-afgrøder har.

Der kan i denne forbindelse være tale om dyrkningsmæssige egenskaber som eksempelvis herbicidresistens, insektresistens eller svampesistens, disse egenskaber vil kunne give mulighed for mindre anvendelse af plantebeskyttelsesmidler og samtidig sikre et stabilt udbytte. GM-afgrødernes anvendelsesmæssige egenskaber vil her være de samme som for de konventionelle afgrøder.

Der kan også være tale om GM-afgrøder med forbedrede anvendelsesmæssige egenskaber som bedre foderværdi og bedre udnyttelse af fosfor i foder, eller egenskaber der kan give besparelser i det industrielle forarbejdningsled. Der vil her typisk være tale om dyrkningsmæssige egenskaber svarende til konventionelle afgrøder.

Endelig kan man forvente, at der på sigt vil ske en kombination af egenskaber (stacked events), som det allerede nu ses i kommercielt tilgængelig GM-majs med både herbicid- og insektresistens.

Det driftsøkonomiske potentiale må forventes at variere fra landmand til landmand og vil afhænge af, om de mulige besparelser på plantebeskyttelse eller en øget værdi som følge af højere udbytte eller forbedrede brugsegenskaber kan opveje de ekstra omkostninger til GM-udsæd og de ekstra omkostninger til sameksistensforanstaltninger.

Der er i det følgende valgt at vurdere de driftsøkonomiske potentialer for følgende GMO afgrøder:

Majs (ensilage)	- glyfosatresistens
Sukkerroe	- glyfosatresistens
Kartoffel (mel)	- skimmelresistens
Byg/hvede	- fytase
Græs (foder)	- højt fruktan indhold

7.1.2.2. Sameksistensregler og omkostninger

I forbindelse med dyrkning af GM-afgrøder skal landmanden overholde en række bestemmelser for at sikre sameksistens (J3).

De danske sameksistensregler er vist i faktaboks 7.1.

Faktaboks 7.1. Sameksistensreglernes krav.

- UddannelseskraV (GM-kørekort)
- Godkendelse til dyrkning af GM-afgrøder
- Indberetningspligt (samme skema som ansøgning om enkeltbetaling)
- Information af nabolandmænd
- Registrering og journalføring
- Godt landmandskab, herunder rengøring af maskiner/transportmateriel der har været anvendt til GM-afgrøder samt kontrol af GM-spildplanter
- Afgrødespecifikke afstandskrav til konventionelle og økologiske marker med samme afgrøde
- En afgift på 100 kr./ha GM-afgrøde til kompensationsfonden

Omkostningerne til overholdelse af sameksistensreglerne vil variere mellem de forskellige afgrøder, men også fra bedrift til bedrift.

Omkostningen til kompensationsfonden er fast pr. hektar (100 kr.), mens omkostningerne til deltagelse i kurser til "GM-kørekort" kan være lidt vanskeligere at fordele som en omkostning pr. hektar, da det vil være variabelt hvor mange hektar GM-afgrøder den enkelte kursusdeltager skal håndtere. Der er samtidig forskel på omfanget af kurset for driftsledere og andre ansatte. Omkostningerne til kurserne vurderes samlet set at være marginale og uden betydning for valg af dyrkning af GM-afgrøder. Der er for nuværende omkring 250 landmænd, der har taget kurserne, det må samtidig forventes at GM-kørekort fremover bliver en del af landmandsuddannelsen.

Indberetning af marker med GM-afgrøder antages at være omkostningsneutral, ligesom afstandskravene under danske forhold antages at kunne opfyldes gennem afgrødeplanlægningen uden særlige omkostninger. Der kan dog i visse majstætte områder opstå problemer, men disse vil kunne løses gennem naboaftaler (J3).

Kravene til registrering, journalføring og dokumentation i sameksistensloven svarer stort set til de krav der allerede stilles i relation til fødevarer- og foderstofhygiejneforordningerne som beskrevet i (J4), så de yderligere omkostninger ved GMO-dyrkning kan betragtes som minimale.

Der er krav om grundig rengøring af så- og høstmaskiner samt transportmateriel ved skift fra håndtering af GM-såsæd/afgrøder til konventionelle og økologiske afgrøder. Omkostningerne til dette regnet på hektarbasis vil variere, alt efter hvor store arealer af GM-afgrøder, der samlet behandles, inden der skiftes til konventionel/økologisk afgrøde. Det antages i denne forbindelse, at der på de enkelte bedrifter ikke dyrkes samme afgrøder både som GM- og konventionelle afgrøder, hvilket betyder at større bedrifter med egne maskiner reelt ikke har ekstraomkostninger. Maskinstationer og maskinfællesskaber må forventes at have flere skift mellem GM- og konventionelle afgrøder og dermed mere rengøring, men ved god planlægning kan disse omkostninger også holdes på et rimeligt niveau.

Ved dyrkning af GM-kartofler og -roer er der også omkostninger til kontrol og lugning af spildplanter.

Omkostningerne til kontrol af spildplanter og rengøring af maskiner blev i sameksistensrapporten fra 2003 estimeret til 300 kr/ha for sukkerroe og 260 kr/ha for stivelseskartofler. For korn (hvede og byg) og majs (ensilage) er omkostnin-

gerne vurderet til 80 kr./ha. Der er ikke kommet praktiske erfaringer siden 2003, der kan give anledning til at ændre disse tal. Det skal dog bemærkes, at omkostningerne i 2003 rapporten er beregnet på baggrund af relativt små markstørrelser, og at disse omkostninger forventes at falde væsentligt med stigende markstørrelser.

Ekstraomkostningerne til GMO udsæd vurderes at ligge på 10 % af den konventionelle udsæds pris, denne ekstra pris betegnes ofte som en "teknologipræmie", der kan dog forventes afvigelser fra dette alt efter markedsforhold og afgrøde.

7.1.2.3. Potentielle besparelser ved dyrkning af GM-afgrøder

De potentielle besparelser i pesticidanvendelsen ved dyrkning af glyfosatresistent roe og majs samt skimmelresistent kartoffel er beregnet med en driftsøkonomisk model (Drifts Økonomisk Pesticid model – DØP (J7)). Omkostningerne til plantebeskyttelse ved dyrkning af GM-afgrøderne er i modellen sammenlignet med henholdsvis omkostningerne for tilsvarende konventionelle afgrøder baseret på det aktuelle pesticidforbrug (AKT) beregnet på baggrund af Bekæmpelsesmiddelstatistikken 2007 og med God Konventionel Praksis (GKP) svarende til en konsulentassisteret plantebeskyttelsesstrategi. Anvendelsen af glyfosat i roer og majs svarer til strategierne i (J5), mens bekæmpelsesstrategien for skimmelresistent kartoffel er fastlagt på baggrund af (J6). Modellen beregner også BI for den givne sprøjtepraksis.

Omkostningsberegningerne i DØP-modellen medtager både omkostninger til pesticider og omkostninger til udbringning.

De skønnede driftsøkonomiske besparelser er vist i tabel 7.1.

Tabel 7.1. Skønnede driftsøkonomiske gevinster for GM-afgrøder.

	Sukkerroe*		Majs**		Kartoffel***
	AKT	GKP	AKT	GKP	AKT
Besparelse i plantebeskyttelse (kr./ha)	1.160	957	266	113	1.630
Sameksistensomkostninger (kr./ha)****	563	563	302	302	822
Driftsøkonomisk gevinst (kr./ha)	597	394	-36	-189	808
Reduktion i behandlingsindeks	2,18	1,77	0,45	0,23	1,70

* Glyfosatresistent sukkerroe

** Glyfosatresistent majs (ensilage)

*** Skimmelresistent kartoffel (stivelse)

**** Sameksistensomkostninger inkluderer 10 % dyrere GM-udsæd/læggemateriale

Som det fremgår af tabellen er der en klar driftsøkonomisk gevinst for både glyfosatresistent sukkerroe og skimmelresistent kartoffel.

Besparelserne på plantebeskyttelse (pesticid + udbringning) er omtrent dobbelt så store som sameksistensomkostningerne, når der sammenlignes med det aktuelle pesticidforbrug. Hvis der sammenlignes med den optimale konsulentassisterede strategi i besparelserne lidt mindre.

For den glyfosatresistente majs er der med de anvendte forudsætninger et driftsøkonomisk tab på 36 kr. til 189 kr./ha, når der alene ses på besparelsen i plantebeskyttelse i forhold til sameksistensomkostningerne.

Der er i de ovenstående skøn ikke medtaget et eventuelt øget udbytte som følge af en mere sikker ukrudtsbekæmpelse med glyfosat, et mindre merudbytte vil kunne få anvendelsen af glyfosatresistent majs til at blive omkostningsneutral.

Som følge af besparelserne i pesticidforbruget er der for alle tre afgrøder også tale om et fald i behandlingsindeks, størst for sukkerroe og kartoffel og mindre for majs. Den økonomiske værdi af dette er ikke søgt kvantificeret, men må betragtes som ikke uvæsentlig.

Byg og hvede med højt fytaseindhold og græsser med højt fruktanindhold er eksempler på potentielle GM-afgrøder med forbedrede fodringmæssige egenskaber, men hvor de dyrkningsmæssige egenskaber er de samme som for de konventionelle afgrøder. Det er for nuværende vanskeligt at kvantificere de økonomiske konsekvenser af disse GM-afgrøder.

Højt fytaseindhold i foderkorn vil helt eller delvist kunne erstatte fytase eller foderphosphat i foderet til svin og fjerkræ.

Dyrkning og anvendelse af fytasefoderkorn må forventes at ske på egen bedrift med anvendelse i hjemmeblandet foder til egen besætning, herved spares omkostninger videre i forsyningskæden.

Der er ikke praktiske danske erfaringer med anvendelse af fytasefoderkorn til svin eller fjerkræ, og det er derfor vanskeligt at vurdere det økonomiske potentiale. Ved hjemmeblanding ligger omkostningerne til fytase (ved fytaseholdig tilskudsblanding) i størrelsesordenen 2-3 kr. pr. slagtesvin produceret.

Sameksistensomkostninger og omkostninger til GM-udsæd vil for hvede (80 hkg/ha) ligge i størrelsesordenen 2,80-3,00 kr./hkg svarende til ca. 5 kr. pr. slagtesvin ved anvendelse som foder.

Der synes således ikke umiddelbart at være nogen driftsøkonomisk gevinst med de nuværende omkostningsskøn for fytaseomkostninger og sameksistens/GM-udsæd omkostninger, men det giver omvendt husdyrproducenten en mulighed for at være uafhængig af eventuelt øgede fytaseomkostninger.

Et højere fruktanindhold i græs vil øge foderværdien grundet en bedre udnyttelse af grovfoderet. For fodergræsser er der ved et godt græsmanagement kun minimale omkostninger til sameksistens udover dyrkningsafgift og omkostninger til GM-græsfrø.

Ved et udbytte på 7.000 fe/ha i græsmarken vil dette skønsmæssigt betyde en meromkostning i størrelsesordenen 0,02 kr./fe.

Der er som nævnt ikke i de driftsøkonomiske beregninger regnet med et potentielt øget udbytte, da dette under danske forhold skønnes at være marginalt for de fleste veldrevne bedrifter, ligesom andre afledte effekter som forenklet driftsledelse heller ikke er medtaget.

En eventuel prisforskel mellem GM-afgrøder og konventionelle salgsafgrøder er ikke medtaget, da der ikke er markeds-mæssig baggrund for at vurdere dette forhold.

7.1.3. Økonomi i forsyningskæden fra landmand til forarbejdet produkt

I forsyningskæden fra landmand til det forarbejdede produkt vil der være en række omkostninger til at sikre adskillelse, sporbarhed og dokumentation mellem GM- og konventionelle/økologiske råvarer og produkter.

Omkostningerne til håndtering af GM-råvarer/produkter i forsyningskæden vil afhænge af den enkelte forsyningskædes kompleksitet og de virksomheder, der indgår i forsyningskæden. Selvom de enkelte forsyningskæder kan have mange fællestræk, kan sammenligninger på tværs af forsyningskæder og lande være særdeles problematiske (J8).

Sukker og kartoffelstivelse er eksempler på korte forsyningskæder, hvor råvaren går direkte fra landmanden til forarbejdningsanlægget. Da der samtidig er tale om kontraktproduktion, hvor forarbejdningsvirksomheden typisk styrer leveranceplanerne og avleren/leverandøren er kendt, vil det være relativt enkelt at håndtere adskillelse af GM- og konventionelle råvarer/produkter gennem en tidsmæssig adskillelse, hvor den konventionelle produktion efterfølges af GM-produktionen. Dette vil dog betyde at de konventionelle avlere skal acceptere at levere først i kampagnen og GM-avlerne sidst i kampagnen. Da begge produktioner foregår i komplekse produktionsanlæg og kører i kampagner i efterårsperioden, vil det være urealistisk omkostningskrævende at standse og fuldstændig rengøre produktionsanlægene under kampagnen.

Et studie (J9) baseret på den danske sukkerindustri har fundet, at ekstra omkostningerne ved denne strategi (tidsmæssig afskillelse) svarer til 0,06 % af produktionsprisen på sukker forudsat at halvdelen af roeproduktionen er GMO. Samme studie fandt også, at en strategi, hvor man dedikerede en sukkerfabrik til konventionel produktion og den an-

den til GM-produktion, ville øge ekstraomkostningerne til 0,46 % af produktionsprisen på sukker. Den væsentlige stigning skyldes især øgede omkostninger til transport.

Brødhvede til hvedemel er en anden relativt enkel forsyningskæde, hvor brødhveden under danske forhold ofte går direkte fra landmandens lager til mølleri. Der kan dog også være tale om at brødhveden går via "grovaresystemet", hvorved der føjes et ekstra led til kæden. I begge tilfælde vil der dog normalt være tale om, at hveden først afhentes, efter at der er taget de nødvendige analyser, så partiet er kendt inden det går ind i forsyningskæden. Under danske forhold kan der også være tale om import af brødhvede enten med lastbil eller skib, hvilket alt andet lige komplicerer forsyningskæden.

I den anden ende af skalaen kan nævnes eksempler som sammensatte fødevarer (chokolade, frossen pizza) og foderblandinger.

Der er her tale om produkter, hvor der anvendes en række råvarer fra forskellige leverandører, som for en del af råvarenes vedkommende skal holdes adskilt i GM- og konventionel.

Den danske/europæiske foderstofindustri har i en længere årrække håndteret GM-soja og -majs, hovedsageligt importeret. Mere end 80 % af de importerede sojaprodukter er GM.

I en undersøgelse af foderstofindustrien i Belgien, Danmark og Polen (J9) angives det, at den største enkeltomkostning ved produktion af konventionelle foderblandinger er ekstraomkostningerne ved at importere ikke-GM-sojaprodukter. De "tekniske" omkostninger på foderfabrikkerne til adskillelse af GM- og konventionelle foderblandinger ligger i størrelsesordenen 22 kr./ton i Belgien og 37 kr./ton i Danmark. Merprisen for en konventionel foderblanding vil afhænge af blandingens indhold af soja, det blev for belgiske forhold fundet, at merprisen for en konventionel slagtesvineblanding lå på 37 kr./ton mens merprisen for en slagtekyllingeblanding lå på 58 kr./ton.

7.1.4. Distributions- og detaileddet

De samlede omkostninger vil alt andet lige blive forøget, når parallelle produkter som økologiske, konventionelle og genmodificerede distribueres og afsættes. Udgangspunktet er, at hvor der tidligere blev markedsført ét til to produkter pr. segment, skal der fremover markedsføres op til tre. Der vil opstå meromkostninger i form af øgede investeringer, stigende driftsomkostninger samt lavere effektivitet og mindre udnyttelse af økonomiske stordriftsfordele.

I distributionsleddet må logistikomkostningerne forventes at stige som følge af flere varenumre. Lagerbindingen vil samlet set også stige og stordriftsfordelene vil blive reduceret. Transportomkostningerne må også forventes at blive forøget, da selv en effektiv lagerstyring næppe kan forhindre perioder med skiftende forsyningsniveauer.

I detaileddet vil flere varenumre medføre en mindre omsætning pr. varenummer. Indtjeningen pr. "hyldemeter" vil derfor falde. Svind, tab på grund af større lagre, mindre omsætningshastigheder pr. hyldemeter, overskridelse af sidste salgsdato vil også medføre meromkostninger. Netop for at opnå højere omsætningshastigheder, mere effektivitet og udnyttelse af yderligere stordriftsfordele er der flere steder en tendens til færre varenumre i detaileddet. Skal man nu til at markedsføre tre parallelle produkter som økologiske, konventionelle og GM, vil det gå imod den aktuelle tendens på området. Det kan derfor ikke forventes, at det bliver fra detailhandlen, at der bliver udtrykt ønske om at få GM-produkter på hylderne, med mindre der kommer et udtalt forbrugerønske.

Endeligt er det næppe sandsynligt, at der vil blive investeret i 3-dobbelte parallelle afsætningssystemer, som ikke er økonomisk bæredygtige på længere sigt. Risikoen for fejlslagne investeringer er derfor til stede. Baggrunden er, at der på lidt længere sigt sandsynligvis ikke vil være markedsgrundlag til stede for at opretholde de tre systemer.

7.1.5. Fremtidigt økonomisk potentiale for dyrkning af GM-afgrøder i Danmark

EU's regelsæt omkring dyrkning og anvendelse af GM-afgrøder pålægger omkostninger i alle led i forsyningskæden fra primærproducenten til forbrugeren, mens det for de fleste GM-afgrøders vedkommende kun er primærproducenten, der har mulighed for en besparelse, mens der kun er enkelte GM-afgrøder, hvor de potentielle besparelser vil være i forarbejdningsleddet. Det er så spørgsmålet om denne besparelse er stor nok til at dække ekstra omkostningerne i alle led i kæden. Som tidligere nævnt vil disse omkostninger variere fra kæde til kæde afhængig af kompleksiteten. Foder-

stofbranchen er her et godt eksempel på en kæde, hvor de økonomiske fordele ved anvendelse af GM-råvarer opvejer ulemperne, mens det på kortere sigt er vanskeligt at se økonomiske og markeds-mæssige forhold, der kan føre til en massiv introduktion af mærkede GM-produkter i fødevarerektoren.

Potentialet for GM-afgrøder i Danmark vurderes på kortere sigt at ligge indenfor afgrøder, der kan anvendes direkte på bedriften uden at skulle ud i forsyningskæden. Kravene til overholdelse af sameksistensregler, sporbarhed og dokumentation er naturligvis de samme om afgrøderne anvendes på bedriften eller sælges videre, men så længe der er tale om afgrøder, der anvendes som foder, er der ikke krav om en videre mærkning af de animalske produkter.

De danske landmænd har gode rammer for at dyrke GM-afgrøder i den udstrækning, at de har egenskaber, der gør dem økonomisk attraktive. De danske sameksistensregler er udformet på en måde, der gør dem relativt enkle at opfylde i praksis, men hvad er lige så vigtigt, yder regelsættet en økonomisk beskyttelse for både dyrkeren af GM-afgrøder og de konventionelle og økologiske landmænd. GM-dyrkeren er økonomisk beskyttet gennem kompensationsordningen, naturligvis kun i den udstrækning at sameksistensreglerne er overholdt, og samtidig kan de konventionelle og økologiske landmænd få dækket utilsigtede tab. En dansk undersøgelse, viser at cirka halvdelen af de danske landmænd er positive overfor dyrkning af GM-afgrøder, forudsat at der vil være et positivt økonomisk resultat

På kort sigt vurderes der at være et væsentligt potentiale for GM-majs til ensilage, selvom de umiddelbare driftsøkonomiske fordele er beherskede, men forhold som en langt mere enkel, sikker og mere miljøvenlig ukrudtsbekæmpelse er ikke af uvæsentlig betydning.

En glyfosatresistent foderroe vil også have et stort økonomisk potentiale, der kan fremme de nye metoder med samensilering af majs og roer.

Hvis industrien og forbrugeren vil acceptere GM-råvarer og produkter vil både skimmelresistent kartoffel og sukkerroe også have et meget stort økonomisk og miljømæssigt potentiale.

7.2. Samfundsøkonomien i GM-afgrøder

Afsnittet undersøger de (potentielle) samfundsmæssige gevinster og omkostninger ved dyrkning af GM-afgrøder. På gevinstsiden optræder lavere omkostninger i fødevarereproduktionen, bedre ernæringsværdi samt mindre miljøbelastning. Omkostningerne omfatter udviklings- og kontrolomkostninger ved anvendelse af GM-afgrøder, evt. negative sundheds- og miljøeffekter samt de reelle eller oplevede risici ved GM-afgrøder. Analysen baseres på litteraturstudier af eksisterende økonomiske analyser og modelberegninger.

7.2.1. Definition og beregning af samfundsøkonomisk overskud

Samfundsmæssige fordele og omkostninger ved gennemførelse af politiske tiltag, projekter eller indførelse af nye teknologier omtales generelt som velfærdsændringer. Som det fremgår af de senere afsnit, har GM-afgrøder især medført lavere omkostninger i afgrødeproduktionen, dels gennem lavere dyrkningsomkostninger pr. arealenhed, dels gennem højere udbytter. Markedsmekanismen vil typisk bevirke, at en sådan omkostningsbesparelse vil blive fordelt (i et eller andet forhold) mellem producenterne og forbrugerne. På producentsiden vil lavere omkostninger umiddelbart give mulighed større fortjeneste. Det vil give incitamenter til at øge produktionen og dermed udbuddet af det omfattede produkt. Det øgede udbud vil alt andet lige reducere prisen, hvad der vil få forbrugerne til at øge efterspørgslen efter produktet. Når en ny markedslikevægt er etableret, vil produktion og forbrug være større end i udgangssituationen, mens prisen vil være lavere.

For forbrugernes vedkommende består gevinsten i en forøgelse af det såkaldte konsumentoverskud. Konsumentoverskuddet defineres som forskellen mellem det beløb, forbrugeren er villige til at betale for en given mængde, og det beløb, som de faktisk betaler. Når indførelse af en omkostningsbesparende teknologi resulterer i en lavere pris og et højere forbrug, betyder det, at konsumentoverskuddet vokser. Tilsvarende kan der defineres et producentoverskud, som svarer til forskellen mellem det beløb, producenterne er villige til at acceptere som tilstrækkelig omkostningsdækning ved en given produktion, og det beløb, som de faktisk er i stand til at opnå for den producerede mængde. Udover disse forbruger- og producentoverskudseffekter vil den virksomheden, der udviklede den nye teknologi, være i stand til at opnå en overnormal profit i en periode – en såkaldt teknologirente. (K20)

Hvordan en omkostningsbesparelse vil blive fordelt på de tre komponenter konsumentoverskud, producentoverskud og teknologirente afhænger af udbuds- og efterspørgselselasticiteter samt markedsforholdene. Det kræver modelberegninger at estimere, hvordan fordelene ved en GM-afgrøde vil blive fordelt mellem forbrugere, producenter og de virksomheder, der udvikler GM-afgrøder. Modelberegninger af den art er kun foretaget i meget begrænset omfang. Derimod findes der en del beregninger af omkostningsbesparelser og udbyttegevinster i landbruget.

Sundheds- og miljøeffekter samt risici ved GM-afgrøder er i et vist omfang kvantificeret i fysiske og biologiske størrelser. Opgørelser af den art er imidlertid ikke sammenlignelige med omkostninger og gevinster i opgjort i kroner og øre. For at sundheds- og miljøeffekter m.v. kan inddrages i samfundsøkonomiske kalkuler er det derfor nødvendigt at foretage en økonomisk værdisætning af disse effekter (denne problemstilling er nærmere beskrevet i afs. 8.2 om nytteværdi). Det har ikke været muligt at finde økonomiske estimater af sundheds- og miljøeffekter m.v. ved GMO. En samlet økonomisk opgørelse (cost-benefit analyse) af fordele og ulemper ved GM-afgrøder er derfor ikke mulig med den tilgængelige viden.

7.2.2. Udbredelse af GM-afgrøder

Kommerciel dyrkning af GM-afgrøder tog sin begyndelse i sidste halvdel af 1990'erne og er siden vokset betydeligt. I 2008 blev der dyrket GM-afgrøder i i alt 25 lande og det globale areal med GM-afgrøder udgjorde 125 mio. ha. (K10) Der er tale om en vækst på knap 10 % i forhold til året før. Ca. halvdelen af det globale areal med GM-afgrøder fandtes i USA. Andre lande med omfattende dyrkning af GM-afgrøder er Argentina, Brasilien, Indien, Canada og Kina.

Som det fremgår af tabel 7.2, er GM-området domineret af fire afgrøder: sojabønner, bomuld, majs og raps, hvor sojabønner er den mest dominerende afgrøde med 60 % af GM-arealen i 2005. De dyrkningsmæssige egenskaber, som hovedparten af GM-afgrøderne er udstyret med, omfatter herbicidtolerans (HT) og skadedyrsresistens (*Bt* for *Bacillus thuringiensis*).

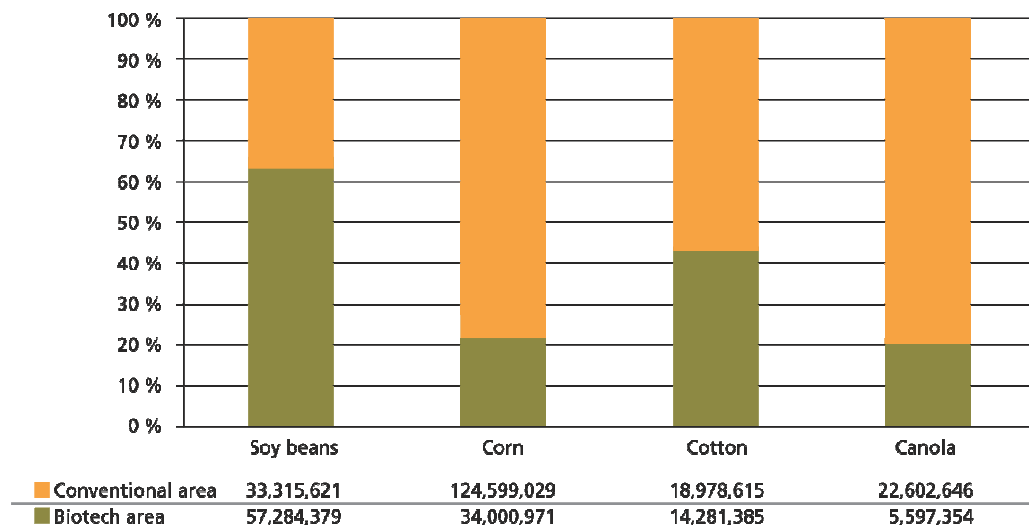
Tabel 7.2. GM-afgrøder og arealanvendelse.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2005
	Mio. ha										% af samlet GMO-areal
HT soja	0,5	5,1	15,0	21,6	25,8	33,3	36,3	41,4	48,4	54,4	60,4
<i>Bt</i> majs	0,3	3,0	7,0	7,5	6,8	5,9	7,7	9,1	11,2	11,3	12,6
HT majs	0,0	0,2	2,0	1,5	2,1	2,4	2,5	3,2	4,3	3,4	3,8
<i>Bt</i> /HT majs	-	-	-	2,1	1,4	2,5	2,2	3,2	3,8	6,5	7,2
<i>Bt</i> bomuld	0,8	1,1	1,0	1,3	1,5	2,1	2,4	3,1	4,5	4,9	5,4
<i>Bt</i> /HT bomuld	0,0	< 0,1	-	0,8	1,7	1,9	2,2	2,6	3,0	3,6	4,0
HT bomuld	< 0,1	0,4	-	1,6	2,1	1,8	2,2	1,5	1,5	1,3	1,4
HT raps	0,1	1,2	2,0	3,5	2,8	2,7	3,0	3,6	4,3	4,6	5,1
Total	1,7	11,0	27,0	39,9	44,2	52,6	58,7	67,7	81,0	93,0	100

Kilde: Gómez-Barbero (2006)

Figur 7.1 viser, at mere end 60 % af det globale areal med sojabønner var GM-varianter i 2007, mens GM-andelen var godt 40 % for bomuld og godt 20 % for majs.

Figur 7.1. Andel af samlet areal med GM-afgrøder (ha, 2007)



Sources: Various including ISAAA, Canola Council of Canada, CropLife Canada, USDA, Csiro, Argenbio.

Kilde: Brookes & Barfoot (2009)

7.2.3. Dyrkningsmæssige fordele ved GM-afgrøder

De dyrkningsmæssige fordele ved herbicidtolerans udgøres primært af muligheden for besparelser ifm. kemisk ukrudtsbekæmpelse, hvor dyrere midler erstattes med et billigere, bredspektret herbicid – typisk glyfosat. Det har samtidig lettet overgangen til reduceret jordbearbejdning i en række områder. (K1) Skadedyrsresistens bidrager til højere udbytter, større dyrkningssikkerhed og reducerede omkostninger til skadedyrsbekæmpelse. Disse fordele skal afvejes mod en højere pris på GM-udsæd.

Tidligere analyser har ikke fundet statistisk signifikante økonomiske effekter af overgangen fra konventionel til HT sojabønnedyrkning i USA. (K8) Den store udbredelse af GM-sojabønner er blevet forklaret med ikke værdisatte fordele i form af tidsbesparelser inden for bl.a. driftsledelse ved enklere ukrudtsbekæmpelse. Senere undersøgelser har søgt at prissætte disse fordele samt fordelene ved mere effektiv ukrudtbekæmpelse i dyrkningssystemer med reduceret jordbearbejdning (K1). Efter disse kriterier viser beregningsresultaterne i tabel 7.3 således betydelige nettofortjenester for avlerne ved overgang til GM-sojabønner.

Studier i Kina viser øget udbytte fra *Bt*-bomuld på 7–10 % i forhold til ikke-GM-bomuld. Den væsentligste effekt af *Bt*-bomuld er 20–33 % lavere produktionsomkostninger (udgifter til pesticider udgør for *Bt*-bomuldsproducenter i gennemsnit € 27 pr. hektar sammenlignet med € 148 pr. hektar for ikke-*Bt*-bomuld (K9). En analyse af *Bt*-bomuldsproduktion i Argentina fandt, at udbyttet hos *Bt*-bomuldslandmænd var 32–34 % højere, samt at omkostninger til pesticider blev reduceret med mere end 50 %. Disse forbedringer resulterede dog kun i begrænset nettoindtjening pga. en væsentlig højere pris på GM-udsæd i forhold til almindelig udsæd (K17).

Bt-majsudbyttet i USA var i 1997, 1998 og 1999 højere end for konventionel majs. Alligevel opnåede *Bt*-majsdyrkere en lavere indtjening i 1998-99 (K3). Grunden til at landmændene alligevel benyttede *Bt*-majs tillægges usikkerhed omkring skadedyrsbelastning (K11). Som det fremgår af tabel 7.3 peger nyere undersøgelser dog på, at der også for majs er opnået en positiv nettofortjeneste for avlerne ved overgang til GM-varianter. Det gælder såvel USA som andre lande.

Tabel 7.3. Landbrugets nettofortjeneste ved overgang til GM-afgrøder 1996-2007 udvalgte lande, mio. US \$.

	GMO HT soja	GMO HT soja	GMO HT bomuld	GMO HT raps	GMO IR majs	GMO IR bomuld	I alt
USA	10.422,0	1.402,9	804,0	149,2	4.778,8	2.232,7	19.789,6
Argentina	7.815,0	46,0	28,6	N/a	226,8	67,9	8.184,3
Brasilien	2.868,0	N/a	N/a	N/a	N/a	65,5	2.933,5
Paraguay	459,0	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	459,0
Canada	103,5	42,0	N/a	1.289,0	208,5	N/a	1.643,0
Syd Afrika	3,8	5,2	0,2	N/a	354,9	19,3	383,4
Kina	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	6.740,8	6.740,8
Indien	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	3,2	3,2
Australien	N/a	N/a	5,2	N/a	N/a	190,6	195,8
Mexico	8,8	N/a	10,3	N/a	N/a	65,9	85,0
Filippinerne	N/a	11,4	N/a	N/a	33,2	N/a	44,6
Rumænien	92,7	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	92,7
Uruguay		N/a	N/a	N/a	2,7	N/a	45,1
Spanien	N/a	N/a	N/a	N/a	60,0	N/a	60,0
Andre EU lande	N/a	N/a	N/a	N/a	12,6	N/a	12,6
Columbia	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	10,4	10,4

Note: N/a står for anvendes ikke

Kilde: Brookes & Barfoot (2009)

Spanien er et af de få europæiske lande, hvor dyrkning af genmodificeret (*Bt*) majs har en vis udbredelse, nærmere betegnet 12 % af det samlede majsareal i 2005. En undersøgelse for perioden 2002-04 viste, at *Bt*-majscydkere opnåede 13 % højere fortjeneste. Den højere fortjeneste var i høj grad resultatet af større udbytte fra *Bt*-majs, i gennemsnit 4,7 %. Desuden viste undersøgelsen, at det gennemsnitlige antal sprøjtninger blandt ikke-*Bt*-majscydkere var 0,86 pr. år mod 0,32 pr. år blandt *Bt*-majscydkere. Et studie af velfærdseffekten i Spanien konkluderede, at den gennemsnitlige årlige gevinst for årene 1998-2003 var € 1,2 mio. (63 %) til *Bt*-majscydkere og € 0,6 mio. (37 %) til udsædsudviklerne (K4).

Der findes kun få undersøgelser af økonomien i dyrkning af GM-raps. Gennem modelanalyser er det estimeret, at bidrag fra HT-raps i Canada har ført til en udbytteforøgelse på 6,8 % (K2). En anden undersøgelse viste, at indførelsen af HT-raps i Canada resulterede i en samlet gevinst på € 44,8 mio. (€ 12 pr. ha) for år 2000. Philips (2003) påviser desuden en udvikling i fordelingen af gevinsten blandt landmænd og frøproducenter. Fra i 1997 at modtage 94 % af gevinsten opnåede frøproducenter i 2000 58 %, mens 29 % gik til landmændene. Forbrugere har kun i meget begrænset omfang fået del i velfærdsgevinsten pga. udbuds- og efterspørgselsstrukturen for et produkt som rapsfrøolie. (K15)

Som nævnt har nyere undersøgelser inddraget et bredere spektrum af økonomiske fordele ved dyrkning af GM-afgrøder, bl.a. gevinsterne ved mere effektiv ukrudtsbekæmpelse i dyrkningssystemer med reduceret jordbearbejdning/ingen jordbearbejdning og mulighed for at dyrke en ekstra afgrøde i visse områder. (K1) De beregnede nettofortjenester for landmænd ved overgang til GM-afgrøder fremgår af tabel 7.3. Den akkumulerede nettofortjeneste for amerikanske landmænd er opgjort til knap \$ 20 mia. for perioden 1996-2007, mens der for Argentina, Kinas og Brasilien er tale om beløb på hhv. \$ 8,7 og \$ 3 mia. For USA's vedkommende stammer mere end halvdelen af gevinsten fra dyrkningen af GMO-sojabønner, mens majs tegner sig for knap en tredjedel. For Argentinas og Brasiliens vedkommende er sojabønner den vigtigste bidragsyder, mens det i Kina drejer sig om dyrkning af skadedyrsresistent bomuld.

Quaim et. al. (2008) citerer studier, som har vist positive velfærdseffekter ifm. indførelsen af GM-teknologi. Et studie fra 2003 estimerede således, at dyrkningen af *Bt* bomuld i USA i sluthalvfemserne gav anledning til en forøgelse af det samfundsmæssige overskud i størrelsesordenen \$ 164 mio., hvoraf 37 % gik til landmændene, 18 % til forbrugere og 45 % til GMO-udviklerne. Da der i dag dyrkes langt mere *Bt*-bomuld i USA, er det samfundsmæssige overskud steget, men fordelingen anslås til at være omtrent den samme.

Et tilsvarende studie estimerede, at der i Kina i 1999 blev opnået en forøgelse af det samlede overskud på \$ 140 mio. ifm. dyrkning af *Bt*-bomuld. (K23) Af dette gik kun 1,5 % til GMO-virksomhederne og resten til landmændene. At bomuldsavlerne opnåede stort set hele gevinsten skyldes især, at *Bt*-bomuldssorter fremstillet af private virksomheder konkurrerer med statsligt udviklede *Bt*-sorter. Dertil kommer, at beskyttelsen af patentrettigheder i Kina er svag. Disse betingelser gør det svært for GMO-virksomhederne at opnå en overnormal profit. Forbrugerne fik ikke del i det forøgede overskud i 1999, fordi staten kontrollerede priserne på det hjemlige bomuldsmarked. Dette marked er dog for nyligt blevet liberaliseret.

Tabel 7.4 fra World Bank (2008) viser den beregnede effekt, som overgangen til *Bt*-bomuld har haft på avlernes indkomster forskellige steder i verden. I Kina har *Bt*-bomuldsdyrkende landmænd således oplevet en indkomstfremgang på 340 %, primært grundet en reduktion af pesticidomkostningerne på 67 %, jf. diskussionen ovenfor. Som det fremgår af tabellen er fremgangen et generelt fænomen, selvom indkomstfremgangen for Kinas landmænd er exceptionelt stor.

Tabel 7.4. Økonomiske og miljømæssige fordele ved *Bt*-bomuld.

	Argentina	Kina	Indien	Mexico	Sydafrika
Forøget udbytte (%)	33	19	26	11	65
Forøget nettoafkast (%)	31	340	47	12	198
Antal reducerede sprøjtninger	2,4	-	2,7	2,2	-
Reducerede pesticidomkostninger (%)	47	67	73	77	58

Kilde: World Bank (2008)

7.2.4. Ex-ante analyser for EU

Ovenstående (ex-post) analyser af økonomien i dyrkning af GM-afgrøder i andre verdensdele giver ikke noget særligt præcist indtryk af de økonomiske aspekter ved at tillade GM-afgrøder i Danmark og resten af EU, hvor GM-afgrøder hidtil har haft meget begrænset udbredelse. Der er gennemført et begrænset antal ex-ante studier af de potentielle økonomiske konsekvenser af at indføre genmodificerede afgrøder i EU i større omfang.

En undersøgelse, der evaluerede 75 % overgang til HT raps i Frankrig, viste en besparelse på 24 mio. euro i ukrudtsbekæmpelsesomkostninger og en samlet gevinst på € 38 mio. pr. sæson. (K5) En analyse af total overgang til HT sukkerroer i Storbritannien viste en gennemsnitlig besparelse i ukrudtsbekæmpelse på € 217 pr. hektar, svarende til € 33,5 mio. årligt. (K12) En analyse af indførelse af HT sukkerroer i hele EU viste en samlet gevinst efter 5 år på € 1.150 mio. fordelt mellem EU's sukkerroeproducenter (30 %), frøudviklere (17 %) og resten af verden (53 %). (K4) EU's fælles landbrugspolitik giver ikke umiddelbart forbrugere mulighed for at opnå del i velfærdsgevinsten pga. landmændenes garanterede salgspris. Man må dog gå ud fra, at reducerede produktionsomkostninger på sigt vil føre til en reduktion af de regulerede priser på sukker i EU, således at producenterens gevinster i større eller mindre omfang vil overgå til forbrugerne.

Ex-ante undersøgelserne viser således positive økonomiske nettoeffekter af en overgang til GMO-afgrøder. Grundlaget er dog for spinkelt til at give et helhedsbillede af de økonomiske konsekvenser ved udbredt dyrkning af GMO-afgrøder i Danmark.

7.2.5. Markedssegmentering og sameksistensregler

Fødevaremarkederne i lande med en større produktion af GM-afgrøder er oftest ikke adskilt. Indførelse af GM-afgrøder i EU i større omfang forventes dog at ville føre til en opdeling af fødevaremarkedet i hhv. genmodificerede og ikke-genmodificerede produkter. (K8) De fleste undersøgelser af de økonomiske konsekvenser af en GMO-introduktion opgør omkostninger og indtægter på gårdniveau uden inddragelse af omkostninger til at håndtere sameksistens og produktadskillelse i fødevareredistributionen. Disse omkostninger afhænger bl.a. af grænseværdien for GMO i ikke-GM-varer (0,9 % i EU) samt de tekniske foranstaltninger til produktadskillelse på marken og under transport.

Messéan *et al.* vurderer i en undersøgelse fra 2006 forskellige metoder – blandt andre rengøring af høstmaskinel, bufferzoner mellem landbrug og adskillelse af GM-frø og konventionelle frø – til at sikre overholdelse af den ovenfor nævnte grænseværdi på 0,9 %. De konkluderer, at så længe andelen af GM-frø i leverancer af konventionelle frø holdes under 0,5 % – hvilket er teknisk muligt uden betragtelige ændringer af produktionsapparatet – er der ikke behov for at indføre yderligere reguleringer i produktionen af sukkerroer og bomuld. For majs er det nødvendigt at udvide bufferzonen fra de gældende 2-300 meter til 4-600 meter. (K13)

En undersøgelse beregner ved hjælp af en partiel ligevægtsmodel konsekvenserne af en potentiel storstilet overgang til GM-produkter i EU. Resultatet viser, at indførelsen af GM-produkter i EU kan have negativ velfærdseffekt, når omkostningerne ved mærkning og adskillelse hhv. GM- og ikke-GM-produkter medregnes. (K14) Undersøgelsens konklusioner strider dermed mod de ovenfor omtalte (partielle) analyser af økonomien i dyrkning af GM-afgrøder.

Videngrundlaget er dog indtil videre for spinkelt til at drage håndfaste konklusioner mht. omkostningerne ved en opdeling af fødevarermarkedet i genmodificerede og ikke-genmodificerede produkter i EU.

7.2.6. Positive miljøeffekter

Overgang til dyrkning af insektresistente *Bt*-afgrøder reducerer pesticidanvendelsen. De miljømæssige fordele forbundet hermed omfatter mindre risiko for forurening af vandressourcer og mindre skade på non-target insekter. Reduceret brug af pesticider kan dermed forbedre biodiversiteten i og omkring *Bt*-afgrøder sammenlignet med konventionel, bredspektret pesticidanvendelse. (K6)

Brugen af herbicider påvirkes ligeledes af beslutningen om at overgå til herbicid-tolerante (HT) afgrøder. Analyser viser, at overgangen har medført et skift til mindre giftige herbicider, men at den samlede mængde er øget. (K6)

Tabel 7.5 viser beregninger for reduktioner i miljøbelastningsindekset – Environmental Impact Quotient (EIQ)⁴ – ifm. overgang til de mest dyrkede GM-afgrøder. Beregningerne viser en reduktion i miljøbelastningen på godt 17 % i forhold til 1996 på det samlede areal med de i tabel 7.5 viste afgrøder og lande. (K1)

Tabel 7.5. procentvis ændring i miljøbelastningsindeks ifm. overgang til de mest dyrkede GM-afgrøder, udvalgte lande: 1996-2007.

	GMO HT soja	GMO HT majs	GMO HT bomuld	GMO HT raps	GMO IR majs	GMO IR bomuld
USA	-29	-7	-16	-42	-6	-33
Argentina	-21	-1	-20	N/a	0	-7
Brasilien	-9	N/a	N/a	N/a	N/a	-14
Paraguay	-16	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
Canada	-11	-9	N/a	-25	-61	N/a
Syd Afrika	-9	-3	-8	N/a	-33	NDA
Kina	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	-35
Indien	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	-10
Australien	N/a	N/a	-5	N/a	N/a	-24
Mexico	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	-7
Spanien	N/a	N/a	N/a	N/a	-37	N/a

Note: N/a står for anvendes ikke, NDA står for ingen tilgængelige data
Kilde: Brookes & Barfoot (2009)

⁴ Environmental Impact Quotient er en aggregeret miljøbelastningsindikator, hvor et større antal miljøeffekter af et pesticid er vejet sammen til et udtryk for pesticidets samlede miljøbelastning. Størrelsen af de vægte, der benyttes ved sammenvæjningen af de enkelte effekter, fastsættes ud fra subjektive vurderinger. De beregnede ændringer i EIQ påvirkes derfor af disse valg.

Muligheden for billigere og mere effektiv ukrudtsbekæmpelse gør det mere attraktivt at overgå til reduceret jordbearbejdning. Overgang til reduceret eller ingen jordbearbejdning har positive miljøeffekter i form af mindre erosion og nitratudvaskning. (K6) Endvidere giver reduceret jordbearbejdning en nedgang i udledningen af drivhusgasser. (K1) CO₂-reduktionen skyldes dels en nedgang i anvendelsen af brændstof ifm. dyrkning af jorden, dels en øget kulstofbinding i jorden. Som det fremgår af tabel 7.6, skyldes langt hovedparten af den beregnede CO₂-reduktion øget kulstofbinding i jorden. Mulighed for billigere og mere effektiv ukrudtsbekæmpelse er dog ikke den eneste faktor, der påvirker overgangen til reduceret jordbearbejdning, og det er forbundet med betydelig usikkerhed at afgøre, i hvilket omfang adgang til herbicidresistente GM-afgrøder har haft betydning for udviklingen i retning af reduceret eller ingen jordbearbejdning.

Tabel 7.6. Estimeret reduktion af CO₂-udledning som følge af reduceret jordbearbejdning ved overgang til GM-afgrøder.

Land/egenskab/afgrøde	Permanent CO ₂ -besparelse fra reduktion i brændstofanvendelse (mio. kg)	Potentiel yderligere kulstofbinding i jorden (mio. kg)
USA: GM HT soja	247	3.999
Argentina: GM HT soja	609	6.136
Andre lande: GM HT soja	91	1.341
Canada: GM HT raps	131	1.627
Global GM IR raps	37	0
I alt	1.115	13.103

Kilde: Brookes & Barfoot (2009)

7.2.7. Negative miljøeffekter

Den omfattende anvendelse af glyfosat har øget selektionspresset på ukrudtsplanter i USA og andre lande, der anvender HT-afgrøder i betydeligt omfang. Fra tidligere at skulle tilpasse sig svære vilkår under brugen af forskellige herbicider kæmper ukrudtsplanter i stigende grad udelukkende mod ét herbicid, glyfosat. Den øgede selektionsintensitet favoriserer de ukrudtsplanter, der besidder genetiske egenskaber, som muliggør overlevelse under glyfosatpres. I 1994, efter 20 års brug af glyfosat, var der ikke rapporteret tilfælde af glyfosatresistent ukrudt. (K16) I dag, hvor glyfosat er verdens mest anvendte ukrudtsmiddel, er der 15 dokumenteret resistente ukrudtsplanter.

Kombinationen af glyfosatresistens i GM-planter og brugen af glyfosat som eneste herbicid i produktionen af disse afgrøder kan føre til tab af glyfosat som virksomt herbicid over for et stigende antal ukrudsarter – og dermed stigende ukrudtsbekæmpelsesomkostninger. Litteratur om glyfosatresistens peger på diversitet i ukrudtsbekæmpelse som midlet til at fastholde glyfosat som effektiv plantegift. Herbicidrotation, sekvensbekæmpelse, variation i bekæmpelsesrutiner samt brugen af ukrudtskontrol, der ikke er baseret på herbicider, kan forhindre selektion af glyfosatresistente ukrudtsplanter. (K16)

Bt-resistens

Bekymringer vedrørende Bt-resistens er på linje med bekymringerne for glyfosatresistens. Øget selektionspres på insekter vil favorisere de insekter, hvis genmateriale har potentiale til at udvikle Bt-resistens. Lignende sammenbrud er dokumenteret for konventionelle afgrøder og pesticider, og selvom Bt-gener anses for særligt robuste, er der ingen garanti for at resistente skadedyr ikke vil opstå. (K6)

Krydsbefrugtning og invasion

Krydsbestøvning mellem dyrkede sorter og lokale planter og vilde slægtninge er foregået i årtusinder, og der er ingen grund til at tro, at det ikke også vil ske med genetisk modificerede planter. (K6) Såfremt en hybrid af GM-afgrøde og vild slægtning ved krydsbefrugtning opnår en konkurrencemæssig fordel, vil den kunne forstyrre balancen i økosystemet. Det britiske GMO Science Review Panel vurderer dog, at det er "overvældende sandsynligt at ... (krydsninger mellem GM-afgrøder og vilde slægtninge) ... vil overføre gener som er fordelagtige i landbrugsmiljøer, men som ikke vil trives vildt... Desuden er ingen hybrid mellem en landbrugsafgrøde og en vild slægtning nogensinde blevet invasiv i Storbritannien". (K6)

Skulle det ske, at GM-afgrøder overfører pollen til slægtninge omkring marken og dermed skaber nye grene af pesticidresistent ukrudt vil dette 'superukrudt' kunne sænke produktiviteten og kræve nye, forbedrede pesticider eller genmodifikationer. (K21) Forskere er dog enige om, at der er en meget lille risiko for at en landbrugsafgrøde eller dens hybrid vil kunne etablere sig som invasiv art eller ukrudt på andre marker. De egenskaber der gør planter fordelagtige som afgrøder gør dem ofte mindre egnede til at overleve og reproducere i vild natur.

Metoder til at undgå krydsbefrugtning inkluderer anvendelse af buffer-zoner samt at undgå dyrkning af GM-afgrøder i områder hvor vilde slægtninge er til stede eller hvor afgrødens egen biodiversitet er høj. (K6)

Indirekte effekter på jordbundens økologiske balance

Nogle GMO'er påvirker jordens økosystem på kort sigt (K22), men den langsigtede effekt er ikke dokumenteret. To potentielle konsekvenser er nedsat nedbrydning og nedsat kulstof- og kvælstofindhold. Desuden kan nedsat artsdiversitet blandt mikroorganismer i jorden påvirke produktiviteten over jordoverfladen. (K22) Studier har påvist forskelle i jordens mikrobielle struktur mellem Bt- og ikke-Bt-afgrøder, men forskellene ligger ikke uden for den naturlige variation. Der er dermed ikke overbevisende belæg for, at Bt-afgrøder kan være skadelige for jordbunden på længere sigt. (K6)

Non-target effekt, indirekte skader på dyreliv

Laboratorieforsøg påviste i 1999, at majs modificeret med Bt for at bekæmpe majsborere udgjorde en risiko for monarksommerfugle. (K22) Non-target effekten blev dog efterfølgende afvist med henvisning til, at monarksommerfugle i naturen kun udsættes for risiko, når de fortærer pollen fra Bt-majs på vilde planter. Da Bt-pollen kun findes få meter fra Bt-majsmarker i korte perioder i løbet af året, er effekten minimal. (K6)

Andre studier af non-target effekt på blandt andet edderkopper, gulddøje, svævefluer, biller og regnorme har ikke kunnet påvise skadelig effekt af Bt-majs. Den største non-target effekt blev observeret på konventionelle majsmarker, hvor majsborer bliver bekæmpet med insekticider.

Selvom der endnu ikke er dokumenteret nogen effekt af produktion af Bt-afgrøder på hverken non-target dyreliv eller jordbund, så er der uenighed blandt forskere med hensyn til, hvor mange beviser der kræves, for at demonstrere at dyrkning af Bt-afgrøder er bæredygtig. (K6)

7.2.8. Konklusion

De økonomiske ex-post undersøgelser fra forskellige lande, der er gennemgået i dette kapitel, viser, at overgangen til GM-afgrøder gennemgående har resulteret i nettogevinsten i form af omkostningsbesparelser og udbyttetigninger. Forskelle i markedsstruktur og patentrettigheder betyder, at fordelingen af den samlede økonomiske gevinst mellem avlere, forbrugere og frøproducenter/produktudviklere varierer. Der er ikke grundlag for at antage, at gevinsten overvejende tilfalder indehaverne af patentrettighederne.

Også ex-ante analyser for EU vurderer, at indførelsen af GM-afgrøder vil resultere i positiv økonomisk nettoeffekt for landbruget. Den produktionsøkonomiske gevinst skal dog fratrækkes de omkostninger, som regulering af området indebærer pga. regler for sameksistens og markedsopdeling. Der eksisterer ikke noget omfattende analysemateriale, hvad disse omkostninger angår, men de kan næppe betragtes som trivielle, og i visse tilfælde kan de muligvis overstige den produktionsøkonomiske gevinst. Beregningerne i afs. 7.1 viser, at det sandsynligvis vil være tilfældet for flere GMO-afgrøder ved evt. introduktion i Danmark. Der er dog behov for væsentlig mere omfattende undersøgelser, før der kan gives generelle svar på dette spørgsmål.

Overgang til GM-afgrøder kan medføre positive miljøeffekter i form af mindre miljøbelastning ifm. pesticidanvendelse til bekæmpelse af ukrudt og insektangreb. Endvidere letter HT GM-afgrøder overgangen til reduceret jordbearbejdning, der er væsentligt mindre miljøbelastende end konventionel jordbearbejdning. Blandt de negative miljøeffekter af GM-afgrøder ser det især ud til, at glyfosatresistens kan udvikle sig til et problem. Dertil kommer usikkerheder mht. non-target effekter og indirekte skader på dyrelivet.

Som nævnt i indledningen til dette afsnit findes der ikke økonomiske estimater af miljøeffekternes betydning. En samlet samfundsøkonomisk opgørelse (cost-benefit analyse) af fordele og ulemper ved GM-afgrøder er derfor ikke mulig med den eksisterende viden.

7.3. Hvad er de økonomiske effekter ved anvendelse af GMO?

7.3.1. Indledning

GM-produkter og -teknologi vinder mere og mere udbredelse på mange områder. GM har foreløbig vundet indpas mange steder indenfor bl.a. farmaceutiske virksomheder, tekstiler, papirfremstilling, landbrugsproduktion, skovbrug, fiskeri, energifremstilling, fødevarerproduktion og kemisk industri. For nogle anvendelsers vedkommende, såsom indenfor visse tekstilfremstillingsprocesser (især fremstilling af specielle enzymer til brug i hvert eneste trin i forarbejdningsprocessen, som erstatter store dele af den konventionelle yderst miljøskadelige metode, hvor høje temperaturer og store mængder stærke kemikalier benyttes) og fremstilling af specielle kemiske produkter, har moderne bioteknologi helt udkonkurreret konventionelle metoder, mens teknologien på andre områder, som eksempelvis plastkfremstilling, stadig kun benyttes i ringe omfang. Der er dog næppe tvivl om, da den moderne bioteknologi stadig er i sin vorden, at adoption og udbredelse af GM-teknologi kun vil vokse i årene fremover.

Den stadig voksende benyttelse af GM-teknologi indenfor mange sektorer medfører, at handelen med GM-produkter stiger. For mange områder af GM-teknologiens anvendelse er denne udvikling relativt uproblematisk. Men særligt på fødevarerområdet opstår sammenstød mellem forskellige hensyn. GM-fødevarers stigende andel af verdenshandelen frembyder et problem for først og fremmest EU, som har en skeptisk holdning til GM-teknologi. I tabel 7.7 er vist forbrugerholdninger til GM-fødevarer, i dette tilfælde frugt og grønt.

Tabel 7.7. Forbrugerholdning til GM.

Genetisk modificeret frugt og grønsager		
	Er godt	Er dårligt
USA	37	55
Canada	31	63
Storbritannien	27	65
Japan	20	76
Italien	17	74
Tyskland	17	81
Frankrig	10	89

Kilde: Pew Global Attitudes Project survey, 2003

Tabel 7.7 viser tydeligt den udbredte skepsis, som hersker i EU-landene. For de store EU-lande Frankrig og Tyskland har mere end 80 % af forbrugerne en negativ holdning til GM-frugt og -grønsager.

Den skeptiske grundholdning i EU synes at være forbundet med to større kilder ifølge en rapport om GM-afgrøder til den britiske regering (L1). For det første, at der i EU føres højprofilerede kampagner af for eksempel miljøorganisationer og for det andet udviklingen af det intensive landbrug, hvilket har medført omfattende fødevareskandaler (BSE, salmonella, etc.) og stor husdyrtæthed med et højt forbrug af antibiotika i produktionen til følge. Denne skepsis føres over på de nye bioteknologier, der stadig omgærdes med usikkerhed af den europæiske forbruger.

7.3.2. EU's import af GM-afgrøder

På trods af den store forbrugerskepsis har EU en væsentlig import af GM-afgrøder. Specielt er EU en af de største importører af sojabønner til primært dyrefoder fra bl.a. USA, Brasilien og Argentina. Stort set al sojabønneimport til EU og langt hovedparten af sojabønneproduktionen i dag i USA, Argentina og Brasilien er GM-afgrøder. Forbruget af GM-afgrøder i husdyrfoderet har ikke konsekvenser for produkterne fra husdyrproduktionen, da EU's regler ikke kræver GM-mærkning af produkter, hvori der i processen er indgået GM-produkter, men hvor der i det endelige produkt, eksempelvis kød og mælk, ikke kan spores GM. En kvæg- eller svineproducent i EU kan således uden videre benytte GM-sojabønner (dette gælder dog ikke økologiske producenter).

EU's mærkningsordning omkring GM kræver mærkning af produkter, hvor der kan spores dna eller protein af GMO. Dette krav kritiseres af bl.a. USA, som en teknisk handelshindring og derfor potentielt i strid med WTO's TBT-aftale (Technical Barriers to Trade) (L2). USA hævder, at konventionelle og GM-afgrøder ikke er essentielt forskellige og at mærkningskrav, som ikke bundet i mulige forskelle i skadevirkninger, blot er handelsbarrierer under et andet navn. USA har derfor truet med at indbringe EU's mærkningskrav for WTO's domstolssystem.

EU's store import af GM-sojabønner, som efterspørges i markant omfang af husdyrproducenterne pga. den relativt lave pris, består i princippet (EU har ikke en øvre tærskel for tilladt andel af ikke-godkendte GM-sorter, som kendes fra andre fødevarer sikkerhedskrav, eksempelvis mængden af aflatoxin i nødder, hvorfor en ladning skal være helt "ren") udelukkende af GM-sorter, der er godkendt i EU – også kaldet "zero tolerance". Hver ny GM-sort skal først igennem EU's godkendelsesprocedure før den kan tillades til import ind i EU. Denne procedure har i praksis vist sig meget besværlig og tidskrævende, og undertiden underlagt et moratorium på godkendelse af nye sorter.

Faktaboks 7.2. Hvad er et moratorium?

Et moratorium er et midlertidigt forbud mod eller suspension af en aktivitet. Eksempelvis havde EU opretholdt et moratorium på godkendelse af nye GM-sorter siden 1998. I 2004 blev der i EU vedtaget ny lovgivning, så det er EU-kommissionen, der har den endelige beslutningsautorisation. Siden har kommissionen godkendt (få) nye sorter, men enkelte EU-lande har opretholdt moratoriet i modstrid med EU-traktatregler. Således genindførte Frankrig moratoriet i 2008 og senest har Tyskland i 2009 genindført moratoriet.

EU's husdyrproducenter har klaget over den langsommelige behandling, da de føler sig sat tilbage i konkurrencen med tredjelands husdyrproducenter. Ligeledes har eksportlandene klaget over denne praksis, hvilket førte til en tvist ved WTO's domstol. Denne tvist omtales nedenfor.

Ifølge en rapport, L6, fra EU-kommissionen tager det mere end 2½ år at godkende en ny GM-sort i EU mod 15 måneder i USA. Ydermere kan en godkendelse fra EU's fødevarer sikkerhedsagentur (EFSA) ikke garantere at alle medlemslande accepterer godkendelsen, da der er udbredt mistillid til GM i nogle medlemslande. Således er ingen GMO indtil nu godkendt med det krævede kvalificerede flertal i EU, men er kun blevet godkendt af Kommissionen efter den regel, der tillader en sådan efter udløbet af en tidsperiode med intet kvalificeret flertal mod godkendelsen. På denne måde forsøger EU-landene at balancere mellem de to stole, de har sat sig på. På den ene side markeres den generelle skepsis ved at undlade at stemme, og på den anden side anerkendes de internationale aftaler ved ikke at stemme imod.

Et relateret problem vedr. handelen med GM-produkter er den såkaldte asynkrone godkendelse af GM-afgrøder, L3. Den asynkrone godkendelse opstår når en ny GM-afgrøde ikke opnår godkendelse i alle lande samtidig. Et tilsvarende problem opstår, hvis en producent ikke søger godkendelse i alle lande, men kun i udvalgte. Det kan være vanskeligt og omkostningsfuldt at sikre total adskillelse af GM-afgrøder, alt efter om de er godkendt eller ej i forskellige potentielle eksportdestinationer. Forurening med ikke-godkendte GM-afgrøder kan opstå på adskillige trin i kæden fra jord til importdestination. Der kan forekomme forurening i marken med frø/pollen, der spredes med vinden. Eller sammenblandning kan eksempelvis ske hos engroshandlere, hvis ikke håndteringsprocedurer og opbevaringsfaciliteter sikrer fuldstændig adskillelse. I importlande med en såkaldt zero tolerance politik vil spor af ikke-godkendte GM-afgrøder i et importparti føre til afvisning af hele partiet. Dette problem har allerede ført til afvisning af importpartier i EU. Specielt er foder til svineproducenter blevet afvist. I de kommende år vil dette problem kun vokse. For nuværende er ca. 30 forskellige GM-afgrøder taget i kommerciel brug. Det forventes, at der vil være over 120 i 2015. Med det stigende antal nye GM-afgrøder, der benyttes til kommerciel dyrkning, og en langsommelig godkendelsesprocedure stiger den asynkrone godkendelsesproblematik eksponentielt og forværres, når der samtidig føres en zero tolerance politik.

7.3.3. Internationale aftaler og GMO-sagen mod EU i WTO

Forbrugernes holdning i EU-landene og generel usikkerhed omkring de nye bioteknologier har ført til restriktioner både for dyrkning af GM-afgrøder og for handel med GM-landbrugs- og fødevarerprodukter. I 1999 (i praksis siden 1998) indførte EU et moratorium på godkendelse af import af nye GMO-produkter indenfor landbrugs- og fødevarerområdet. Dette førte til, at USA sammen med en række andre lande i 2003 indklagede EU for WTO's domstolssystem, L7.

Faktaboks 7.3. WTO's domstolssystem.

Sag nr. DS291. WTO's domstolssystem, kaldet tvistbilæggelsessystem, er ret unik i forbindelse med internationale organisationer. WTO's traktater definerer lovgrundlaget, som der dømmes efter. Hvis et medlemsland mener at et andet medlemsland ikke overholder sine forpligtelser, som fastslået i traktaterne, kan der anlægges sag ved domstolen. Domsforhandlingen følger klart definerede procedurer og faste tidsrammer. Indenfor et år, 1 år og 3 måneder med appel, skal der falde en dom. Hvis det anklagende land får medhold, skal det land, som har forbrudt sig, bringe sine politikker i overensstemmelse med WTO-reglerne. Hvis landet ikke efterkommer dette, kan det få pålagt handelssanktioner. WTO's domstolssystem har været en stor succes og vel mere end noget andet bidraget til WTO's store succes og indflydelse på den globale økonomi. Således ønsker en del lande og mange ngo'er at bringe andre ikke-direkte handelsrelaterede emner ind under WTO, for at kunne "tvinge" lande til at overholde de aftaler, de har skrevet under på. Det drejer sig bl.a. om miljømæssige, arbejdstagerrettigheder, sociale standarder, osv

Hermed åbnes op for en klargøring af reglerne for den internationale handel i relation til de nye bioteknologier.

Handelsbarrierer udelukkende grundet i skepsis overfor GM-produkter er ikke i overensstemmelse med WTO's regelsæt. De GM-skeptiske lande ønsker derfor at gøre brug af forsigtighedsprincippet, som formuleret i "Riodeklarationen" fra FN-konferencen i 1992 om miljø og udvikling. Som princip no. 15 i Riodeklarationen fastslås, at:

"For at beskytte miljøet skal forsigtighedsprincippet benyttes bredt af stater i forhold til deres kapaciteter. Hvor der er trusler om alvorlig eller irreversibel skade, skal mangel på videnskabelig sikkerhed ikke bruges som grund til at udskyde omkostningseffektive metoder for at forhindre miljøforværring."

I 2000 blev Riodeklarationens forsigtighedsprincip konkretiseret mht. GMO i Cartagenaprotokollen om Biosikkerhed. I Cartagenaprotokollen fastslås det, at mangel på videnskabelig viden eller konsensus ikke forhindrer et land i at indføre importrestriktioner på GM-produkter. Cartagenaprotokollen er dog et produkt af de GM-skeptiske lande, især EU. GM-positive lande som eksempelvis USA har ikke ratificeret denne og anerkender ikke den brede fortolkning af forsigtighedsprincippet. Cartagenaprotokollens bestemmelser kan derfor ikke benyttes overfor disse lande.

I stedet fastholder disse lande den snævrere forståelse af forsigtighedsprincippet som især udtrykt i artikel 5 i aftalen om "Sanitary and Phytosanitary Measures" (SPS) under WTO. Ifølge SPS-aftalen skal der være videnskabelig evidens, det vil sige dokumentation for konkrete konstaterede skadelige effekter af et produkt, før det kan udelukkes. Det er ikke nok, at der ikke eksisterer videnskabelige undersøgelser, som eventuelt kunne påvise skadelighed.

WTO-sagen mod EU om GM-produkter kom til at køre længere end foreskrevet af WTO's regler. En sag ved WTO's domstol skal normalt afgøres indenfor 1 år og 3 måneder. I 2006 blev den endelige dom dog forkyndt. Det blev fastslået, at da EU havde handlet primært ud fra politiske og ikke videnskabelige overvejelser for at indføre handelsbegrænsninger mod GM-produkter, er disse handelsbegrænsninger i klar modstrid med SPS-aftalens regler. Specifikt mht. forsigtighedsprincippet blev det i dommen fastslået, at lande må indføre importrestriktioner på specifikke produkter for at beskytte sundhed eller miljø under betingelse af, at handlingen er i overensstemmelse med eksisterende relevante internationale standarder eller er snævert udformet for at beskytte mod reelle påviselige risici som bestemt ved anvendelse af den bedste tilgængelige videnskab. Som følge af mangel på relevante internationale standarder eller et lands afvisning af at anerkende dem (som USA i forhold til Cartagenaprotokollen) må et land, der ønsker at indføre importrestriktioner, gennemføre objektive empiriskbaserede videnskabelige risikoanalyser. Disse analyser skal gennemføres før et WTO-medlem indfører importrestriktioner. Ligeledes fastslår dommen, at generelle videnskabelige studier om GM-risici ikke kan benyttes. Der skal eksistere studier baseret på den specifikke sammenhæng, hvori GM-produkterne indgår.

Artikel 5.7 i SPS-aftalen åbner for, at der kan indføres et midlertidigt stop for import, hvis den videnskabelige evidens er utilstrækkelig. Dog skal et land, der benytter denne paragraf, søge at fremskaffe yderligere objektive risikobedømmelser indenfor en rimelig tidsperiode. Dommen fastslog, at EU ikke kunne undslå sig for at gennemføre sådanne analyser, og yderligere, at EU faktisk havde tilstrækkelig videnskabelig evidens til at gennemføre en risikobedømmelse. EU kunne altså ikke påvise, at der eksisterede utilstrækkelig videnskabelig evidens. Ydermere fastslog dommen, at "videnskabelig usikkerhed" og "utilstrækkelig videnskabelig evidens" ikke er det samme.

Omkring forsigtighedsprincippet specifikt fastslog dommen, at der ikke findes én enkel definitiv formulering af dette princip. Ligeledes har ingen international domstol eller tribunal anerkendt forsigtighedsprincippet som et generelt princip i international lov, L8.

Dommen fra 2006 er ikke enestående i WTO-systemet. Andre sager ved WTO's domstol har ført til lignende resultater, som eksempelvis tvisten mellem EU og USA over hormonkød. Dette følger også naturligt af WTO's rolle som international handelsorganisation. WTO har som primært formål at fremme verdenshandelen og arbejde mod protektionisme, hvor brug af forsigtighedsprincippet kan opfattes som en form for skjult protektionisme. Andre internationale aftaler som Cartagenaprotokollen har andre formål, men med mindre de er specifikt anerkendt af WTO må frihandelshensyn nødvendigvis have stor vægt indenfor WTO's system.

Summen af sagen mod EU er, at det ikke er muligt med henvisning til international lov at forhindre import af GM-produkter, med mindre der foreligger specifik videnskabelig dokumentation for forøget risiko sammenlignet med konventionelle produkter. Ikke desto mindre har flere af EU's lande opretholdt eller genindført et moratorium. Frankrig genindførte således et moratorium i efteråret 2008, ligesom Østrig, Ungarn og Grækenland opretholder forbud mod GM-dyrkning. I princippet kan EU pålægges sanktioner af WTO for ikke at leve op til reglerne, men de lande der startede sagen, herunder USA, har af forståelse for de interne politiske problemer omkring bioteknologi i EU, hidtil afstået fra at implementere sanktioner.

Udover det ydre pres på EU er politikken omkring bioteknologi også under pres fra mange sider internt i EU. Grønne organisationer og NGO'er kræver opretholdelse af restriktioner på GM-import, såvel som forbud mod GM-planter i landbrugsproduktionen, da de frygter skadelige påvirkninger af miljø og sundhed og spredning af negative egenskaber til andre planter. Omvendt frygter landbrugs- og fødevarerorganisationer at sakke bagud i konkurrencen med de store landbrugseksporterende lande som Argentina, Brasilien og USA, som benytter GM-teknologi i stort omfang efterhånden. Eksempelvis klager svineproducenter i EU over at mangle adgang til billigt proteinholdigt sojabønnefoder fra de tre førnævnte lande.

7.3.4. Global udbredelse og makroøkonomiske effekter af GM

En del udviklingslande særlig i Afrika, som har en relativ stor landbrugsproduktion, og hvis eksportindtægter for en væsentlig del stammer fra landbrugs- og fødevarerprodukter eksporteret til EU, befinder sig i et dilemma omkring GM-teknologien. EU er den største aftager af afrikanske landes produkter og er således kilde til en betydelig indtægt for disse lande. Bioteknologien indeholder forventninger om at kunne frembringe sorter, som er mere modstandsdygtige overfor det store tryk på landbrugsproduktionen fra forskellige sygdomme og skadedyr, tørke og saltholdige jorder, der forefindes i mange af disse lande i varierende grader. Yderligere forskes der i at tilføre basisafgrøder som eksempelvis ris med egenskaber som A-vitamin, der kan afhjælpe mangelsituationer hos disse landes befolkninger. Dilemmaet opstår, fordi omstilling af landbrugsproduktionen til GM-afgrøder vil besværliggøre eller muligvis helt stoppe eksport til EU, som følge af EU's politik vedrørende GM, hvorved eksportlandene vil gå glip af store indtægter og udviklingsmuligheder. Selv om det skulle lykkes at få godkendt produkterne til eksport til EU kan EU-forbrugernes mistillid til GM alvorligt forringe afsætningsmulighederne.

Ikke desto mindre er GM-afgrøder begyndt at blive taget i brug i Afrika. Særlig Sydafrika har taget teknologien i anvendelse i landbrugsproduktionen og udbredelsen fortsætter med at øge signifikant. Majs er langt den GM-afgrøde med den største udbredelse i Sydafrika, men også GM-bomuld og sojabønner er taget i anvendelse. Fra at udgøre under 1 % af arealet med majs i 2001 er GM-majs i 2007 oppe på 62 %. Langt hovedparten af GM-majsen indeholder resistens mod insektangreb, men også herbicidresistens særlig med henblik på Round-up er taget i anvendelse. I tabel 7.8 ses udbredelsen af GM-afgrøder i Sydafrika.

Tabel 7.8. Areal med GM-afgrøder i Sydafrika.

År	Samlet areal med GM-afgrøder tusind ha	Areal med GM-majs tusind ha
2001	197	166
2002	273	236
2003	404	341
2004	573	410
2005	610	456
2006	1.412	1.232
2007	1.800	1.607

Kilde: James, 2007

Sydafrikas samlede dyrkede areal var i 2007 på 14,7 mio. ha., hvoraf GM-afgrøder beslaglagde godt 12 %. Denne hurtige udvikling af GM-afgrøder i Sydafrika viser potentialet for GM-afgrøder i Afrika, som har højere forsvarsberedskaber mod tryk fra især insekter. Et studie fra 2008, L4, viser en gennemsnitlig forøget rentabilitet på tørre jorder på 35 US\$ i 2001-2 og på 117 US\$ på jorder med kunstvanding efter der er taget højde for de ekstra omkostninger ved GM-udsæd. Udbyttet var omkring 11 % højere for GM-majsen og pesticid-omkostningerne væsentligt reduceret.

Et andet studie fra 2005, med specielt små og ressourcetsvage landmænd er der påvist omkring 11 % udbytteøgning og lavere pesticidomkostninger. Indkomsten øgedes mellem 35 og 117 US\$ per hektar.

De økonomiske fordele ved GM-afgrøder er naturligvis en drivende årsag bag den hurtige vækst i arealet med GM-afgrøder i Sydafrika. De GM-afgrødetyper, der er taget i anvendelse, viser, at det er afgrøder hovedsageligt beregnet til hjemmemarkedet enten til direkte konsum eller til foder. Kun en mindre del af majsproduktionen eksporteres og denne eksport går hovedsageligt til andre afrikanske lande. Således opstår der endnu ikke konflikter med tredjelande, som EU, der måtte have en skeptisk holdning til GM-afgrøder. Denne situation må dog forventes at ændres på sigt, hvis udbredelsen af GM-afgrøder fortsætter med at vokse i Sydafrika og andre afrikanske lande.

Væksten i Sydafrika er ikke enestående, men følger udviklingen i arealet med GM-afgrøder i resten af verden. Tabel 7.9 viser udviklingen i det dyrkede areal med GM-afgrøder for verden som helhed.

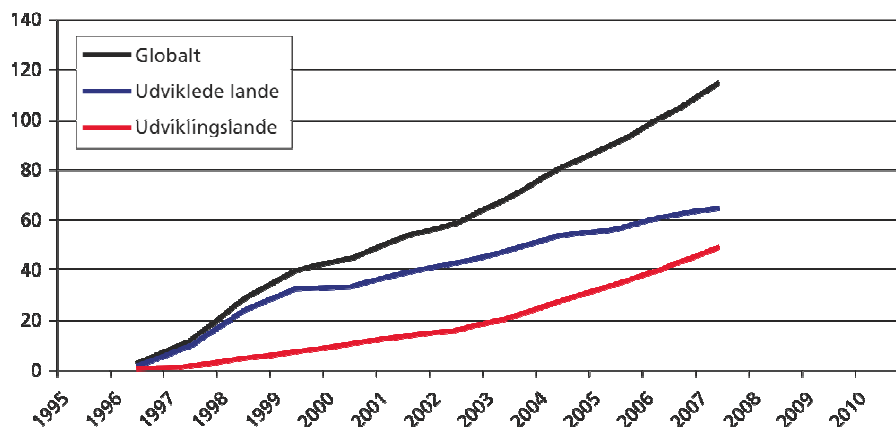
Tabel 7.9. Udviklingen i det globale areal med GM-afgrøder.

År	Globalt areal med GM-afgrøder millioner hektarer
1996	1,7
1997	11,0
1998	27,8
1999	39,9
2000	44,2
2001	52,6
2002	58,7
2003	67,7
2004	81,0
2005	90,0
2006	102,2
2007	114,3
2008	125

Kilde: James, 2008, L5

Hvor det de første år efter ibrugtagelsen af GM-afgrøder var næsten udelukkende udviklede lande, der benyttede sig af denne teknologi, er væksten i arealet med GM-afgrøder efter årtusindskiftet størst i udviklingslande. Figur 7.2 viser udviklingen i GM-afgrødearealet i henholdsvis de industrialiserede lande og udviklingslandene.

Figur 7.2. Areal med GM-afgrøder, mio. hektar, i verden som helhed, udviklede og udviklingslande.



Som det ses af figuren vokser arealerne med GM-afgrøder kraftigt i udviklingslande i disse år. Lande som Indien, Kina, Filippinerne, Argentina, Brasilien, Paraguay og Uruguay, foruden Sydafrika som ovenfor nævnt, har taget GM-teknologien til sig.

De industrialiserede landes landbrugssektorer har gennem uddannelse, teknologi og kapacitetsopbygning velfungerende systemer, som i stort omfang er i stand til at imødegå insekt- og sygdomsangreb på markafgrøder. I mange udviklingslande er kapaciteten til at modstå insekt- og sygdomsangreb væsentlig mindre. Dette bevirker alt andet lige, at udviklingslandenes landmænd har større incitament til at benytte afgrødesorter, som er modstandsdygtige overfor det store tryk på udbytte, der eksisterer i mange udviklingslande. Et studie viser, at indkomstfordelene ved GM-afgrøder er større i udviklingslandene sammenlignet med de industrialiserede lande. I 2006 fik udviklingslandene en fordel på 3.713 mio. US\$ mod 3.228 mio US\$ i de udviklede lande på trods af at arealet med GM-afgrøder var ca. 50 % større i de udviklede lande. Blandt andre faktorer, der nævnes som fordele ved GM-afgrøder af landmænd i udviklingslandene, er reduceret produktionsrisiko, forbedret afgrøde kvalitet og lavere udsættelse for pesticider.

7.3.5. Potentiale i driftsøkonomien

EU's langsommelige og omstændelige godkendelsesprocedurer frygtes at svække europæiske producenters konkurrenceevne. I USA, Latinamerika og Asien er GM taget i anvendelse i stort omfang, og GM er en naturlig del af forsknings- og udviklingsværktøjerne. Denne udvikling kan medføre, at europæiske producenter bliver efterladt med en stadig mere forældet teknologi. Ligeledes forventes GM i stigende omfang at kunne levere produkter med egenskaber som forbrugerne efterspørger, hvorfor konventionelle producenter vil tabe markedsandele over tid.

Holdninger til genmodificerede produkter varierer over lande, sektorer og produkter. Indenfor nogle sektorer og produktkategorier har de nye bioteknologier vundet indpas og blevet udbredt uden særlig modstand eller diskussion. Hovedparten af insulinproduktionen i dag, eksempelvis, foregår ved brug af de nye teknikker. I det hele taget er GM blevet taget i anvendelse i stor grad indenfor medicinal- og sundhedssektoren. Ligeledes er den moderne bioteknologi taget i anvendelse indenfor industrielle produktionsprocesser og i energisektoren. Eksempelvis benyttes GM-teknikker i tekstilproduktion og i papirfremstilling og den voksende bioethanolproduktion benytter sig særligt af GM-fremstillede enzymer. Disse voksende anvendelser af GM synes at forløbe gnidningsfrit.

Derimod er anvendelsen af GM i landbrugs- og fødevarerproduktion omgærdet af store kontroverser specielt i nogle lande. Anvendelse af GM-afgrøder er vokset betydeligt siden introduktionen i 1996. I 2007 blev der dyrket GM-afgrøder i 23 lande på i alt 114,3 mio. hektarer. Tabel 7.10 viser udbredelsen i 2007.

Tabel 7.10. Areal med GM-afgrøder fordelt på lande i 2007.

	Mio. hektar		Mio. hektar
USA	57,7	Columbia	under 0,1
Argentina	19,1	Chile	under 0,1
Brasilien	15,0	Frankrig	under 0,1
Canada	7,0	Honduras	under 0,1
Indien	6,2	Tjekkiet	under 0,1
Kina	3,8	Portugal	under 0,1
Paraguay	2,6	Tyskland	under 0,1
Syd Afrika	1,8	Slovakiet	under 0,1
Uruguay	0,5	Rumænien	under 0,1
Filipinerne	0,3	Polen	under 0,1
Australien	0,1		
Spanien	0,1		
Mexico	0,1		

Kilde: James, 2007, M1.

Samtidig er væksten fra år til år af areal med GM-afgrøder på over 10 %. Denne hastige udbredelse viser, at potentialet i GM-afgrøder tilsyneladende er stort. Tabel 7.10 viser dog også, at det er et begrænset antal lande, som har antaget GM-afgrøder i større stil. Blandt europæiske lande er det kun spanske landmænd særligt i nordøstregionerne, der har taget GM-afgrøder i anvendelse i væsentligt omfang. Dette hænger sammen med en speciel insektplage forårsaget af den "europæiske majsborer", hvis larver vokser op inde i majsstammen, hvor de gør stor skade på planten. Placeringen inde i selve stammen gør det vanskeligt at bekæmpe denne plage effektivt og billigt. Store mængder svært aktive kemiske bekæmpelsesmidler er nødvendigt for at imødegå skadevolderen. Derfor er den genmodificerede insektresistente majs sort til stor nytte i områder med udbredelse af majsboreren, som det er tilfældet i Nordøstspanien.

Faktaboks 7.4. Økonomiske effekter af GM-dyrkning i Spanien.

Et studie, M2, har analyseret effekterne på bedriftsniveau ved introduktion af insektresistent GM-majs i Spanien. De økonomiske fordele varierer mellem regioner i Spanien. Ekstraprisen for GM-udsæden er på 18,5 € per hektar, mens de sparede omkostninger ved ikke længere at skulle sprøjte mod majsboreren svinger fra 24 € op til 102 € per hektar. Udover at det er omkostningsfuldt at sprøjte mod majsboreren, skal sprøjtningen foregå indenfor 2-3 dage efter æggene er klækket for at være effektiv. Dette kan være vanskeligt at ramme. Samtidig med besparelsen på insekticidomkostninger opnås gennemsnitligt et højere udbytte på 10-15 % i de regioner som er ramt.

Yderligere fordele ved benyttelse af GM-majsen er:

- Mindre risiko for afgrødeskader
- Sparet arbejdstid ved mindre sprøjtning og overvågning af afgrøder
- Højere afgrøde kvalitet - lavere indhold af mycotoksiner i GM-majsen
- Reduceret risiko for landmanden for uheld ved udbringning af kemiske midler
- Miljømæssige fordele ved lavere insekticidforbrug

Tabel 7.11 viser de gennemsnitlige driftsresultater i et af de majsborerramte områder Sarinena, som ligger i Huescaregionen i Spanien. I Sarinenaområdet er der en gennemsnitlig stigning i udbyttet på omkring 10 % ved anvendelse af GM-majs, hvilket gav ekstra 123 € per hektar i 2002. Derudover kan op mod halvdelen af de samlede omkostninger til insekticider spares væk. Resultatet er dog afhængigt af trykket fra majsboreren på de specifikke bedrifter. Stigningen i indtægt ligger mellem 68 og 266 € per hektar svarende til mellem 7 og 33 % forøgelse.

Tabel 7.11. Indtægter og variable omkostninger ved majsproduktion i Sarinenaområdet, 2002.

	Konventionel majs	GM-majs
Indtægter		
Pris, €/ton	123	123
Udbytte, ton/hektar	10	11
Salgsindtægt, €/hektar	1.230	1.353
Hektarpræmie, €/hektar	460	460
Samlet indtægt, €/hektar	1.690	1.813
Variable omkostninger		
Udsæd, €/hektar	150	168,5
Kunstgødning, €/hektar	211 – 301	256
Kemisk afgrødebeskyttelse, €/hektar	114 – 222	105
Kunstvanding, €/hektar	211	211
Samlede variable omkostninger, €/hektar	686 – 884	740,5
Dækningsbidrag, €/hektar	806 – 1.004	1.072,5

Kilde: Brookes (2002)

I tillæg til stigningen i dækningsbidrag sænkes arbejdsindsatsen per hektar som følge af mindre sprøjtning, foruden de andre fordele, miljømæssige og andet, som er nævnt ovenfor. Samlet ses der i Sarinenaområdet at være væsentlige fordele ved brug af den insektresistente GM-majs. Udbyttet ved anvendelse af insektresistent GM-majs afhænger naturligvis af trykket fra insektplager. I et andet område i Huescaregionen, Barbastro, ses ingen forskel på dækningsbidraget mellem konventionel og GM majs. Tallene i tabel 7.11 er således på ingen måde repræsentative for effekten ved anvendelse af GM-afgrøder, men giver et billede af potentielle muligheder, som naturligvis igen afhænger af en række specifikke faktorer i forskellige regioner.

Tallene i tabel 7.11 er fra 2002. Siden 2002 og i årene fremover vil stadig flere genmodificerede afgrødesorter komme på markedet. Hidtil har GM-afgrøder på markedet koncentreret sig om insektresistens og/eller herbicidresistens, hvorfor eventuelle fordele afhænger af omfanget af insektplage og ukrudtsudbredelse. I Danmark har landmændene generelt god kontrol med disse plager, hvorfor det nok er begrænset, hvilket udbytte der vil være ved de eksisterende GM-sorter på markedet. I årene fremover kan det dog forventes, at der kommer sorter på markedet med andre egenskaber. En egenskab, der forskes i, er forbedret kvælstofoptag og –udnyttelse i planten. Denne egenskab vil således kunne forbedre udbyttet direkte frem for den indirekte virkning ved lavere insekttryk, som er tilfældet i tabel 7.11-eksemplet. Det kan derfor ikke udelukkes, at GM-sorter bliver interessante for en lang bredere kreds af producenter fremover, herunder danske landmænd.

Eksemplet viser, at også europæiske landmænd både nu og potentielt fremover kan have interesse i en ikke for langsom og godkendelsesprocedure for GM-afgrøder. Behovet vil naturligvis være størst for de afgrøder, hvor der er en betydelig eksport til tredjelande og derfor konkurrence fra andre lande, som ikke har samme reservationer overfor de nye bioteknologier. Særligt drejer det sig om de store landbrugseksportlande som USA, Canada, Brasilien, Argentina og Australien, men også asiatiske lande kan blive store spillere, som de allerede er på områder som ris og kaffe.

Det kan også nævnes, at en af de store sojabønneproducenter i Europa, Rumænien, indtil EU-medlemskabet havde antaget herbicidresistent GM-soja (Roundup Ready) i væsentligt omfang pga. særlige problemer med ukrudtsudbredelse. Et studie fra 2003, M3, viser en forøgelse i udbyttet på gennemsnitligt 31 % for GM-sojaen, foruden forbedret afgrødekvalitet. Omkostningsbesparelser og forbedringerne førte til mere end fordobling af dækningsbidragene for de rumænske GM-soja producenter, hvilket er langt højere end for andre GM-soja producenter pga. de særlige ukrudtsproblemer i Rumænien. Udover de afledte fordele nævnt ovenfor under GM-majs, har de rumænske GM-sojaproducenter også angivet, at udbyttet af efterfølgende afgrøder i sædskiftet er forbedret væsentligt som følge af lavere ukrudstryk og dermed mindre forbrug af herbicider. Miljømæssigt er der sket en forøgelse af glyfosat (Roundup), men til gengæld lavere forbrug af andre herbicider med højere indhold af toksiner.

7.3.6. Import af foder til EU og godkendelsesprocedure

Det største umiddelbare problem for europæiske landmænd er dog på foderområdet. EU importerer store mængder foderstoffer fra tredje lande, som i større og større omfang har taget GM-afgrøder i anvendelse. Særligt sojabønner og sojabønneimporteres i store mængder. EU's egenproduktion ligger på omkring 12 mio. ton, hvorimod importen fra tredjelande er ca. 35 mio. ton. Disse mængder er afgørende for EU's animalske sektor, hvor kun få alternativer eksisterer for denne protein- og kalorierholdige afgrøde. Endog er arealet med proteinafgrøder, især bælgplanter, faldet i EU de senere år, som følge af tab af konkurrenceevne. Det samme kan muligvis forventes at ske for oliefrø, hvor de nye bioteknologier er taget i anvendelse i stort omfang i tredjelande. Dog virker støtten til biobrændselproduktion i modsat retning. EU-kommissionen konstaterer, M4, at højst 10-20 % af EU's import af sojabønner kan erstattes af øget areal med oliefrø og proteinafgrøder.

Problemet med importen af sojabønner i EU opstår, fordi eksportlandene tager nye sorter af GM-afgrøder i brug, som ikke er godkendt i EU. Der eksisterer ikke nogen øvre tærskel for andelen af ikke-godkendt soja i en ladning, hvorfor importen i princippet skal være helt fri for ikke-godkendte sorter. Dette betyder, at eksportlandene skal adskille godkendte og ikke-godkendte sorter i hele produktionslinjen fra udplantning indtil de lander i EU. En sådan adskillelse er besværlig og omkostningsfuld, foruden at den over tid, efter som større og større dele af arealerne tilsås med nye sorter, bliver stadig mere umulig at opretholde. I forvejen har de fleste af eksportlandene ingen krav til sameksistens af GM og konventionelle afgrøder, hvorfor kontaminering af soja fra ikke-godkendte sorter nødvendigvis vil forekomme. Ydermere stiger forbruget af sojabønner i mange lande på kloden som resultat af øget kødforbrug grundet økonomisk vækst, såvel som forbrug til biobrændselproduktion. Da EU er det eneste væsentlige importområde, som opretholder strenge krav til godkendelse, vil eksportører i faldende grad finde EU-markedet attraktivt og i stedet omdirigere eksporten til mindre krævende markeder.

EU-kommissionen har analyseret 3 scenarier vedrørende sojabønneimporten: et minimal-scenarie, hvor det kun er import fra USA der afbrydes, et middel-scenarie, hvor det både er import fra USA og Argentina der afbrydes, og et værst-scenarie, hvor import fra USA, Argentina og Brasilien afbrydes. Den reducerede import fra USA i minimalscenariet kan hovedsagelig erstattes af øget import fra andre lande. I middel og værst scenarierne er der dog betydelige effekter. Værst-scenariet, som absolut ikke er usandsynligt, hvis EU opretholder sin restriktive politik samtidig med at nye GM-sorter dyrkes i stadig større omfang i alle tre lande, vil på kort sigt føre til at svineproduktionen falder med omkring en tredjedel, foruden høje prisstigninger på svinekød og medføre at EU går fra at være nettoeksportør af svinekød til at blive nettoimportør. Fjerkræproduktionen vil falde med ca. 40 % og igen føre til stigende priser og nettoimport. For oksekød vil EU's eksport helt falde væk og importen mere end firedobles. Efter godkendelse fra EU af de nye sorter vil effekterne aftage, men dog stadig være mærkbare. Dette er dog under antagelse af, at der ikke sker fornyet kontamination med nye ikke-godkendte sorter. Det er nok mere sandsynligt, at nye sorter jævnlige vil komme på markedet og blive taget i anvendelse, hvorfor EU hele tiden vil være bagud mht. godkendelse. I et sådant tilfælde vil kortsigtseffekterne vedblive at bestå.

Husdyrproduktion står for 40 % af værdien af EU's samlede landbrugsproduktion i dag. Et betydeligt tab af konkurrenceevne som beskrevet ovenfor, som følge af manglende godkendelse af nye sorter, vil have signifikante effekter på landbrugsindkomsterne, foruden afledte effekter på landbrugstilknyttede forarbejdnings- og forsyningsvirksomheder. Ydermere vil forbrugerne opleve væsentlige stigninger i kødpriserne. Derudover fører GM-teknologien i mange tilfælde til både en mere miljøvenlig og forbrugervenlig produktion. Som en EU-rapport fra 2007, M5, fastslår fører anvendelsen af den moderne bioteknologi i landbrugsproduktionen til mindre ressourceforbrug og lavere emissioner af miljøskadelige stoffer foruden produkter med mere ønskværdige egenskaber.

Genmodificerede organismer til brug i EU er reguleret af en række forskellige direktiver og regulativer afhængigt af anvendelsesområde. For GM-produkter til anvendelse i fødevarer og foder er en særlig procedure gældende, M6, hvorimod dyrkning af GM-afgrøder er underlagt en anden, M7. En specifik GMO er kun tilladt i EU, hvis den er blevet autoriseret i EU's godkendelsesprocedure. Et produkt kan blive tilladt til brug i foder og/eller fødevarer uden at blive tilladt til dyrkning, som det eksempelvis er sket med GM-majssorten GA21, M8.

Autorisationsprocessen for GM-foder og -fødevarer forløber i tre faser (EU regulation 1829/2003). I den første fase ansøges myndighederne i et EU-medlemsland. Ansøgningen skal indeholde studier, der viser at produktet ikke er skadeligt for helbred eller miljø og at GM produktet ikke essentielt adskiller sig fra det konventionelle produkt. Ligeledes skal ansøgningen indeholde metoder til at spore GM-indhold., foruden en række andre krav. I anden fase, når alt krævet dokumentation fra første fase er leveret, har EU myndigheden (EFSA) 6 måneder til at udforme en beslutning på

baggrund af en videnskabelig evaluering fra et panel af eksperter. Hvis produktet skal godkendes skal beslutningen medfølges af de krav og mærkningsordninger, som findes nødvendige. I denne fase kan EFSA også iværksætte egne videnskabelige undersøgelser af produktet. Beslutningen offentliggøres og formidles til medlemslandene. Den tredje fase består af den endelige beslutning af EU-ministerrådet, hvor der stemmes, hvorefter kommissionen har tre måneder efter at have modtaget EFSA's beslutning til at give den endelige godkendelse. Hvis kommissionens beslutning afviger fra EFSA's, skal denne medfølges af skriftlig argumentation. Selve beslutningsprocessen i Rådet og kommissionen er den samme som for al lovgivningsmæssig beslutningstagen i kommissionen og følger dermed EU-traktatens bestemmelser.

For GM-produkter der bringes i direkte kontakt med miljøet, som GM-planter benyttes den samme procedure.

Den omstændelige og tids- og ressourcetrækvende procedure har hindret en større anvendelse i EU af GM-produkter. Eksempelvis har svineproducenter i EU klaget gentagne gange over ikke at kunne få adgang til billigt GM-foderimport pga. godkendelsesproceduren. Ydermere har en række medlemslande valgt at modsætte sig beslutninger i EU om godkendelse af GMO, selv om dette i princippet strider mod EU traktaten. Det skal også nævnes, at hvert eneste nye GM-produkt skal gennemgå samme omstændelige procedure, hvilket har afholdt potentielle eksportører fra EU-markedet. Da der i GM-producerende lande tages stadig nye sorter i anvendelse kan det næppe undgås at en skibsladning med eksempelvis soja efterhånden vil indeholde adskillige forskellige GM-sorter. Hver eneste af disse sorter må være godkendt i EU før hele ladningen tillades. Alternativet er, at de GM-eksporterende lande opretter en særskilt produktionslinje fra jord til skib, hvilket næppe er sandsynligt, da dette er meget omkostningsfuldt. Det må konstateres, at EU's forbrugere og borgeres tøven og skepsis overfor GMO foreløbig har hindret en større udbredelse og anvendelse. Hvis den stadige forskning og produktudvikling vedblivende frembringer GM-produkter med stadig større og mærkbare fordele frem for de konventionelle vil især landmænd i EU blive sat markant tilbage i den internationale konkurrence. I sidste ende er det dog et politisk problem om de risici, der frygtes ved GM-produktion, er tilstrækkelige til at opveje de ovenfor nævnte fordele.

7.3.7. Konkluderende bemærkninger

Den signifikante vækst i arealerne med GM-afgrøder især i udviklingslandene må forventes at fortsætte de kommende år. Der synes at eksistere væsentlige fordele, økonomiske og andre, ved GM-teknologien, som bevirker at stadig flere landmænd benytter sig af GM-afgrøderne. Hidtil har anvendte GM-afgrøder altovervejende begrænset sig til soja, majs, bomuld og raps. Der foregår dog forskning og udvikling indenfor mange afgrøder også i udviklingslandene. I Sydafrika forskes bl.a. i rodfrugter, som er basisfødevarer for mange afrikanere og derfor af stor betydning for hele kontinentet. Det må derfor forventes, at der fremover vil komme mange flere GM-produkter på markedet. Udviklingen i GM-afgrøder vil dog kunne bremses af skepsis fra bl.a. forbrugere i særlig de GM-skeptiske regioner, herunder specielt EU. Hvis afrikanske bønder ikke kan afsætte deres produkter på det vigtige EU-marked, kan de være nødsaget til at undlade at tage denne teknologi i anvendelse.

Som vist i eksemplet med majsproduktionen i Sarinenaområdet i Spanien eksisterer der både økonomiske, miljømæssige og andre fordele ved at benytte GM-afgrøder i visse regioner med specifikke omstændigheder. Dette betyder dog ikke, at dyrkningen i andre områder, som i eksemplet fra Barbastroområdet, giver de samme fordele. Hvorvidt ibrugtagning af GM-teknologi er fordelagtigt eller ej må således bero på konkret stillingtagen i hvert specifikke tilfælde og kan i sidste ende formodentlig bedst afgøres ved afprøvning i produktionen.

GM-afgrøder har været i brug fra 1996 og breder sig mere og mere. Der udvikles løbende nye sorter med nye egenskaber. Det kan derfor ikke afgøres en gang for alle, hvorvidt GM-afgrøder generelt er ufordelagtigt eller ej i et område. Hidtil har GM-udviklingen indenfor planteområdet fokuseret på tryk fra insekter og ukrudt. Dette tryk er ikke så relevant i Danmark, hvor landmændene generelt har god kontrol med disse plager. Det kan dog ikke udelukkes, at der fremover vil blive udviklet sorter med egenskaber, som vil være af større relevans for danske landmænd. Eksempelvis forskes der i at indbygge en forbedret evne i planterne til at optage kvælstof, hvilket vil øge udbyttet direkte, hvor de hidtil ibrugtagne sorter virker ved at reducere tab som følge af især insekter og ukrudt. Ligeledes forskes der i at tilføre planterne andre fordelagtige egenskaber eksempelvis relateret til sundhed.

Den europæiske skepsis kan også få konsekvenser for EU's landmænd. Rapporten fra EU (2008) advarer mod alvorlige tab af konkurrenceevne for EU's landmænd. Rapporten advarer også om, at EU bliver mindre og mindre betydningsfuldt, da bl.a. Kina er ved at blive storimportør af soja. Dette medfører at de store landbrugseksporterende lande

fremover vil tage mindre hensyn til EU-markedet. Specielt kravet om at kun EU-godkendte GM-sorter må forefindes i importen skaber problemer og vil skabe større problemer fremover med den stadige fremkomst af nye sorter. De store landbrugseksporterende lande finder det ikke økonomisk rentabelt, at skulle oprette særskilte proceslinier (hvor sorterne holdes strengt adskilt i hele kæden fra jord til bord, som det kendes fra økologi, hvilket er omkostningskrævende og kræver store investeringer i særskilte siloer og andre forarbejdnings- og opbevaringsanlæg) for hver ny sort alt efter om den er EU-godkendt eller ej. Det er derfor mere og mere nødvendigt, at EU og EU's medlemslande kommer til en fælles afklaring af sin politik på GM-området.

Forskning og udvikling i GM-sorter foregår især udenfor Europa, hvorfor europæiske landmænd og frøudviklingsfirmaer risikerer at blive sat tilbage med en stadig mere forældet teknologi. Ligeledes risikerer den animalske produktion i Europa at få stigende problemer med at skaffe foder til konkurrencedygtige priser, pga. de restriktive godkendelsesprocedurer for GM-foder i EU. Over tid er det således det europæiske landbrugs konkurrenceevne, der står på spil.

Referencer

Afsnit 7.1.

- J1. Gomez-Barbero, Manuel & Emilio Rodriguez-Cerezo (2006): Economic impact of dominant GM crops world wide: A review IPTS EUR 22547 EN.
- J2. Gomez-Barbero, Manuel; Julio Berbel & Emilio Rodriguez-Cerezo (2008): *Bt* corn in Spain – the performance of EU's first GM crop. *Nature Biotechnology* vol 26, p 384-386.
- J3. BEK nr. 176 af 28/02/2008: Bekendtgørelse om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder
- J4. "Vejledning om god produktionspraksis i primærproduktionen – en branchekode" (dec. 2005). Dansk Landbrugsrådgivning.
- J5. Holst, N.; Axelsen, J.A.; Bruus, M.; Damgaard, C.F.; Kudsk, P.; Lassen, J.; Madsen, K.H.; Mathiassen, S.K. & Strandberg, B. (2008): Sprøjtepraksis i sædskifter med og uden glyphosattolerante afgrøder: Effekter på floraen i mark og hegn. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 121, 2008.
- J6. Jørgensen, Lise (2009): Personlig kommunikation.
- J7. Ørum, Jens Erik; Mads Vejlbj Boesen; Lise Nistrup Jørgensen & Per Kudsk (2008): Opdateret analyse af de driftsøkonomiske muligheder for en reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug.
- J8. Gylling, M. (2009): COEXISTENCE – Management and Economic Issues. Co-extra International Conference – Stakeholder workshop.
- J9. Menrad, Andreas Gabriel, Morten Gylling, Anders Larsen, Paolo Voltolina, Matthias Stolze, Marion Morgener, Bernadette Oeher og Mariusz Maciejczak (2009): Costs and benefits of co-existence and traceability between GM and non-GM supply chains. (Synthesis report from COEXTRA WP 3 – in review).
- J10. Lawson G. Lartey, Andres Larsen, Søren Marcus Pedersen & Morten Gylling (2009): Perception of Genetically Modified crops among Danish farmers (article submitted).

Afsnit 7.2

- K1. Brookes, Graham & Peter Barfoot (2009): GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007, PG Economics Ltd, UK, Dorchester, UK.
- K2. Carew, Richard & Elwing G. Smith (2006): Assessing the Contribution of Genetic Enhancements and Fertilizer Application Regimes on Canola Yield and Production Risk in Manitoba, *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie* 54, 215-226.
- K3. Carpenter, Janet & Leonard Gianessi (2001): Agricultural Biotechnology: Updated Benefits Estimates, National Centre for Food and Agricultural Policy, NCFAP Report, Washington DC (USA). www.ncfap.org/reports/biotech/updatedbenefits.pdf
- K4. Demont, Matty & Eric Tollens (2004): First impact of biotechnology in the EU: *Bt* maize adoption in Spain, *Annals of applied biology* 145, 197-207.
- K5. Desquilbet, Marion, Stéphane Lemarié & Fabrice Levert (2001): Potential adoption of GM rapeseed in France, effects on revenues of farmers and upstream companies: an ex ante evaluation, in 5th International Conference organized by the International Consortium on Agricultural Biotechnology Research, 15-18 June 2001 (Ravello, Italy). <http://www.economia.uniroma2.it/Conferenze/icabr01/Program.htm>
- K6. FAO (2004): The state of food and agriculture 2003-04. Agricultural Biotechnology – Meeting the needs of the poor? FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome <http://www.fao.org/docrep/006/Y5160E/Y5160E00.HTM>
- K7. Gianessi, L. (2005): Economic and Herbicide Use Impacts of Glyphosate-resistant Crops, *Pest Management Science*, 61(3): 241 - 245.
- K8. Gómez-Barbero, Manuel & Emilio Rodríguez-Cerezo (2006): "Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: a Review", EUR 22547 EN, European Communities.
- K9. Huang, Jinkun, Ruifa Hu, Carl Pray, Fangbin Qiao, and Scott Rozelle (2003): Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of *Bt* cotton in China, *Agricultural Economics* 29, 55-67.
- K10. ISAAA (2008): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. The First Thirteen Years, 1996 to 2008, Brief 39-2008: Executive Summary.
- K11. Marra, Michele, David J. Pannell & Amir Abadi Ghadim (2003): The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curves? *Agricultural Systems* 75, 215-234.
- K12. May, M. J., (2003): Economic consequences for UK farmers of growing GM herbicide tolerant sugar beet, *Annals of Applied Biology* 142, 41-48.

- K13. Messéan, Antoine, Frédérique Angevin, Manuel Gómez-Barbero, Klaus Menrad & Emilio Rodríguez-Cerezo (2006): New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture, European Commission's Joint Research Centre, EUR 22102 EN, Seville (Spain). <http://www.jrc.es/home/pages/eur22102enfinal.pdf>
- K14. Moschini, Giancarlo, Harun Bulut & Luigi Cembalo (2005): On the Segregation of Genetically Modified, Conventional and Organic Products in European Agriculture: A Multi-market Equilibrium Analysis, *Journal of Agricultural Economics* 56, 347-372.
- K15. Phillips, Peter W. B. (2003): The economic impact of Herbicide Tolerant Canola in Canada, in Nicholas Kalaitzandonakes: The economic and environmental impacts of Agbiotech Columbia, USA, Kluwer Academics/Plenum Publisher, 119-140.
- K16. Powles, Stephen B. (2008): Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt, *Pest Management Science* 64: 360–365.
- K17. Qaim, Martin & Alain de Janvry (2003): Genetically modified crops, corporate pricing strategies, and farmers adoption: the case of *Bt* cotton in Argentina, *American Journal of Agricultural Economics* 85, 814-828.
- K18. Qaim, Martin, Carl E. Pray & David Zilberman (2008): Economic and Social Considerations in the Adoption of *Bt* Crops, i J. Romeis, A. M. Shelton, and G. G. Kennedy (eds.) (2008): *Integration of Insect-Resistant Genetically Modified Crops within IPM Programs*, Springer Science + Business Media B.V.
- K19. Qaim, M., & Traxler, G. (2005): Roundup Ready® Soybeans in Argentina: Farm Level and Aggregate Welfare Effects, *Agricultural Economics*, 32(1): 73 - 86.
- K20. Romeis, J., A. M. Shelton, and G. G. Kennedy (eds.) (2008): *Integration of Insect-Resistant Genetically Modified Crops within IPM Programs*, Springer Science + Business Media B.V.
- K21. Vogt, Donna U. & Mickey Parish (2003): *Food Biotechnology in the United States: Science, Regulation, and Issues*, in Sarah Elderidge (ed.): *Food Biotechnology. Current Issues and Perspectives*, New York, Nova Science Publishers.
- K22. Wolfenbarger, L. L. & P. R. Phifer (2000): *The Ecological Risks and Benefits of Genetically Engineered Plants*, *Science* 15. december 2000.
- K23. World Bank (2008): *World development report 2008: Agriculture for Development*, The World Bank, Washington, DC.

Afsnit 7.3.

- L1. Nuffield (1999): *Genetically Modified Crops: the Ethical and Social Issues*, Nuffield Council on Bioethics.
- L2. http://www.wto.org/english/tratop_e/tbt_e/tbt_e.htm
- L3. Stein, A.J. og E. Rodríguez-Cerezo (2009): *The global pipeline of new GM crops – Implications of asynchronous approval for international trade*. JRC Scientific and Technical Reports, European Commission.
- L4. Brookes, G. og P. Barfoot (2008): *Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects, 1996-2006*, *AgBioForum*, vol. 11, no. 1, pp 21-38.
- L5. James, C. (2007): *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. ISAAA Briefs no. 37.
- L6. EU (2008): *Economic Impact of Unapproved GMOs on EU Feed Imports and Livestock Production*, European Commission.
- L7. WTO-DS291: http://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds291_e.htm
- L8. Kogan, L.A. (2006): *WTO Ruling on Biotech Foods Adresses "Precautionary Principle"*, Washington Legal Foundation, *Legal Backgrounder*, vol. 21, no. 38.
- M1. James, C. (2007): *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. ISAAA Briefs no. 37.
- M2. Brookes, G. (2002): *The Farm Level Impact of using Bt Maize in Spain*. PG Economics Ltd, UK.
- M3. Brookes, G. (2003): *The Farm Level Impact of using Roundup Ready Soybeans in Romania*. PG Economics Ltd, UK.
- M4. EU DG-Agri (2007): *Economic Impact of Unapproved GMOs on EU Feed Imports and Livestock Production*. European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development.
- M5. Zika, E., I. Papatryfon, O. Wolf, M. Gómez-Barbero, A.J. Stein og A.-K. Bock (2007): *Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology for Europe*. JRC Reference Report, European Commission.
- M6. EU (2003): *Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on genetically modified food and feed*, EU-Commission.
- M7. EU (2001): *Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC*, EU-Commission.
- M8. EU (2008): *Commission authorises GM maize GA21*, EU Press Release IP/08/480, EU-Commission.

8. Etik og nytteværdi

Lektor Jesper Lassen, IHE LIFE KU, lektor Karsten Klint Jensen, FOI LIFE KU og professor Peter Sandøe, FOI LIFE KU (afsnit 8.1, 8.3 og 8.4), afdelingschef Alex Dubgaard, FOI LIFE KU (afsnit 8.2.)

8.1. Holdningsanalyser

Interessen for at kortlægge befolkningernes holdninger til genteknologien inden for fødevarerområdet opstod for alvor i kølvandet på GM-konfliktens genopblomstring i 1996, som var en reaktion på forsøget på en europæisk markedsføring af de første genetisk modificerede fødevarer i større skala i form af produkter baseret på genetisk modificeret soja og majs. Konflikten om GM-fødevarerne var således i de første år først og fremmest en europæisk konflikt, og selvom den havde betydelige internationale handelsmæssige aspekter, havde de fleste holdningsundersøgelser i disse år fokus på den europæiske befolkning. I løbet af de senere år er der dog med stigende frekvens også gennemført undersøgelser i resten af verden, ligesom man også er begyndt at interessere sig for f.eks. landmændenes syn på at skulle dyrke GM-afgrøder.

8.1.1. Redskaber og metoder

I forbindelse med kortlægning af befolkningens opfattelser af genteknologi anvendes hovedsageligt to sociologiske metoder: Kvantitative (spørgeskemabaserede) og kvalitative (interviewbaserede). Hvor de kvantitative metoder udmærker sig ved at være gode til at kortlægge udbredelsen af forskellige holdninger og deres fordeling på forskellige befolkningsgrupper, er styrken ved de kvalitative metoder, at de er velegnede til at kortlægge dybden i form af argumentationen bag de forskellige holdninger. De kan dermed også bidrage til at karakterisere de værdier, der ligger til grund for holdningerne, og dermed bidrage til at kvalificere vurderingen af, hvilke problemstillinger nye anvendelser af genteknologi inden for fødevarerområdet måtte rejse.

Ud over egentlige holdningsundersøgelser er der gennemført en række markedsundersøgelser, typisk i form af studier af betalingsvillighed, hvor forbrugernes villighed til at betale for forskellige GM-produkter søges estimeret. Denne type undersøgelser er ikke inddraget i den følgende gennemgang.

I tilgift til de egentlige sociologiske holdningsundersøgelser, er der gennemført en lang række initiativer, som har sigtet imod inddragelse af befolkningen i beslutningerne om de nye GM-teknologier. Flere af disse, såsom konsensuskonferencer, borgerjuryer og offentlige debatmøder, har tillige bidraget til at skabe en indsigt i befolkningens opfattelser af genteknologien. Det skal dog pointeres, at den viden om befolkningens holdninger, disse metoder giver, ikke er så systematisk og velfunderet som resultaterne af interview- og spørgeskemaundersøgelser.

Set i et internationalt perspektiv er de såkaldte Eurobarometerundersøgelser en af de absolut væsentligste kvantitative kilder til viden om folks holdninger til genteknologi. Eurobarometerundersøgelserne har været gennemført i EU-medlemsstaterne med ca 3-års intervaller siden 1991, altså før konfliktens genopblomstring, og har, ud over kortlægning af holdningen til aktuelle GM-temaer, inkluderet en række faste spørgsmål, der muliggør en beskrivelse af udviklingen i holdningerne over tid. Med skiftende frekvens er Eurobarometerundersøgelsernes spørgeskemaer anvendt i en række ikke-EU-lande – herunder Norge, Schweiz, USA, Canada og Japan. Den senest publicerede Eurobarometerundersøgelse er fra 2005, N1; en undersøgelse fra 2008 forventes publiceret i løbet af det kommende år. I tilgift til Eurobarometerundersøgelserne er der gennemført enkeltstående kvantitative undersøgelser i Danmark såvel som i mange andre lande.

Kvalitative undersøgelser, som ofte har form af fokusgruppinterviews, er i enkelte tilfælde udført i tilknytning til Eurobarometerundersøgelserne, men har i de fleste tilfælde været enkeltstående nationale eller regionale undersøgelser.

8.1.2. Resultater

Det generelle billede fra de undersøgelser, der er gennemført af befolkningens holdninger til genteknologi i Danmark såvel som resten af Europa, viser, at holdningerne knytter sig tæt til hvilke anvendelser, der er tale om. Der er således

ikke tale om, at genteknologi afvises som sådan, men typisk at skepsis eller afvisning formuleres i forhold til den konkrete anvendelse. En række undersøgelser peger på, at tre parametre er væsentlige for befolkningens vurdering, og dermed accept eller afvisning af de enkelte teknologier, nemlig spørgsmål om nytte, risiko og andre moralske forhold. Den voldsomme protest, der viste sig imod GM-fødevarer i 1996, skal i høj grad ses som et udtryk for, at den offentlige regulering i såvel EU som i dansk regi overvejende havde – og i øvrigt fortsat har – fokus på håndtering af miljø- og sundhedsmæssige risici og dermed ikke i tilstrækkelig grad dækkede befolkningens bekymring over manglende nytte samt moralske/etiske forhold.

En markant skillelinje i forhold til befolkningens accept går mellem anvendelser inden for det medicinske område på den ene side og landbrugs- og fødevarerområdet på den anden side. Hvor de medicinske anvendelser generelt har langt større tilslutning, er der således en betydelig skepsis over for de landbrugs- og fødevarerrelaterede anvendelser. Ifølge det senest publicerede Eurobarometer, N1, appendix 2, er kun 27 % af befolkningen i de 25 EU-lande helt eller delvis enige i, at genetisk modificerede fødevarer bør fremmes; hvor det tilsvarende tal for genterapi (dvs. behandling af sygdomme ved direkte indgriben i menneskets gener) er 50 % og 52 % for farmakogenetik (dvs. analyser af enkeltpersoners gener med henblik på at lave skræddersyet medicin rettet imod det enkelte individ). En mindre dansk undersøgelse fra 2006, N2, peger på, at kun 18 % af danskerne er positivt eller overvejende positivt stemt over for genetisk modificerede fødevarer, og 34 % mener, at disse varer generelt bør forbydes.

Tabel 8.1. Danskernes vurdering af hvorvidt GM-fødevarer er moralsk acceptable, nyttige, forbundet med risiko samt om de bør fremmes. (Procentvis fordeling i 2005)

N=1.031	Procentvis andel, der mener at GM-fødevarer er			
	Moralsk acceptabelt	Nyttigt for samfundet	Risikabelt for samfundet	Bør fremmes
Helt enig	14	15	23	8
Overvejende enig	27	31	39	20
Overvejende uenig	31	26	21	34
Helt uenig	21	19	8	29
Ved ikke	7	10	10	9
I alt	100	101	101	100

Kilde: Gaskell *et al.* (2006): Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and trends. Eurobarometer 64.3., Annex 2

Note: GM-fødevarer er (på de nationale sprog) introduceret som: "Genetically modified foods are made from plants or micro-organisms that have had one or more characteristics changed by altering their genes. For example, a plant might have its genes modified to make it resistant to a particular plant disease, to improve its food quality, or to help it grow faster".

Gentagne undersøgelser har bekræftet et af hovedresultaterne af Eubarometerundersøgelsen i 1996, N3, nemlig at befolkningens bekymring over genteknologi – herunder også genetisk modificerede fødevarer – ikke kun er baseret på bekymringer over teknologiens miljø- og sundhedsmæssige risici. Det, der i højere grad end risikoen er afgørende for folks opfattelser, viste sig at være opfattelser af en given anvendelses nytte samt en bredere moralsk vurdering af anvendelsen.

Efterfølgende kvalitative studier i en række forskellige lande nuancerede såvel kravet om nytte som den moralske bekymring, N4, N5, N6, N7, N8, N9.

Fleere studier peger på, at nytte ikke er en entydig kategori, men at befolkningen typisk skelner mellem forskellige former for nytte fra snæver egen nytte over privat eller virksomhedsøkonomisk nytte til en bredere samfundsmæssig nytte. Her skal det særligt pointeres, at meget tyder på, at egen nytten og økonomisk nytte ikke er nok til at legitimere anvendelsen af genteknologi; det, der fordres, er samfundsmæssig nytte. Det betyder, at anvendelser, der kan bidrage til at løse væsentlige samfundsmæssige problemer såsom sult, sygdom, miljøproblemer mv., i højere grad accepteres end anvendelser, der er rettet imod at gøre hverdagen lettere for den enkelte eller øge virksomheders indtjening.

Dette 'krav' om samfundsmæssig nytte kan bidrage til at forklare den udbredte modstand mod de hidtidige genetisk modificerede fødevarer, som har kendetegnet befolkningen i Danmark såvel som de fleste andre EU-lande. I befolkningens øjne har de hidtidige anvendelser af genteknologi inden for fødevarerområdet overvejende været rettet imod at øge effektiviteten i fødevarerindustri og landbrug – altså imod nyttevirkninger, der falder uden for kategorien 'samfundsnytte'. I den forbindelse skal det bemærkes, at danske undersøgelser peger på, at den foreløbig mest udbredte GM-anvendelse i landbruget, herbicidresistens, oftest ikke kategoriseres som samfundsnyttig. Det skyldes, at den, selv om den bæres frem af argumenter om mindre forurening og øget biodiversitet, viderefører en – i befolkningens øjne – problematisk teknologi, nemlig anvendelsen af pesticider.

I kontrast til den skepsis, der er over for disse anvendelser, som den danske befolkning overvejende ser som et forsøg på at effektivisere landbrugs- og fødevarerproduktionen, synes der at være en bredere accept af landbrugsmæssige anvendelser med et mere entydigt miljø- eller sundhedsmæssigt sigte. Dog er det vigtigt her at være opmærksom på, at der er en vis skepsis over for anvendelser med et sundhedsmæssigt sigte, hvor der f.eks. er alternativer: Det synes således eksempelvis at være en udbredt opfattelse, at sundhedsmæssige problemstillinger som overvægt snarere bør håndteres gennem kostmægninger mv. end gennem introduktionen af en kontroversiel teknologi som genteknologi. Det er i dette lys man må se den forholdsvis positive vurdering af landbrugsmæssige anvendelser inden for non-foodområdet, som f.eks. blev antydet af en dansk borgerjury om genetisk modificerede planter i 2005, N10. Jurys accept af non-food-anvendelser er således i god tråd med tidligere undersøgelser; nemlig at anvendelser, der er samfundsmæssigt nyttige i kraft af deres miljø- eller sundhedsmæssige potentialer, er acceptable.

Eurobarometerundersøgelsen fra 1996 viste, at på tværs af EU-landene har den moralske vurdering af en given anvendelse af genteknologi en vetolignende karakter, forstået på den måde at hvis en anvendelse anses for moralsk problematisk, forkastes den uanset folks vurdering af nytte og risiko. De nævnte efterfølgende kvalitative studier nuancerer dette og påviser, at de moralske bekymringer handler om så forskellige temaer som dyrevelfærd og dyrs integritet, naturlighed, krænkelse af guds skaberværk, retfærdighed, magt og kontrol. Flere af de udførte undersøgelser peger på, at denne moralske bekymring ikke kun handler om genteknologi anvendt på landbrugsdyr (inkluderet dyrekloning), men også strækker sig til planteområdet.

Her følges eksempelvis argumentationer, hvor skepsis over for genetisk modificerede planter begrundes med henvisning til, at det er grundlæggende unaturligt at overskride artsbarrieren (og f.eks. indsætte gener fra en fisk i en plante), eller en skepsis, der bunder i, at fødevarer fremstillet af genetisk modificerede planter påtvinges befolkningen af fødevarersektoren.

Når det kommer til risiko, som er den tredje dimension, befolkningen tager i betragtning, når de vurderer anvendelser af genteknologi, peger kvalitative studier som udgangspunkt på, at der er en udbredt tillid til, at de anvendelser og produkter, der er sluppet gennem myndighedernes godkendelsesprocedurer, også er forholdsvis sikre. Der er dog tale om en forbeholden anerkendelse af den sundheds- og miljømæssige vurdering, GM-fødevarer underkastes, idet folk rejser risikorelaterede problemstillinger, der rækker ud over de eksisterende risikovurderinger i forbindelse med godkendelsesprocedurerne. Dette handler eksempelvis om en manglende tillid til myndigheder og eksperter til at vurdere sundheds- og miljømæssige konsekvenser af genteknologien inden for landbrugs- og fødevarerområdet. Herunder om eksperterne overhovedet er i stand til at formulere de rigtige spørgsmål; eller om der er hidtil ikke-erkendte former for risici, som man for eksempel oplevede i forbindelse med kogalskabsproblematikken. En anden betydelig skepsis retter sig imod de langsigtede konsekvenser, hvor der rejses tvivl om, hvorvidt man med de eksisterende metoder er i stand til at vurdere de sundhedsmæssige konsekvenser af indtag af GM-fødevarer igennem et helt liv.

Selvom fokus i godt et årti i høj grad har været på de europæiske befolkningers forhold til genteknologien, tyder flere undersøgelser på, at europæernes skepsis deles af andre landes befolkninger. I forbindelse med det senest publicerede Eurobarometer blev der således gennemført parallelle studier i EU, USA og Canada. Denne komparative undersøgelse peger på, at der er stort set den samme optimisme i forhold til bioteknologi generelt (dvs. inden for alle områder) i de tre lande: 75 % af såvel europæerne som canadierne forventer, at bioteknologi vil medføre forbedringer af levevilkårene ("will improve our way of life") inden for en 20-års horisont; ligesom det samme gør sig gældende for 78 % i USA. Betragter man imidlertid fødevareteknologien isoleret, konkluderer rapporten, at hvor europæerne og canadierne deler opfattelser mht. nytte, risiko og moralsk acceptabilitet, anser USAs befolkning genetisk modificerede fødevarer for mere nyttige, mindre risikable og mere moralsk acceptable.

Et andet hidtil stort set ignoreret spørgsmål er landmændenes holdninger til at dyrke de GM-fødevarer afgrøder, som befolkningen er så skeptiske over for. Som nævnt ovenfor er en betingelse for folkelig accept, at en given GM-fødevarer

har samfundsmæssig nytte. Herbicidresistente GM-afgrøder har været nævnt som afgrøder, der besidder netop disse egenskaber, fordi dyrkningen af disse afgrøder potentielt kan føre til reduceret pesticidforbrug og ændret sprøjtepraksis, hvor der f.eks. ikke sprøjtes i de perioder, hvor dyrelivet er mest sårbart, til stor gavn for biodiversiteten i det åbne land.

En dansk undersøgelse fra 2007, N11, peger imidlertid på, at danske landmænd ikke uden videre vil implementere f.eks. herbicidresistente afgrøder på en måde, så de fører til de forventede miljømæssige fordele. Dette skyldes for det første, at landmændene er utilbøjelige til at acceptere at skifte fra en behovsstyret sprøjtepraksis til de nødvendige stramme sprøjteplaner. For det andet skyldes det, at argumentet om øget biodiversitet, som bl.a. er baseret på den antagelse at naturen har en værdi i sig selv, er i modstrid med landmændenes syn på nødvendig natur- og miljøbeskyttelse. For det tredje gælder det, at landmændene på den ene side er styret af at opføre sig økonomisk rationelt; men på den anden side handler denne økonomiske rationalitet ikke kun om at optimere isolerede enkeltfaktorer i bedriften, men også om at sikre en driftsform, der er i harmoni med landmandens (familie)liv, og hvor enkeltdele spiller sammen på en praktisk facon. Herbicidresistente afgrøder udfordrer denne harmoni ved eksempelvis at gribe forstyrrende ind i den eksisterende praksis. Endelig viste det sig, at flere landmænd af hensyn til kontrollen med ukrudtet ikke var tilbøjelige til at opgive de kendte – og mere miljømæssigt problematiske – herbicider.

8.2. Kortlægning af nytteværdi

8.2.1. Økonomisk opgørelse af nytteværdi af GMO

Afsnit 8.1 indeholder bl.a. en beskrivelse af folks opfattelser af, hvad der i større eller mindre omfang kan betragtes som nyttigt ifm. GMO. I dette afsnit gennemgås kriterierne for kvantitative økonomiske opgørelse af de samfundsmæssige nytte- eller velfærdseffekter ved introduktion af GMO. I praksis er det forbrugernes/samfundsborgernes betalingsvilje for div. ændringer, der ligger til grund for opgørelsen af nytte i samfundsøkonomisk forstand. En økonomisk opgørelse af nytten i monetære enheder er en forudsætning for, at effekterne af GMO kan inddrages i samfundsøkonomiske analyser. Det kan for eksempel være en cost-benefit analyse, hvor fordele/benefits afvejes mod omkostningerne/ulempene ved for eksempel en ny teknologi – alt sammen opgjort i pengeværdi. Analyserne i dette afsnit er baseret på en gennemgang af eksisterende litteratur inden for området. Gennemgangen omfatter danske såvel som europæiske forbrugeres holdninger og præferencer mht. risici, usikkerhed og betalingsvilje i relation til GMO i fødevarer. De økonomiske aspekter af en GMO-introduktion for landbruget og andre erhverv behandles i afsnit 7.1.

8.2.2. Økonomisk teoris ressource- og værdibegreb

Økonomisk teori er mangefacetteret, og de forskellige subdiscipliner beskæftiger sig med vidt forskellige problemstillinger. Den del af teorien, der betragtes her, er den neoklassiske velfærdsøkonomi. Betegnelsen velfærdsøkonomi relaterer sig ikke til det socialpolitiske begreb velfærdsstaten, men til kriterier for optimal anvendelse af samfundets ressourcer med henblik på størst mulig tilfredsstillelse af befolkningens behov/præferencer. I økonomisk betydning omfatter ressourcebegrebet menneskelig arbejdskraft, producerede produktionsmidler og teknologi samt naturressourcer. Naturressourcebegrebet omfatter ikke alene de råstoffer, der indgår i produktionen, men alle miljøgoder der leverer ydelser af betydning for menneskers liv og velbefindende – såsom ren luft, et rent vandmiljø, biodiversitet og naturens æstetiske kvaliteter.

Det er således ikke afgørende for en ressources værdi, om de ydelser, der frembringes ved hjælp af ressourcen, omsættes på et marked. Det er ikke penge eller priser, der repræsenterer værdi i velfærdsøkonomisk forstand, men frembringelsen af goder der bidrager til borgernes nytte. Økonomisk værdi er heller ikke begrænset til goder, som det har kostet noget at producere. Naturens gratisydelser kan meget vel have stor økonomisk værdi. Hvorvidt der er tale om ressourcer af økonomisk relevans, afhænger af: a) om ressourcen eller dens ydelser tilfredsstiller menneskelige behov, og b) om ressourcen er knap i økonomisk forstand (1). Knaphed betyder, at anvendelse af ressourcen til ét formål uvægerligt vil begrænse mulighederne for at anvende ressourcen til andre formål. Den luft, vi indånder, er et gratis gode, men hvor ren luften skal være, er et spørgsmål, der involverer økonomiske afvejninger. Luftforurening påfører samfundet omkostninger i form af bl.a. helbredsskader og forringet livskvalitet. Forurening er således ikke gratis for samfundet. På den anden side giver muligheden for at udlede forurenende stoffer besparelser inden for produktion og transport. Man må altså opgive andre goder for at begrænse forureningen.

8.2.3. Økonomisk teoris nyttebegreb

Som det fremgår af afs. 8.1, handler den offentlige diskussionen om berettigelsen af GMO i høj grad om samfundsnyttige og -nyttige anvendelser. For eksempel opfattes udvikling af bedre lægemidler som en samfundsnyttig anvendelse, mens forøgelse af effektiviteten i landbruget ikke opfattes som samfundsnyttig. Økonomisk teori giver ikke mulighed for den form for opdeling i nyttigt og unyttigt. I velfærdøkonomisk forstand er alt, hvad der bidrager positivt til samfundsborgernes behovs-/præferencetilfredsstillelse nyttig. Det gælder således også effektivitetsforbedringer i produktionen af varer og tjenester, da det vil give mulighed for en større samlet produktion og dermed større behovstilfredsstillelse.

Velfærdsøkonomien skelner ikke mellem mere eller mindre substantielle behov eller ønsker fra befolkningens side. Det er heller ikke afgørende, om et gode omsættes på et marked, stilles gratis til rådighed af det offentlige, eller det drejer sig om et ikke-markedsomsat miljøgode. I velfærdøkonomisk forstand er det folks præferencer for et gode, der er afgørende for godets samfundsmæssige værdi (2). Ifølge velfærdsøkonomien er forbrugeren/individet selv bedst i stand til at afgøre, hvad der er godt for den pågældende. Velfærdsøkonomien bygger dermed på en forudsætning om, at præferencetilfredsstillelse giver nytte eller velfærd (3). Der er med andre ord tale om en velfærdsdefinition, hvor værdi udspringer af individuelle præferencer for diverse goder – hvad enten der er tale om almindelige markedsgoder, miljøgoder eller andre ikke-markedsomsatte goder.

Præferencer er imidlertid ikke direkte observerbare, men velfærdsøkonomisk teori forudsætter, at folk i deres dagligdag træffer økonomiske valg i overensstemmelse med deres præferencer. Indkomst (og formue) sætter økonomiske grænser for, hvad man kan vælge. Afvejning mellem forskellige goder er derfor et grundvilkår, som alle individer i et eller andet omfang er underlagt. Ved at iagttage hvordan folk vælger mellem forskellige goder, er der principielt mulighed for at måle styrken af præferencerne for de enkelte goder. I praksis måles styrken af præferencerne for et gode ud fra den pris, som folk maksimalt er parate til at betale for godet.

Når et nyt gode introduceres – for eksempel et GM-produkt – ønsker man typisk at opføre den nytteforøgelse, som forbrugerne opnår ved at få adgang til et bedre og/eller billigere produkt. I traditionel økonomi betragter man ikke nytte eller nytteændringer som direkte målbare (4). I stedet estimeres det såkaldte konsumentoverskud. Lad os antage, at en forbruger betaler 100 kr. for en vare, men ville have været villig til at betale maksimalt 110 kr. for varen, frem for at vælge et alternativt produkt. I det tilfælde siger man, at forbrugeren har haft et konsumentoverskud på 10 kr. ved transaktionen. Hvis det antages, at prisen afspejler omkostningerne ved at producere godet, kan den samfundsmæssige gevinst opgøres som summen af forbrugernes konsumentoverskud.

Er der tale om markedsomsatte goder, vil styrken af forbrugernes præferencer alt andet lige kunne iagttages ved at sammenholde ændringer i efterspørgslen med de prisændringer, der har forårsaget dem. Man taler i den forbindelse om estimation af en efterspørgselsfunktion eller -kurve. Drejer det sig om ikke-markedsomsatte goder, er det ikke muligt at observere en efterspørgsel direkte, men er der præferencer for godet, betyder det ifølge teorien, at der eksisterer en latent efterspørgsel (5). Denne latente efterspørgsel vil man med større eller mindre nøjagtighed kunne estimere ved anvendelse af økonomiske værdisætningsmetoder, der benyttes til at måle folks betalingsvilje for ikke-markedsomsatte goder (6).

Den velfærdsøkonomiske tilgang til identifikation af nytteændringer hviler således på en antagelse om at tilfredsstillelse af individers præferencer øger deres tilfredshed, velbefindende eller nytte. Man kan sagtens forestille sig situationer, hvor de fleste vil afvise, at opfyldelse af et individs præferencer er godt for den pågældende. Klassiske eksempler er mennesker med et misbrugsproblem. I miljødebatten kan man møde det synspunkt, at folks (påståede) uvidenhed om afgørende fysisk-biologiske sammenhænge – og dermed hvad der vil skade dem selv og andre i en miljømæssig sammenhæng – betyder, at mennesker med den fornødne indsigt alene bør træffe de miljøpolitiske beslutninger. I GMO-debatten vil der også kunne argumenteres for, at forbrugerne formentlig ikke har tilstrækkelig viden til at afgøre, hvad der er bedst for dem selv og miljøet, og man i stedet burde lade eksperterne råde. På den anden side må man gå ud fra, at en forbruger vil opleve et nyttetab, hvis den pågældende bliver tvunget til at indrette sig efter ekspertvurderinger, som afviger fra forbrugerenes egne præferencer – uanset om ekspertvurderingerne er objektivt rigtige.

8.2.4. Risici versus usikkerhed

Der er ikke til dato konstateret alvorlige negative effekter for miljøet eller menneskers sundhed ifm. dyrkning og anvendelse af GMO-afgrøder. Dette forhold står dog i skarp kontrast til mange forbrugeres skepsis over for GMO og viser

dermed, at befolkningens risikoopfattelse kan afvige fra de "videnskabelige" risikovurderinger. Dette kan skyldes manglende viden om gennemførte kontrol- og sikkerhedsforanstaltninger, men også mistro til de informationer, der gives om de reelle risici forbundet med GMO.

Inden for forskningen er der udviklet forskellige definitioner af risikobegrebet og forskellige teorier om risikoopfattelse og -adfærd. Et væsentligt spørgsmål i denne forbindelse er, hvorfor risiko til tider opfattes forskelligt af henholdsvis befolkningen og eksperterne på området. Individets risikoopfattelse og risikoadfærd er emner, som man både har beskæftiget sig med inden for økonomien og psykologien. I det følgende præsenteres centrale teorier inden for disse områder.

I psykologien anvendes der en lang række elementer til at forklare individets risikoopfattelse og adfærd. Det antages bl.a., at risici opfattes som mere acceptable, hvis de er kendte, kontrollable og har små konsekvenser (7). Eksempler på kendte risici, der optræder som de mindst frygtede, er indtagelse af alkohol og anvendelse af fyrværkeri. Derimod placeres ukendte risici med dødelige konsekvenser som de mest frygtede. Et eksempel herpå er atomkraft.

Risiko i økonomisk forstand defineres som den statistiske sandsynlighed for, at en bestemt hændelse indtræffer multipliceret med de økonomiske konsekvenser af hændelsen (8). Det økonomiske risikobegreb forudsætter således, at der kan opstilles en statistisk sandsynlighedsfordeling over de mulige udfald af beslutningstagerens valg. Bedømmelsen af miljørisici – for eksempel ved udsætning af genmanipulerede organismer eller anvendelse af pesticider – er som regel baseret på eksperimentelle data. Selvom de gældende godkendelsesprocedurer kræver omfattende undersøgelser af mulige risikofaktorer, vil der altid eksistere en vis usikkerhed, som ikke kan kvantificeres. Det skyldes dels, at man af økonomiske grunde normalt ikke har mulighed for at undersøge alle fysiske og biologiske forhold, der kan tænkes at påvirke for eksempel GMO-planter opførelse i naturen; dels at der principielt altid vil være en sandsynlighed for at en genmanipuleret plante kan vise sig at have negative virkninger, som man i dag ikke gør sig nogen forestilling om.

I analyser af risikoadfærd bør man derfor skelne mellem risiko og usikkerhed. Risiko bruges som nævnt om udfald, der kan knyttes statistiske sandsynligheder til, mens usikkerhed betegner situationer, hvor der ikke er erfaringsgrundlag for at vurdere sandsynligheden af forskellige udfald og evt. hvor det samlede udfaldsrum er ukendt.

Den økonomiske teori om individets risikoadfærd har traditionelt bygget på en antagelse om, at folks risikoopfattelse er baseret på en statistisk korrekt forståelse af sandsynligheden for, at en (negativ) hændelse vil indtræffe. Økonomiske modeller, der anvendes i forbindelse med risiko, bygger således på teorien om forventet nytte. Her antages det, at beslutningstageren vælger mellem alternativer med kendte sandsynligheder. Beslutningstageren vælger det alternativ, der – givet de kendte sandsynligheder for fremtidige udfald – maksimerer den forventede nytte (9).

Hvis folk opfatter konsekvenserne af en given teknologi som usikre (dvs. ikke statistisk kvantificerbar), giver den forventede nytteteori ikke en pålidelig beskrivelse af individets risikoadfærd (10). I stedet danner folk subjektive sandsynligheder for de mulige konsekvenser baseret på erfaringer, mediedækning, socioøkonomiske faktorer og troen på myndigheder og institutioner mm. (11). En sådan adfærd kan ses som udtryk for, at videnskabelige skøn over sandsynligheden for ulykker opfattes som ufuldkommen information. Det vil sige, at der i folks bevidsthed er tale om videnskabelig usikkerhed snarere end risiko i statistisk forstand.

Empirisk forskning i risikoopfattelse og risikoadfærd har vist, at folks vurderinger af risikofaktorer kan være vanskelige at forklare ud fra de rationalitets- og konsistensantagelser, som forventet nytteteori forudsætter (12). Der vil ofte være en proportionsforvrænget opfattelse af små sandsynligheder, som enten overvurderes eller undervurderes. Ud fra den forventede nytteteori er det for eksempel vanskeligt at forklare den udbredte modstand mod GMO i fødevarerprodukter, hvor ekspertvurderinger angiver risikoen for skader som meget lille eller helt fraværende. Efterhånden som folk får mere information om og erfaring med et givet fænomen, kan man forvente, at de vil opdatere deres subjektive sandsynligheder, således at de vil nærme sig de "objektive" (13).

En total fjernelse af sandsynligheden for ulykker i forbindelse med genteknologi kun kan opnås ved helt at undlade at anvende og eksperimentere med teknologien. Viscusi (1989) diskuterer i den forbindelse eksistensen af en sikkerhedspræmie. Det vil sige, at nytten forbundet med den sidste enhed risikoreduktion kan være markant større end nytten af den næstsidste enhed risikoreduktion, idet den sidste enhed (dvs. forbud mod en given teknologi) fjerner en eventuel usikkerhed. En sådan fuldstændig fjernelse af usikkerhed kan derfor være at foretrække frem for eksempelvis en 99 % reduktion i risikoen - selvom de marginale omkostninger ved at gå fra 99 % til 100 % risikoreduktion er stærkt stigende. Gennem præference- og værdisætningsundersøgelser kan det i princippet afgøres, om der eksisterer

sikkerhedspræmier i relation til GMO. Vi er dog ikke bekendt med undersøgelser, som giver mulighed for skøn over størrelsesordenen af en evt. sikkerhedspræmie i relation til GMO.

8.2.5. Private goder kontra offentlige goder

De forventede eller frygtede skadevirkninger af GMO-anvendelse omfatter primært negative sundhedseffekter, skader på naturen i form ændringer i biodiversiteten og reduceret dyrevelfærd. Der er tale om forskellige godekategorier i økonomisk forstand – nærmere betegnet goder med hhv. privatgodeattributter og offentliggodeattributter.

Definitionen på et privat gode er en vare eller ydelse, som andre end ejeren kan udelukkes fra at bruge, og hvor der er rivalitet i forbruget (dvs. at den enes forbrug udelukker andre fra at drage nytte af godet). Fødevarer, frisørydelser og hospitalsbehandling er eksempler på private goder. På grund af muligheden for udelukkelse af andre end ejeren fra at anvende private goder kan disse omsættes på et marked. At hospitalsbehandling overvejende leveres som gratis offentlig ydelse ændrer ikke ved dets privatgodekarakter. Der eksisterer både udelukkelsesmulighed og rivalitet i forbruget.

Definitionen på et rent offentligt gode er en ydelse, som ingen kan udelukkes fra at benytte, og hvor der ikke er rivalitet i forbruget. Dvs. at den enes nytte af godet ikke reducerer andres nytte af det samme gode. For eksempel må den luft, vi indånder, og naturens mangfoldighed betegnes som rene offentlige goder. Det samme gælder dyrevelfærd og opfyldelse af andre etiske opfattelser af, hvordan mennesker, dyr og naturen bør behandles. Rene offentlige goder kan ikke gøres markedsomsættelige, da det er umuligt at udelukke ikke-betalende fra at opnå nytte af deres tilstedeværelse. Det udelukker dog ikke frivillige donationer til frembringelse af offentlige goder af forskellig art, herunder miljøbevarelse.

Endvidere findes der en række private goder på markedet med offentliggodeattributter, som en del forbrugere er parate til at betale en merpris for. Det drejer sig ikke mindst om fødevarer, hvor en del produkter har både privatgode- og offentliggodeattributter. Privatgodeattributter, der alene har betydning for forbrugeren af produktet, omfatter ernæringsmæssige karakteristika, smag, udseende og helbredsrisici ifm. sygdomsfremkaldende bakterier, medicinrester – og efter nogle forbrugeres opfattelse GMO. Derudover vil en del forbrugere overveje etiske og miljømæssige konsekvenser ved fremstillingen af varen, herunder dyrevelfærd, forskellige miljøeffekter og evt. GMO-anvendelses betydning for biodiversiteten. Disse aspekter kan betegnes som offentliggodekarakteristika, idet alle, der sætter pris på for eksempel dyrevelfærd, får glæde af, at en øget del af fødevarereproduktionen finder sted under større hensyntagen til dyrevelfærd. Det gælder uanset, om de pågældende selv bidrager til produktionsomlægningen gennem køb af fødevarer, der er produceret under særlig hensyntagen til dyrevelfærd, og dermed koster mere end fødevarer uden denne attribut.

Økonomisk teori antager, at den nyttemaksimerende forbruger alene vil sammenligne et godes privatgodekarakteristika med godets pris. Det skyldes, at den enkeltes bidrag til større dyrevelfærd og mindre forurening spiller en forsvindende lille rolle i forhold til den samlede fødevarereproduktion. Fristelsen til at optræde som gratist eller *free rider* er derfor stor. Markedsudviklingen viser dog, at en hel del forbrugere er parate til at betale en merpris for fødevarers offentliggodekarakteristika. Viljen til at betale en merpris for skrabeæg kan således betragtes som et frivilligt bidrag til bedre dyrevelfærd, mens merprisen for økologiske fødevarer kan afspejle både privatgodeattributter (smag og sundhed) og offentliggodeattributter (dyrevelfærd og miljø). Det samme gælder for GMO-fødevarer, hvor en afvisning kan bero på både private hensyn i form af opfattet sundhedsrisiko og offentlige hensyn i form af frygt for negative miljøeffekter m.m.

8.2.6. Forbrugerpræferencer og betalingsvilje i relation til GMO

Uanset om der objektivt set er risici forbundet med GMO, så viser en række internationale studier at en del forbrugere har en positiv betalingsvillighed for at undgå GM-produkter. Det er muligt at identificere fire grupper af potentielle forbrugere af GM-produkter. Den første gruppe er de GMO-positive, der fokuserer på fordelene ved GMO-produkter. Den anden gruppe er de prisbevidste, som er villige til at købe GM-produkter, hvis det medfører en reduktion i prisen. Den tredje gruppe er de GMO-kritiske, som aldrig vil være villige til at købe GM-produkter uanset lavere priser og andre fordele. Den sidste gruppe er de usikre, som ikke ved, hvor de står i forhold til GMO-spørgsmålet (14).

En metaanalyse på en række internationale forbrugerundersøgelser viser en klar betalingsvillighed for ikke-GM-produkter (15). En værdisætningsundersøgelse fra Storbritannien viser, at her er forbrugerne i gennemsnit villige til at

betale 16,5 % mere for deres ugentlige indkøb for at undgå GM-produkter. Ligeledes skulle de ugentlige indkøb falde med 21,8 % i pris for at de britiske forbrugere var villige til at købe GM-produkter (16).

8.2.7. Danske forbrugeres betalingsvilje i relation til GMO

Danske forbrugeres præferencer og betalingsvilje i relation til GMO er (også) undersøgt af Gylling *et al.* (2005). Studiet anvendte økonomiske værdisætningsteknikker til at undersøge forbrugernes præferencer for økologiske fødevarer, GMO-fødevarer og lokalt producerede fødevarer. De undersøgte produkter var cornflakes og tomater. Undersøgelsen blev udført som valghandlingeksperimenter, hvor respondenterne blev stillet overfor en række valgsæt. Hvert valgsæt omfattede en række godeattributter til beskrivelse af fødevareren, der skulle vurderes. For cornflakes blev attributterne defineret som pris, produktionsmetode og produktfunktionalitet. For tomater blev attributterne defineret som pris, produktionsmetode og oprindelsessted. Produktionsmetodeattributten blev defineret som konventionel, GMO, økologisk, økologisk med sundhedsmæssige fordele og GMO med miljømæssige fordele. Derudover blev respondenterne bedt om at besvare en række socio-demografiske spørgsmål såsom indkomst, alder og køn, samt generelle præferencer omkring fødevarer.

Betalingsviljen blev estimeret som et kompensationskrav i form af lavere pris for at acceptere en GM-fødevarer. Kompensationskravet for cornflakes med en forudsat sundhedsmæssig fordel blev estimeret til 4,37 kr./kg, mens kompensationskravet for cornflakes med en forudsat miljømæssig fordel var 10,51 kr./kg. Dvs. at respondenterne var mere villige til at acceptere GM-fødevarer med en sundhedsmæssig fordel end med en miljømæssig fordel. Kompensationskravet i studiet ligger dermed mellem 12 % og 30 % af prisen for den konventionelle fødevarer.

For GM-tomater med en miljømæssig fordel var kompensationskravet 15,26 kr./kg og tilsvarende 10,46 kr./kg for GM-tomater med sundhedsmæssig fordel. Kompensationskravet for GM-tomater udgjorde mellem 38 % og 42 % af prisen for konventionelt dyrkede tomater, hvilket er noget højere end kompensationskravet for cornflakes.

Forskellene på kompensationskrav er i overensstemmelse med resultaterne fra andre internationale undersøgelser, som også viser mindre kompensationskrav, når der er tale om sundhedsmæssige fordele (17).

Umiddelbart virker det paradoksalt, at respondenter kræver lavere pris for at acceptere produkter, der angiveligt skulle have hhv. en positiv privatgodeattribut (sundhed) og en positiv offentliggodeattribut (miljøfordel). Resultatet må ses som udtryk for, at en stor del af respondenterne enten ikke accepterer gyldigheden af de oplyste fordele eller vurderer, at der er risici, som overskygger disse fordele. At det tilsyneladende forholder sig sådan, bekræftes af forbrugerudsagn vist i figur 8.2.3 i følgende afsnit.

Undersøgelsen viste også, at danske forbrugere kræver en højere kompensation for friske end for forarbejdede GM-fødevarer. Også det stemmer godt overens med internationale studier, hvor produktets art har vist sig at have en signifikant effekt på kompensationskravet. Kompensationskravet for GM-planteolie er eksempelvis lavere end kompensationskravet for GM-kød (op. cit.).

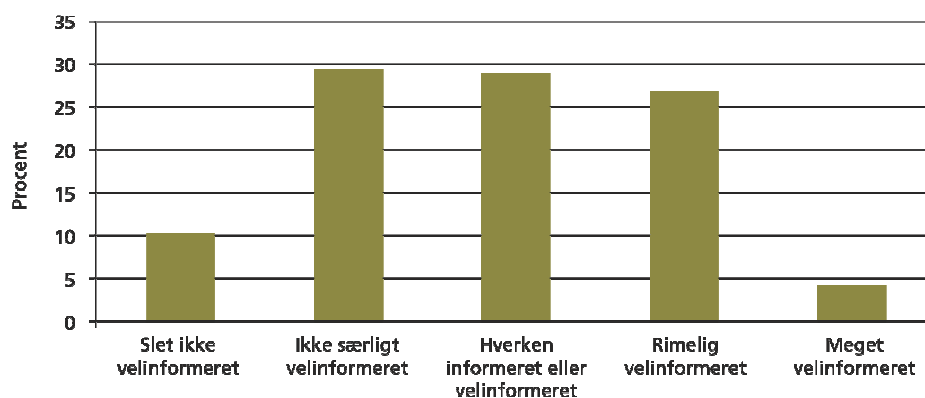
Undersøgelserne viser, at GM-fødevarer ikke er perfekte substitutter for konventionelt dyrkede fødevarer, men generelt vurderes som mindre attraktive af forbrugerne.

8.2.8. Forbrugeres vidensniveau og holdninger

Når forbrugere skal opgive deres betalingsvilje eller kompensationskrav, er risici, fordele (eksempelvis miljømæssige og sundhedsmæssige), tiltro til myndighederne og viden omkring GMO vigtige faktorer (18), og der har i GMO-debatten ofte været fremsat hypoteser om, at et højere vidensniveau vil føre til en større grad af accept.

Figur 8.2.1 viser, at ca. 40 % af de danske respondenter i Gylling *et al.* (op. cit.) følte sig 'slet ikke velinformeret' eller 'ikke særligt velinformeret', mens godt 30 % følte sig 'rimeligt velinformeret' eller 'meget velinformeret'. Selvom informationsniveauet ikke virker højt, så var Danmark det land i studiet, hvor forbrugerne følte sig bedst informerede omkring GMO. En undersøgelse fra Forbrugerrådet (2006) viste dog, at 8 ud af 10 danskere ikke ved, hvad GMO betyder.

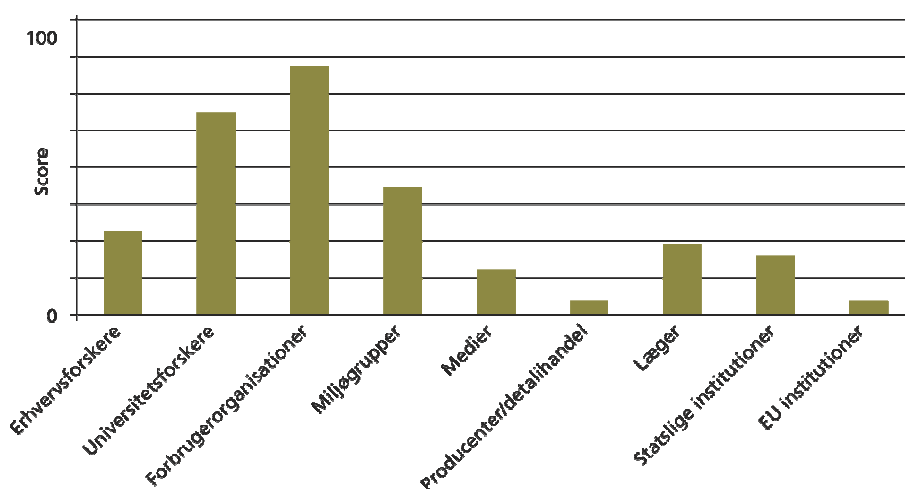
Figur 8.2.1. Danske forbrugeres viden om GMO.



Kilde: Gylling et al. (2005)

Det er også relevant at overveje, fra hvilke institutioner forbrugerne forventer at få den højeste grad af uafhængig viden om GMO. Figur 8.2.2 viser, at danske forbrugere tillægger forbrugerorganisationer og derefter universitetsforskere den højeste vægt, når de skal tilegne sig viden om GM-fødevarer. Herefter følger NGO'er såsom miljøgrupper og efter dem erhvervsforskere. I modsætning til i Storbritannien, Spanien og Polen havde danskerne ikke stor tiltro til statslige institutioner og EU-institutioner (19). Det må betragtes som et væsentligt problem i forbindelse med forbrugernes risikovurdering, da det netop er statslige og EU-institutioner, der har ansvaret for den videnskabelige risikovurdering.

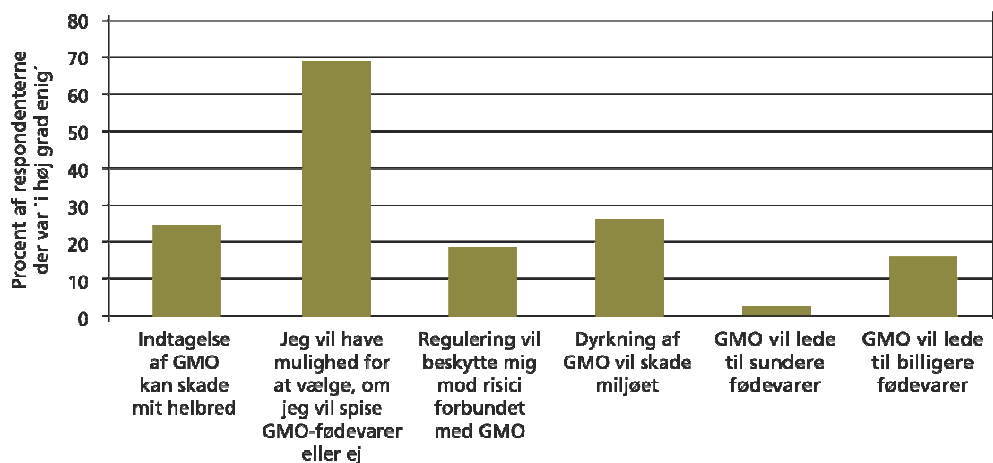
Figur 8.2.2. Danske forbrugeres tillid til informationskilder om GMO.



Kilde: Gylling et al. (2005)

Danske forbrugeres holdninger til GMO blev undersøgt gennem spørgsmål om graden af enighed i forskellige udsagn vedrørende miljø- og sundhedseffekter. Resultaterne ses i figur 8.2.3. Den højeste grad af enighed var i relation til udsagnet 'Jeg vil have mulighed for at vælge, om jeg vil spise GM-fødevarer eller ej'. Her var 70 % af respondenterne i høj grad enige. Dette viser, at en mærkningsordning er af stor vigtighed for danske forbrugere. Her er det værd at bemærke, at over halvdelen af den danske befolkning ikke er klar over, at der allerede eksisterer en sådan ordning. Under 20 % af respondenterne var enige i, at regulering vil beskytte dem mod risici forbundet med GMO. Omkring en fjerdedel af respondenterne mente, at GMO kunne skade deres helbred og miljøet. Kun få respondenter var meget enige i udsagnene om at GMO vil lede til billigere og sundere fødevarer. Så selvom danske forbrugere i højere grad er villige til at acceptere GM-produkter, hvis der er en ernæringsmæssig fordel forbundet med dem, er der ringe tiltro til, at denne fordel reelt eksisterer.

Figur 8.2.3. Danske forbrugeres opfattelse af risici af fordele ved GMO.



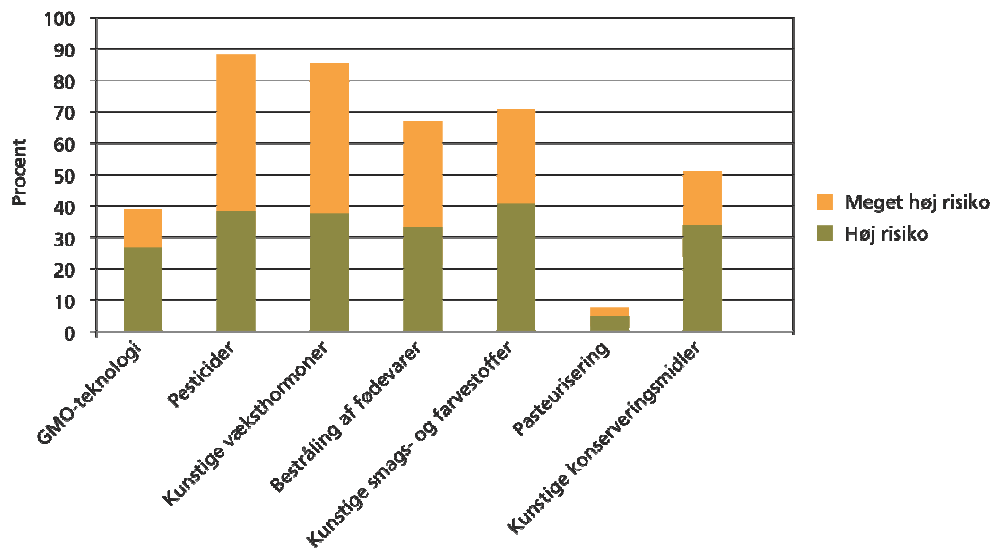
Kilde: Gylling et al. (2005)

I figur 8.2.4 ses en forbrugerrangordning af risikoen ved GMO-teknologi i forhold til andre allerede anvendte teknologier. Knap 40 % af respondenterne betegner risiciene ved GMO-produkter som 'høj' eller 'meget høj'. Men det er væsentligt lavere end risikouddømminger for både pesticider, kunstige væksthormoner, bestråling af fødevarer samt kunstige smagsstoffer, farve og konserveringsmidler. Det er især bemærkelsesværdigt, at op mod 90 % af respondenterne betegner risikoen ved pesticider som 'meget høj' eller 'høj'. Pesticider anvendes i hovedparten af planteproduktionen, og kun 5-6 % af fødevarerforbruget er økologisk. Også kunstige smagsstoffer, farve og konserveringsmidler anvendes i hovedparten af de fødevarer, danske forbrugere efterspørger.

Økologiske fødevarer er dyrere end konventionelle. Fastholder man antagelsen om rationel forbrugeradfærd, må det forhold, at langt hovedparten af forbrugerne efterspørger konventionelle fødevarer, tilskrives disse produkters lavere pris.

På den baggrund er det interessant, at GMO opfattes som (langt) mindre risikofyldt, end det de fleste forbrugere i forvejen udsætter sig for. Det indikerer, at kompensationskravet i form af en lavere pris GMO-produkter ville være væsentligt mindre end prisforskellene på økologiske og konventionelle fødevarer.

Figur 8.2.4. Danske forbrugeres opfattelse af risici ved hhv. GMO og div. Kemikalier.



Kilde: Gylling et al. (2005)

8.2.9. Socio-demografiske faktorer

Generelt viser det sig, at præferencer og holdninger til GMO afhænger af socio-demografiske faktorer (20). Den laveste og den højeste indkomstgruppe er dem, der kræver den laveste kompensation for GM-produkter. Derudover viser det sig, at kompensationskravet stiger med alderen. Aldersgruppen 18-25 år har ligefrem en positiv betalingsvilje for cornflakes, både for produktet med sundhedsmæssige og miljømæssige fordele. Desuden ses der en forskel mellem mænds og kvinders kompensationskrav. Mænd har det et højere kompensationskrav end kvinder, når det drejer sig om GM-produkter med sundhedsmæssige effekter, hvorimod kvinder har det højeste kompensationskrav, når det drejer sig om miljømæssige fordele. Uddannelsesniveau viser derimod ingen signifikant effekt på betalingsviljen. Heller ikke om respondenter har børn betyder noget for betalingsviljen (21).

8.2.10. Betydning af mærkningsordningen

For at sikre at forbrugernes mulighed for at sammensætte fødevarerforbruget i overensstemmelse med individuelle præferencer er der fra EU's side fastsat en mærkningsordning af genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer.

Mærkningsordningen omfatter:

- GM-produkter til fødevarerbrug
- Fødevarer, der indeholder eller består af GM-produkter
- Fødevarer, der er fremstillet af eller indeholder ingredienser, der er fremstillet af GM-produkter (22) (Europa-parlamentet og Rådet, 2003).

En klar forudsætning for denne mærkningsordning er, at oplysninger om GM-indhold bliver videregivet gennem alle led i fødevarerekæden. For at blive godkendt til markedsføring i EU kræves det at den genmodificerede fødevarer ikke må:

- Have negative virkninger på menneskers eller dyrs sundhed eller på miljøet
- Vildlede forbrugeren
- Være ernæringsmæssigt ufordelagtig i forhold til den tilsvarende konventionelle fødevarer.

GM-fødevarer, som det er tilladt at markedsføre i EU, er altså af eksperter vurderet til ikke at være forbundet med nogen sundhedsmæssig risiko i forhold til konventionelle fødevarer. Derfor er den synlige mærkningsordning ment som en information om varens oprindelse og ikke en advarsel.

En generel mærkningsordning vil være forbundet med omkostninger til kontrol, adskillelse fra konventionelt dyrkede produkter og administration. Disse øgede omkostninger vil skulle betales af producenten og dermed i sidste ende af forbrugeren af det mærkede produkt.

Fødevarer, der er fremstillet ved indirekte anvendelse af GMO, skal ikke mærkes. Dette inkluderer de tilfælde, hvor det genmodificerede produkt har været igennem en ikke GM-organisme. Dermed er kød, mælk og æg fra dyr fodret med GMO-foder ikke omfattet af mærkningsordningen. Det er dog fortsat et krav, at disse foderstoffer ikke må have negative følger for menneskers eller dyrs sundhed eller for miljøet eller på anden måde skade eller vildlede brugeren. Mærkningsordningen omfatter heller ikke fødevarer, hvis indhold af GMO ikke overstiger 0,9 %.

En undersøgelse fra forbrugerrådet viser, at næsten halvdelen af den danske befolkning tror, at produkter fra dyr fodret med GM-foder skal mærkes. Ydermere mener 8 ud af 10, at det bør mærkes. I dag er en stor del af de danskproducerede produkter fra dyr produceret med GMO-foder. Det viser sig, at 7 ud af 10 forbrugere ikke er klar over dette. Et svensk studie viser, at svenske forbrugere er villige til at betale for enten at få et forbud mod anvendelse af GMO i foder eller en mærkningsordning for animalske produkter, hvor GMO-foder er anvendt. Ifølge studiet er der ikke en signifikant forskel i betalingsviljen for et forbud og en mærkningsordning inden for foderområdet (23).

Mærkningsordningen trådte i kraft i 2004 i hele EU, men GM-produkterne har endnu ikke fundet vej til det danske marked. I en række andre EU-lande kan GM-fødevarer købes i dagligvarebutikker. Her har det vist sig, at forbrugerne ikke aktivt undgår GM-produkter. Denne adfærd er i modstrid med de bekymringer, som respondenter har givet udtryk for i spørgeundersøgelser vedr. forbrugernes holdninger til GM-fødevarer. Dvs. at der kan iagttages betydelig forskel på de svar, der fås i et spørgeskema og forbrugernes faktiske adfærd i relation til GMO. Selvom de fleste forbrugere kræver en mærkningsordning, er det tilsyneladende de færreste der forholder sig til mærket i indkøbssituationen. En samlet EU-undersøgelse viste, at en tredjedel af forbrugerne havde misforstået mærket, samt at en anden tredjedel ikke var i stand til at forklare, om de havde købt GMO eller ej (24).

8.2.11. Konklusion

Generelt er danskere den nationalitet i EU, der føler sig bedst informerede mht. GM-fødevarer. Samtidigt er det den gruppe forbrugere, som forbinder de laveste risici med GMO-teknologi. Ifølge en holdningsundersøgelse opfattes GMO som væsentligt mindre risikofyldt end pesticider og div. almindeligt forekommende tilsætningsstoffer i fødevarer. Det tyder på, at danske forbrugere ikke vil være særligt negative over for en introduktion af GM-fødevarer.

Danske forbrugere giver dog samtidig udtryk for en meget ringe tiltro til, at offentlige myndigheder vil være i stand til at sikre, at GM-organismer ikke fører til skadevirkninger på miljøet og den menneskelige sundhed. Op mod 70 % af de danske forbrugere ønsker at kunne vælge mellem GM- og ikke-produkter. Dvs. at der stilles krav om mærkning. Erfaringer fra EU-lande, hvor GM-produkter er på markedet, tyder ikke på, at forbrugerne her i praksis går særlig meget op i at kunne skelne mellem GM- og ikke-GM-produkter. Reelt er det næppe muligt at få et sikkert indtryk af danske forbrugeres adfærd i relation til GM-produkter, før de evt. bliver introduceret på det danske fødevaremarked i større omfang.

Skepsis over for GMO kan dog bero på både private hensyn i form af opfattet sundhedsrisiko og offentlige hensyn i form af frygt for negative miljøeffekter m.m. Med den skepsis, som danske forbrugere giver udtryk for mht. mulige skadevirkninger på såvel miljøet som den menneskelige sundhed, kan man ikke gå ud fra, at GMO-afgrøder kan indføres i Danmark i større omfang uden et vist velfærdstab i form af opfattede risici. De foreliggende opgørelser må dog betragtes som for usikre til, at man kan kvantificere den samlede effekt i økonomiske størrelser. Erfaringer fra andre lande tyder på, at de opfattede risici vil aftage med tiden – forudsat der ikke viser sig væsentlige skadevirkninger som følge af GM-afgrøder. Der eksisterer dog ikke et empirisk grundlag for at vurdere, om eller i hvilket omfang en sådan accept evt. vil finde sted.

Kildehenvisninger afsnit 8.2.

1. Freeman, Myrick A. (1993): *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*, Resources for the Future, Washington, DC
2. Freeman, Myrick A. (op. cit.)
3. Sen, Amartya (1987): *On Ethics and Economics*, Basil Blackwell, Oxford
4. Freeman, Myrick A. (op. cit.)
5. Hanemann, W.M. (1995): *Contingent Valuation and Economics*, i K.G. Willis & J.T. Corkindale (Ed.): *Environmental Valuation. New Perspectives*, CAB International, Wallingford, UK.
6. Se fx. Dubgaard, A. & Ladenburg, J.: *Værdisætning af miljøgoder*, i K. Halsnæs, P. Andersen & A. Larsen (red.): *Miljøvurdering på økonomisk vis*, Jurist- og Økonomforbundets Forlag, København, 2007. [327-354]
7. Slovic, Paul (1999): *Trust, emotion, sex, politics and science: Surveying the risk-assessment battlefield*, *Journal of Environmental Health* 19, 689-701
- Cutter, Susan L. (1993): *Living with Risk*, Edward Arnold, London
- Rohrmann, Bernd (1995): *Effective risk communication for fire preparedness: A conceptual framework*, *Australian Journal of Emergency Management* 10(3): 42-45
8. Freeman, Myrick A. (op. cit.)
9. Freeman, Myrick A. (op. cit.)
10. Viscusi, W.K. (1989): *Prospective reference theory: Toward an explanation of the paradoxes*. *Journal of Risk and Uncertainty* 2, 235-264
11. Flynn, James; Slovic, Paul & Mertz, C. K. (1994): *Gender, Race, and Perception of Environmental Health Risks*, *Risk Analysis* 14(6): 1101-1108, p. 1106
- Sjöberg, Lennart (1999): *Consequences of perceived risk: Demand for mitigation*, *Journal of Risk Research* 2(2): 129-149, p. 5
- Slovic, Paul (op. cit.), p. 689 ff.
12. Kahneman, Daniel & Tversky, Amos, (1979): *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*, *Econometrica* 47(2): 263-291
- Cutter, Susan L. (op. cit.), p.12
- Flynn, James; Slovic, Paul & Mertz, C. K. (op. cit.), p.1101
- Slovic, Paul (op. cit.), p. 689
13. Viscusi, W.K. (op. cit.)
14. Moon, Wanki; Rimal, Arbindra & Balasubramanian, Siva K. (2007): *UK Consumers' Willingness-to-Accept (WTA) GM Food*, 2007 Annual Meeting, February 4-7, 2007, Mobile, Alabama 34973, Southern Agricultural Economics Association

15. Lusk, Jayson L.; Jamal, Mustafa; Kurlander, Lauren; Roucan, Maud & Taulman, Lesley (2005): A Meta-Analysis of Genetically Modified Food Valuation Studies, *Journal of Agricultural and Resource Economics* 30(1): 28-44
16. Gylling, M.; Gabriel, A.; Menrad, K.; Costa-Font, M.; Gil, J. M.; Jones, P. J.; Traill, W. B.; Tranter, R. B.; Sajdakowska, M. & Żakowska-Biemans, M. S. (2005): Final report on consumers' propensity to pay a premium for non-GM products, Project number: 007158, Sixth Framework Programme
17. Lusk, Jayson L.; Jamal, Mustafa; Kurlander, Lauren; Roucan, Maud & Taulman, Lesley (op. cit.)
18. Moon, Wanki; Rimal, Arbindra & Balasubramanian, Siva K. (op. cit.)
19. Gylling, M.; Gabriel, A.; Menrad, K.; Costa-Font, M.; Gil, J. M.; Jones, P. J.; Traill, W. B.; Tranter, R. B.; Sajdakowska, M. & Żakowska-Biemans, M. S. (op. cit.)
20. Gylling, M.; Gabriel, A.; Menrad, K.; Costa-Font, M.; Gil, J. M.; Jones, P. J.; Traill, W. B.; Tranter, R. B.; Sajdakowska, M. & Żakowska-Biemans, M. S. (op. cit.)
21. Gylling, M.; Gabriel, A.; Menrad, K.; Costa-Font, M.; Gil, J. M.; Jones, P. J.; Traill, W. B.; Tranter, R. B.; Sajdakowska, M. & Żakowska-Biemans, M. S. (op. cit.)
22. Europa-parlamentet og Rådet (2003): Forordning (EF) nr. 1830/2003 af 22. september 2003
23. Carlsson, Fredrik, Frykblom, Peter & Lagerkvist, Carl Johan (2007): Consumer Benefits of Labels and Bans on GM Foods - Choice Experiments with Swedish Consumers. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(1): 152-161
24. EU kommissionen (2008): DO EUROPEAN CONSUMERS BUY GM FOODS?, Project no. 518435, Sixth Framework Programme

8.3. Ovevejelser om nytteværdi i forbindelse med godkendelsesprocedurerne

8.3.1. Værdigrundlaget i den eksisterende godkendelsesprocedure

Det overordnede formål med reguleringen af genetisk modificerede afgrøder er at sikre, at udsætning af dem ikke fører til uønskede virkninger på menneskers sundhed eller på miljøet.

Som følge heraf gælder det, at genetisk modificerede afgrøder kun må udsættes eller markedsføres efter godkendelse. Godkendelsen baseres på en risikovurdering. Groft sagt skal en genetisk modificeret afgrøde godkendes, hvis risikovurderingen viser, at risikoen for uønskede virkninger på menneskers eller dyrs sundhed eller på miljøet er acceptabelt lille. Hvis risikoen er for stor, skal der enten iværksættes sikkerhedsforanstaltninger til at imødegå den, eller afgrøden skal slet ikke godkendes.

Der er ikke formuleret eksplicite godkendelseskriterier. Det synes dog klart, at der ikke må konstateres sundhedsskadelige virkninger. Genspredning betragtes ikke i sig selv som et problem, om end den gerne ses at være begrænset i afstand. Hvis genspredningen må antages at have økologiske konsekvenser, der kan forrykke den økologiske balance, betragtes det som uacceptabelt, f.eks. at en genetisk modificeret afgrøde kan etablere sig uden for markerne, eller at gener for resistens mod sprøjtemidler overføres til ukrudtsarter.

Godkendelsesproceduren er altså udelukkende baseret på risikovurderingen. Ingen andre overvejelser synes at tælle. Det betyder, at der ikke skal tages stilling til den genetiske afgrødes nytteværdi. Bag disse bestemmelser kan man øjne en liberal opfattelse af lovgivningens rolle, ifølge hvilken det ikke er lovgivningsmagtens rolle at blande sig i det frie teknologi- og forbrugsvalg. Så længe brugen af en genetisk modificeret afgrøde ikke direkte skader andre mennesker eller miljøet, så skal det være op til den enkelte at afgøre, om han faktisk vil bruge den eller ikke. Lovgivningen skal ikke blande sig i dette valg. Individens (og virksomhedens) handlefrihed kan generelt kun begrænses af lovene, hvis der er videnskabeligt belæg for, at specifikke handlinger kan medføre skader på andre (herunder altså skade på miljøet). Af denne grund er risikovurderingen så central for godkendelsesproceduren. Om genetiske afgrøder repræsenterer en nytteværdi, bliver i sidste ende afgjort af, om der er et marked for dem.

Godkendelsesproceduren skal respektere etiske principper, der er "anerkendte" i et EU-medlemsland, og åbner derudover mulighed for at indhente og inddrage udtalelser fra etiske komiteer om generelle etiske aspekter ved bioteknologi, men det er noget, der skal ske efter den almindelige procedure. Etske overvejelser er her tilsyneladende defineret som noget, der ikke har med risici at gøre. Det er svært at forestille sig, at en generel etisk bekymring skulle kunne føre til, at en specifik afgrøde ikke godkendes, hvis risikovurderingen ikke peger på problemer.

8.3.2. Forholdet mellem befolkningens bekymringer og de eksisterende godkendelsesprocedurer

Specielt tre typer bekymring bliver ikke taget direkte op af de eksisterende godkendelsesprocedurer. For det første er der som anført skepsis mht. om genetisk modificerede fødevarer repræsenterer substantiel samfundsmæssig nytte ud over dette, at de efterspørges af landmænd eller andre. Men godkendelsesproceduren koncentrerer sig udelukkende om risici og tager ikke stilling til eventuel nytteværdi. Den overlades det til markedet at vurdere.

For det andet er der en moralsk skepsis over for genetisk modificerede afgrøder. Det er imidlertid ikke ganske klart, hvorledes denne skepsis nærmere skal forstås. De danske fokusgruppeinterviews tyder på, at den spænder over skepsis mht. "naturligheden" af genetisk modificerede afgrøder, som både kan være religiøst motiveret eller motiveret af en holdning af respekt for naturen. Endelig kan der være tale om skepsis mht. om der er overblik over de langsigtede konsekvenser.

For det tredje er der skepsis med hensyn til, om det frie valg trues af en magtkoncentration i GMO-industrien. Der er generel skepsis over den stigende intensivering i landbruget, som også indebærer færre og større bedrifter. Der er derudover yderligere skepsis ved udsigten til, at multinationale virksomheder kommer til at kontrollere frømarkedet. Men godkendelsesproceduren inddrager ikke en vurdering af markedsforholdene. Det må antages at være reguleret gennem anden lovgivning, f.eks. monopollvgivningen.

8.3.3. Klargøring af hvad der menes med at inddrage nytteovervejelser og andre etiske overvejelser i godkendelsesprocedurerne

Motivet for at inddrage nytteovervejelser i godkendelsesprocedurerne kunne stamme fra den observation, at befolkningens accept af genetisk modificerede produkter er betinget af, at de opleves at repræsentere en substantiel samfundsmæssig nytte. Hermed underforstås et kvalitativt gradueret nyttebegreb, der skelner mellem nytte, blot forstået som efterspørgsel på et marked, og mere substantiel nytte, f.eks. afhjælpning af sygdom, sultproblemer i den 3. verden og fordele for miljøet.

Tilsvarende kunne motivet for at inddrage andre etiske overvejelser i godkendelsesprocedurerne være baseret på den observation, at etiske bekymringer for befolkningen fungerer som en art veto for accept. Moralske bekymringer kan imidlertid som anført dreje sig om flere forskellige forhold, og der er så vidt vides ikke gjort seriøse forsøg på at operationalisere hensyntagen til sådanne bekymringer.

Der kan skelnes mellem to modeller for at inddrage overvejelser over mere substantiel nytte i godkendelsesprocedurerne. Den ene model lægger op til, at godkendelsen må baseres på en samlet vurdering af det pågældende genetisk modificerede produkt mht. forventet nytte og risici. Det indebærer, at der sker en afvejning af risici i forhold til forventet nytte, hvilket igen alt andet lige må indebære, at jo større den forventede nytte er, jo større risiko kan accepteres. Den anden model fjerner yderligere restriktioner til godkendelsesproceduren. Ud over at det pågældende genetisk modificerede produkt skal repræsentere samme lave, acceptable risikoniveau som nu, skal det yderligere leve op til krav om at repræsentere passende substantiel nytteværdi.

De samme to modeller kunne også anvendes i en eventuel inddragelse af andre etiske overvejelser i godkendelsesproceduren. I den første indgår etiske overvejelser i den samlede vurdering. I den anden er det en yderligere restriktion, at der er fravær af relevante etisk problematiske egenskaber.

8.3.4. Diskussion

Begge modeller vil repræsentere et betydeligt opgør med traditionen for frit forbrugs- og teknologivalg, idet myndighederne kommer til at påtage sig en rolle som moralsk dommer i forhold til hvilke teknologier, der kan markedsføres.

Normalt anses adfærdsregulerende incitamenter, f.eks. i form af afgifter, for acceptabelt. At forbyde markedsføring af produkter ud fra en central vurdering af, hvad der er godt for folk eller moralsk uacceptabelt, forekommer at være meget radikalt. Det er svært at pege på sammenlignelige fortilfælde herfor⁵. Det blev en politisk beslutning at sige nej til atomkraft i Danmark, men det var et teknologivalg, som måske netop ikke havde privat karakter.

⁵ En undtagelse er regulering af medicin, hvor der kræves dokumentation for en gunstig virkning, som står i forhold til de mulige bivirkninger.

Den første model lægger op til, at vurderingen af det acceptable risikoniveau sættes i relation til den forventede nytte. Imidlertid synes ingen at have gjort sig til talsmænd for et ønske om større risikovillighed på GM-området i de tilfælde, hvor der er stor forventet nytte.

Den anden model kan siges at være indrettet på, at der kun godkendes genetisk modificerede produkter, der vil have opbakning i befolkningen. Imidlertid er den samtidig udtryk for en mistillid til markedet, som ikke gøres gældende på andre områder. Det kan tænkes, at begge disse modeller strider mod EU's regler om det åbne marked.

Det er endvidere svært at operationalisere hensyntagen til etiske bekymringer, ikke mindst fordi der kan være uenighed om de relevante etiske vurderinger. Hvad den ene f.eks. opfatter som et uacceptabelt indgreb i naturens skaberværk, opfatter den anden som en helt uproblematisk teknologi, som det vil være uacceptabelt at sætte religiøst motiverede grænser for. Det er vanskeligt at se, hvorledes man kan tage hensyn til begge etiske holdninger på en gang.

Det frie valg forbundet med den nuværende regulering gør moralske vurderinger til en privat sag, således at det står enhver frit for af moralske grunde at undlade forbrug af genetisk modificerede produkter, blot man respekterer, at andre kan have en anden holdning. Hermed kan man sige, at der tages hensyn til begge typer holdninger.

Det kan nævnes, at Norge i sin godkendelsesprocedure stiller krav om, at såvel nytte som etiske bekymringer skal indtages i godkendelsesproceduren. Norge har imidlertid samtidig tilkendegivet, at man vil leve op til EU's regler. Det er derfor uklart, hvad den norske ordning kan få af reelt indhold.

8.4. Den etiske debat – Fremadrettede initiativer

8.4.1. Oversigt over den hidtidige offentlige debat med særligt fokus på offentligt støttede initiativer

Den offentlige støtte til initiativer, som igangsætter eller finansierer offentlig debat omkring bioteknologi, afspejler i høj grad nationale politiske kulturer og de nationale (økonomiske) interesser i bioteknologien. Som følge heraf har der også været betydelige nationale forskelle i intensiteten og karakteren af støtten til de debatskabende initiativer.

Selvom der i årene efter den første, succesfulde fremstilling af rDNA i 1972 var nogen international debat af de nye teknologier, var der ikke tale om væsentlig offentlig støtte, der kunne stimulere en egentlig offentlig debat. I Danmark som internationalt forblev debatten i denne periode overvejende en debat inden for en forholdsvis snæver kreds af forskere, politikere og andre fra samfundets elite.

Dette billede skiftede imidlertid i kølvandet på den offentlige bekymring og debat, der opstod efter lanceringen af de første industrielle anvendelser og fremstillingen af de første genetisk modificerede planter i løbet af 1980'erne. I første omgang blev debataktiviteter i en række lande, men langt fra alle, institutionaliseret i form af teknologivurderingsorganer, som OTA i USA, NOTA i Holland og Teknologinævnet (senere Teknologirådet) i Danmark. Disse institutioner iværksatte forskellige typer aktiviteter med henblik på at fremme den offentlige bioteknologidebat. I dansk sammenhæng er de såkaldte konsensuskonferencer mest omtalt, hvoraf den første af en lang række, rettet mod forskellige former for bioteknologi, afholdtes i 1986. Konsensuskonferencer er siden blevet videreudviklet og kopieret i en række lande verden over. I modsætning til traditionelle debataktiviteter lod den danskudviklede konsensuskonference lægrepræsentanter være med til at sætte dagsordenen for debatten af de nye bioteknologier. Parallelt hermed blev der, i Danmark såvel som i andre lande, gennemført offentlige høringer og debatmøder. I Danmark skal især slutningen af 1980'erne fremhæves, hvor der med støtte fra bl.a. de Bioteknologiske Forsknings- og Udviklingsprogrammer blev gennemført en lang række lokale debatmøder, ligesom udgivelsen af skriftligt debatmateriale blev støttet.

Efter at EU-reguleringen faldt på plads i 1991, aftog omfanget af såvel den offentlige støtte til bioteknologidebatten som de nationale debatter. Med debattens genoplussen efter de første lanceringer af genetisk modificerede fødevarer i Europa i 1996, blev de debatskabende aktiviteter imidlertid genoptaget. Årene siden 1996 har været præget af en række større debatskabende aktiviteter på nationalt niveau. I Danmark søsattes man i 2001 BioTik-initiativet, der havde til formål at bygge bro mellem forskning og udnyttelse af bioteknologier og borgeren. Ligesom mange af aktiviteterne i andre lande repræsenterede BioTik-initiativet et fokusskifte fra 1980'ernes debatter af landbrugsmæssig bioteknologi, der oftest handlede om de tekniske muligheder, reguleringen og risici for miljø og sundhed, til en debat, der også hav-

de til formål at indkredse de bredere etiske bekymringer – en debat der hidtil havde været forbeholdt anvendelsen af bioteknologi inden for det humane og medicinske område. BioTik-sekretariatet under Erhvervsministeriet kom, frem til dets lukning i 2004, til at spille en væsentlig rolle som knudepunkt for periodens debatskabende aktiviteter – herunder ikke mindst den web-baserede BioTik-portal. En del af aktiviteterne varetages nu af Det Etske Råd.

8.4.2. Diskussion af behov for yderligere debatskabende aktiviteter

Der har været en tilbøjelighed til at gøre alle bekymringer vedrørende genetisk modificerede afgrøder til spørgsmål om risici, fordi risici er det eneste, som godkendelsesproceduren drejer sig om. Det forekommer imidlertid kunstigt at ville inddrage allehånde politiske spørgsmål i relation til genetisk modificerede produkter direkte i godkendelsesproceduren for specifikke produkter. Beslutninger om genetisk modificerede produkter indgår i en bredere samfundsmæssig kontekst. Der synes derfor at være et udækket behov for, at der ud over en vurdering af de økologiske konsekvenser af udsætning af genetisk modificerede afgrøder skabes rum for en bredere politisk diskussion af landbrugets fremtid og herunder de samlede fordele og ulemper ved at benytte genetisk modificerede afgrøder. I forlængelse heraf kan der være grund til at se på andre politiske styringsredskaber end selve godkendelsesproceduren.

Der er ikke noget, der tyder på en udbredt skepsis mod genetisk modificering generelt. Der er snarere tale om, at de kendte eksempler på genetisk modificerede afgrøder (typisk afgrøder, der er resistente over for sprøjtemidler af forskellig art) ikke opleves at repræsentere substantiel nytte. Ofte fremhæves potentialet for den 3. verden af genetisk modificerede afgrøder, men der synes at være skepsis med hensyn til, om der virkelig investeres i sådanne, efter som den 3. verden ikke udgør et købedygtigt marked. Det er en af de måder, hvor der hersker skepsis mht. magtkoncentrationen i frøindustrien.

Man kunne forvente, at de afgrøder, der er resistente over for sprøjtemidler opleves at repræsentere en miljømæssig nytte, fordi der kan bruges mere skånsomme sprøjtemidler. Men der er stor skepsis i befolkningen mod sprøjtemidler i det hele taget, så måske opfattes disse afgrøder som udtryk for en forfejlet strategi.

Det særlige problem, som genetisk modificerede afgrøder rejser, synes at være, at reguleringen bygger på frie valg på markedet, men at netop på dette felt er tilliden til det fri valg ikke til stede. Her kommer især magtkoncentrationen i landbruget ind som en påtrængende bekymring, der synes at kræve politisk opmærksomhed.

Udviklingen af landbruget i almindelighed og indførelsen af genetisk modificerede afgrøder i særdeleshed opleves som noget, der påvirker mange menneskers liv på en afgørende måde, samtidig med at disse forhold ikke opleves at være underlagt demokratisk kontrol. Der synes at være behov for politiske bud på, hvorledes tilliden til det fri marked på landbrugs- og fødevarerområdet kan genskabes i form af visioner for, hvilken vej udviklingen skal gå, og hvorledes dette kan understøttes.

Referencer

Afsnit 8.1.

- N1. Gaskell, G, A. Allansdottir, N. Allum, C. Corchero, C. Fischler, J. Hampel, J. Jackson, N. Kronberger, N. Mejlgard, G. Revuelta, C. Schreiner, S. Stares, H. Torgersen & W. Wagner. 2006. Europeans and biotechnology in 2005: Patterns and trends. Eurobarometer 64.3.
- N2. Epinion a/s. 2006. Gensplejsede fødevarer. Epinion a/s. Rapport.
- N3. Wagner, W. H. Torgersen, E. Einsiedel, E. Jelsoe, H. Fredrickson, J. Lassen, T. Rusanen, D. Boy, S. de Cheveigne, J. Hampel, A. Stathopoulou, A. Allansdottir, C. Midden, T. Nielsen, A. Przystalski, T. Twardowski, B. Fjaestad, S. Olsson, A. Olofsson, G. Gaskell, J. Durant, M. Bauer & M. Liakopoulos. 1997. Europe ambivalent on biotechnology. *Nature* 387(6636):845-847.
- N4. Gaskell, G. M. Bauer. 2002. Biotechnology 1996-2000: the years of controversy. Science Museum Press.
- N5. Grove-White, R., P. Macnaghten, S. Mayer & B. Wynne. 1997. Uncertain world. Genetically modified organisms, food and public attitudes in Britain. Lancaster: The Centre for the Study of Environmental Change.
- N6. Grove-White, R., P. Macnaghten & B. Wynne. 2000. Wising Up. The public and new technologies. Lancaster University.
- N7. Lassen, J., K.H. Madsen & P. Sandøe. 2002. Ethics and genetic engineering - lessons to be learned from GM foods. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 24(5):263-271.
- N8. Lassen, J. & A. Jamison. 2006. Genetic Technologies Meet the Public: The Discourses of Concern. *Science, Technology & Human Values* 31(1):8-28.
- N9. Marris, C., B. Wynne, P. Simmons, S. Weldon & G. Abels. 2001. Public perception of agricultural biotechnology in Europe. http://csec.lancs.ac.uk/pabe/docs/pabe_finalreport.pdf
- N10. Teknologirådet. 2005. Nye GM-planter - ny debat. Borgerjury afholdt af Teknologirådet. 2005/5. Teknologirådets Rapporter.
- N11. Lassen, J, Nielsen, D.E. Vestergaard L. & Sandøe, P. 2007. Miljøvenlige genmodificerede afgrøder? Vil landmændene have dem og vil de blive brugt til gavn for naturen? Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 112. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-543-5/pdf/978-87-7052-544-2.pdf>

Afsnit 8.2.

- Carlsson, Fredrik, Frykblom, Peter & Lagerkvist, Carl Johan (2007): Consumer Benefits of Labels and Bans on GM Foods - Choice Experiments with Swedish Consumers. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(1): 152-161
- Cutter, Susan L. (1993): *Living with Risk*, Edward Arnold, London
- Europa-parlamentet og Rådet (2003): Forordning (EF) nr. 1830/2003 af 22. september 2003
- EU kommissionen (2008): DO EUROPEAN CONSUMERS BUY GM FOODS?, Project no. 518435, Sixth Framework Programme
- Flynn, James; Slovic, Paul & Mertz, C. K. (1994): Gender, Race, and Perception of Environmental Health Risks, *Risk Analysis* 14(6): 1101-1108
- Freeman, Myrick A. (1993): *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*, Resources for the Future, Washington, DC
- Gylling, M.; Gabriel, A.; Menrad, K.; Costa-Font, M.; Gil, J. M.; Jones, P. J.; Traill, W. B.; Tranter, R. B.; Sajdakowska, M. & Żakowska-Biemans, M. S. (2005): Final report on consumers' propensity to pay a premium for non-GM products, Project number: 007158, Sixth Framework Programme
- Kahneman, Daniel & Tversky, Amos, (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica* 47(2): 263-291
- Lusk, Jayson L.; Jamal, Mustafa; Kurlander, Lauren; Roucan, Maud & Taulman, Lesley (2005): A Meta-Analysis of Genetically Modified Food Valuation Studies, *Journal of Agricultural and Resource Economics* 30(1): 28-44
- Moon, Wanki; Rimal, Arbindra & Balasubramanian, Siva K. (2007): UK Consumers' Willingness-to-Accept (WTA) GM Food, 2007 Annual Meeting, February 4-7, 2007, Mobile, Alabama 34973, Southern Agricultural Economics Association
- Rohrmann, Bernd (1995): Effective risk communication for fire preparedness: A conceptual framework, *Australian Journal of Emergency Management* 10(3): 42-45
- Sen, Amartya (1987): *On Ethics and Economics*, Basil Blackwell, Oxford
- Sjöberg, Lennart (1999): Consequences of perceived risk: Demand for mitigation, *Journal of Risk Research* 2(2): 129-149
- Slovic, Paul (1999): Trust, emotion, sex, politics and science: Surveying the risk-assessment battlefield, *Journal of Environmental Health* 19, 689-701
- Viscusi, W.K. (1989): Prospective reference theory: Toward an explanation of the paradoxes. *Journal of Risk and Uncertainty* 2, 235-264

Afsnit 8.3.

Holtug, Nils: "The Harm principle and Genetically Modified Food", *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 14 (2001) 169-178.

Jensen, Karsten Klint: "The Moral Foundation of the Precautionary Principle", *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15 (2002) 39-55.

Jensen, Karsten Klint, Christian Gamborg, Kathrine Hauge Madsen, Rikke Bagger Jørgensen, Martin Kraye von Krauss, Anna Paldam Folker & Peter Sandøe: "Making the 'Risk Window' Transparent: The Normative Foundations of the Environmental Risk Assessment of GMOs", *Environmental Biosafety Research* 2, 3 (2003) 161-171.

Jensen, Karsten Klint, Rikke Bagger Jørgensen, Christian Gamborg, Kathrine Hauge Madsen, Martin Kraye von Krauss, Anna Paldam Folker & Peter Sandøe: "'Risikovinduet' – om det normative grundlag for risikovurdering af genmodificerede afgrøder", i *Vedr. bioteknologi og offentligheden. Rapport fra to forskningsprojekter om genmodificeret mad, planter og forsøgsdyr. Etik og risikovurdering*, Frederiksberg: Center for Bioetik og Risikovurdering, 2003, 41-46.

Jensen, Karsten Klint: "Conflict over Risks in Food Production: A Challenge for Democracy", *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 19 (2006) 269-283.

Jensen, Karsten Klint: "Hvad er en acceptabel risiko?", i: Johannes Persson & Nils-Eric Sahlin (eds.): *Risk & Risici*, Nora: Nya Doxa, 2008, 179-190.

Rasmussen, Birgitte, Karsten Klint Jensen & Peter Sandøe: "Transparency in Decision-Making Processes Governing Hazardous Activities", *Int. J. Technology, Policy and Management*, 7-4 (2007) 422-438

Afsnit 8.4.

Durant, J., M. Bauer, & G. Gaskell (eds.). 1998. 'Biotechnology in the public sphere'. Science Museum.

Gaskell, G., & M. Bauer, (eds.). 2002. 'Biotechnology 1996-2000: the years of controversy'. Science Museum.

Hansen, J. 2005. Framing the public. Three case studies in public participation in the governance of agricultural biotechnology. European Institute. Department of Political and Social Science.

Lassen, J. 2004. Genetically modified foods. In: Jamison, A. (ed.). *Theme: Science and technology policy*. Aalborg: Department of Development and Planning, Aalborg University. Research Report. 31-54.

Lassen, J., Jeanette Østergaard, Karsten Klint Jensen & Peter Sandøe. 2003. Consensus Conferences. Description and analytical frame. Workpackage 2 – Task A. Ethical Bio-TA Tools. Danish Centre for Bioethics and Risk Assessment.

Torgersen, H., J. Hampel, M.v. Bergmann-Wienberg, E. Bridgeman, J. Durant, E. Einsiedel, B. Fjæstad, G. Gaskell, P. Grabner, P. Hieber, E. Jelsøe, J. Lassen, A. Marouda-Chathoulis, T.H. Nielsen, T. Rusanen, G. Sakellaris, F. Seifert, C.

Smink, T. Twardowski, & M. Kamara. 2002. Promise, problems and proxies: twenty-five years of debate and regulation in Europe. In: M.W. Bauer & G. Gaskell (eds.). *Biotechnology: the making of a global controversy*. Cambridge: Cambridge University Press. [2], 21-94.

9. Udfordringer og muligheder – behovet for tværfaglig forskning

Seniorforsker Bernd Wollenweber, DJF, og seniorforsker Karen Koefoed Petersen, DJF

Klimaets variabilitet er en vigtig faktor for afgrøders vækst, udbytte og kvalitet. Øget klimavariabilitet, som medfører hyppigere ekstreme forhold, vil resultere i, at afgrøderne udsættes for mere end ét tilfælde af stress i løbet af en enkelt vækstsæson. Der er gjort fremskridt indenfor individuelle videnskabelige fagområder, men der skal implementeres tværfaglig forskning for at takle begrænsningerne for tilstrækkeligt udbytte og kvalitet af vegetabiliske fødevarer og foderafgrøder i fremtiden. Der er et aktuelt behov for en integreret tilgang til bæredygtig planteproduktion for at imødegå de begrænsninger, der er forårsaget af stigende klimavariabilitet (1).

Traditionel forædling har indtil nu ført til en stigning i udbytte, som har resulteret i et øget høstindeks og forbedret udbyttestabilitet. Langsigtede selektionsforsøg viser et tilstrækkeligt potentiale for genetisk forbedring af kvantitative egenskaber i planter. Men til trods for en hurtig udvikling af nye teknologier inden for området er et afgørende spørgsmål, om stigningstakten i udbytte vil være tilstrækkelig til at skaffe føde til verdens befolkning, der forventes at stige fra ca. 6 milliarder i år 2009 til over 9 milliarder i 2050 på et stadigt faldende areal med agerjord. Prognoser fra FAO viser, at det gennemsnitlige kornudbytte på verdensplan skal op på 5 t ha⁻¹ i forhold til det nuværende niveau på 3 t ha⁻¹. Da tørke, højere temperaturer og øget salinitet af agerjord kan resultere i, at 50 % af agerjorden inden udgangen af 2050 ikke er egnet til dyrkning af eksisterende sorter, er øget effektivitet i anvendelse af vand- og salttolerance vigtige udfordringer for den globale landbrugsproduktion.

Bioteknologisk forskning har ført til identifikation af relevante sammenhænge mellem specifikke gener, planternes struktur og funktion. Den genetiske metode er blevet anvendt i forbindelse med kvalitetsvariation. I den agronomiske og afgrødefysiologiske metode er der udført forsøg for at vurdere virkningen af klimavariabilitet på udbytte og kvalitetsparametre. Disse videnskabelige fagområder er imidlertid blevet stadig mere forskelligartede, og der er faldende tilsagn til finansiering af tværfaglig forskning. Det må forudses, at fremskridt indenfor et enkelt fagområde alene ikke kan løse udfordringerne i at øge udbyttepotentialet under øget klimavariabilitet og salinitet.

Udviklingen inden for genetik er beskrevet i kapitel 3. Det er hensigten at samle information på tværs af arter for at undersøge geners funktion og interaktion og at overføre egenskaber til afgrøder ved hjælp af transgene teknikker eller ved at skabe 'designer' planter baseret på funktionelle markører. Funktionelle genetiske undersøgelser vil identificere nye kandidatgener til flere egenskaber på grund af en bedre forståelse af deres rolle i stofskifteprocesser.

En holistisk forståelse af egenskaber, som f.eks. kornudbytte, vil dog kræve, at den komplekse situation i marken, der er stærkt afhængig af miljømæssige faktorer, inkluderes. Der udestår en stor udfordring i at forudsige genotypernes agronomiske potentiale baseret på deres genetiske potentiale, dette vil sige at fastlægge variation i udtryk af egenskaber i relation til varierende miljømæssige faktorer som dem, der er til stede under markforhold. Derfor er der et akut behov for at forene ekspertisen inden for genetik, fysiologi og agronomi for at nå dette mål (1).

Fysiologiske undersøgelser har bidraget til viden om både variabilitet og interaktioner mellem miljømæssige og agronomiske begrænsninger for afgrøders vækst, biomasseproduktion og udbytte. Kvalitative og kvantitative metoder i afgrødefysiologi har øget vores forståelse af udbyttebegrænsninger for planter på forskellige udviklingsstadier blandt andet på grund af variationer i næringsstofforsyningen (2, 3). Essentielle funktioner såsom næringsstofoptagelse samt transport og assimilation af næringsstoffer i planten er blevet karakteriseret. Undersøgelser af reguleringsmuligheder af stofskifteprocesser i planter har sammenkædet funktioner af molekyler, proteiner, enzymer og metabolitter med strukturer i celler, planteorganer og i hele planten (4).

Der er en øget forståelse af afgrøders reaktion på klimaændringer og forskellige abiotiske og biogene stresstilfælde. Vi ved dog stadig ikke ret meget om vekselvirkningen mellem forskellige *stress-typer* og effekten af flere *stresstilfælde*. Forskellige stressforhold aktiverer ofte både tilpasnings- og akklimatiseringsmekanismer. Tilpasning vedrører *arvelige* ændringer i strukturer og funktioner. Molekylære studier har f.eks. vist, at abiotisk stresstolerance er baseret på aktivering og regulering af stressrelaterede gener. Akklimatisering er defineret som *ikke-arvelige* ændringer, der afspejler

plantens strukturelle og fysiologiske plasticitet over for ydre vækstfaktorer. Her har undersøgelser af specifikke enzymer aktivitet understreget, at afgrøders evne til at regulere stofskifteprocesser kan bidrage til akklimatisering under eksterne begrænsninger på udbytte og vækst. Yderligere undersøgelser af både et/en bestemt organs/plantes egenskaber og de begrænsninger, der påvirker dets funktion, er således nødvendige for at bearbejde og forudsige afgrødernes produktivitet.

Udviklingen indenfor plantefysiologi har øget vores viden om biokemiske og fysiologiske nøgleprocesser såsom fotosyntese og stofskifte af kulhydrater og kvælstof og har agronomisk gjort det muligt at optimere og tilpasse afgrødernes ernæring og næringsstofanvendelse. Agronomiske fremskridt er også resultatet af øget viden om plantebeskyttelse og brugen af beslutningsstøttesystemer – samt teknologien til at implementere disse beslutninger, f.eks. gødskning i præcisions-jordbrugssystemer ved anvendelse af satellitbaseret navigation ('høj teknologi mark').

Forståelsen af de mekanismer, der bestemmer planteproduktiviteten, udbytte og effektiviteten af ressourceanvendelse, er langt fremme men ikke i tilstrækkelig grad udnyttet i landbruget. At sikre udbyttestabilitet under forskellige stressforhold er derfor vigtige emner i forhold til at sikre fødevarer- og fodertilgængeligheden. Identifikation og udelukkelse af flaskehalse i planternes udvikling under stressforhold er således af afgørende interesse.

Tørke er blevet den mest begrænsende faktor for planteproduktionen verden over (5). Der er gjort fremskridt i forståelsen af de fysiologiske reaktioner på vandunderskud såsom vekselvirkningen mellem kemisk og hydraulisk signalafgivelse, der kan påvirke afgrødens udvikling og udbytte (se ovenfor). Målene for egenskaber til genmodificering og/eller markør-assisteret selektion med henblik på at øge effektiviteten i vandforbruget er blandt andet fotosyntese, plantehormoner, osmotisk reguleringsprocesser og tilpassede vandingsstrategier.

I nogle områder har fordampningen af vand fra jord resulteret i ophobning af salte og ført til udvikling af saltangrebne jorder. Saltstress fører til vandunderskud, ubalancer i planternes ernæring og til skadevirkninger af selve saltet, hvilket i sidste ende påvirker planteproduktiviteten. Der har kun været begrænset succes med forsøg på at forbedre salttolerancen gennem konventionel forædling, da salttolerancen er en kompleks egenskab både genetisk og fysiologisk. Genetiske undersøgelser har vist, at salttolerancen er kompleks, hvilket gør det vanskeligt at identificere relevante kandidatgener. Salttolerante planter er fysiologisk tilpasset til høje saltkoncentrationer ved syntese af kompatible opløselige stoffer såsom sukkerstoffer, organiske syrer og aminosyrer. Forskning i disse reguleringsprocesser kan dermed give biokemiske indikationer på salttolerance til nærmere genetisk undersøgelse.

Næringsstofindhold og – sammensætning i planter er et resultat af samspillet mellem planternes gener, dyrkningspraksis og miljø- og klimaforhold, herunder blandt andet luftens CO₂ koncentration, varierende temperaturforhold i vækstsæsonen og mængden af plantetilgængeligt vand. Klimaændringer har derfor stor betydning for foder og fødevarers kvalitetsegenskaber, f.eks. har ændret proteinsammensætning direkte betydning for brøds bageevne, konsistens og smag.

En ændring i næringsstofindhold og -sammensætning vil også påvirke den ernæringsmæssige kvalitet af foder- og fødevarer afgrøder og dermed have direkte indflydelse på dyr og menneskers sundhed. Klimaændringer påvirker også den sundhedsmæssige kvalitet af foder- og fødevarer afgrøder gennem ændrede vækstbetingelser for plantesygdomme. Det kan dels betyde forekomst af toksiner produceret af skadevolderen, dels at planten producerer forsvarsstoffer, som kan påvirke næringsværdien.

Planter udvikling og vækst er afhængig af daglængde og temperatur, og et ændret temperaturregime kan få stor indflydelse på udbytte og kvalitet i en række afgrøder. Som beskrevet ovenfor vil en stigning i gennemsnitstemperaturen i enårige landbrugsafgrøder reducere længden af den aktive vækstperiode, hvilket reducerer udbyttet. Ekstremt høje temperaturer om sommeren kan også påvirke frugtsætning og frugtfyldning i så forskellige afgrøder som hvede og jordbær med reduceret udbytte til følge. I relation til overvintring af flerårige afgrøder og vintersæd kan øgede efterårs- og vintertemperaturer forsinke eller forhindre fuld udvikling af frosttolerance om efteråret, påvirke planter evne til at opretholde maksimal frosttolerance midtvinter og medføre øgede respirationsrater og dermed forbrug af opløselige kulhydrater, hvilket kan hæmme genvækst om foråret.

Et forventeligt mere variabelt klima med kolde perioder afbrudt af korte varmere perioder vil desuden øge risikoen for 'utidig' ophævelse af frosttolerance med efterfølgende øget risiko for frostskafer (6,7). Risikoen for frostskafer som følge af et temperaturstabilt klima vil blive forstærket af ændrede fænologiske mønstre såsom tidligere start på vækstsæsonen og tidligere blomstring (8). Stigende vintertemperaturer medfører endvidere risiko for utilstrækkelig

vernaliseringsperiode i nogle frøgræsser, ligesom en utilstrækkelig kuldesum kan forhindre ophævelse af hvile og dermed løvspring, blomstring og eventuel frugtsætning i træagtige planter. Udvikling og ophævelse af frosttolerance er fysiologisk og genetisk komplekse egenskaber, og der er, måske bortset fra i den ikke-overvintrende modelplante *Arabidopsis*, begrænset viden om genudtrykning under udvikling og ophævelse af frosttolerance.

Der eksisterer kun et fåtal af undersøgelser, der belyser effekten af forskellige klimaændringer på fødevarekvalitet. Forskningen i klimaændringers effekt på fødevarekvaliteten må nødvendigvis tage udgangspunkt i samspillet mellem genotyper, miljø- og klimaforhold og dyrkningspraksis. Et samspil, der for blot nogle få år siden var vanskelig at afdække. Men moderne målemetoder i kombination med relevante modeller (system-biologi) har skabt nye muligheder for både grund- og anvendt forskning. De nye metoder gør det muligt at sammenkoble molekylærbiologisk viden med indsigt om forskellige genotypers vækst, optagelse af vand og næringsstoffer og ikke mindst hele planters eller afgrøders respons på ændrede klimaforhold.

Forskning i, hvordan planter registrerer temperaturen, signalkæden hvorved informationer om det omgivende miljø omsættes til fysiologisk respons, genudtrykning og tilpasningsmekanismer, kan give mere viden om, hvordan flerårige planters overvintring påvirkes af et varmere men forventeligt mere temperaturstabilt klima. For at undgå yderligere påvirkning af vores klima og miljø (reducere produktionens miljømæssige fodaftryk) er det vigtigt, at fremtidens produktion af fødevarer og foder sker på en så bæredygtig måde som muligt. Det betyder udfordringer med hensyn til at reducere forbruget af pesticider til sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse, ukrudtsbekæmpelse og vækstregulering og at øge udnyttelsesgraden af ressourcer som vand og næringsstoffer.

For eksempel vil genetiske undersøgelser øge vores viden om reguleringen af forskellige stofskifteprocesser og resistensmekanismer over for stress. Forskning i afgrødefysiologi kan støtte forædling ved at øge vores forståelse af de faktorer, der bestemmer udbytte og klimatilpasning, og derved peger på GMO'er med udviklingspotentiale. Endvidere kan der ved hjælp af ny viden indenfor plantefysiologi og agronomi tilvejebringes meningsfulde kontrollerede betingelser for genotypescreening (stressfaktorer), under hensyntagen til vekselvirkninger mellem genotyper og miljø- og agronomiske faktorer.

I takt med, at viden om samspillet mellem genotyper, dyrkningspraksis, miljø- og klimaforhold udbygges i de kommende år, vil forståelsen af ændrede klimaforholds betydning for foder- og fødevarekvalitet øges. Der er dog behov for en indsats fra flere discipliner, fordi en ensidig forskning i GMO ikke kan løse udfordringen. De forskellige forskningsdiscipliner skal integreres fra celle og organ til hele planter og afgrødeniveau for at belyse både det komplekse sammenspil mellem klimaets variabilitet og konsekvenser for udbytte og produktkvalitet, agronomiske metoder og interne responsmekanismer. Fremtidige forædlingsparadigmer bør derfor karakteriseres ved tværfaglige forskningsaktiviteter mellem relevante discipliner som genetik, planternes ernæring, afgrødefysiologi og agronomi.

Litteratur

1. Wollenweber B, Porter JR & Lübberstedt T. 2005. Need for multidisciplinary research towards a second green revolution. *Current Opinion in Plant Biology* 8: 337-341.
2. Fast Seefeldt H, Viereck N, Hoffmann Larsen F, Engelsen SB & Wollenweber B. 2008. Bulk carbohydrate grain filling of barley -glucan mutants studied by ¹H HR-MAS NMR. *Cereal Chemistry* 85(4): 571-577.
3. Jiang D, Yue H, Wollenweber B, Tan W, Dai T, Jing Q & Cao W. 2009. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high molecular-weight glutenin subunits and glutenin macro polymer content in wheat grain. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195 (2): 89-97.
4. Zhang X, Wollenweber B, Jiang D, Liu FL & Zhao J. 2008. Water deficits and heat shock effects on photosynthesis of a transgenic *Arabidopsis thaliana* constitutively expressing ABP9, a bZIP transcription factor. *Journal of Experimental Botany* 59: 839-848.
5. Raven JR, Handely L & Wollenweber B. 2004. Plant nutrition and Water Use Efficiency. In: *Water Use Efficiency in Plant Biology* (M. Bacon ed.), Blackwell Sci. Publ. 162-188.
6. Gu L, Hanson PJ, Mac Post W, Kaiser DP, Yang B, Nemani R, Pallardy SG & Meyers T. 2008. The 2007 eastern US spring freeze: increased cold damage in a warming world? *Bioscience* 58: 253-262.
7. Pagter M, Jensen CR, Petersen KK, Liu F & Arora R. 2008. Changes in carbohydrates, ABA and bark proteins during seasonal cold acclimation and deacclimation in *Hydrangea* species differing in cold hardiness. *Physiologia Plantarum* 134(3): 473-485.
8. Fitter AH & Fitter RSR. 2002. Rapid changes in flowering time in british plants. *Science* 296: 689-1691.

BILAG

Bilag 1 Kommissorium

Plantedirektoratet
Direktionssekretariatet
29. maj 2009
JAG

Kommissorium for forskningsinstitutionernes leverancer til Fødevareministeriets vidensyntese om GenModificerede Organismer (GMO)

Baggrund

I dag importeres store mængder gen-modificerede vegetabiliske produkter til fodring af de husdyr, som vi alle sammen spiser. Danske landmænd dyrker endnu ikke GMO-afgrøder, men der er både majs og industrkartofler på vej, som er potentielle afgrøder.

Det er målet med projektet at bidrage til, at skabe en saglig og velfunderet debat om anvendelsen af GMO i dansk landbrug og fødevareindustri, samt at sørge for at beslutningstagerne kan træffe de optimale beslutninger på et veloplyst grundlag.

Projektets indhold

Vidensyntesen skal kortlægge de problemer og potentialer, der er for landbruget på GMO-området – både i forhold til risici, etiske og holdningsmæssige barrierer samt i forhold til vækst, fødevarekvalitet, sundhed og miljøbeskyttelse.

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, AU, Fødevareøkonomisk Institut, KU Life, Plantedirektoratet og Fødevarestyrelsen er hovedleverandører af faktuel viden til syntesen. Fødevareinstituttet, DTU og Danmarks Miljøundersøgelser, AU, leverer ligeledes materiale til vidensyntesen.

Det er væsentligt, at forskningsinstitutionerne leverer objektiv, forskningsbaseret materiale til vidensyntesen.

Vidensyntesens opbygning vil sikre, at det tydeligt fremgår, hvilke afsnit, der er skrevet af forskningsinstitutionerne, og hvilke afsnit der indeholder Fødevareministeriets indledning, perspektivering mv. Desuden vil det fremgå eksplicit, hvilke forskere hhv. medarbejdere i Fødevareministeriet, der er forfattere til de enkelte afsnit.

Organisering

Der er tale om et tværgående fødevareministerielt projekt, hvor Plantedirektoratet står for projektledelsen og sekretariatet.

Projektets overordnede ledelse varetages af en styregruppe med ledelsesrepræsentanter fra Plantedirektoratet, Fødevarestyrelsen, FødevareErhverv og departementet, som har det overordnede ansvar for arbejdets fremdrift. Styregruppens formand informerer løbende ministeren om projektet efter nærmere drøftelse i styregruppen. Styregruppen er ansvarlig for projektets økonomi.

En lidt bredere sammensat projektgruppe står for udarbejdelse af vidensyntesen, redegørelse til Folketinget og efterfølgende kommunikation af vidensyntesen. I projektgruppen er Plantedirektoratet, Fødevarestyrelsen, FødevareErhverv, Departementet og FFK repræsenteret.

De objektive, forskningsbaserede bidrag til vidensyntesen leveres af:

- Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet
- Fødevareøkonomisk Institut, KU Life
- Fødevareinstituttet, DTU
- Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Tidsplan

Vidensyntesen udarbejdes i tidsrummet fra 1. oktober 2008 til 1. september 2009. Nedenfor ses en mere detaljeret milepælsplan.

Milepæle	Dato
Tilsagn om finansiering til DMU og FOI	28/5 2009
Første udkast til vidensyntesen	22/6 2009
Koordineringsmøde – DMU, FOI, DJF og FVM	26/6 2009
Koordineringsmøde – DMU, FOI, DJF og FVM	7/7 2009
Vidensyntesen foreligger i endelig version	10/7 2009
Koordineringsmøde – DMU, FOI, DJF og FVM	14/7 2009
Finpudsning	14/7-16/7 2009
Redaktion	17/7-20/8 2009
Trykning	20/8-25/8 2009
Pakning af trykte versioner, klargørelse til hjemmeside osv.	26-28/8 2009
Vidensyntesen offentliggøres	1/9 2009
Lancering	September 2009

Bilag 2 Forfatteroversigt, Del 3

Aarhus Universitet – Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Professor Preben Bach Holm, Institut for Genetik og Bioteknologi, prebenb.holm@agrsci.dk, 89993649
Forskningsleder Birte Boelt, Institut for Genetik og Bioteknologi, birte.boelt@agrsci.dk, 89993625
Forskningsleder Niels Holst, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, niels.holst@agrsci.dk, 89993591
Seniorforsker Gabor Lövei, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, gabor.lovei@agrsci.dk, 89993636
Seniorforsker Annie Enkegaard, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, annie.enkegaard@agrsci.dk, 89993635
Seniorforsker Per Kryger, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, per.kryger@agrsci.dk, 89993629
Seniorforsker Martin Tang Sørensen, martint.sorensen@agrsci.dk, Institut for Husdyrbiologi og –sundhed, 89991554
Forskningsleder John E. Hermansen, john.hermansen@agrsci.dk, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, 89991236
Seniorforsker Bernd Wollenweber, Institut for Genetik og Bioteknologi, bernd.wollenweber@agrsci.dk, 89993573
Forskningsprofessor Jørgen E. Olesen, jorgene.olesen@agrsci.dk, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, 89991659
Seniorforsker Jens Petersen, jens.petersen@agrsci.dk, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, 89991712
Seniorforsker Niels Henrik Spliid, Institut for Plantebeskyttelse og Skadedyr, niels.spliid@agrsci.dk, 89993611
Seniorforsker Gitte H. Rubæk, gitte.rubaek@agrsci.dk, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, 89991859
Seniorforsker Mathias N. Andersen, mathiasn.andersen@agrsci.dk, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, 89991742
Seniorforsker Kell Kristiansen, kell.kristiansen@agrsci.dk, Institut for Havebrugsproduktion, 89993345
Seniorforsker Karen Koefoed Petersen, karenk.petersen@agrsci.dk, Institut for Havebrugsproduktion, 89993347

Aarhus Universitet - Danmarks Miljøundersøgelser

Seniorrådgiver (Sektionsleder) Morten Strandberg, tlf. 89201759, mts@dmu.dk
Seniorrådgiver Gösta Kjellsson, tlf. 89201574 gk@dmu.dk
Seniorforsker Paul Henning Krogh, tlf. 89201588, phk@dmu.dk
Professor Christian Damgaard, tlf. 89201598, cfd@dmu.dk
Seniorforsker Vibeke Simonsen, tlf. 89201794, vs@dmu.dk
Seniorforsker Beate Strandberg, tlf. 89201769, bst@dmu.dk
Forskningschef Hans Løkke, tlf. 89201482, hlo@dmu.dk
Seniorforsker Helle Ravn, tlf. 89201753, her@dmu.dk

Danmarks Tekniske Universitet – Fødevareinstituttet

Seniorrådgiver Jan W. Pedersen, Afdeling for Toksikologi og Risikovurdering, Tlf. 35887610, jwpe@dtu.food.dk

Fødevareøkonomisk Institut, KU-Life

Afdelingschef Alex Dubgaard, Afdeling for Miljø og Regional Udvikling, Tlf.: 35 33 22 80, E-mail: adu@life.ku.dk
Seniorrådgiver Morten Gylling, Afdeling for Produktion og Teknologi, Tlf.: 35 33 68 83, E-mail: gylling@foi.dk
Lektor Karsten Klint Jensen, Afdeling for Forbrug, Sundhed og Etik, Tlf.: 38 71 17 89, E-mail: kkj@foi.dk
Lektor Jesper Lassen, Institut for Human Ernæring, Fødevarer sociologi, Tlf.: 35 33 26 21, E-mail: jlas@life.ku.dk
Seniorforsker Kim Martin Lind, Afdeling for International Økonomi og Politik, Tlf.: 35 33 68 62, E-mail: kim@foi.dk
Professor Peter Sandøe, Afdeling for Forbrug, Sundhed og Etik, Tlf.: 35 33 30 59, E-mail: pes@life.ku.dk

Bilag 3 Oversigt over lovgivning på GMO-området

EU-lovgivning

Udsætningsdirektivet

Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EF) Nr. 2001/18 af 12. marts 2001 om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer og om ophævelse af Rådets direktiv 90/220/EØF.

Direktiv om indesluttet anvendelse af mikroorganismer

Rådets direktiv 90/219/EØF af 23. april 1990 om indesluttet anvendelse af genetisk modificerede mikroorganismer samt Rådets direktiv 98/81/EF af 26. oktober 1998 om ændring af direktiv 90/219/EØF om indesluttet anvendelse af genetisk modificerede mikroorganismer.

Regler om eksport af GMO'er

Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) Nr. 1946/2003 af 15. juli 2003 om grænseoverskridende overførsler af genetisk modificerede organismer.

Forordningen om genetisk modificerede fødevarer og foder

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EF) Nr. 1829/2003 af 22. september 2003 om genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer.

Forordningen om sporbarhed og mærkning

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EF) nr. 1830/2003 af 22. september 2003 om sporbarhed og mærkning af genetisk modificerede organismer og sporbarhed af fødevarer og foder fremstillet af genetisk modificerede organismer og om ændring af direktiv 2001/18.

Sameksistenslovgivningen

Kommissionens henstilling (2003/556/EF) af 23. juli 2003 om retningslinjer for udvikling af nationale strategier og bedste praksis for sameksistens mellem genetisk modificerede afgrøder og konventionelt og økologisk landbrug.

De danske sameksistensregler omfatter en rammelov og to bekendtgørelser med henholdsvis regler om dyrkning af GMO-afgrøder og regler om kompensation til konventionelle eller økologiske nabolandmænd, hvis de oplever nedsat afregning som følge af forekomst af GMO-materiale i deres afgrøder:

- Lov nr. 436 af 9. juni 2004 om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder
- Bekendtgørelse nr. 176 af 28. februar 2008 om dyrkning m.v. af genetisk modificerede afgrøder
- Bekendtgørelse nr. 177 af 28. februar 2008 om kompensation for tab på grund af visse forekomster af genetisk modificeret materiale.

Økologilovgivningen

Rådets forordning (EF) nr. 834/2007 af 28. juni 2007 om økologisk produktion og mærkning af økologiske produkter og om ophævelse af forordning (EØF) nr. 2092/91.

Økologilov nr. 196 af 12. marts 2009. Bekendtgørelse nr. 1111 af 21. november 2008.

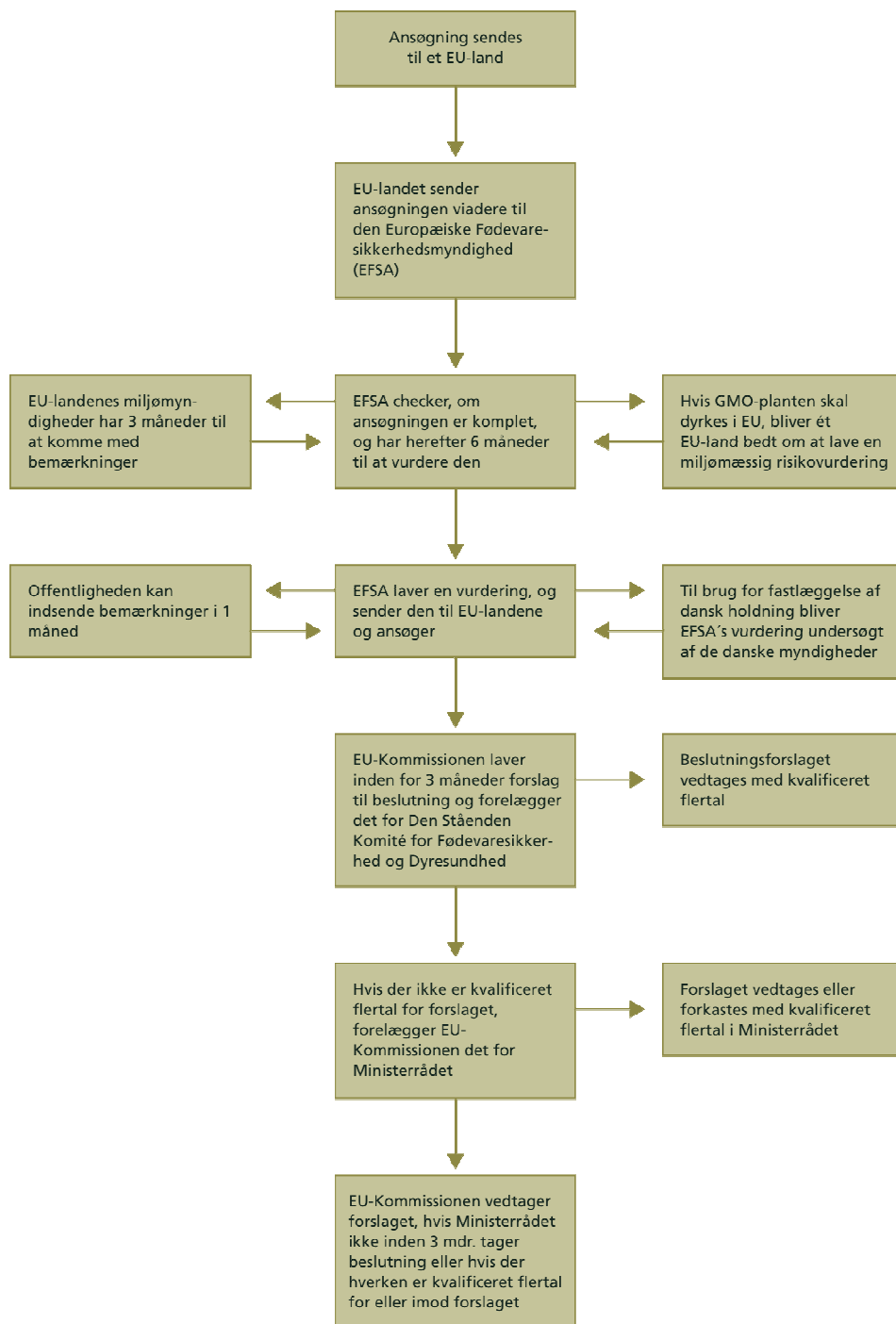
Danske bekendtgørelser, der regulerer GMO-området

- Lovbekendtgørelse nr. 811 af 21. juni 2007 om miljø og genteknologi. Loven er en rammelov, som giver miljøministeren bemyndigelse til at fastsætte regler for fremstilling og anvendelse, import, transport, udsætning og salg af genetisk modificerede organismer.
- Bekendtgørelse nr. 1319 af 20. november 2006 om godkendelse af udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer. Bekendtgørelsen omfatter forsøgsudsætning og markedsføring af genetisk modificerede organismer.

- Bekendtgørelse nr. 1153 af 10. november 2004 om grænseoverskridende overførsler af genetisk modificerede organismer (Cartagena-protokollen om Biosikkerhed) og om sporbarhed og mærkning af genetisk modificerede organismer
- Bekendtgørelsen gennemfører EU's forordninger om grænseoverskridende overførsler af genetisk modificerede organismer henholdsvis om sporbarhed og mærkning af genetisk modificerede organismer.
- Bekendtgørelse nr. 226 af 19. marts 2009 om transport og underretning ved markedsføring af genetisk modificerede organismer godkendt til markedsføring i et andet land inden for EU
- Bekendtgørelsen omfatter import og transport af genetisk modificerede organismer, som skal bruges til forsøg, produktion, undervisning, udstilling m.v. samt underretning af de danske miljømyndigheder ved markedsføring af GMO'er, der er blevet godkendt i en anden EU-medlemsstat efter udsætningsdirektivet.
- Bekendtgørelse nr. 73 af 19. januar 2007 om godkendelse af udstilling og informationsformidling med genetisk modificerede organismer
- Bekendtgørelsen omfatter brug af GMO'er til udstilling og anden informationsformidling, dog ikke i forbindelse med undervisning.
- Bekendtgørelse nr. 225 af 19. marts 2009 om godkendelse af produktion med genetisk modificerede mikroorganismer.
- Bekendtgørelsen omfatter godkendelse af anlæg og genetisk modificerede mikroorganismer til produktion ved indesluttet anvendelse samt anmeldelse af nye produktioner i forlængelse af tidligere godkendelser.
- Bekendtgørelse nr. 1322 af 20. november 2006 om godkendelse af produktion med genetisk modificerede planter og dyr
- Bekendtgørelse nr. 910 af 11. september 2008 om genteknologi og arbejdsmiljø.

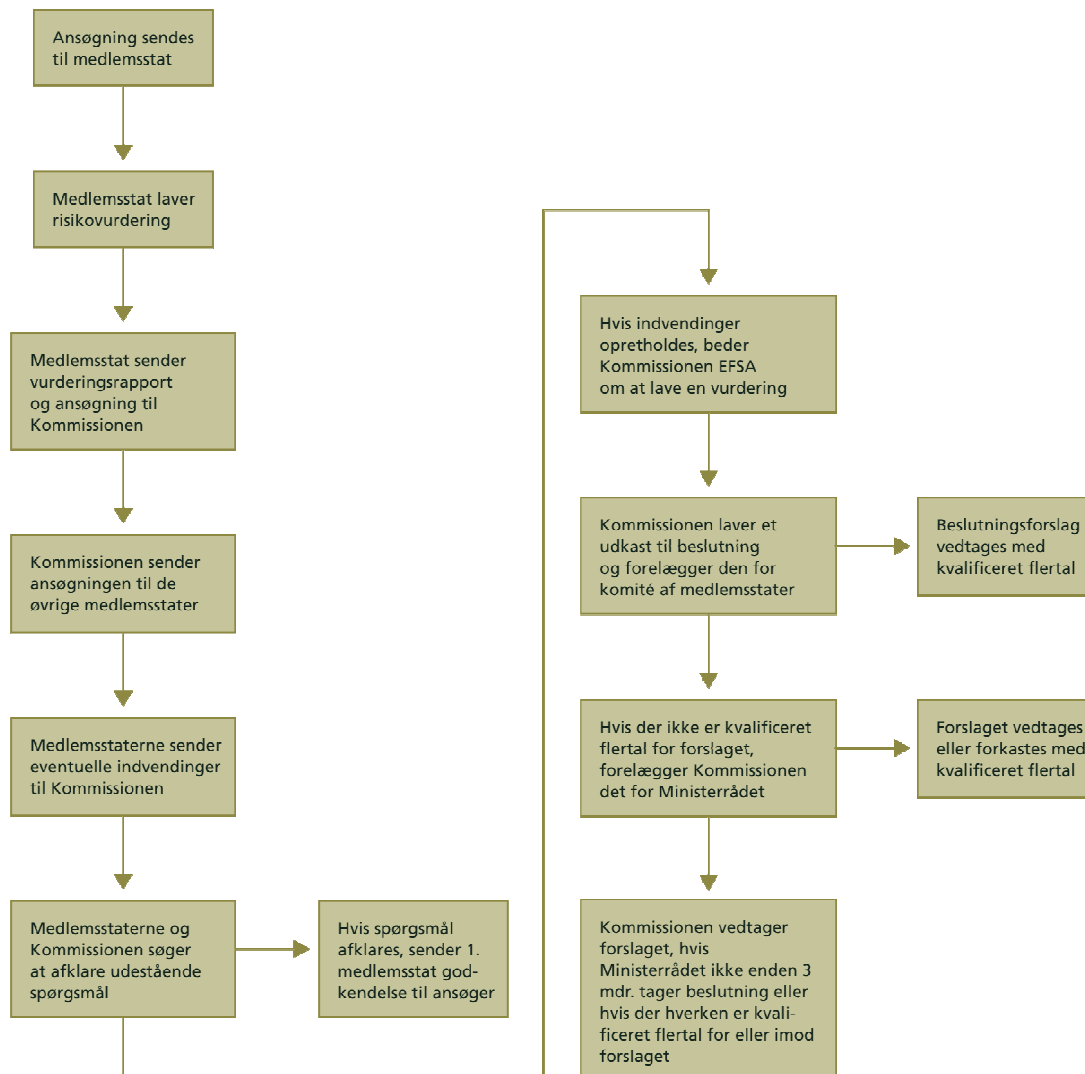
Bilag 4 Ansøgning under forordningen om GM-fødevarer og -foder

Proceduren for behandling af ansøgninger under forordningen om genmodificerede fødevarer og foder



Bilag 5 Ansøgning under udsætningsdirektivet

Procedure for behandling af ansøgninger, som udelukkende behandles under udsætningsdirektivet



Bilag 6 Den sundhedsmæssige risikovurdering

Af seniorrådgiver Jan W. Pedersen, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet

Fødevareinstituttet ved DTU varetager den sundhedsmæssige risikovurdering i forbindelse med ansøgninger om markedsføring af gensplejsede organismer. Den sundhedsmæssige risikovurdering foretages dels i forbindelse med ansøgninger efter udsætningsdirektivet for Miljøstyrelsen, og dels efter ansøgninger om markedsføring af fødevarer produceret ved anvendelse af gensplejsede organismer (forordning 1829/2003/EC). Det sidste sker som rådgivning til Fødevarestyrelsen.

Fødevareinstituttet foretager en risikovurdering baseret på EFSA's guidelines med opdateringer samt andre internationale vedtagne retningslinjer og rapporter, som også EFSA henviser til. Hertil inddrages enhver ny viden på området og sagerne behandles efter princippet sag for sag vurdering.

Første del af risikovurderingen har fokus på selve gensplejsningen, det vil sige, om der foreligger tilstrækkelig med dokumentation for hvilke gener, der er indsat eller ændret, og hvilke effekter ændringerne forventes at have. Informationerne danner baggrund for en sag for sag vurdering af, hvilke relevante undersøgelser der kræves for risikovurderingen. Ofte vil gensplejsningen medvirke til dannelsen af et nyt protein. I de tilfælde, hvor proteinet ikke er velkendt, vil der som udgangspunkt blive stillet krav om dyreforsøg til belysning af proteinets eventuelle giftighed.

Anden del af den sundhedsmæssige risikovurdering er baseret på resultater fra de undersøgelser, hvor der sker en sammenligning mellem den nye gensplejsede organisme med den tilsvarende ikke gensplejsede organisme. For planter sker det ved, at den gensplejsede plante og den tilsvarende traditionelle plante dyrkes side om side, hvorefter der foretages en lang række sammenlignende analyser.

Typisk analyseres de dele af planten, der anvendes til fødevarer, f.eks. kernerne fra majs og soja, for indhold af protein, fedtstoffer, mineraler, vitaminer samt de indholdsstoffer, der vides at påvirke den ernæringsmæssige værdi. OECD udgiver rapporter, hvori der findes anbefalinger for hvilke stoffer, det ville være relevant at måle i de enkelte planter. Er de to planter eller produkter i al væsentlighed ens (på engelsk betegnet som "Substantial equivalence"), kan det nye produkt betragtes sundhedsmæssigt som det tilsvarende traditionelle.

Viser resultaterne fra de sammenlignende undersøgelser mindre forskelle, vil risikovurderingen fokusere på disse. Her kan være tale om forskelle, der vil kræve dyreforsøg, før der kan laves en vurdering af de sundhedsmæssige aspekter ved anvendelsen i fødevarer. Ofte vil der være tale om fodringsforsøg med rotter eller mus. I mange af de GMO sager som EU har haft til vurdering, har ansøger som grundlag for risikovurderingen vedlagt data fra fodringsforsøg med rotter eller mus.

Ovenstående oplysninger og resultater danner grundlag for at vurdere, om gensplejsningen kan være relateret til en ændring i:

- 1) næringsstoffer
- 2) giftige stoffer
- 3) allergenicitet

Er der sket ændringer af næringsværdien eller er indholdet af de naturlige giftige plantestoffer øget, vil dette vise sig under den sammenlignende undersøgelse. I flere ansøgninger er der medsendt fodringsforsøg med hurtigt voksende kyllinger, der får foder baseret på gensplejsede majs. Disse undersøgelser bidrager til vurderingen af, om der er sket ændringer i den ernæringsmæssige værdi af en majsplante.

Særlig opmærksomhed har været rettet mod risikoen for, at de nye indsatte gener kan give problemer med allergi. Dette spørgsmål vil blive afklaret i forbindelse med risikovurderingen, hvor det undersøges om proteinet fra genet er kendt f.eks. fra andre fødevarer. Undersøgelser for proteinets lighed til kendte allergene proteiner er i dag en vigtig information, som ansøger skal fremsende.

Bilag 7 Den miljømæssige risikovurdering

Af senorrådgiver Gösta Kjellsson, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Den miljømæssige risikovurdering af markedsføringsansøgninger for GM-planter bliver udført hos DMU efter et standardiseret koncept, der følger udsætningsdirektivet 2001/18/EC.

Risikovurderingen foretages på baggrund af gennemgangen af oplysningerne i markedsføringsanmeldelsen med bilag samt øvrige relevante referencer, hvor hovedprincippet er, at den foregår i tre trin:

1. Først identificeres de egenskaber ved GM-planten, som kan medføre uønskede effekter på miljøet; f.eks. krydsninger med vilde slægtninge eller effekter på ikke-målorganismer.
2. Dernæst vurderes de potentielle konsekvenser for miljøet. I et eksempel med en insektresistent *Bt*-plante, hvor egenskaberne overføres til vilde slægtninge, vil de vilde planter blive mindre egnede som føde for visse planteædende insekter, eller måske vil GM-planten være giftig for andre planteædende insekter end målorganismerne.
3. Endelig estimeres sandsynligheden for, at de uønskede effekter vil forekomme.

Dette kan for hver identificeret økologiske effekt bruges til at estimere størrelsen af den miljømæssige risiko: *Risiko = sandsynlighed x miljømæssige konsekvenser*

Risikoen kan normalt ikke kvantificeres i tal men bliver hos DMU karakteriseret efter forventet omfang af de forskellige identificerede risici efter skalaen: ingen risiko, ubetydelig risiko, lille risiko, moderat risiko eller stor risiko.

Bilag 8 Den landbrugsmæssige risikovurdering

Af specialkonsulent Svend Pedersen, Plantedirektoratet, Fødevareministeriet

Plantedirektoratet foretager den landbrugsmæssige risikovurdering af gensplejsede planter, som ønskes markedsført i EU.

Risikovurderingen er baseret på det ansøgningsmateriale, som er tilgængeligt på den europæiske fødevarerikkerhedsmyndighed (EFSA)'s lukkede netværk, hvor alle oplysninger fra ansøgningen kan findes. Herudover anvendes relevante informationer fundet i den videnskabelige litteratur.

Hvis den gensplejsede plante kun ønskes importeret til EU som høstprodukt efter dyrkning uden for EU, vurderer Plantedirektoratet først og fremmest plantens nye egenskaber samt risikoen for utilsigtet spredning forårsaget af frøspild under importen.

Hvis planten også skal dyrkes i EU, omfatter vurderingen endvidere eventuelle negative effekter forårsaget af dyrkningen af planten med fokus på dyrkning i Danmark.

De egenskaber hos den gensplejsede plante, som Plantedirektoratet vurderer, er først og fremmest egenskaber ved det indsatte genetiske materiale, eventuelle ændringer i plantens kemiske sammensætning samt ændringer i agronomiske egenskaber.

De indsatte gener vurderes for, om de bliver ved med at virke, og om de nedarves stabilt år for år. En eventuel ustabilitet i disse egenskaber vil kunne tilskrives uregelmæssigheder, som vil kræve yderligere undersøgelser af planten.

Ansøgningerne indeholder analyser af en lang række af de kemiske stoffer, som planterne er sammensat af. Ændringer i den kemiske sammensætning af en gensplejset plante sammenlignet med den nærmest beslægtede kontrolplante kan skyldes utilsigtede genetiske ændringer, der er forårsaget af den genetiske modifikation.

De agronomiske egenskaber, som er beskrevet i en ansøgning, omfatter som regel detaljer om plantens udseende, frøenes spiringsevne, plantens modningstidspunkt, blomstring, levedygtigheden hos plantens pollen, modstandsdygtighed over for insekter og sygdomme med videre. Utilsigtede genetiske ændringer vil også kunne føre til ændringer i disse egenskaber.

Ved ansøgninger om tilladelse til dyrkning vurderer Plantedirektoratet de mulige negative effekter ved spredning af de indsatte gener til nabomarker samt til eventuelle vilde slægtninge til den gensplejsede plante.

Endvidere kan planten spire frem i efterfølgende afgrøder på marken, hvis frø, der er spildt under høsten af afgrøden, kan overleve til næste dyrkningssæson. Hvis det er tilfældet, betyder det, at der i høsten af en anden afgrøde fra den samme mark året efter vil kunne forekomme frø, der stammer fra den gensplejsede plante.

Plantedirektoratet vurderer også, om den gensplejsede plantes egenskaber medfører ændringer i dyrkningsteknikken, som kan forårsage uønskede effekter på landbrugsmiljøet. Det kan f.eks. være ændringer i anvendelsen af ukrudtsmidler, hvor et mere effektivt ukrudtsmiddel måske ødelægger fødegrundlaget for insekter og andre dyr, som lever på markerne.

Ud over de nævnte punkter vurderer Plantedirektoratet, om den gensplejsede plante vil blive tilstrækkelig mærket i dyrkningsleddene. Det vil sige, om frøene bliver mærket efter de gældende mærkningsregler, samt om der vil ske mærkning af de sorter, der udvikles fra planten på sortslister, i salgsmateriale og ledsagedokumenter.

Bilag 9 GMO - holdninger og lovgivning i andre lande

Fødevareministeriet har til perspektivering af videnssynthesen om GMO ønsket et overblik over lovgivning, holdninger med videre i forskellige EU-lande og væsentlige tredjelande. Fødevareministeriets har i den anledning bestilt indberetninger fra ambassaderne i Brasilien, Argentina, USA, Canada, Australien, Kina, Japan, Indien, Rusland, Rumænien og Bulgarien, Storbritannien, Frankrig, Holland, Italien, Polen, Portugal, Slovakiet, Sverige, Tjekkiet, Tyskland, Østrig og Spanien.

Brasilien

GMO-produktionen har været tilladt i Brasilien siden 2005. Før præsident Luiz Inácio Lula da Silva kom til magten i 2002, var hans parti, Arbejderpartiet – PT, i høj grad imod anvendelsen af "Genetically Modified Organisms", såkaldte GMO'er. Standpunktet blev i sin tid begrundet med, at Brasilien ville komme til at afhænge af multinationale virksomheder, som havde patent på GMO'er, og at det kunne gøre det vanskeligt at eksportere til GMO-frie markeder.

Under præsident Lulas syv år lange regeringsperiode har GMO-produktionen imidlertid for alvor taget fart. Præsidenten - og de fleste af hans partifæller - er vendt på en tallerken, og det er blevet lovligt at anvende flere forskellige typer GMO'er. I dag er Brasilien verdens tredje største producent af GM-produkter. Ifølge den internationale organisation ISAAA blev områderne med tilplantede GM-produkter i Brasilien øget med 5,3 % i 2008 og udgjorde dermed ca. 15,8 mio. ha. Heraf er ca. 14 mio. ha. soja, 1,4 mio. ha. majs og 0,4 mio. ha. bomuld.

Følgende genmodificerede majs-, soja- og bomuldstyper er tilladte i Brasilien:

- Herbicid-tolerante:
 - Soja GTS 40-3-2, majs T25, bomuld LLCotton25, majs NK 603, majs GA21 og bomuld MON1445,
- Insektresistente:
 - Bomuld 531, majs TC1507, majs BT11 og majs MON 810,
- Insekt- og herbicid tolerant:
 - Bomuld Widestrike.

Det forventes, at over 50 % af den kommende majshøst vil bestå af majs fra genmodificerede frø. I 2008 var tallet 9 %. Brugen af GMO'er i dyrkningen af majs vinder altså hurtigt frem. Ud af de i alt 45 millioner ton majs, Brasilien årligt producerer, går 75 % til foder, 15 % eksporteres og 10 % anvendes til fødevarer. For soja produceret i Brasilien gælder det at ca. 90 % er GMO.

Hovedargumentet for brugen af GMO'er i landbrugsindustrien er de besparelser, landmændene opnår, idet de bl.a ikke behøver bruge pesticider til de genmodificerede majs.

En tidligere undersøgelse, foretaget af den brasilianske landbrugsorganisation CNA, viste, at 80 % af alle brasilianske landmænd accepterede genmodificerede afgrøder. Blandt for eksempel slagterier var accepten dog væsentligt lavere. Man frygtede, at kampagner mod deres produkter, foretaget af miljøorganisationer m.fl., ville skræmme kunderne væk.

Det har ikke været muligt at finde pålidelig information om de brasilianske forbrugeres accept af GM-produkter. I Brasilien kører en kampagne ved navn *Brasilien bedre uden gensplejsning*. Kampagnen er sponsoreret af Greenpeace med støtte fra andre miljøorganisationer og forbrugergrupper såvel som embedsmænd fra Miljøministeriet, politiske partier og den katolske kirke.

Mærkning og sameksistens mellem GMO'er og konventionelle afgrøder

Siden 2004 har det været vedtaget ved lov, at alle produkter, der indeholder mere end 1 % GMO'er, skal mærkes, så forbrugerne er informeret herom, men da langt de fleste producenter hævder, at deres produkter indeholder mindre end 1 % GMO'er, er det altså de færreste produkter, der er mærket.

Der findes pt. ingen lovgivning omkring sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder. En lov fra 2005 sætter rammerne for, hvordan GM-afgrøder kan produceres og markedsføres, mens konventionelle og økologiske produkter er underlagt miljømæssige bestemmelser.

Ifølge en undersøgelse foretaget af den brasilianske avis *Folha* (São Paulo) er der ikke tale om nogen klar adskillelse mellem GM-majs og traditionelle majs. Det betyder, at de 20 % GM-majs bliver blandet med 80 % konventionelle majs.

I juni 2009 sendte over 80 brasilianske organisationer et brev til formanden for det nationale råd for bioteknisk sikkerhed (CTNbio), hvori de kræver, at produktionen af GM-majs stoppes øjeblikkeligt. Begrundelsen er netop sameksistensen mellem GM-majsene og konventionelle majs. Organisationerne kræver i brevet, at der bliver fastsat klare regler for sameksistens mellem de to slags afgrøder.

Fremtiden

Brugen af frø med kombinerede gener (som både er resistente over for sprøjtemidler og insekter) er endnu ikke lovlig i Brasilien, men mange producenter håber, de bliver lovliggjort i løbet af 2009.

Argentina

Resume:

Bred politisk opbakning bag GMO i Argentina. 10 år siden at den første GM-afgrøde blev godkendt til kommerciel udnyttelse. Et af førerlandene indenfor dyrkning og eksport af GM-afgrøder. Over 18 millioner hektar opdyrket med GM-frø i 2007. Soja-, majs- og bomuldsproduktion næsten kun GM. Stor anvendelse af teknologien på grund af mulighed for udnyttelse af eksportpotentiale.

Det politiske niveau

Den siddende regering, og oppositionspartierne, accepterer brugen af GMO-teknologien i landbrug og industri. Præsident Cristina Fernández de Kirchner har i forbindelse med oprettelsen af et nyt videnskabsministerium i 2007 tilkendegivet, at forskning og innovation indenfor bioteknologi vil stimuleres fra statens side.

Landbruget og industrien

Landbrugssektoren og industrien støtter anvendelse af GMO. Landbruget har taget brugen af GMO til sig meget hurtigt. Grundene hertil synes overvejende økonomiske. Teknologien giver landbruget mulighed for at reducere omkostninger til pesticider og herbicider, muliggør i stigende grad dyrkning af dobbeltafgrøder på samme mark, samt i nogle tilfælde gør det muligt at øge produktionen på grund af faldende tab forskyldt af insekter.

Forbrugerne

Forbrugerne har ikke stærke holdninger hverken for eller imod GMO. Myndighederne har gennemført informationskampagner, når det har været skønnet nødvendigt. Der har generelt været begrænset organiseret modstand og aktivistkampagner mod udviklingen og brugen af GMO.

Regulering

Anvendelsen af GMO er reguleret af den nationale lovgivning. Den er baseret på en case-by-case evaluering af produktet, hvor negative effekter på miljøet, landbrugsproduktionen samt menneskers og dyrs sundhed vurderes. Det kræver tilladelse at kommercialisere GM-produkter. Godkendelsesprocessen involverer Fødevarerministeriets fødevarerstyrelse, komiteen for landbrugsbioteknologi og direktoratet for landbrugsfødevarermarkeder.

I 2007 blev der for første gang godkendt en GM-afgrøde, der har to eller flere gener indsat, de såkaldte "stacked genes". Godkendelsesprocessen for sorter, der har "stacked genes", er forenklet, således at hvis de tidligere er blevet godkendt individuelt, er det ikke nødvendigt at gennemføre en omfattende evaluering af den nye GM-afgrøde.

Mærkning af fødevarer og foder, der indeholder GMO, er generelt ikke lovpligtigt. Den argentinske holdning er, at det ikke er nødvendigt at informere forbrugere, om de spiser GM-fødevarer eller ej. Det vil af forbrugerne kunne opfattes som en advarsel, hvilket vil være vildledende.

Hvad angår konventionelle non-GMO varer til eksport, anvender de argentinske producenter et "Identity Preserved" program, som sikrer sporbarheden af produktet. Certificering sker af tredjepart. Økologiske varer kontrolleres af den argentinske fødevarerstyrelse.

Argentinas lovgivning for intellektuelle rettigheder og patenter lever op til TRIPS-aftalen (Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights) og de internationale standarder på området. Den amerikanske virksomhed Monsanto, som har

introduceret flere af GM-afgrøderne i landet, mener dog, at loven ikke håndhæves og har forgæves forsøgt at inddrive nogle af de patentgebyrer, som selskabet mener at have krav på for genmaterialet i sojabønner.

Det er ikke tilladt at importere GM-raps.

Produktion og handel

GM-afgrøder findes indenfor soja, majs og bomuld. Argentinas soja er i dag næsten udelukkende GM, og majs (73 %) og bomuld (80 %) er godt på vej i samme retning. Der var i 2008 i alt 11 godkendte GM-afgrøder. Der er tale om GMO-afgrøder, der er resistente overfor herbicider og/eller pesticider. Sojabønner blev i 1996 introduceret som den første GM-afgrøde i Argentina. Landet er i dag verdens tredje største sojaproducent og 98 procent af landets såning af soja sker med GM-frø. I 1995/1996 dyrkede Argentina GM-soja på 5.980 millioner hektar land. I 2007 blev det opgjort til at udgøre over 15 millioner hektar. 98 procent af produktionen af sojabønner, sojaolie og afledte produkter eksporteres. GM-majscyldyrkingen dækkede i 1996/1997 et areal på ca. 2.2 millioner hektar i forhold til ca. 13.000 hektar i 1998/1999. GM-bomuld repræsenterer 80 % af det dyrkede bomuldsareal. Det svarer til ca. 320.000 hektar. Også produktionen af majs og bomuld eksporteres i stort omfang til udlandet.

USA

Genteknologiens udbredelse og fremtid i USA

Sammenfatning:

Anvendelse af GM afgrøder er de seneste år blevet så udbredt i USA, at denne teknologi nu er reglen og ikke undtagelsen hvad angår de store afgrøder. Teknologien er i hastig udvikling, hvilket indebærer, at udviklingsfasen for nye afgrøder fremover vil blive afkortet væsentligt, ligesom GM sorter med nye og mere komplekse egenskaber vil se dags lys. Som en konsekvens af teknologiudviklingen vil nye sorter i øvrigt kunne udvikles uden anvendelse af antibiotikaresistente markørgener.

Da der i USA kun er en stærkt begrænset folkelig opposition mod teknologierne og et nærmest fuldstændigt fravær af politisk engagement på området, tegner der sig et billede af en teknologisk kløft af tiltagende dybde og bredde mellem EU og USA.

Kløften vil som minimum give nye udfordringer i den transatlantiske handel, herunder - med stigende sandsynlighed - retaliering fra USA's side jævnfør GMO-sagen i WTO-regi. Derudover kan den – afhængigt af EU's proces med godkendelser af nye GM-afgrøder – begrænse adgangen til foderstoffer og på længere sigt bidrage til øget divergens mellem produktiviteten i amerikansk og europæisk landbrug.

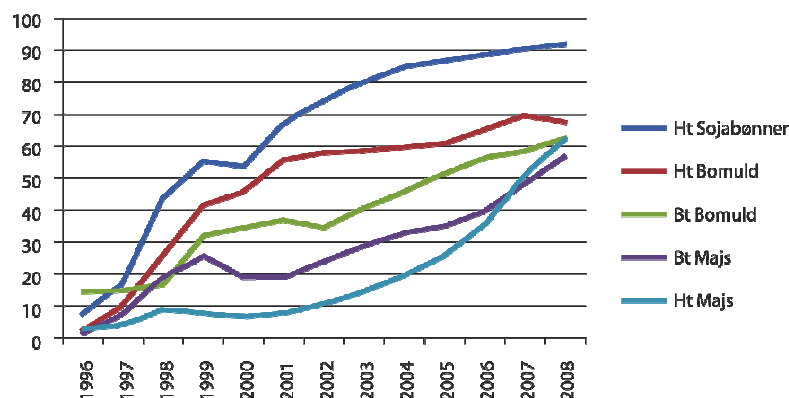
Fortsat hastig amerikansk udbredelse af GM afgrøder

Anvendelse af GM-afgrøder er de seneste år blevet så udbredt i USA, at denne teknologi nu er reglen og ikke undtagelsen.

Amerikanske landmænd dyrker i dag GM-alfalfa, GM-bomuld, GM-majs (foder såvel som suktermajs), GM-papaya, GM-raps, GM-soja, GM-squash og GM-sukkerroer. For de store afgrøder såsom majs og soja er GM-andelen stigende og – i visse tilfælde – næsten fuldstændigt dominerende.

I alt er der givet 74 tilladelser til udsætning af GM-planter (i USA betegnes tilladelser som dereguleringer, idet en tilladelse indebærer, at planten ikke længere reguleres af myndighederne). Hertil kommer, at der er givet tilladelse til 13.000 markforsøg.

Figur 1. Produktion af GM-afgrøder i USA



Hvede er en af de mere kontroversielle afgrøder. Hvede indtages således direkte som føde i modsætning til soja og majs, der primært anvendes som dyrefoder, og dermed kun indirekte når forbrugeren. Af frygt for negative forbrugerreaktioner har de amerikanske hvedeproducenter derfor hidtil afholdt sig fra at anvende GM-hvede. Ifølge ambassadens oplysninger er der dog fornyet interesse for GM-hvede. Dette skyldes først og fremmest, at den konventionelle hvedeproduktion fortrænges af GM-majs og GM-soja, hvorved prisen på hvede stiger, hvilket igen betyder, at potentialet for en GM-hvede øges. Ifølge ambassadens oplysninger drøfter de store hvedeproducerende lande, herunder USA, Canada og Australien, derfor aktuelt en koordineret lancering af GM-hvede. Tanken er, at hvis GM-hvede introduceres samtidig af disse lande, vil det være en fuldbyrdet kendsgerning, som vil gøre det svært for markedet at fravælge GM-versionen.

Flere nye GM-afgrøder er undervejs til godkendelse. Heraf både nye egenskaber til afgrøder, der allerede findes i en GM-version, og GM-varianter af afgrøder, som hidtil kun er set i konventionelle udgaver, herunder ris, kartofler, salat, jordbær, æbler og bananer. Hertil kommer nye afgrøder, der af konkurrencemæssige hensyn endnu ikke er kommet til offentlighedens kendskab.

En samlet oversigt over allerede godkendte og kommende GM-varianter findes på dette link:
http://bio.org/speeches/pubs/er/agri_products.asp

En teknologi, som endnu kun er på kravlestadiet

Centrale amerikanske aktører med kendskab til biotekbranchen påpeger, at GM-teknologien, som vi kender den, aktuelt kun befinder sig på kravlestadiet, og at der vil ske en drastisk udvikling i de kommende år.

Som eksempel herpå kan nævnes, at Monsanto har patenteret anvendelsen af MRI-scanning til anvendelse i analyse og selektion af udsæd. Teknologien er et eksempel på en såkaldt "high throughput non-destructive" metode, der indebærer, at en genmodificeret majskerne ikke skal sås og vokse, før man kan analysere dens egenskaber og dernæst udvælge de bedste kerner til videre opformering. Med MRI-scanning kan man udvælge allerede før såning og derved spare en hel vækstsæson i udviklingsfasen.

Et andet eksempel er, at Dow AgroSciences har købt rettighederne til en ny teknologi kaldet Zink Finger (af Dow registreret under varemærket EXZACT), der gør det muligt at indsætte et gen et bestemt sted i f.eks. majs-genomet. Dette er et betydeligt teknologisk fremskridt, idet man hidtil har indsat genet tilfældigt gennem bogstaveligt talt at beskyde genomet med en mængde gener. Derved har man efterfølgende skullet selekttere for de bedste egenskaber blandt en stor mængde majs med tilfældigt placerede gener. Andre lignende teknologier er også udviklet og under udvikling, og iagttagere vurderer, at udviklingsperioden for en ny GM-sort allerede med de nuværende teknologier kan reduceres med ca. 2 år. Zink Finger teknologien udmærker sig i øvrigt ved, at den overflødiggør anvendelsen af antibiotikaresistente markørgener.

Samlet set er der tale om en teknologiudvikling, som med stigende hastighed går i dybden såvel som bredden.

Ingen væsentlig modstand fra forbrugere eller politikere

I en dansk kontekst ville de fleste formentlig gætte på, at følgende citat stammer fra en bioteknologisk virksomhed:

”Selvom ikke alle fordelene forudset af biotekbranchen har materialiseret sig, er der i dag dokumentation for, at teknologien rummer betydelige fordele. GMO-afgrøder er kommet for at blive.”

Citatet stammer imidlertid ikke fra biotekbranchen men derimod fra en af de største amerikanske forbrugerorganisationer i USA⁶. Citatet er yderst illustrativt for graden af accept af bioteknologi i USA. Bioteknologi er ikke et emne, der debatteres, det er et ”fact of life”.

Til illustration kan nævnes den nye dokumentarfilm ”Food Inc.”, der indirekte er baseret på den nøgterne men stærkt kritiske bog ”Fast Food Nation” af Eric Schlosser. I filmen gøres blandt andet biotekbranchen til genstand for debat. Det er dog ikke bioteknologiens miljø- eller sundhedsmæssige effekter, der er til debat. Debatten om bioteknologi vedrører udelukkende konsekvenserne af de monopollignende tendenser inden for branchen samt den deraf afledte virksomhedsadfærd.

Til baggrund kan oplyses, at forbrugerbevægelsen i USA er struktureret meget anderledes end den danske. Der er mangfoldige enkeltorganisationer med kun uformel indbyrdes koordinering, og forbrugerorganisationerne sætter en stor ære i hverken direkte eller indirekte at modtage finansiering fra det offentlige. Der er selv sagt lommer af modstand mod bioteknologi også i USA, men det er relativt vanskeligt at finde disse lommer.

Det politiske niveau afspejler situationen blandt forbrugerne. Modsat Danmark og EU er Kongressen ikke involveret i godkendelsen af individuelle GM-sorter. Faktisk har Kongressen end ikke udformet selvstændig lovgivning vedr. GM-planter. Den amerikanske regulering består således af bekendtgørelser, som er udformet med udgangspunkt i eksisterende love om beskyttelse af naturen og den menneskelige sundhed. Som på alle andre områder har Kongressen ansvaret for at overvåge administrationen, hvilket indebærer, at Kongressen til enhver tid kan gennemføre offentlige høringer, herunder indkalde vidnesbyrd fra administrationen. Ambassaden er dog ikke bekendt med, at Kongressen inden for de senere år har benyttet sig af denne mulighed i forhold til GM-området.

Ingen mærkning men stor udbredelse af GM-fødevarer

Der er i USA ikke krav om mærkning af GM-fødevarer. Faktisk ville det med stor sandsynlighed føre til sagsanlæg, såfremt en fødevarerproducent valgte at mærke en fødevarer med, at den var produceret uden brug af GM-afgrøder. Baggrunden herfor skal findes i, at der i USA kun er lovmæssig hjemmel til at mærke fødevarer med dokumenterede materielle og sundhedsrelaterede forskelle. Af samme grund kan produkter fra klonede dyr heller ikke mærkes. I en amerikansk optik er klonerne således kopier af deres ophav og ingen forskel kan påvises i produkternes sammensætning.

Eftersom der ikke er mærkning af GM-fødevarer i USA og som følge af den store udbredelse af GM-afgrøder i landbruget, er det vanskeligt at vurdere udbredelsen af GM-fødevarer. Det må dog antages, at stort set alle andre fødevarer end de økologiske i større eller mindre grad indeholder GM- ingredienser. Dette følger logisk set af, at soja- og/eller majsbaseerede ingredienser indgår i langt hovedparten af højtforædlede fødevarer på hylderne i de amerikanske supermarkeder.

Sameksistens

USA har ikke nogen særskilt sameksistenslovgivning men overlader til det civile retssystem at håndtere eventuelle tvister i relation til sameksistens.

Der har i USA været flere tilfælde af retslige tvister. Den seneste større sag fra august 2006 omhandlede utilsigtet forekomst af en GM-rissort Liberty Link, som var under udvikling af Bayer. Liberty Link var endnu ikke godkendt til udplantning i USA (endsige til import til EU) men fandt alligevel vej ind i den konventionelle såsæd. Da forekomsten af Liberty Link efterfølgende blev sporet i eksportpartier til EU og Japan, førte det til betydelige prisfald og dermed tab for de amerikanske risbønder.

På trods af sager som denne er der i USA ikke tegn på, at der vil blive indført sameksistensregler svarende til de regler, der er indført i Danmark eller andre EU lande.

⁶ Citatet (ambassaden oversættelse) er fra en artikel i ”Environmental Forum” (Volume 26, Number 2 • March/April 2009) af Gregory Jaffe, Director, Biotechnology Project, Center for Science in the Public Interest.

Tværtimod er den amerikanske administration af den opfattelse, at sameksistensreglerne i en række EU-lande udgør en teknisk handelshindring. Dels er det generende for amerikanske eksportører, at reglerne ikke er identiske i alle EU-lande, dels anses reglerne for at pålægge producenter og distributører af GM-afgrøder en uberettiget økonomisk byrde. Den amerikanske tænkning er, at når afgrøderne på et videnskabeligt grundlag først er godkendt som værende sikre, er det uberettiget at indføre restriktioner for disses dyrkning og håndtering.

Retaliering

USA vandt i 2006 en WTO-sag om EU's manglende/forsinkede godkendelse af nye GM-afgrøder til import og udsætning. USA fik medhold i, at EU ikke havde videnskabeligt grundlag for den tænkepause, der blev indført i 1999. USA fik også medhold i, at EU uberettiget havde forsinket godkendelsen af 24 ud af 27 GM-planter, som var omfattet af sagen. Som konsekvens heraf er USA berettiget til at indføre såkaldt retaliation mod EU. Dette indebærer, at USA kan indføre straffetold på EU-produkter svarende til den omsætning amerikanske virksomheder har mistet på EU-markedet. USA er aktuelt i færd med at opgøre omfanget af disse mistede markedsandele. Hvorvidt USA herefter vil skride til retaliation er aktuelt uvist. Beslutningen vil formentlig afhænge af, hvorvidt USA vurderer, at der er udsigt til snarlige fremskridt i EU's godkendelsesproces vedrørende nye GM-sorter. Det er også uvist, hvilket omfang en retaliation vil have, samt hvordan den vil blive fordelt på de enkelte EU-lande. Ambassaden vurderer, at der er tale om en reel trussel, som vil kunne få væsentlige konsekvenser for den danske eksport til USA.

Canada

Genteknologiens udbredelse

Resume

Der er konsensus politisk om at Canada skal være på forkant med den bioteknologiske udvikling, herunder udvikling af genmodificerede (GM) produkter til brug for fødevarer, dyrefoder, medicinalvarer og andre produkter, og at det regulatoriske rammeverk skal understøtte denne udvikling. Denne kurs bakkes op af industrien og landbrugserhvervet. Forbrugerne giver i meningsmålinger udtryk for skepsis mod GM, men denne skepsis afspejler sig kun i meget begrænset omfang i politisk handling eller offentlig debat.

Canada opererer ikke med forskellige godkendelsesprocedurer for GM-produkter og "naturligt" udviklede produkter. Godkendelsesprocessen for GM-produkter er på den baggrund bygget op om princippet "substantiel lighed" - hvis et GM produkt vurderes at have "substantiel lighed" med et eksisterende produkt vurderes det ikke nødvendigt, at gennemføre særlige sikkerhedstests af produktet.

Canada er verdens 5. største producent af GM-fødevarer, og det vurderes at ca. 70 % af alle forarbejdede fødevarer på det canadiske marked indeholder GM-rester. Det forventes, at der til stadighed vil komme nye GM-varer på markedet i takt med de teknologiske landvindinger.

Canada indstævnedes i 2003 EU for WTO, idet man fandt at EU *de facto* havde indført et moratorium *vis-a-vis* GM-produkter. Medio juli 2009 underskrev Canada og EU et kompromis i sagen, hvorefter udsigterne til en evt. canadisk retaliation mod produkter fra EU formentlig er undgået.

Politisk holdning til GM-produkter

Der er konsensus mellem den konservative mindretalsregering og lederen af oppositionen, de liberale, om at Canada skal være på forkant med den bioteknologiske udvikling, herunder udvikling af genmodificerede (GM) produkter til brug for fødevarer, dyrefoder, medicinalvarer og andre produkter, og at det regulatoriske rammeverk skal understøtte denne udvikling. Den mest synlige skepsis mod GM-produkter kommer fra partiet Bloc Quebecois, som har sin primære vælgertilslutning i provinsen Quebec, og National Democratic Party (NDP). Spørgsmålet er dog pt. relativt langt nede på de to partiers dagsorden.

Under det nuværende politiske klima er det forventningen, at betydningen af GM-produkter særligt til udvikling af dyrefoder, farmaceutiske- og andre industriprodukter samt i mindre grad til fødevarer fortsat vil stige i betydning i takt med de teknologiske landvindinger.

Den generelt positive holdning til GM-produkter bliver delt af såvel industrien som landbrugserhvervet. En vigtig undtagelse vedrører dog dyrkningen af GM-hvede, hvor landbrugserhvervet generelt er skeptisk, idet man frygter at den udprægede internationale forbrugerskepsis vil kunne skade den omfattende canadiske hvedeeksport negativt

Det regulatoriske rammeværk

Organisatorisk er flere føderale ministerier involveret i evalueringen af GM produkter, hvoraf de to vigtigste er *Health Canada* og *Canadian Food Inspection Agency (CFIA)*, der er en styrelse under *Agriculture and Agri-food Canada*.

CFIA godkender genmodificerede planter, træer og dyr og har derudover mandat til at fremme handel (herunder af GM-varer), mens *Health Canada* er ansvarlig for at vurdere sikkerheden for dels menneskeligt konsum af GM-fødevarer (inkl. kød fra GM-kvæg) dels sikkerheden af veterinære lægemidler, medicinalvarer, sprøjtemidler og kosmetiske produkter.

Politisk afspejler Canadas positive syn på GM-varer sig i det regulatoriske rammeværk. Canada har ikke etableret særlige regler for GM-produkter, men alene regler for "planter med særlige karaktertræk" (*plants with novel traits*) og "nye fødevarer" (*novel foods*) som blandt andet inkluderer planter og fødevarer med GM organismer. Fokus er med andre ord på karaktertrækkene for en given plante, ikke hvordan de er udviklet.

Processen fsva. godkendelse af GM-produkter er på den baggrund bygget op om principperne "familiaritet" og "substantiel lighed" mellem GM-produkter og ikke-GM produkter. Hvis et GM produkt vurderes at have "substantiel lighed" med et eksisterende produkt vurderes det ikke nødvendigt, at gennemføre særlige sikkerhedstests af produktet.

Udbredelsen af GM

Statistics Canada fører ikke statistik over omfanget af produktion af GM-afgrøder i Canada, hvilket afspejler, at man ikke politisk ser en interessant adskillelse mellem GM-producerede afgrøder og "naturligt" producerede afgrøder. Ifølge *the International Service of the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA)* var Canada i 2008 verdens 5. største producent af GM-fødevarer med følgende produktion på et areal svarende til 7,6 mio. hektar land: majs, raps, sojabønner og sukkerroer. Derudover importeres en række GM-fødevarer fra USA herunder mælkeprodukter (*Bovine Growth Hormone*), bomuldskerneolie, papaya og squash. *Health Canada* skønner, at ca. 70 % af alle forarbejdede fødevarer på det canadiske marked indeholder GM-rester (om end dette tal kun skønnes at udgør ca. 2 % af hele det forarbejdede produkt).

Begrebet novel foods gør det vanskeligt at fastslå det præcise antal GM-godkendelser i Canada. *CFIA* har udstedt 76 autorisationer, hvoraf ikke alle er omfattet af den internationalt aftalte definition af GM i *Cartagena Biosafety Protocol*. En liste over godkendte novel foods kan findes via følgende link: <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/appro/index-eng.php>.

CFIA giver løbende tilladelser til GM markforsøg for planter til brug for fødevarer, dyrefoder, vacciner, farmaceutiske industriprodukter med videre. Antallet af markforsøg, eller oplysninger om hvor de finder sted, er ikke offentligt tilgængelige. Selv provinsregeringerne kan ofte ikke få oplyst, hvor i deres provins markforsøg finder sted.

Hvede er en af de mere kontroversielle afgrøder, eftersom det indtages direkte som føde i modsætning til eks. soja og majs, der primært anvendes som dyrefoder, og dermed kun indirekte når forbrugeren. Af frygt for negative forbrugerreaktioner har de canadiske hvedeproducenter hidtil afholdt sig fra at dyrke GM-hvede, og modstanden mod GM-hvede blandt landmændene er ligeledes signifikant. Ifølge en undersøgelse fra *Canadian Wheat Board* fra 2009 er 69 % af canadiske landmænd imod introduktionen af GM-hvede, mens kun 9 % svarer, at de ønsker at kunne dyrke GM-hvede hurtigst muligt.

Det er interessant at bemærke, at *Grain Growers of Canada* sammen med søsterorganisationerne *National Association of Wheat Growers* i USA og *Grains Council of Australia* i 2009 er kommet med en fælles erklæring, der opfordrer til koordineret introduktion af GM-hvede. Argumentet er, at en fælles lancering af GM-hvede vil umuliggøre en forbrugerboycot pga. disse landes dominerende status på det globale marked. Den GM-skeptiske NGO *Canadian Biotechnology Action Network* finder det dog ikke realistisk at forestille sig, at hvedeproducenternes initiativ vil kunne samle den nødvendige støtte i lyset af den omfattende internationale forbrugermodstand.

Canada har ingen regler for sameksistens mellem GM afgrøder og ikke-GM afgrøder.

Borgerinformation vedr. GM-varer

Den canadiske regering er modstander af obligatorisk mærkning af GM-varer på trods af at meningsmålinger løbende har konfirmeret, at dette er ønsket af op imod 90 % af befolkningen. Canada vedtog i stedet i 2004 at etablere et frivilligt mærkningssystem for GM-varer. Initiativet omkring frivillig mærkning har ifølge *Greenpeace Canada* ikke haft nogen effekt, idet ingen varer indeholdende GM til dato er blevet frivilligt mærkede.

Derudover har offentligheden ikke adgang til de videnskabelige data som biotek-firmaerne giver til de føderale myndigheder med henblik på at opnå godkendelse for et givent GM-produkt. Dette umuliggør en uvildig tilbundsående analyse af de potentielle risici af GM-afgrøden for mennesker, dyr og miljø. Derudover har hverken *CFIA* eller *Health Canada* kapacitet til at gennemføre deres egne uafhængige testresultater, og baserer derfor alene deres afgørelser på data leveret af virksomhederne. Disse data er fortroligt stemplede – forretningshemmeligheder – hvilket ikke levner offentligheden mulighed for at verificere validiteten af godkendelsesprocessen.

Den mangelfulde mulighed for at få indsigt i varers indhold af GM har været rejst politisk af Bloc Quebecois, som senest i 2008 fremsatte et lovforslag om tvungen mærkning af GM-varer; et forslag der blev afvist. Derudover har blandt andet *Greenpeace Canada* og *Canadian Biotechnology Action Network* m.fl. ved flere lejligheder krævet bedre information til borgerne om GM-produkter og større mulighed for at se virksomhederne efter i sømmene.

For borgerne betyder fraværet af lovpligtige markering af GM-fødevarer, at alene økologiske fødevarer med sikkerhed ikke indeholder rester af GM.

Den canadiske regering finder dog, at der gøres nok for at informere offentligheden om GM, idet man løbende gennemfører offentlige konsultationer om retningslinier og regler på området, ligesom beslutningsdokumenter gøres offentligt tilgængelige.

Sporadisk modstand mod GM-produkter

Den canadiske tilgang til GM-problematikken er blevet kraftigt kritiseret af *Royal Society of Canada* (RSC), som består af ledende canadiske forskere indenfor området. RSC fik i 2000 af *Health Canada*, *CFIA* og *Environment Canada* til opgave at komme med anbefalinger til GM-regulering og fremlagde 58 anbefalinger med fokus på anlæggelsen af et forsigtighedsprincip. Ekspertpanelets anbefalinger blev taget ad notam og visse begrænsende initiativer iværksat, men hovedparten af RSC's anbefalinger er imidlertid aldrig blevet implementeret.

Den begrænsede opfølgning på RSC's anbefalinger gav anledning til nogen offentlig kritik efter rapportens offentliggørelse, men bortset herfra er der begrænset fokus på GM-problematikken i det canadiske samfund. Forbrugerorganisationerne er fragmenterede, og flere er tæt forbundet med industrien og derfor generelt positive ift. GM-produkter.

På trods af at canadierne giver udtryk for udpræget skepsis mod GM-fødevarer i offentlige meningsmålinger findes den primære vokale modstand mod GM-produkter hos NGO'ere som *Greenpeace Canada* og *Canadian Biotechnology Action Network*, som blandt andet hæfter sig ved faren for at GM-afgrøder kontaminerer ikke GM-afgrøder, monopol-tendenser hos biotekfirmaer, som opkøber virksomheder indenfor såsædsbranchen, fremvæksten af ukrudt, som er resistent overfor sprøjtemidler, fremvæksten af nye allergiformer samt sundhedsproblemer hos landmænd, der bruger sprøjtemidler, som skal bruges sammen med GM afgrøderne. Den canadiske rigsrevisor fremførte lignende kritikpunkter i sin 2004 rapport vedr. *CFIA* uden at det dog har afstedkommet ændringer. GM-spørgsmålet fylder generelt meget lidt i den offentlige debat.

Enighed mellem Canada og EU i udestående WTO sag om GM

Canada indstævnedes i maj 2003 EU for WTO, idet man fandt at EU trak godkendelser af GM-produkter i unødigt langdrag, og at EU dermed de facto havde indført et moratorium vis-a-vis GM-produkter. WTO gav i tre rapporter fra 2006 Canada medhold i klagen.

Medio juli 2009 underskrev Canada og EU et kompromis i sagen, hvilket blandt andet indebærer, at man regelmæssigt vil afholde dialogmøder om GM i landbrugsprodukter. Med kompromiset er udsigterne til en evt. canadisk retaliering mod produkter fra EU formentlig undgået.

Australien

Canberra – Holdning til GMO'er

Følgende informationer er fra offentligt tilgængelige kilder såsom det australske ministerium for landbrug, fiskeri og skovbrug, sundhedsministeriet, partiprogrammer samt landbrugets interesseorganisationer. Ambassaden har kontakttet det australske udenrigsministerium samt ministeriet for landbrug, fiskeri og skovbrug for yderligere oplysninger, men dette viste sig umuligt for disse at imødekomme.

Hvad er holdningen til GMO på det politiske niveau hos hhv. regering og opposition, både i forhold til dyrkning, markedsføring som fødevarer, import til for eksempel foder eller anvendelse i medicinalindustrien?

Den siddende regering anerkender borgernes betænkeligheder ved fødevarer indeholdende GMO. Derfor søger regeringen at opretholde en høj fødevarer sikkerhed af hensyn til forbrugere og miljø samt føre tilsyn med import, eksport, produktion og distribution af GMO produkter. Derudover vil man indføre mærkning af GMO produkter og løbende foretage undersøgelser af fødevarer, der indeholder GMO.

I Australien er det Office of the Gene Technology Regulator (OGTR), som fører tilsyn med og regulerer GMO. Handler med GMO skal autoriseres, og der vil ikke blive udstedt tilladelser, førend OGTR er tilfredse med, at potentielle risici kan håndteres, således at befolkningens helbred og sikkerhed, samt miljøet er beskyttet. Dette sikrer, at kun vurderede og godkendte GMO produkter når forbrugerne.

De australske stater og territorier har mulighed for individuelt at indføre forbud mod dyrkning af GMO afgrøder.

Flere stater gjorde dette i begyndelsen af 2003, men i sidste halvdel af 2007 har staterne New South Wales og Victoria ophævet forbuddet. Western Australia ophævede deres forbud i december 2008, mens South Australia opretholder deres forbud. Tasmanien har forlænget deres forbud til november 2014, og Queensland har tilladt dyrkning af GMO afgrøder siden 1995, og har aldrig haft et GMO forbud.

Hvad er landbrugets og industriens holdning til dyrkning, import til foder og anvendelse til fødevarer?

National Farmers' Federation (NFF) ser genteknologi som et værdifuldt værktøj i landbrugsproduktionen. En ansvarlig og strategisk anvendelse af genteknologi kan resultere i betydelige fordele for de australske landmænd. NFF støtter genteknologiforskning og -udvikling og mener, at udbyttet heraf kan bidrage til at imødegå Australiens fremtidige udfordringer inden for økonomisk vækst, menneskelig sundhed og miljømæssig bæredygtighed.

NFF støtter ligeledes OGTRs rolle i vurderingen af effekter på den menneskelige sundhed samt GMO organismers miljømæssige sikkerhed. Derudover har NFF tiltro til, at landbruget har egen interesse i at anvende genteknologi med den nødvendige omhu. NFF opretholder forbrugernes, landmændenes og processernes ret til frit at vælge, hvilken slags produkter de vil anvende.

Hvad er forbrugernes holdning til GMO, både i forhold til både dyrkning, import til for eksempel foderbrug og anvendelse i fødevarer og medicin? Anvender myndighederne aktivt virkemidler for at informere befolkningen om GMO?

Studier foretaget af Biotechnology Australia viser, at der blandt forbrugerne generelt er lille viden om, hvad der ligger i betegnelsen GMO. Biotechnology Australia forvaltede indtil 30. juni 2008 den nationale strategi for bioteknologi på vegne af den australske regering. Undersøgelser viser dog, forbrugere er blevet mere villige til at købe fødevarer baseret på dyr fodret med foder indeholdende GMO. Der synes ligeledes at være en stigende accept af GMO fødevarer, hvis disse kan bevises at have direkte fordele for forbrugeren. I en undersøgelse foretaget af Food Standards Australia New Zealand fra 2007, gav størstedelen af de adspurgte ikke udtryk for bekymring over mærkning af GMO produkter og lagde generelt ikke mærke til mærkningen af disse. Food Standards Australia New Zealand udvikler og administrerer fødevestandarder i henholdsvis Australien og New Zealand.

Hvordan er reglerne for mærkning af produkter med GMO? Er der tærskelværdier for utilsigtet forekomst og dermed for mærkning? (Spørgsmålet alene relevant for lande uden for EU, idet der er fælles EU-regler på området)

Den australske regering stiller krav om mærkning af produkter, så forbrugerne kan vælge imellem fødevarer indeholdende GMO og traditionelle eller økologiske produkter. Det er dermed lovpligtigt at identificere GMO produkter gennem mærkning. GMO produkter og ingredienser skal identificeres ved hjælp af mærkning med ordene 'genetisk modificeret', og samtidig skal produktet mærkes såfremt anden tilberedning end for traditionelle produkter er nødvendig.

I Australien er det ikke et krav at mærke GMO-foderprodukter og produkter fra dyr, som er blevet fodret med GMO-foder. Der er dermed ingen krav om, at animalske produkter skal mærkes som GMO produkter, i tilfælde af fodring med GMO-foder, da dyret i sig selv ikke er genetisk ændret.

I de australske fødevarerkrav er der fastsat tærskelværdier for utilsigtet forekomst af GMO og dermed krav om mærkning. I tilfælde af mindre end 1g GMO- ingredienser per kg færdigt produkt, eller hvis der utilsigtet er mindre end 10g GMO per kg ingrediens, er færdigvaren ikke defineret som et GMO produkt og skal dermed ikke mærkes med GMO.

Hvordan ser fremtiden ud for GMO, både mht. dyrkning, import og markedsføring til fødevarer, foder og medicin?
Louise Willey, Assistant Manager, Productivity & Food Security Unit i det australske landbrugsministerium oplyser, at fremtiden for GMO i Australien i høj grad afhænger af industrien. De offentlige myndigheder regulerer og godkender ansøgninger om GMO afgrøder og produkter, men driver i sig selv ikke udviklingen af GMO.

Hvor mange hektar GM-afgrøder dyrkes der, og hvilke afgrøder dyrkes?

De nyeste tal fra International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) viser, at der i Australien i 2008 blev dyrket 200.000 hektar GM-afgrøder. Der er her tale om 90 % bomuld og ca. 10 % andre afgrøder, primært raps og nelliker.

Såfremt der markedsføres fødevarer, som indeholder GMO: hvor mange produkter/hvor store mængder?

For raps er tre GMO produkter godkendt, og for majs er 14 produkter godkendt. Mht. bomuld, hvor restprodukter anvendes til foder, er 8 produkter godkendt, og for lucerne er 1 produkt godkendt. For kartofler er tre produkter godkendt, for sukkerroer 2 og for sojabønner fire produkter. Yderligere er ti enzymprodukter blevet godkendt.

For terapeutiske produkter er i alt 53 produkter godkendt, og endelig for pesticider og veterinær medicin er tre produkter godkendt. Mængderne kendes ikke.

Importeret GM-produkter til foderbrug? Hvor meget?

Australien importerer GM sojabønner og mel fra USA og Brasilien. GM rapsfrø og majs bliver i nogle tilfælde importeret, og rapsfrø vil da komme fra Canada og majs fra USA. Import til Australien af GM korn uden bevilling til erhvervsmæssig brug fra OGTR kan blive godkendt, men under omstændigheder, der kræver streng opbevaring og behandling.

Er der i den nationale lovgivning fastsat regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder (konventionelle såvel som økologiske)?

I den nationale lovgivning er der ikke fastsat regler om sameksistens, men de enkelte stater kan fastlægge egne regler og/eller stille krav til industrien om at udvikle standarder på området.

Kina

Kinas Holdning til GMO

Kinas officielle politik vedrørende GMO er at "selvstændigt holde på intellektuelle ejendomsrettigheder af GMO-teknologi samt garantere sikkerhed og miljøbeskyttelse". Eftersom GMO kan være et komplekst emne i forhold til miljø, sundhed og international handel, varetages Kinas officielle GMO politik under streng supervision af den centrale regering.

De kinesiske myndigheder er dog relative åbne omkring deres støtte til øget forskning indenfor GMO. Den kinesiske premiereminister Wenjiabao annoncerede i juni 2008 afsættelsen af 24 milliarder RMB til forskning i bioteknologi og GMO. Det sker, eftersom GMO er af de højst prioriterede områder i det nationale program for den langsigtede forskning for teknologisk udvikling for 2006-2020. Den detaljerede implementering af GMO forskningsmidlerne blev vedtaget i marts 2009, og Kina forventes som følge heraf at betydeligt optrappe GMO forskning det kommende årti.

GMO skaber stadig grobund for diskussioner i Kina. Fortalerne hævder, at GMO kan fremme befolkningens levestandard og sikre den kinesiske strategi om at opnå en højere grad af uafhængighed af befolkningens fødevarerforbrug gennem øget produktivitet. Modtalerne for GMO argumenterer for at GMO's potentielle indflydelse på menneskers

sundhed og miljø ikke kan garanteres, da den nuværende teknologi og metode endnu ikke menes at kunne påvise skader som følge af GMO.

Holdningen hos kinesiske landmænd vedrørende GMO er tvetydig. På den ene side vil GMO-teknologi kunne hjælpe med at øge produktivitsniveauet for afgrøder, men på den anden side kræves det, at landmændene selv betaler for brugen af patentrettighederne for disse teknologier. Da det medfører en betydelig omkostning for de kinesiske landbrug, udgør det den største hindring mod en øget udbredelse af GMO i Kina.

Kinesiske forbrugere foretrækker stadig traditionelle fødevarer. På trods af at den kinesiske befolkning ikke er i stand til at præcisere hvad GMO er eller indikere, hvilken slags GMO produkter som findes på markedet i dag, synes de overvældende negative i forhold til GMO. Det viser en nyere undersøgelse foretaget i Beijing. Således svarer 64,9 % af respondenterne, at de har "intet eller yderst begrænset kendskab" til GMO. Kun 2,3 % svarede at de havde "godt kendskab" til GMO. Ydermere vidste 62,8 % af respondenterne ikke, hvorvidt de havde konsumeret GMO produkter.

Umiddelbart menes GMO at spille en større rolle i fremtidens Kina. Det skyldes primært: 1) regeringens fokus på at højne bøndernes levevilkår for at mindske forskellen mellem land og by. Det sker gennem en landreform som vil kunne øge landbrugets produktivitet gennem muligheden for stordriftsfordele. 2) De midler den centrale regering har afsat til yderligere forskning i GMO.

Herudover har det kinesiske ministerium for landbrug pr. 2. marts 2009 udstukket en strengere regulering for tilsynet med GMO forsøg. Det gælder især områder indenfor forsøgssikkerhed, spaltningssgodkendelse, frøsalg samt kontrol med forskningsinstitutioner.

I 2008 har Kina sået genetisk modificerede afgrøder på 3,8 millioner hektar. Det er fordelt på 6 slags afgrøder - bomuld, tomater, popler, altair, anti-virus papaya samt pimiento. Kina menes således at befinde blandt de 6 lande, hvor der dyrkes genetisk modificerede afgrøder på over 1 million hektar.

Herudover har Kina godkendt 4 typer af genetisk modificerede afgrøder, som produceres kommercielt: bomuld, tomat, altair, og tobak.

Den mest kontroversielle type GMO-afgrøde er ris, og den kommercielle såning menes nu at være teknisk mulig.

Japan

Japan – Lovgivning og holdninger i relation til genmodificerede organismer (GMO)

Resumé:

Japan tillader import af et begrænset antal genmodificerede organismer til brug i fødevarer-, foder- og medicinalindustri, under forudsætning af, at disse først er blevet testet og erklæret risikofri af de japanske myndigheder. For fødevarer og foder gælder, at det er den modificerede afgrøde, der godkendes, mens det for medicinalprodukter er hvert enkelt præparat fra hver enkelte producent, der skal godkendes, uanset at andre tidligere har opnået en lignende godkendelse. Siden 2001 har det været lovpligtigt at mærke alle fødevarer, hvis vægtmæssige GMO-indhold overstiger 5 %, og mange japanske forbrugere bruger denne mærkning til bevidst at fravælge genmodificerede fødevarer. For medicinpræparater gælder, at alle ingredienser skal angives, herunder et evt. GMO-indhold, mens der ikke er mærkningskrav for foder. Der dyrkes ingen kommercielle GMO-afgrøder i Japan, men på forskningsplan bliver der eksperimenteret med genmodificering af blandt andet ris. Forbrugernes modvilje mod genmodificerede organismer er dog så stor, at resultaterne af denne forskning næppe nogensinde vil blive omsat til egentlig produktion.

Japanske holdninger til GMO

Japan er verdens største nettoimportør af fødevarer, og er kendt for at stille meget høje krav til både kvaliteten og fødevarernes sikkerhed af de importerede produkter. Dette, sammenholdt med en stor skepsis overfor 'unaturlige' fødevarer, har betydet, at Japan i mange år har trådt meget forsigtigt i debatten omkring genmodificerede organismer, og overordnet set er brugen og accepten af genmodificerede organismer derfor ikke særligt udbredt i Japan. Undersøgelser har da også vist, at japanerne, sammen med danskerne, østrigerne og tyskerne, hører til verdens mest skeptiske forbrugere, hvad angår genmodificerede fødevarer, og at japanske forbrugere faktisk bekymrer sig væsentligt mere om GMO-indhold end økologi, når de køber ind.

Omvendt set bekymrer japanske forbrugere sig ikke ret meget om GMO-indhold i foderprodukter, og GMO-indhold i medicinalpræparater synes også at være generelt accepteret. Flere undersøgelser har da også peget på, at japanske forbrugere er mere villige til at acceptere GMO-holdige produkter, hvis genmodificeringen er sket for at påføre produktet helbredsmæssige fordele frem for, hvis ændringen alene er sket af kommercielle hensyn.

Politisk set er der stort set ingen debat omkring genmodificerede organismer, og mens det angives, at politikere og akademikere er mindre GMO-skeptiske end den almindelige forbruger, er det ikke noget, som hverken politikere eller pressen synes at beskæftige sig med. En forklaring er, at de japanske forbrugere med indførelsen af GMO-mærkningskravet i 2001 har opnået en rimelig beskyttelse og valgfrihed i relation til genmodificerede organismer, og at dette derfor ikke længere er et interessant politisk emne.

Japan har dog stadig en række meget aktive aktivistgrupper på området, herunder 'the NO! GMO Campaign', 'the Seikatsu Club' og 'Daichi-no-kai', der så sent som i denne måned har igangsat en række aktiviteter i håb om at overtale australske landmænd til at opgive deres produktion af GMO-afgrøder.

På landbrugssiden importerer Japan stort set alt foder, og da forbrugerne tillige har vist sig villige til at betale en merpris for GMO-fri fødevarer, vil det næppe være rentabelt at omlægge landets begrænsede produktion af sojabønner og oliefrø til genmodificerede varianter. Der forskes dog en del i udviklingen af genmodificerede rissorter, men også her vil forbrugernes modvilje formentlig betyde, at resultaterne af denne forskning aldrig vil blive omsat til egentlig produktion.

Landets fødevarereproducenter har også måttet konstatere, at de japanske forbrugere aktivt fravælger GMO-mærkede produkter, og da de ydermere har vist sig villige til at betale en merpris for GMO-fri fødevarer, er udviklingen gået i retning af helt at fjerne genmodificerede ingredienser fra fødevarereproduktionen.

Dette har især ramt den amerikanske landbrugseksport, og fra amerikansk side har man derfor håbet, at japanerne, i lyset af den seneste tids store prisstigninger på fødevarer, ville vise sig villige til at slække på deres meget stejle afstandtagen til genmodificerede fødevarer. Dette er dog ikke sket, snarere tværtimod, idet et japansk firma for nylig har taget konsekvensen, og selv at starte en GMO-fri produktion i Canada, for hermed at kunne kontrollere alle led i produktionen.

Det skal dog nævnes, at en række produkter, som f.eks. madolie og sojasovs, er fritaget for mærkningskravet, hvorfor disse teoretisk set kan være baseret på genmodificerede ingredienser uden forbrugernes viden.

Lovgivning

Under japansk lov er det tilladt at importere et begrænset antal genmodificerede organismer til brug i fødevarer-, foder- og medicinalindustrien under forudsætning af, at disse først er blevet testet og erklæret risikofri af de japanske myndigheder.

For foderstoffer og landbrugsprodukter foretages risikovurderingen af det japanske 'Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries' (MAFF), mens det er det japanske 'Ministry of Health, Labour and Welfare' (MHLW), der er ansvarlig for godkendelsen af organismer til brug for fødevarer og medicinalprodukter. MHLWs ansvar inkluderer dog også landbrugsprodukter fremstillet til brug for fødevarereindustrien, hvorfor MAFF og MHLW i praksis arbejder sammen om udstedelsen af de fleste tilladelser.

For foder, landbrugsprodukter og fødevarer gælder, at det er den genmodificerede organisme, der skal godkendes til generelt brug, mens det for medicinalprodukter er hvert enkelt præparat fra hver enkelte producent, der skal godkendes, uafhængigt af om andre tidligere har opnået en lignende tilladelse. I praksis udføres selve risikoanalysen af 'the Food Safety Commission', som blev etableret i juli 2003 med netop dette formål.

Listen over produkter godkendt gennem denne procedure omfatter 8 genmodificerede kartoffelvarianter, 6 sojabønnevarianter, 3 sukkerroevarianter, 45 majsvarianter, 15 canola varianter, 18 bomuldsvarianter, 3 lucernevarianter og 14 tilsætningsstoffer, og kan findes på sundhedsministeriets hjemmeside <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food/pdf/sec01-2.pdf>.

Hertil kommer at yderligere 3 tilsætningsstoffer, 3 majsvarianter, 1 kartoffel og 1 sojabønnevariant, samt en ny type 1 papaja pt. er under vurdering, jf. <http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food/pdf/sec01-1.pdf>.

Mærkningskrav

For at oplyse forbrugerne om et evt. GMO-indhold, indførte Japan den 1. april 2001 mærkningskrav for alle varer, der vægtmæssigt indeholder mere end 5 % genmodificerede ingredienser. Varer indeholdende genmodificerede sojabønner, majs, kartofler, raps- og bomuldsfrø skal således mærkes enten 'GMO ingredienser anvendt' eller 'GMO ingredienser ikke adskilt', ligesom produkter indeholdende afledte tofu, sojabønne og majsingredienser også skal mærkes.

Madolier, sojasovs, cornflakes og kartoffelmos er fritaget for mærkningskravet, idet det antages, at den genmodificerede struktur nedbrydes under forarbejdningsprocessen.

Varer uden GMO-indhold kan mærkes 'GMO-fri', hvis producenten kan bevise, at ingredienserne er 'identitetsbevarede' gennem alle produktions- og forarbejdningsled. Overholdelse af denne regel sikres gennem jævnlige inspektioner i ankomsthavne og i detailhandlen, hvor det typisk er varer indeholdende majs, sojabønne, papaja og kartoffelprodukter, der kontrolleres. Findes der under en af disse kontroller spor af genmodificerede organismer, vil de pågældende varepartier blive afvist, destrueret eller mærket som uegnede som fødevarer.

For fødevarer er bagatelgrænsen fastsat via 5 %-reglen, dog under forudsætning af, at de genmodificerede bestanddele ikke udgør størsteparten af et givet produkt. For foder er der indført en tærskelværdi for utilsigtet GMO-forekomst på 1 %, i erkendelse af, at genmodificerede afgrøder er så udbredte i denne sektor, at det kan være næsten umuligt at holde produkterne adskilt.

Lovgivning for sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder

Da der ikke dyrkes kommercielle GMO-afgrøder i Japan, har spørgsmålet om sameksistens kun relevans for forsøgsudsætninger, og her er det 'Guidelines for field trials of biotech plants' (MAFF, 24. februar 2004), der er gældende lovgivning.

Disse retningslinjer udstikker den lovmæssige bufferzone til beskyttelse af omkringliggende dyrkningsarealer for en række relevante afgrøder. Derudover kræves, at der for ris og sojabønnevarianter, som endnu ikke er godkendt til hverken foder eller fødevarerproduktion, ligeledes skal udsættes en gruppe GMO-fri kontrolplanter, som sidenhen kan kontrolleres for utilsigtede effekter.

Fremtiden for GMO

Siden indførelsen af de første genmodificerede organismer i Japan i 2006, er der ikke sket de store ændringer i forbrugernes holdning, og det må derfor forventes, at der heller ikke fremover vil ske de helt store ændringer. Dog erkendes det, at Japan pga. den store afhængighed af importeret foder og fødevarer, automatisk vil komme til at importere større og større mængder genmodificerede produkter, efterhånden som disse vinder større udbredelse verden over.

Gennem den sidste måned, har der tillige været en del opmærksomhed omkring en ny type genmodificeret ris, som øjensynligt kan lette symptomerne på høfeber, men det er dog næppe nok til at føre til en markant ændring i de japanske holdninger.

Faktuelle oplysninger

Som anført, har Japan ingen kommerciel produktion af genmodificerede afgrøder, men der importeres hvert år cirka 16 millioner tons majs og 4.5 millioner ton sojabønner, hvoraf størsteparten stammer fra amerikansk producerede GMO-afgrøder.

Af de 16 millioner ton majs, importeres således hele 95 % fra USA, og det anslås at 75 % af importen (ca. 12 millioner ton) består af GMO-blandede foderprodukter, mens de øvrige 4 millioner ton stammer fra GMO-fri majsafgrøder til fødevarerproduktion.

For sojabønner, importeres omkring 3.5 million ton fra USA, hvoraf størsteparten udgøres af GMO-blandede foderprodukter. Den resterende import på godt 1 million ton stammer fra GMO-fri afgrøder, og anvendes af fødevarerindustrien i tillæg til Japans egenproduktion på godt 0,2 millioner ton.

Indien

GMO-politik i Indien

Resumé:

I Indien tillades GMO til udsætning, i fødevarer og foder samt i medicin kun efter godkendelse i en særlig komité under miljøministeriet. Den hidtil eneste tilladelse til udsætning er *bt* bomuld, der har været stærkt omdiskuteret og hævdes at have medvirket til væsentligt at forøge udbyttet, så Indien nu er verdens næststørste bomuldsproducent. Udsætning af en GM-aubergine forventes godkendt snart. Tilladelser er endnu ikke givet til fødevarer og foder, hvorimod GMO er udbredt i forbindelse med medicin. Indiens relativt restriktive praksis på området hænger sammen med det politiske hensyn til de mange små producenter i indisk landbrug og risikoen for, at eventuel kontamination vil få konsekvenser for indisk eksport til andre markeder med en restriktiv praksis. Det kan dog forventes, at behovet for at øge udbyttet pr hektar også af fødevaraefgrøder vil føre til flere godkendelser til udsætning i de kommende år, og der arbejdes aktuelt på at fastsætte regler for mærkning og tærskelværdier på GM-fødevarer.

Lovgivning

Ifølge statslig forordning af 5. december 1989, fastsat i medfør af den indiske lov om miljøbeskyttelse fra 1986, er det i Indien forbudt at udsætte (inklusive større forsøgs-udsætninger), importere, eksportere, forarbejde, anvende eller sælge genmodificerede organismer, herunder som bestanddele i fødevarer eller foder, uden forudgående godkendelse fra den særligt nedsatte komité GEAC (*Genetic Engineering Approval Committee*) under det statslige miljøministerium. Godkendelsesproceduren omfatter også brug af GMO til terapeutisk brug, som er givet i adskillige tilfælde. Der arbejdes i øjeblikket på regler for mærkning af fødevarer og foder indeholdende GMO. Et væsentligt udestående er fastsættelsen af tærskelværdier, der angiveligt i udgangspunktet var sat til 0, men forventes sat til et højere niveau.

Udbredelse

GEAC foretager risikovurderingen på baggrund af input fra underliggende ekspertkomitéer og træffer afgørelse om godkendelse, herunder betingelser for anvendelse. Komitéen vurderer ansøgninger ad hoc, og har hidtil godkendt udsætning af den genmodificerede bomuld *bt* cotton i 2002. *Bt* cotton indeholder et bakterielt gen, der dræber skadedyret bomuldslarve, som i 1990'erne var en stor plage i den indiske bomuldsproduktion. Ved godkendelsen var Indien nr. 1 i verden med hensyn til bomuldsbeplantning (9 mio. ha svarende til 20 % af verdens samlede beplantning), men kun nr. 3 med hensyn til bomuldsproduktion (13 % af den samlede produktion). Halvdelen af pesticidforbruget i Indien blev brugt til at bekæmpe bomuldslarven, som angiveligt havde udviklet en høj grad af resistens over for de traditionelt anvendte pesticider. Miljøministeriet anslog på det tidspunkt, at det økonomiske tab i bomuldsproduktionen på grund af bomuldslarven androg over Rs 1200 crore (Rs 12 mia. eller ca. Kr. 1,4 mia.). *Bt* cotton er nu godkendt til udsætning over hele Indien, og miljøministeriet anslår, at ca. 80 % af Indiens ca. 10 mio. ha bomuld er *bt* cotton.

Udsætningen af *bt* cotton gav indledningsvis anledning til politisk røre, da historier fra et af de først beplantede områder, Warangal distriktet i delstaten Andra Pradesh, om fejlslagen produktion, forgiftning af får og kreaturer og rygter om selvmord blandt landmænd blev rapporteret i mediernes. Ifølge de officielle statistikker har der dog samtidig med stigningen i beplantning med *bt* cotton været en stigning i udbyttet, jf. faktaboksen neden for, og – angiveligt – en reduktion i brugen af pesticider.

En genmodificeret aubergine, *bt* *brindal*, forventes ifølge miljøministeriet godkendt dette efterår, og der er yderligere 10-12 ansøgninger under behandling. Godkendelsen af *bt* cotton tog 7 år medregnet den tid, hvor der blev foretaget prøveudsætning. Miljøministeriet skønner, at der gennemsnitligt vil gå yderligere 1-2 år, før der træffes afgørelse om kommerciel udsætning af de GM-afgrøder, der vurderes pt. GEAC har ikke godkendt – endsige modtaget ansøgninger vedrørende - import af GMO til fødevarer eller foder. Miljøorganisationen *Greenpeace* har dog påvist forekomst af GMO i importerede chips og majsprodukter. De indiske toldmyndigheder, der er ansvarlige for kontrollen, følger op på sagen. Strukturen i den indiske husdyrproduktion (med mange, meget små husdyrbrug) betyder, at GM-foder ikke er noget større tema.

Kriterier for godkendelse

Godkendelser baseres på en risikovurdering, der omfatter de miljømæssige og fødevarsikkerhedsmæssige konsekvenser, og gives for op til 4 år ad gangen. I forbindelse med godkendelsen af *bt* cotton omfattede betingelserne for anvendelse og markedsføring blandt andet etablering af randzoner med konventionel bomuld og en række krav til ansøger om mærkning, information og løbende indrapportering og dokumentation til de indiske myndigheder. I forhold til diskussionen om nytteværdi er det interessant, at GEAC i godkendelsen pålagde ansøger at overvåge *bt* cottons

modtagelighed over for bomuldslarver og rapportere data vedrørende resistensudvikling, samt undersøge og rapportere eventuelle virkninger på andre insekter og afgrøder. Ifølge miljøministeriet indgår også økonomisk virkning og reduktion af pesticidforbrug i de årlige indberetninger til myndighederne⁷.

I forbindelse med nedsættelsen af den ekspertgruppe, der skulle foretage risikovurderingen af blandt andet *bt brindal*, blev der fra NGO-side sået tvivl om, hvorvidt proceduren inddrog alle relevante hensyn. På baggrund af et sagsanlæg fra fire aktivister, traf Indiens højesteret i 2006 afgørelse om at indføre et moratorium på prøveudsætninger af GM-afgrøder indtil der var gennemført en undersøgelse af GEAC's uvildighed. Højesteret pålagde samtidig regeringen at overvåge prøveudsætningerne og at sikre randzoner mellem marker med henholdsvis GM- og konventionelle afgrøder⁸. Højesteret ophævede moratoriet i maj 2007.

Politisk status

GMO er ikke genstand for kontinuerlig bred politisk debat i Indien. Diskussionen foregår helt overvejende mellem de direkte interessenter i form af udbydere (Monsanto m.fl.), det videnskabelige miljø og en række meget aktive miljø-NGO'er, mens brancheargumentationerne primært er optagede af, at GMO-politikken ikke skader deres interesser i forhold til produktion og eksport.

Miljøministeriet arrangerer workshops om GMO og har iværksat træningsprogrammer for landmænd (samme forpligtelse blev pålagt ansøger i forbindelse med godkendelsen af *bt cotton*) samt udarbejdet undervisningsmateriale til skoler.

Den indiske regerings strategi på GMO-området kan bedst beskrives som forsigtigt progressiv. På den ene side opfattes bioteknologi som et væsentligt middel til at møde den stadigt mere krævende udfordring at brødføde en hastigt voksende befolkning i et land med et af verdens laveste udbytter pr ha i landbrugssektoren. Adgangen til jordressourcer er ca. 5 gange mindre i Indien end verdensgennemsnittet, og der er store problemer med svind på grund af skadedyr og dårlig infrastruktur. Indiens præsident, Pratibha Patil, har tidligere med henvisning til disse udfordringer talt om behovet for en 'anden grøn revolution' med brug af bioteknologi til at øge produktion og udbytte.

På den anden side vejer hensynet til de mange små farmere, der udgør en væsentlig del af den indiske befolkning, tungt. Kritikere i den indiske offentlighed, heriblandt en række aktive NGO'er, har peget på miljømæssige og socio-økonomiske risici for den sårbare indiske landbrugssektor ved øget brug af GM-afgrøder, blandt andet under henvisning til, at GM-teknologien er belagt med patenter og domineres af nogle få multinationale firmaer.

Samtidig har indiske landbrugsorganisationer og riseksportører advaret om, at markforsøg med GM-ris (der har været udført flere steder i Indien siden 2005) kan udgøre en trussel mod Indiens vigtige eksport af ris til EU, Japan og Mellemøsten, og dermed mod millioner af fattige risbønderes levebrød, på grund af risikoen for kontamination. Brug af GMO i fødevarer afgrøder opfattes generelt som langt mere kontroversielt end i for eksempel bomuld⁹, og i juni 2009 udtalte en nedsat regeringskommission sig negativt om øget brug af GMO i fødevarer afgrøder under henvisning til, at de væsentligste eksportmarkeder for blandt andet ris og sojabønner lægger vægt på, at de indiske afgrøder er GMO-fri.

Det må på den baggrund forventes, at Indien også i de kommende år vil balancere hensynet til forøget udbytte og pres for øget frihandel inden for WTO med hensyn til biodiversitet og de nævnte socio-økonomiske hensyn.

⁷ Disse samles i årlige evalueringsrapporter, som offentliggøres af *Central Institute for Cotton Research (uafhængigt videnskabeligt organ under landbrugsministeriet)*

⁸ Det er i Indien ikke usædvanligt, at højesterets domme indeholder elementer, der har karakter af administrative eller parlamentariske beslutninger.

⁹ Bomuld bruges dog også i mindre omfang til fremstilling af spiseolier og foder.

FAKTA:

GMO blev introduceret i Indien i 1998, da den amerikanske biotek-koncern *Monsanto* i et joint venture med den indiske koncern *Maharashtra Hybrid Seeds Company* (MAHYCO) fik tilladelse til afprøvning af *bt cotton*, der indeholder et skadedyrsresistent gen samt to markørgener (heraf et antibiotikaresistent) 40 forskellige steder i landet. I april 2002 blev *bt cotton* godkendt til kommerciel udnyttelse i 6 delstater (Andra Pradesh, Gujarat, Karnataka, Madhya Pradesh, Maharashtra og Tamil Nadu). *Bt cotton* er nu godkendt i hele Indien og anslås at udgøre 80 % af det samlede areal på ca. 10 mio ha.

Fra 2002 til 2007 var det beplantede areal uændret 9,13 mio. hektar (dækkende over et fald indtil 2004 efterfulgt af en jævn stigning). I samme periode er produktionen steget fra 10 mio. til over 21 mio. baller à 170 kg (efter et fald i 2003). Målt i kg pr ha er udbyttet steget jævnt gennem hele perioden, fra 186 kg/ha i 2002 til 392 kg/ha i 2007. (Kilde: *Central Institute of Cotton Research*).

Der er ikke givet tilladelse til markedsføring af GM-fødevarer eller GM-foder i Indien.

Sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder er ikke selvstændigt reguleret, men der er i forbindelse med godkendelser af udsætning fastsat betingelser vedrørende randzoner mv, og højesteret har i en dom fra 2006 pålagt regeringen at sikre en vis afstand mellem marker med GM- henholdsvis konventionelle afgrøder.

Indiens landbrugsminister Sharad Pawar meddelte i går i et svar på et spørgsmål i parlamentet Lok Sabha, at Indien inden for de næste tre år vil introducere kommerciel brug af tre GM-afgrøder, henholdsvis tomat, aubergine (allerede forudset) og blomkål. Det er første gang regeringen offentligt annoncerer udsætning af GM- fødevarer, som notorisk har været genstand for diskussion internt i regeringen. Udsætning af de tre GM-afgrøder skal ses på baggrund af det stadig mere presserende behov for at øge det lave udbytte i den indiske produktion af fødevarer, og meddelelsen kommer på et tidspunkt, hvor markedspriserne på en lang række grøntsager er steget eksplosivt på grund af stigende brændstofpriser.

De tre afgrøder er alle godkendt til forsøgsbrug, men vil skulle godkendes af den særlige komité under miljøministeriet, GEAC, inden de kan udsættes kommercielt.

Rusland

Indberetning om GMO spørgsmål fra Rusland

Anvendelsen af GMO er reguleret i russisk lovgivning på følgende områder:

Federal Law of 05.07.1996 N 86-FZ – regulerer anvendelsen af GMO i forhold til genetisk arvemasse og indflydelse på miljøet beskyttelse af miljøet, og miljøsikkerhed ved frembringelsen af GMO produkter. Det overordnede mål med loven er at sikre borgerne og miljøet mod uhensigtsmæssige virkninger. Ethvert GMO produkt skal desuden opfylde de alment gældende regler for sanitære og phytosanitære forhold.

Federal law from 30.03.1999 N 52-FZ – regulerer befolkningens sanitære og epidemiske velfærd. Den indeholder bestemmelser om GMO-indhold i fødevarer og råmaterialer til fødevarer, herunder bestemmelser for fremstilling, lagring, transport og salg til forbrugerne. Den indeholder desuden bestemmelser om offentlig registrering af produkter med GMO-indhold. Der er ligeledes bestemmelser for mærkning af GMO-indhold, hvilket oftest kommer til udtryk ved, at produkter mærkes som GMO-frie. Dette skal kunne dokumenteres af producenterne.

Federal Law of 02.01.2000 N 29-FZ – regulerer kvaliteten af produkter med indhold af GMO. Dette gælder for såvel russisk producerede som importerede produkter. Importerede produkter med GMO-indhold skal registreres som GMO holdige ved 1. ankomst til Rusland.

Federal Law of 16.09.2003 N 5075 indeholder bestemmelser om registrering af GMO plantesorter. Der er i øjeblikket registreret 14 sorter i Rusland:

- 3 soyabønnesorter
- 6 majs sorter
- 3 kartoffelsorter

- 1 sukkerroesort
- 1 rissort

Derudover er der registreret 5 GMO mikroorganismer

Der er ikke statistik til rådighed for anvendelsen af GMO produkter. Der er offentliggjort en række tal for fund af GMO indhold i forskellige produkter, der kan give en indikation af anvendelsesomfanget.

Årstal	Prøver	GMO	i %
2006	19795	1339	6,8
2005	18872	1443	15,8
2004	12956	1552	12,0
2003	4300	511	11,9

Ruslands sundhedsministerium og veterinærtjenesten har gennemført en lang række tests for GMO-indhold i fødevarer. I 50 % af de tilfælde, hvor der er fundet GMO indhold, har dette ikke været deklareret.

Der foreligger ikke umiddelbart målinger på befolkningens holdning til GMO-indhold i fødevarer. Bedømt på forskellige artikler i fagblade vurderes stemningen blandt forbrugerne at være overvejende skeptisk. Fra officielt hold anbefaler man ofte forbrugerne at indtage sunde russiske fødevarer, der ikke indeholder GMO.

Det vurderes ikke, at forskning og udvikling af GMO fødevarer antager et stort omfang i Rusland. Der er sjældent information om forskningsmæssige fremskridt. Enkelte anbefaler anvendelsen af GMO sorter ud fra forventninger om et øget udbytte samt besparelser ved anvendelse af pesticider. Generelt er udbyttene i Rusland lave, og fra officielt hold vurderes øget anvendelse af kunstgødning som den væsentligste kilde til udbytteforbedringer. I store egne af Rusland er nedbørsmængden relativt lav, hvilket giver mindre risiko for angreb af en række plantesygdomme.

Befolkningen vurderes at være mere positive for øget produktion af fødevarer uden hjælpemidler (økologisk produktion) end fødevarer produceret på baggrund af GMO produkter. Landmændene er derimod interesseret i enhver form for produktion, der kan højne deres indtjening – inkl. anvendelsen af GMO-produkter.

Rumænien og Bulgarien

GMO-status i Rumænien og Bulgarien

Den eksisterende viden om GM-teknologi.

Situation på dette område i Rumænien adskiller sig fra de fleste andre lande i fællesskabet, da man inden landets EU tiltrædelse i 2007 havde en regulær indenlandsk produktion, og man derfor har en del erfaring med både de produktionsmæssige, industrielle og kommercielle konsekvenser af en sådan produktion.

I perioden 1999 – 2006 har man registreret sin kommercielle produktion af GMO soyafrø, idet bemærkes, at produktionen efter tiltrædelsen i 2007 er blevet indskrænket til videnskabelige forsøg.

Omkring 60 % af den samlede soyaproduktion i 2006 på 199.000 hektar GMO produkter fra omkring 137.000 hektar.

Denne fortid har naturligt nok givet en vis forståelse for GMO produkter – soya og majs – og udviklet nogle holdninger hos bønderne for denne særlige produktion. Lokalsamfundene har også nydt godt af produktionen, da GMO afgrøder normalt kræver mindre indsats (ukrudtbekæmpelse/ rensning/ sygdomme) og et rimeligt ensartet udbytte og dermed et positivt bidrag til den økonomiske udvikling hos bønderne.

Landbrugsministeriet har desuden oplyst, at prisudviklingen for GMO og konventionelle produkter i sin tid udviklede sig parallelt, så der var flere incitament til at producere GMO-afgrøder, når de klimatiske forhold i store dele af Rumænien desuden viste sig egnet til denne produktion.

Lovgivningen:

Ud over gældende EU-regler går et antal nationale bestemmelser til regulering af GMO produktion tilbage til blandt andet:

- Emergency ordinance no. 195 af 22.12. 2005 vedrørende miljøbeskyttelse
- Regional development 173 af 9.2. 2006 on traceability and labelling of GMOs and traceability of genetically modified food and animal feed ...
- Law no. 265 af 29.6. 2006 to approve Government Emergency Ordinance 195/2005 on environmental protection...
- Order no. 237 af 7.4. 2006 re. Authorization to growers of genetically modified plants.
- Order no. 471 af 14.7. 2006 re. Amending and supplementing order no. 237/ 2006 re. inspection and control of GMO growers in Romania.
- Emergency ordinance no. 43 of 23.5. 2007 the deliberate introduction into the environment and placing on the market genetically modified organisms.

Som det fremgår, er det først i løbet af 2006, at man begynder at lovgive på GMO området. I praksis foretager myndighederne en løbende kontrol fra produktion til forbruger via to agenturer, der har opsyn med implementering af retningslinierne. Desuden er ANPC (agenturet for forbrugerbeskyttelse) den sidste instans med ansvaret for kontrol. Myndighederne mener selv, at der er godt styr på kontrollen, og man følger alle EU's anbefalinger til national monitorering. Det skal dog samtidig nævnes, at Rumænien ikke er kendt for at være et medlemsland, hvor kontrol i almindelighed er mest effektivt.

Med den tidligere store GMO produktion og ineffektive kontrol på flere områder kan man godt forledes til at forestille sig, at der ikke er en konsekvent opdeling mellem de GMO-mængder, som produceres på forsøgsbasis, og de der importeres til kommercielt brug.

Det amerikanske firma Monsanto har et større produktionsanlæg fra tidligere beliggende nord for Bukarest, som d.d. formelt er et forsøgsanlæg, men størrelsen taget i betragtning har en langt større kapacitet.

Rumænien har et betydeligt fødevarerforsyningsunderskud, idet omkring 70 % af forbruget af fødevarer - herunder foderstoffer til den animalske produktion importeres og d.v.s. omkring 400.000 ton delvis GMO foder til den animalske produktion, idet man kun producerer omkring 94.000 ton (2008) konventionel soja.

Potentialet og nytteværdien i anvendelsen af GMO i relation til sundhed, miljø og økonomi.

I de senere år har en voksende miljø- og klimabevidsthed hos visse landmænd og forbrugere dog givet anledning til debat men i en snæver sammenhæng og ofte anført af økologisk orienterede NGO'er, som ikke har formået at skabe grobund for en bredere dialog om emnet.

Der er således ingen åben opposition til den relativt afslappede holdning, som regeringen deler med landbrug og fødevarerindustri om, at GMO produktionen i sin tid var gavnlige, og at man derfor helst vil fortsætte med en videnskabelig forsvarlig og bæredygtig produktion under hensyntagen til gældende miljø og sundhedsnormer. Regeringen udsættes løbende for en stærk lobby fra landbrugserhvervet om at fremme sådanne synspunkter i Kommissionen, og man søger efter fleksible forslag til landbrugspolitikken hos de andre EU-medlemslande, hvor der også efterspørges større fleksibilitet.

Senest er Rumænien meget enig i det østrigske forslag om større selvstændighed i den nationale landbrugspolitik, hvor man evt. kunne øge sin GMO produktion både af hensyn til sin egen landbrugsproduktion og af hensyn til de eksportmuligheder, de måtte få til andre lande i og uden for fællesskabet.

I landbrugsministeriet vurderer man, at Rumænien (sammen med dele af Ungarn) har særligt gode naturlige forudsætninger for en større GMO produktion, der har potentiale til at dække op mod 60 % af det samlede forbrug af soja og majs i EU.

Det rumænske landbrug med et opdyrket areal på ca. 9,5 mill. hektar og ca. 4,5 mill. dårligt stillede bønder gennemgår i disse år en vanskelig strukturreform og det kan næppe undre, at regeringen her ser en mulighed for økonomisk udvikling ved at fremme GMO dyrkningsmetoder, man kender til, og skubbe hensyn til endnu ikke helt kendte forbrugerbekymringer lidt i baggrunden.

Landbrugsministeriet mener desuden, at deres svagt funderede landbrug er udsat for store risici i forbindelse med klimaforandringer, naturkatastrofer, tørke etc., og ser derfor gerne en debat om nytteværdien af GMO afgrøder i relation til klimadebatten. Man mener, at en udvidelse af GMO produktionen taler for en mindre klimabelastning og CO₂ udledning, og vil derfor tilslutte sig de medlemslande, der har tilsvarende holdninger i klimapolitikken og ønsker større national fleksibilitet i landbrugspolitikken.

Landbrugsministeriet mener samtidig, at en sådan udvikling vil kunne fremmes uden yderligere belastning af miljø og sundhed og desuden med betydelige økonomiske fordele.

Evt. skepsis hos forbrugerne vil kunne imødegås med en konsekvent mærkningsordning ud over den gældende - max. 0,9 % GMO materialegrænsen. Landbrugsministeriet mener i øvrigt, at de gældende retningslinier ikke er særligt hjælpsomme, da de blandt andet ikke oplyser om kødprodukter, hvor der er brugt GMO foderstoffer til dyrene.

Særligt vedr. Bulgarien

Produktion af GMO produkter i Bulgarien har formelt ikke været tilladt siden 2005, og Bulgarien anses for at have en relativ restriktiv lovgivning for omgang og handel med GMO produkter. Den nationale lovgivning på området er ganske omfattende og indeholder flere supplementter til EU-lovgivningen.

Særligt autoriserede testlaboratorier, som er underlagt officiel kontrol undersøger de importerede GMO produkter inden distribution til markedet, men ligesom i Rumænien er der heller ikke i Bulgarien stærke traditioner for håndhævelse af kontrol i almindelighed.

I kraft af blandt andet nærmest ideelle klimatiske forhold for konventionel landbrugs- og fødevarerproduktion med god balance mellem nedbør og sol/varme, hersker der åbenbart ikke noget større incitament til at fremme en GMO produktion i Bulgarien.

Storbritannien

Britisk holdning til GMO'er

Der dyrkes ikke p.t. GM-afgrøder i UK, men der importeres såvel GM-foder, GM-fødevarer og GMO til medicinalindustrien. Regeringen har en åben indstilling til GMO'er, og emnet er ikke (længere) kontroversielt i UK. Måske igen stigende offentlig interesse i takt med øget GM-fødevarerimport.

1. Den britiske regerings linje i forhold til GMO'er kan betegnes som pragmatisk med åben og positiv indstilling. Man baserer sig på en videnskabelig tilgang og risikoanalyse af konkrete GMO'er.

De eksisterende GMO'er på markedet er således alle anbefalet godkendelse af regeringens 'Food Standard Agency' og det uafhængige 'Advisory Committee on Releases to the Environment' (ACRE) og vurderes ikke at have væsentlig indvirkning på miljø og helbred.

2. Der dyrkes ikke GM-afgrøder i UK til kommercielt brug, eftersom der i erhvervet hverken vurderes behov, produktiv gevinst eller forbrugermarked herfor med de nuværende EU-godkendte produkter. Men der er intet reguleringsmæssigt til hinder for GMO-dyrkning i England og ingen politiske planer om at indføre sådan regulering. Det står erhvervet frit for at ansøge om tilladelser til dyrkning af GM-afgrøder, i hvilket fald der ville blive foretaget en case-by-case videnskabeligt baseret vurdering i overensstemmelse med EU-procedurer. Den skotske og til dels den waliske selvstyregovernment har dog formuleret politisk ønske om ingen GM-dyrkning på egen jord.

Eftersom problematikken således ikke har gjort sig gældende i praksis, har der ikke i UK været noget tvingende behov eller stort pres for at fastsætte regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder, og dette er da heller endnu ikke sket trods en gennemført høringsrunde i 2006. I den forbindelse lagde regeringen blandt andet op til obligatorisk adskillelse af GM- og ikke-GM afgrøder for at hindre krydsbestøvning.

Der importeres i forholdsvis stort omfang GM-foder til dyr, og i begrænset omfang til anvendelse i medicinalindustrien.

Hertil kommer import af GMO-fødevarer. Disse udgør fortsat en meget lille del af markedsførte fødevarer - anslået under en procent, størstedelen til kageolie og tilsætningsstoffer til blandt andet pizzaer og chokolade - men tendensen går i retning af svag stigning i markedsandelen.

3. Der var omkring årtusindeskiftet en ganske livlig debat i UK om GMO'er. Men denne debat er gradvist klinget af, og emnet har siden regeringen i 2004 formulerede sin linje jf. ovenfor været forholdsvis ukontroversielt. Regeringens linje synes alment accepteret såvel politisk, hvor de Konservative synes at dele tilgangen, og de Liberale Demokrater i hvert fald ikke har gjort spørgsmålet til genstand for politiske markeringer, som hos berørte erhverv og forbrugere/offentligheden. De tidligere aktive NGO'er på området Greenpeace og Friends of the Earth synes at have mistet kritisk interesse for spørgsmålet, vel til dels i anerkendelse af den positive rolle GMO'er i begrænset omfang måske vil kunne spille i forhold til fødevarer sikkerhed i udviklingslandene.

I det britiske miljø-, fødevarer- og landbrugsministerium DEFRA fornemmes dog en svagt stigende interesse i offentligheden foranlediget af fødevarer- og detailsektorens øgede vægt på markedsføring af ikke-GMO baserede fødevarer sammenholdt med førnævnte tendens til øget import af GM-fødevarer.

Frankrig

Den franske holdning til GMO

Hvad er holdningen til GMO på det politiske niveau hos hhv. regering og opposition, både i forhold til dyrkning, markedsføring som fødevarer, import til for eksempel foder eller anvendelse i medicinalindustrien?

Den franske GMO-politik er stadig præget af befolkningens holdning, hvor hovedparten (ca 70 %) er imod GMO. Det franske "GMO-pendul" svinger mod øget forsigtighed, miljøhensyn, fødevarer sikkerhed og en forstærket risikovurdering. Over hele det politiske spektrum er der en kritisk holdning til GMO. Regeringspartiet, modsat oppositionen, vil dog ikke betegnes som modstander af GMO, men undskylder sig med nødvendigheden af en mere præcis og risikoorienteret metodik. Holdningen er afventende og går i retning af en fornyet tolkning af forsigtighedskriterierne.

De egentlige modstandere af GMO har fået mere politisk opbakning og vind i sejlene. Anti-GMO aktivisten Jose Bove, der er røget ud og ind af fængslerne på grund af illegal rydning af GM-afgrøder, stillede op til Europaparlamentsvalget som nr. 2 i partiet Europe-Ecologi (Cohn-Bendit), som fik et flot valg med 16 % af stemmerne på niveau med Socialistpartiet.

Frankrigs nye rammelov (2008) for GMO synes at ville skabe en langsommere og vanskeligere godkendelsesprocedure. Under rammeloven er der etableret et Råd for Bioteknologi, der skal indstille godkendelser og udfærdige det nødvendige regelsæt for GMO. Rådet skal i første omgang bedømme eventuelle risici for miljøet og folkesundheden ved alle nye GM-sorter. Rådet, der først vil være klar i september 2009, skal være operativt med to komiteer, dels en videnskabelig og dels en økonomisk, etisk og social komite, som hver skal komme med deres anbefalinger og analyser. Rådet skal endvidere fastlægge dyrkningsbestemmelser, mærkningsordninger, tilladelser m.m. Reelt eksisterer der for indeværende ikke noget regelsæt – alt afventer Rådet for Bioteknologis anvisninger. Rådet er således blevet en stødpude for regeringen og et omdrejningspunkt i beslutningsprocessen.

Mange spørgsmål omkring GMO besvares i Frankrig med et "det ved vi ikke, før Rådet er etableret og har udtalt sig". Det gælder import, dyrkningsforhold og tilladelser samt anvendelse til medicin.

Det fornemmes, at en beslutning fra Rådet for Bioteknologi f.s.v.a. godkendelser vil veje tungere end en EU-godkendelse. Frankrig har således stor sympati for det østrigske med flere landes forslag om øget autonomi til medlemslandene ved autorisation af GM-sorter. I praksis forventer Frankrig nok at følge egne nationale indstillinger ved kommende godkendelser. Et godt eksempel er det franske moratorium overfor majsden MON-810, der indførtes den 1. januar 2008. På trods af EFSA's nylige (primo juli 2009) frikendelse af MON-810, vil Frankrig fastholde moratoriet, indtil det franske Råd for Bioteknologi har udtalt sig og indtil der er fastlagt en ny EU-procedure og definition ved godkendelser. Frankrig hæfter sig her ved rådskonklusionerne fra miljøministerrådsmødet 4. december 2008 om en ny

godkendelsesprocedure med vægt på også de socio-økonomiske forhold samt EU-Kommissionens rapport herom, der forventes i 2010. Frankrig er således igen afventende (balancegang).

Et regelsæt omkring import og markedsføring af fødevarer og foderstoffer afventer Rådet for Bioteknologis stillingstagen.

Frankrig mangler stadig at implementere EF-direktivet af 2001 vedr. udsætning til nationalt lovsæt. Efter bøder og flere påtalelser fra EU-kommissionen hastevodtog Frankrig i 2008 et dekret vedr. udsætning, dette er dog stadig ikke tilfredsstillende for Kommissionen, og nye sagsanlæg truer Frankrig.

Hvad er landbrugets og industriens holdning til dyrkning, import til foder og anvendelse til fødevarer?

Landbruget og industrien følger stort set regeringens politik og afventer indstillingerne fra Rådet for Bioteknologi. For landbruget er det kendetegnende, at den store landbrugsorganisation, FNSEA, med 60 % af landbrugerne, følger regeringens politik, medens Confederation Paysanne (ca. 30 %), den mere grønne og politisk venstreorienterede organisation, er kraftig modstander af GMO. Også ind i FNSEA's rækker begynder modstanden at vokse.

Hvad er forbrugernes holdning til GMO, både i forhold til både dyrkning, import til for eksempel foderbrug og anvendelse i fødevarer og medicin? Anvender myndighederne aktivt virkemidler for at informere befolkningen om GMO? Ca. 70 % af forbrugerne er imod GMO, det gælder både fødevarer og foderstoffer. GMO i medicin er ikke noget tema.

GMO har et dårligt image, og det er politisk korrekt at tage afstand fra GMO. Der er meget lidt neutral og objektiv information om GMO. Dette vurderes at være en del af årsagerne til befolkningens modstand – uvidenhed. Forbrugerne går ud fra, at der ikke findes GMO i fødevarer. Detailhandelen og de store kæder er ikke gået ind i GM-fødevarer, da man frygter forbrugernes reaktion. Fra myndighedernes side henvises hovedsagelig til nødvendigheden af flere undersøgelser og analyser af problematikken.

Hvordan er reglerne for mærkning af produkter med GMO? Er der tærskelværdier for utilsigtet forekomst og dermed for mærkning? (Spørgsmålet alene relevant for lande uden for EU, idet der er fælles EU-regler på området)

Frankrig har ikke introduceret et regelsæt for mærkning af GMO. Der eksisterer hverken obligatorisk eller frivillig mærkning, der fortæller om GMO. Mærkningsbestemmelser afventer Rådet for Bioteknologis udspil, der ventes at komme i 2010.

Hvordan ser fremtiden ud for GMO, både mht. dyrkning, import og markedsføring til fødevarer, foder og medicin?

I lyset af politikernes modstræbende holdning synes GMO ikke foreløbig at få fodfæste i Frankrig. Frankrig vil holde sig til gruppen af medlemslande, som Østrig, der er imod og/eller kritiske overfor GMO. Forbrugerne afviser GMO og får stigende politisk opbakning til denne holdning.

Hvor mange hektar GM-afgrøder dyrkes der, og hvilke afgrøder dyrkes?

I Frankrig har dyrkningen af GM-afgrøder alene været majs MON-810. Arealet med denne var i 2006 5.200 ha og i 2007 22.000 ha (uofficielt 30.000 ha). Det vil sige areal i EU efter Spanien. Præsident Sarkozy's moratorium 1. januar 2008 overfor MON-810 bevirkede, at arealet faldt til nul i 2008 og i 2009. Før moratoriet forventedes et areal med GM-majs på 50.000 ha i 2008. Producenternes forsøg på dyrkning af majs ved illegal import fra Spanien har fået en krank skæbne, da aktivist-grupper har revet majsene op.

Såfremt der markedsføres fødevarer, som indeholder GMO: hvor mange produkter/hvor store mængder?

Franske myndigheder har ikke noget kendskab til en eventuel markedsføring af GM-fødevarer.

Importeret GM-produkter til foderbrug? Hvor meget?

Frankrig har ikke nogen statistik over importen af GM-produkter til foderforbrug. Man skønner dog, at hovedparten af den importerede protein indeholder GMO. Man synes at have lukket øjnene for denne import af foder indeholdende GMO af hensyn til den animalske sektor.

Er der i den nationale lovgivning fastsat regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder (konventionelle såvel som økologiske)?

Der er endnu ikke fastlagt nationale bestemmelser vedr. sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder. Det franske landbrugsministerium har udgivet en frivillig og ikke bindende vejledning for sameksistens. Rådet for Bioteknologi forventes i 2010 at komme med forslag til et egentligt sæt regler for sameksistens.

Holland

NL holdning til GMO

Kommerciel dyrkning af GMO / omfang

Der finder aktuelt ikke kommerciel dyrkning af GMO afgrøder sted i NL. Man har i overensstemmelse med gældende EU-regelsæt iværksat en række forsøgsprojekter som led i godkendelsesproceduren af GMO-afgrøder til brug for handel internt i EU (EFSA-godkendelse). Der er generelt tale om et mindre antal projekter af 1 – 2 hektars omfang. En oversigt over aktuelle feltforsøg i NL kan ses på NL-miljøministeriets hjemmeside via følgende link: <http://www.vrom.nl/ggo-vergunningverlening> (tekst forefindes alene på hollandsk).

Regler om sameksistens af GMO-afgrøder og kommercielle/økologiske afgrøder

Et nationalt regelsæt om sameksistens af GMO afgrøder og øvrige kommercielle og økologiske afgrøder er formuleret i 2007. Regelsættet er imidlertid endnu ikke trådt i kraft som følge af en udestående debat om etableringen af en fond til dækning af mulige skadesvirkninger af GMO-afgrøder, hvilket har været en mærkesag for sammenslutningen af økologiske landmænd (Biologica). Fonden er tiltænkt at dække finansielle tab for naboer til GMO-landbrug i situationer, hvor der ikke kan udpeges en direkte ansvarlig for skaden. Fonden forudses finansieret af bidrag fra de berørte sektorer og virksomheder, samt af staten i opstartsfasen. NL-landbrugsministeriet har endnu ikke klarhed over, hvornår denne debat vil kunne afsluttes og regelsættet dermed træde i kraft.

De foreslåede minimumsdistancer for dyrkning af GMO afgrøder er i følge den såkaldte "Van Dijk-kommissions" rapport af 2004 til NL-landbrugsministeriet som følger:

- Kartoffler: 3 meter fra konventionelle afgrøder, 10 meter fra økologiske afgrøder;
- Sukkerroer: 1,5 meter fra konventionelle afgrøder, 3 meter fra økologiske afgrøder;
- Majs: 25 meter fra konventionelle afgrøder, 250 meter fra økologiske afgrøder.

Fødevarer / foder indeholdende GMO

Der findes i NL en mindre række fødevarerprodukter (ca. 10 – 15) indeholdende GMO, der handles i større supermarkeds kæder. Disse produkter er iht. til gældende EU-regler forsynet med GMO-mærkat.

Som i Danmark importeres der i stort omfang foderstoffer til dyrehold i NL. Endelige produkter hidrørende herfra forsynes ikke med GMO-mærkning.

Holdningen på politisk niveau

NL er principielt fortalende for øget anvendelse af GMO i EU og stemmer således som hovedregel for godkendelse af yderligere GMO-produkter til det europæiske marked, såfremt der foreligger behørig EFSA-godkendelse. Den eksisterende vision for NL-landbrugsminister Gerda Verburg og NL-miljøminister Jacqueline Cramer er, at medlemsstaterne selv gives mulighed for at træffe beslutning om national dyrkning af GMO-afgrøder til kommercielt brug, omend reglerne for import af GMO-afgrøder fortsat uændret bør være det gældende EU-regelsæt. I den forbindelse støttede man den østrigske note fremlagt i forbindelse med EU miljørådsmødet i juni 2009, og fremlagde stemmeforklaring i forbindelse med GMO-drøftelsen ved rådsmøde (landbrug) i marts 2009. Der vil i så fald skulle ske en konkret afvejning af fordele/ulempen af hver enkelt GMO i relation til et bæredygtigt landbrug og sund fødevarer kvalitet forud for national tilladelse til kommerciel dyrkning.

Som led i den igangværende drøftelse internt i EU om de socio-økonomiske aspekter af GMO afholdt NL-landbrugsminister Gerda Verburg i juni d.å. et nationalt seminar til drøftelse heraf. Seminaret vil blive fulgt op af et internationalt seminar med relevante aktører i Haag i perioden 25. – 26. november 2009. Formålet er at udbrede drøftelsen af GMO fra den ensidige risikodrøftelse af effekten af GMO på mennesker, afgrøder, dyr og miljø til også at omfatte en mere tidssvarende debat om GMO rolle i forhold til bæredygtigt landbrug, fødevarer kvalitet med videre. Netop de socio-økonomiske aspekter er en afgørende del af den nationale politiske debat, hvor emnet ud fra denne synsvinkel har bevågenhed fra regeringspartiet Kristeneden og oppositionspartiet GroenLinks (De Grønne). Såfremt GMO kan være til gavn for et bæredygtigt nederlandsk landbrug efter nærmere afvejning af de socio-økonomiske aspekter, synes der mulighed for at etablere bred opbakning til at tillade kommerciel dyrkning. Dyrepartiet (Partij voor de Dieren) er så vidt det eneste oppositionsparti i NL-parlamentet, der er lodret imod introduktionen af GMO afgrøder i NL landbrug i enhver form.

Holdning i landbrug og industri

Holdningen synes i såvel landbrugssektoren og i fødevarerindustrien at være afdæmpet og afventende. I sidste ende er det i NL-landbrugsministeriet vurderingen, at ønsket om anvendelse af GMO vil afhænge af, om dette vil bibringe sektor og industri bæredygtige fordele, samt om markedet vil acceptere GMO-produkter.

Holdning hos forbrugerne / informationskampagner

Eurobarometerundersøgelsen fra 2005 udviser ikke nævneværdige nederlandske udsving fra det europæiske gennemsnit i forhold til accept af GMO generelt. Ca. 25 % af befolkningen vurderes at støtte GMO teknologi i almindelighed, mens 48 % angives at støtte GMO indhold i fødevarer. I forhold til accept af GMO i fødevarer, ses NL at have et meget lavt antal modstandere – kun ca. 20 % undgår aktivt at købe GMO-mærkede produkter.

Der gennemføres ikke fra statslig side særlige informationskampagner vedrørende GMO. Dette overlades til virksomheder og landbrugssektoren, der generelt foretager oplysning via egne hjemmesider i relation til markedsførte produkter.

Italien

GMO-moratoriet er reelt stadig i kraft i Italien

Diskussionen om GMO og mulighederne for sameksistens mellem konventionelle, økologiske og GMO-afgrøder er til stadighed livlig i Italien. Modstanden har betydet, at der indtil videre er al dyrkning af GMO forbudt.

Modstanden mod GMO-afgrøder er markant større i Italien end i en række andre EU-lande – 77 % af italienerne er modstandere af GMO, hvor EU-gennemsnittet er 62 %

Som følge af de særlige konstitutionelle forhold i Italien kan den italienske regering ikke på egen hånd fastsætte regler på området. Efter et møde den 28. marts 2006 i det faste samarbejdsorgan mellem staten, regionerne og de autonome provinser Trento og Bolzano (Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano), udstedte det italienske landbrugsministerium den 31. marts 2006 et ministerielt cirkulære hvor det præciseres, at forbuddet mod at dyrke GMO på det italienske territorium fortsat er gældende.

I cirkulæret præciseres det, at:

- Dyrkningen af GMO ikke er tilladt i Italien, før der er implementeret regionale regler, der kan garantere sameksistensen mellem traditionelle-, økologiske- og GMO-afgrøder
- Med hensyn til tilstedeværelse af GMO i såsæd gælder en nul-tolerance
- Overtrædelser af forbuddet mod at dyrke GMO straffes med 6 måneder til 3 års fængsel eller med en bøde på op til 50.000 €.

Baggrunden for modstanden mod GMO

Modstanden mod GMO er baseret på en udbredt opfattelse af, at landets geografi og landbrugsstruktur med mange små bedrifter øger risikoen for krydskontamination til ubodelig skade for såvel den økologiske produktion som for produktionen af egnsspecifikke kvalitetsprodukter. Sameksistens mellem GMO og traditionel eller økologisk produktion er derfor ikke mulig i Italien.

Italien har for så vidt formelt opfyldt sin EU-forpligtelse og vedtaget nationale regler for dyrkning og sameksistens – problemet er bare, at disse reglers juridiske grundlag anfægtes, og at de under alle omstændigheder ikke kan bruges som grundlag for stillingtagen til eventuelle konkrete ansøgninger om dyrkningstilladelse af de GMO-varianter, der faktisk har opnået officiel EU-godkendelse.

Reglerne blev til efter en lang intern diskussion i den italienske regering i efteråret 2004, efterfølgende diskussion i det italienske parlaments 2 kamre og endelig vedtagelse af loven om sameksistens mellem GMO og konventionelle og økologiske afgrøder den 25. januar 2005.

Med loven undgik den italienske regering at tage stilling, men overlader det behændigt til Italiens 20 selvstændige regioner samt de autonome provinser Trento og Bolzano at tage stilling til kontroversielle dyrkningsansøgninger.

Situationen er samtidig den, at allerede inden vedtagelsen af den nationale lov havde flere italienske regioner vedtaget forbud mod anvendelse af GMO'er på deres områder. I februar 2005 undertegnede yderligere en række italienske regioner (sammen med regioner fra andre EU-medlemslande) en erklæring i Firenze, hvori de erklærer deres modstand mod dyrkning af GMO-afgrøder på deres områder. I hovedparten af de italienske regioner er der således ikke endnu fastsat de krævede regler, og dermed er der reelt heller ikke udsigt til at opnå tilladelse til dyrkning af GMO-afgrøder.

Formanden for ASSOBIOTEC, Roberto Gradnik, udtalte da også bittert til pressen ved lovens vedtagelse, at "med denne middelalderligt inspirerede afgørelse fratages de italienske avlere friheden til at vælge at dyrke genetisk modificerede afgrøder".

Diskussionen stoppede dog ikke her. En af de 13 italienske GMO-frie regioner – Marche i Midtitalien – indbragte den nationale lov fra januar 2005 for den italienske forfatningsdomstol med påstand om, at kompetencen til at fastsætte de nærmere regler for sameksistens entydigt ligger hos regionerne. Marche fik med domstolens kendelse den 17. marts 2006 medhold, og de dele af loven der indeholder nærmere centrale retningslinjer for regionernes lovgivning, er dermed erklæret forfatningsstridig.

Umiddelbart efter den 17. marts 2006 fandtes således ingen regler vedrørende dyrkning af GMO-afgrøder i Italien, og dermed heller ikke et egentligt forbud.

Med landbrugsministeriets cirkulære af 31. marts 2006 blev hullet i det italienske moratorium mod GMO dog effektivt lukket igen.

Ikke mangel på viden

Det er næppe muligt at affeje de italienske reservationer overfor GMO med henvisning til manglende viden. På det politiske og administrative niveau har der af mange regioner været udfoldet ganske store bestræbelser på at undersøge sagen, herunder om andre landes håndtering af sameksistenspørgsmålet. Således har f.eks. repræsentanter for regionen Emilia-Romagna aflagt studiebesøg i såvel København som Berlin. Regionen har indgående forhørt sig i Plantedirektoratet og i Fødevarerministeriets departement om de danske overvejelser og regler. I Italien har der været afholdt et utal af konferencer og seminarer om emnet, og det er næppe muligt at finde en italiensk landbrugsudstilling eller kongres, hvor spørgsmålene om GMO, kontaminering og GMO-frie zoner og forbrugernes frie valg ikke har været på dagsordenen.

Der er ikke fra seriøs videnskabelig side i Italien modstand mod GMO-produktion. Embedsværket i det italienske sundhedsministerium, lægger da heller ikke skjul på at den modstand, der gives udtryk for på komiténiveau, er politisk dikteret.

Den officielle politik på området har desuagtet hidtil været afvisende, og Italien har stort set uden undtagelse i EU stemt mod forslag om godkendelse af GMO-varianter af majs, soja eller kartofler, uanset om produkterne var til foderbrug eller til menneskeligt konsum. Italien har ligeledes været skeptisk overfor EU's sameksistens-politik, og man har ikke tillagt WTO-hensynet særlig vægt. Denne holdning har uanset det manglende videnskabelige belæg nydt bred opbakning fra de fleste af Italiens 20 regioner, fra forbrugerorganisationer, fra økologiorganisationer og fra sammenslutningen af konsortier for DOP- og IGT-certificerede produkter (produkter med beskyttet oprindelsesbetegnelse eller beskyttet fremstillingsmetode).

Paradokset: Italien importerer og anvender GMO-foder

Italien er i betydeligt omfang afhængig af importeret soja til foderbrug. I en undersøgelse gennemført af NOMISMEA i 2004-05, blev det dokumenteret, at Italien i stort omfang importerede GMO-soya, som herefter indgik i produktionen af blandt andet italienske DOP- og IGT-specialiteter. Andelen af GMO i verdensproduktionen af soja er siden vokset fra 36 % og vil ifølge NOMISMEA i løbet af få år udgøre over 80 % af produktionen. Der er således allerede i dag en betydelig diskrepans mellem den officielle GMO-fri fødevarerproduktion og realiteterne i den animalske produktion i Italien.

GMO og økologi

De italienske økologiorganisationer har ikke været begejstret for GMO-reglerne i EU's økologiforordning, der trådte i kraft 1. januar 2009.

Organisationerne har uden resultat opfordret til, at Italien fastholder kontrolgrænsen på 0,1 % for utilsigtet tilstedeværelse af GMO-materiale i økologiske produkter og ikke accepterer de 0,9 %, som EU-forordningen om økologiske landbrugsprodukter, tillader.

I modsætning til tidligere forordninger omfatter den nye forordning også økologisk vin, akvakultur, tang og gær.

Den italienske forening af vinproducerende kommuner (Citta' del Vino), har derfor også haft anledning til at markere modstand mod GMO. Formanden for Citta' del Vino, Valentino Valentino, understreger, at organisationen altid har været overbevist tilhænger af et GMO-frit Italien, og at man er "dybt bekymrede, fordi de beslutninger, der træffes, ikke synes at tage hensyn til de risici, der kan følge af spredningen af genetisk modificerede arter, men i højere grad er dirigeret af ønsket om at imødekomme store multinationale fødevarer virksomheder, der vil indføre genmodificerede afgrøder i vores land, på bekostning af den traditionelle høje kvalitet."

Fortsat debat, men fastlåste positioner og nej til forsøg

De generelle landbrugsorganisationer er splittede i GMO-spørgsmålet; COLDIRETTI har hele tiden været fanatisk modstander af enhver form for GMO, mens Confagricoltura har holdt en lav profil, men i realiteten har været positiv overfor GMO. Den tredje landbrugsorganisation, CIA, har på det seneste energisk argumenteret mod GMO.

De tidligere landbrugsministre, Giovanni Alemanno og Paolo De Castro, har officielt og udadtil været modstander af GMO. Paolo De Castro's private holdning skulle efter sigende være mere fordomsfri – et forhold, der kan få betydning, hvis Paolo De Castro bliver formand for Europaparlamentets landbrugsudvalg.

Det skal også anerkendes, at Paolo De Castro faktisk som landbrugsminister prøvede at rokke ved den italienske holdning. I slutningen af 2007 var landbrugsministeriet øjensynlig på vej til at godkende iværksættelsen af en række kontrollerede frilandsforsøg med 9 GMO-varianter af vin, oliven, citrusfrugter, aubergine, kirsebær, jordbær, kiwi, majs og tomater. Baggrunden for forsøgstilladelsen var imødegåelse af mulige klimaændringers indvirkning på grundlaget for den italienske landbrugsproduktion. Der skulle således være tale om blandt andet tørkeresistente GMO-varianter af de traditionelle Middelhavsprodukter.

Landbrugsorganisationen Coldiretti iværksatte imidlertid prompte en protestaktion foran parlamentet, og da det italienske miljøministerium også havde reservationer, blev forsøgene stillet i bero. Det italienske sundhedsministerium havde øjensynlig ikke indvendinger mod forsøgene.

Ingen udsigt til snarlige ændringer i holdningen til GMO

Spørgsmålet om GMO har heller ikke været et væsentligt tema i valgkampagnen forud for parlamentsvalget 13. – 14. april 2008, valget til Europaparlamentet i 2009 eller de seneste lokalvalg. Ingen af de politiske partier har vovet at gå imod folkestemningen, og på de relativt få konkrete spørgsmål har kandidaterne gennemgående givet "henholdende" svar.

Regeringschefen, Silvio Berlusconi, har ikke lagt skjul på, at han personligt anser det for nødvendigt at anvende de nyeste produktionsteknikker og herunder genetisk modificerede organismer. På spørgsmålet om hvad han konkret vil gøre, har han dog foreløbig været mindre konkret og blot påpeget, at "det gjaldt om, at overbevise modstanderne om, at det var den rigtige vej at gå".

Det er således vanskeligt at forestille sig snarlige ændringer i de italienske positioner.

Italiensk landbrugs konkurrenceevne

Det, der på sigt kan få betydning, er konsekvenserne for italiensk landbrugs konkurrenceevne. Udviklingen i foderpriser har ramt den italienske husdyrproduktion hårdt, og har bidraget til fornyet diskussion om holdningen til GMO.

SAGRI (der står for Salute, Agricoltura, Ricerca), der er en videnskabelig sammenslutning bestående af Società Italiana di Genetica Agraria, Società Italiana di Tossicologia, Associazione di Imprenditori Agricoli Futuragra, Associazione per la libertà di ricerca scientifica Luca Coscioni, Associazione Galileo 2001, Istituto Bruno Leoni, Associazione dei Cristiani per l'Ambiente, Fondazione Umberto Veronesi og Osservatorio sulla bioetica della Fondazione Einaudi, har vurderet, at det - med det nuværende prisniveau – koster Italien 750 mio. € om året at afvise GMO-afgrøder.

Landbrugsorganisation prøver at bryde blokeringen mod GMO

Landbrugsorganisationen Confagricoltura har for nylig, i samarbejde med den italienske majsdyrkerforening, AMI, fremlagt et forslag til dyrkningsforsøg, der sigter på at afprøve muligheden for at gennemføre dyrkning af GMO-majs i anden høst.

AMI og Confagricoltura er indstillet på at bruge GMO-majs, der allerede er godkendt til dyrkning i EU. I PO-dalen, der er det vigtigste område for majsdyrkning i Italien, blomstrer majs i slutningen af juni og i slutningen af juli er høsten stort set afsluttet. En GMO-majs, der sås sent, vil derfor ikke have mulighed for at krydskontaminere den GMO-frie majs, og der vil i realiteten være tale om en fysisk adskillelse, som forhindrer krydsbestøvning.

Forsøget sigte endvidere på at kontrollere effektiviteten af adskillelsen GMO og GMO-frie afgrøder, fordi forureningen også kan opstå uden for marken, under såning, høst, transport, tørring og opbevaring. Forsøget forudsætter, at alle disse aktiviteter vil være adskilt i tid, og ifølge Confagricoltura vil risikoen for kontakt derfor være minimal.

"I Italien" - sagde direktøren for Confagricoltura – "er der en uacceptabel holdning over forsøg med GMO. Den hidtidige afvisende linje skal omhyggeligt evalueres: konsekvenserne af dette valg, kan være at vi fuldstændig overlader produktionen til vores konkurrenter. Men vi skal være klar over, at hvis teknologien blive udviklet andre steder, ville vi blive tvunget til at købe GMO-majs alligevel".

Den italienske landbrugsminister, Luca Zaia, har ikke kommenteret forslaget fra Confagricoltura.

Polen

Indberetning om GMO spørgsmål - Polen

Generelt

Den Polske regering arbejder i øjeblikket på en ny lovgivning, der skal bringe den Polske position på GMO området i forhold til EU Kommissionen på ret køl.

Det er planen, at lovforslaget skal fremlægges i slutningen af 2009.

Lovforslaget er endnu ikke færdigudarbejdet; men følgende model tegner sig i dag.

Målsætningen er at få en komplet ny Polsk lovgivning, der er i overensstemmelse med EU kravene, og som samtidig kan bringe myndigheds- og kontrolforholdene på plads.

Det er tanken i den nye lov, at det Polske landbrugsministerium, skal overtage det fulde ansvar for GMO i relation til dyrkning, herunder GMO frie zoner og i relation til foder.

I øjeblikket er der delt myndighedskompetance med det Polske Miljøministerium, og det har vist sig ikke at være en effektiv myndighedsmodel.

Den Polske rigsrevision har således rettet en kraftig kritik af myndighedsvaretagelsen på området.

Ifølge det oplyste, er det tanken, at indførelsen af GMO frie zoner (minimum 1 ha, ingen øvre størrelsesbegrænsning) skal kunne initieres af borgerne i et givet område. Det centrale er her, at der i skitsen opereres med en model, der forudsætter 100 % opbakning fra et givet områdes borgere til at indføre den GMO frie zone og fastlæggelse dennes geografiske udstrækning.

De nærmere detaljer om den administrative udmøntning er ikke klarlagt på nuværende tidspunkt.

Kommentar:

Reelt må modellen vel karakteriseres som tom i forhold til den praktiske virkelighed, idet der i langt de fleste tilfælde næppe vil kunne opnås 100 % tilslutning fra et givet områdes borgere til at introducere en GMO fri zone. Der er i Polen er en meget aktiv NGO profil, og modellen for zone-introduktionen, skal givetvis ses som et forsøg fra regeringens side på at kunne argumentere for, at der i det mindste er en mulighed for, at Polen kan etablere GMO frie zoner.

ad holdningen til GMO, politiske niveau

I forhold til det politiske niveau generelt er den Polske politiske debat fortsat præget af holdningerne fra den tidligere regering markeret af det daværende regeringsbærende parti PIS - nuværende største oppositionsparti.

Linjen er kritisk. Officielt er udmeldingen, at Polen skal være GMO frit.

I den nuværende koalitionsregering antages det største regeringsparti PO at indtage en forholdsvis pragmatisk linje. PSL partiets holdning må antages at være lidt strammere omend også reelt pragmatisk.

Den pragmatiske linje og især når der er store økonomiske interesser for Polen på spil, kommer tydelig frem, når der skal træffes vidtgående beslutninger. Dette kunne senest konstateres i forbindelse med forbuddet mod GMO i foderblandinger (reelt soja).

Den Polske præsident, som antages i denne sag at have været under indflydelse af sin tvillingebroder, der er leder af PIS partiet, valgte efter et betydeligt pres fra den Polske agroindustri - især kød- og foderstofindustrien - at give efter og undlade et veto imod en lov, der udskyder indførelsen af et Polsk forbud mod anvendelse af GMO i foderblandinger. Presset mod præsidenten fra industrien var omfattende, dels i form af store annoncer i de førende Polske dagblade, dels publiceringen af et åbent brev til præsidenten med en beskrivelse af de alvorlige økonomiske konsekvenser for den Polske kødindustri, hvis ikke præsidenten godkendte loven, hvilket han altså valgte at gøre.

Herefter er det frem til 2013 tilladt at anvende GMO i foderblandinger i Polen. Reelt drejer det sig om sojaprotein, som Polen importerer.

Et fremtrædende medlem af den Polske regering - den nuværende miljøminister - indtager en åbent kritisk holdning til GMO. Miljøministeren har især markeret sine synspunkter i en stor artikel i de førende Polske dagblade.

Det gennemgående træk i den Polske politiske holdning er baseret på en grundopfattelse af, at GMO kan medføre en industrialisering, og dermed uønsket strukturudvikling, af det Polske landbrug, herunder store bedrifter, som dele af den herskende Polske politiske elite er kritisk overfor.

Det paradoksale er her, at Polen rent faktisk i dag, udover de mange små brug også rummer eksempler på meget store bedrifter på flere tusinde ha, men samlet set er den Polske landbrugsstruktur præget af de mange små brug, som man politisk ønsker at beskytte i forhold til strukturudviklingen.

Med hensyn til anvendelsen af GMO i medicinalindustrien ses der ikke at være tilsvarende reservationer i forhold til udnyttelsen af de muligheder, GMO teknologien byder på.

ad landbrugets og industriens holdning

Disse aktørers holdning skal ses i et økonomisk perspektiv. I forhold til foder kan der henvises til situationen vedrørende udskydelsen af forbuddet til 2013, som reelt gælder for sojabønner, som Polen importerer. I forhold til majs gælder der ikke en tilsvarende holdning, idet Polen er stort set selvforsynende.

Det Polske landbrugsministerium finder reelt ikke, at der foreligger objektive undersøgelser, der klarlægger, hvorvidt der er modstand imod GMO afgrøder hos de Polske landmænd.

ad forbrugernes holdning

Det er landbrugsministeriets opfattelse - omend der ikke foreligger en klar dokumentation - at den Polske forbrugers holdning til GMO er uklar i forhold til fødevarer.

I forhold til medicinanvendelse skønnes der ikke at være reservationer.

Der er ikke iværksat aktive informationskampagner om GMO i relation til fødevarerproduktionen.

ad mærkning

Der henvises til gældende EU regler for Polens vedkommende.

ad fremtiden for GMO

Dyrkning: Vurderingen er, at når den nye lovgivning og den nationale administrationsramme er på plads og forankret i det Polske landbrugsministerium, så vil der blive tale om en pragmatisk "case by case" tilgang til GMO problematikken.

I relation til hovedafgrøderne korn, majs og kartofler forventes situationen i mange år fremover at være præget af, at der ikke er tale om import.

Dette gælder dog ikke for soja, som forventes i høj grad fremover at blive domineret af GMO baseret soja protein fra oversøiske producenter.

Import:

Det store spørgsmål vil blive, hvad der skal ske i 2013, når det nuværende nationale forbud udløber. Det forventes dog, at de Polske myndigheder vil se på operationsmulighederne i forhold til konkurrencesituationen, således at de Polske kødproducenter ikke på fodersiden vil blive stillet dårligere konkurrence mæssigt, end hvad der gælder mainstream på markedet.

ad areal

Der foreligger kun sparsomme oplysninger om det faktiske areal med GMO afgrøder i dag. Skønnet fra landbrugsministeriet er 3000 ha, primært majs.

ad markedsføring

Der foreligger ikke tilgængelige tal for mængder/produkter på det Polske marked i dag; men der er tale om begrænsede størrelser.

ad nuværende import

Der importeres ca 2 mio tons soja, som i praksis er blandet GMO/NON GMO.

ad sameksistens

I den planlagte nye lovgivning opereres der med strenge beskyttelses foranstaltninger. Det økologiske areal udgør i dag 2 % af landbrugsarealet.

Nærværende indberetning er i øvrigt baseret på samtale med Deputy Director Wieslaw Podyma, det Polske Landbrugsministerium.

Uddrag af afgivne indberetninger 2009 om GMO

Greenpeace Polen markerer fortsat modstand mod GMO

Repræsentanter fra NGO Greenpeace Polen har overbragt den såkaldte hvidbog om GMO til den polske premierminister.

Ifølge Greenpeace udtalelser til pressen indeholder hvidbogen resultater af forskning i EU landene som indikerer, at GMO dyrkning udgør en trussel mod befolkningen og miljøet.

Greenpeace repræsentanterne understøtter, at den eksisterende Polske regulering forbyder handel med GMO, men regulerer ikke spørgsmålet om dyrkning.

Greenpeace gør opmærksom på, at dette "hul" i reguleringen rent faktisk udnyttes af det Polske landbrug, således at der i realiteten er et betydeligt areal i dag i Polen, der dyrkes med GMO afgrøder.

Den Polske miljøminister bebuder ny lov om GMO

Den Polske miljøminister, som personligt har udtrykt modstand mod GMO i fødevarer, bebuder nu, at regeringen i den nærmeste fremtid vil fremlægge et lovforslag, der sikrer en regulering i Polen i overensstemmelse med EU reglerne.

Det vil således blive tilladt at anvende GMO, men under, som det oplyses, stram regulering ifølge miljøministeren.

Endvidere vil der blive åbnet op for muligheden for at indføre såkaldte GMO-frie zoner i Polen.

Kommentar:

Det er værd at understrege, at de mere detaljerede bestemmelser endnu ikke er kendt, og at Polen jo tidligere har bebudet at ville gå *den Østrigske vej* i GMO spørgsmålet.

Miljøministerens udspil har givetvis sammenhæng med, at Polen er under et kraftigt stigende pres fra EU Kommissionen for sin nationale enegang på dette område.

GMO-situationen i Polen

Den polske pendant til den danske Rigsrevision har fremlagt en rapport om myndighedernes administration i forhold til GMO. Rapporten er sønderlemmende i sin kritik.

Pressen kalder provokerende Polen for et paradis for GMO.

Det frem går af den Polske revisionsmyndigheds rapport, at de Polske landmænd i realiteten kan dyrke GMO-baserede afgrøder uden reelle begrænsninger.

Revisionen påpeger, at den institutionelle struktur, der er nødvendig for at følge GMO området, ikke eksisterer i Polen. Der er ikke et samlet overblik over, hvor mange tusinde ha der i dag reelt dyrkes med GMO afgrøder og kontrollen er nærmest ikke eksisterende i det hele taget. Revisionen anfører, at den Polske regulering reelt er som det anføres: *en død regulering*.

I realiteten importerer de Polske landmænd massivt eksempelvis majs MON 810 fra udlandet og dyrker disse afgrøder i stigende omfang.

Rapporten konkluderer, at de 2 ministerier, der skulle regulere området, nemlig miljøministeriet og landbrugsministeriet, ikke har været i stand til at forsyne den Polske revision med oplysninger, der dokumenterer omfanget af GMO dyrkning i Polen i dag.

Polens fortsatte tilgang til GMO sagen

Med udgangspunkt i den tidligere Polske regerings kritiske linje overfor GMO samt den fortsat skeptiske holdning generelt i Polen, er Tusk-regeringen tvunget til at indtage en reserveret holdning til GMO.

Der føres derfor fortsat drøftelser med EU Kommissionen om reguleringen på GMO området i Polen.

Regeringen arbejder ud fra et projekt *Lov om GMO*, der indebærer en regulering af de GMO-dyrkede marker, sameksistens samt etablering af GMO-frie zoner.

Sagen afventer EU Kommissionens godkendelse, hvor den foreløbige deadline er 20. marts 2009.

Portugal

Portugisisk holdning til GMO'er.

Nedenstående på basis af en samtale med viceafdelingschef Rui Noronha i portugisiske landbrugsministeriums planlægningsafdeling.

Ministeriets indstilling til anvendelse af GMO er generelt positiv, og de EU baserede kontrolforanstaltninger og regelsæt anses for tilstrækkelige.

Anvendelse af GMO er reguleret ved national lovgivning, der forudsætter bufferzoner omkring de pågældende områder.

Der er ingen specielle krav end sine statistik på importområdet. Ej heller krav om mærkning.

Ministeriets analyse er, at prisniveauet er den altafgørende faktor i meningsdannelsen. Kvalitetshensyn eller økologiske hensyn er sekundære.

Det eneste punkt på landbrugsområdet, hvor Portugal stiller spørgsmål om handels- og støttepolitikens udformning, ligger udenfor GMO-området, og vedrører forsyningssikkerhed. I lyset af erfaringerne med den seneste fødevarerkrise vedrører dette punkt hensynet til behov for selvforsyning. Der må ske en EU policy- tilpasning til disse hensyn med henblik på håndtering af fremtidige kriser.

Af trykte kilder fremgår i øvrigt følgende:

Den nuværende regering er mere positivt indstillet overfor GMO end den foregående regering.

De store brug har hidtil favoriseret traditionelle dyrkningsformer, dette ud fra afsætningspolitiske standpunkter. Med ændringerne i den fælles landbrugspolitik anses grundlaget for et holdningsskift at være etableret.

Ifølge Eurobarometer-undersøgelser er den portugisiske befolkning en af de mest positivt indstillede med hensyn til genmodificerede fødevarer. Allerede i 2005 var 38 % af befolkningen således enten enige eller helt enige i, at genmodificering af fødevarer bør fremmes aktivt fra politisk hold. Ud af EU25 var kun de tjekkiske borgere mere positivt indstillede (46 %). EU25 gennemsnit = 27 %.

I 2008 bekræftedes denne positive indstilling. En eurobarometer-undersøgelse viste, at ud af de 45 % af de adspurgte, som havde en mening om GMO, var 50,9 % imod brugen af GMO, mens 49,1 % var for brugen af GMO. Samtlige andre EU-lande havde en betydeligt større overvægt af modstandere ift. tilhængere. Portugal er imidlertid samtidig blandt de lande, hvor befolkningen er dårligst informeret om genmodificerede fødevarer. Kun ca. 55 % af befolkningen havde således ifølge Eurobarometer hørt om genmodificerede fødevarer i 2005. Ud af EU25 var kun de litauiske borgere mindre vidende om GM-fødevarer (52 %). EU25 gennemsnit = 80 % er mod dyrkning af GMO.

Modstand: en række portugisiske foreninger og organisationer kæmper imod dyrkning og import af genmodificerede afgrøder og for oprettelsen af GMO-frie zoner/regioner. De fleste af disse organisationer og foreninger er samlet under paraply-organisationen Plataforma Transgénicos Fora do Prato ("Transgenic out of the Plate" (TOTP)). TOTP leder og koordinerer anti-bioteknologi lobbyismen i Portugal. Der er arrangeret adskillige aktioner imod dyrkning af GMO – heriblandt en protestaktion i 2007, hvor et mindre GMO-besået areal (1 hektar) i Algarve blev trampet ned – en aktion som senere blev betegnet som øko-terrorisme i en Europol-rapport.

Omfang af GMO-kulturer og lovgrundlag

Generelt

Den mest omfattende dyrkning af GMO sker i Ribatejo og Alentejo, syd for Lissabon.

Arealmæssigt udgør GMO-dyrkningen under 1 % af det samlede opdyrkede areal i Portugal.

Adskillige GMO-fri regioner/zoner, hvoraf Lagos dog er den eneste (i hele EU) af juridisk gældende karakter. (Samlet 27 GMO-fri kommuner og 2 regioner)

Genmodificeret majs:

- 2005: 780 hektarer
- 2006: 1250 hektarer
- 2007: 4199 hektarer, spredt over 164 landbrug. Tallet svarer til 3,6 % af det samlede areal for dyrkning af majs.
- 2008: 4851 hektarer (stigning på 15 % siden 2007)

Lovgrundlag = Lov nr. 160/2005 anbefaler for konventionelle afgrøder en afstand på 200 meter til biotech-afgrøder. Alternativt kan etableres en 'bufferzone' på 24 rækker konventionel majs omkring GM-majsen.

Økologiske afgrøder: Der anbefales en afstand på 300 meter mellem økologiske afgrøder og biotech-afgrøder. Alternativt kan etableres en 'bufferzone' på 28 rækker konventionel majs omkring GM-majsen + 50 meters afstand.

I tilfælde af insekt-tolerance pålægges landmændene at skabe en 'tilflugts-zone' af konventionelle afgrøder indenfor det areal, der er tilsået med biotech-afgrøder. Dette område skal udgøre mindst 20 % af det samlede tilsåede område.

Kompensationsfond for økonomiske tab: Portugisisk lovgivning sikrer økonomisk kompensation til landmænd, hvis konventionelle eller biologiske afgrøder kan bevises at være inficeret med GMO. Denne lovgivning er dog blevet kritiseret af en række civilsamfundsorganisationer, som mener, at kompensationen er for vanskelig at opnå for almindelige landmænd.

Generelt ganske få dokumenterede problemer med sameksistens. En statusrapport fra 2005, baseret på analyse af 18 repræsentative prøver, konkluderer, at EU's grænseværdi for GM-forurening af konventionelle eller organiske afgrøder på 0,9 %, ikke overskrides i et eneste tilfælde.

Vækst i dyrkningen af GMO

Mindre korrektion i oplysningerne om det samlede GMO-besåede areal i Portugal i 2008:

Ifølge Landbrugsministeriets tal var det samlede areal således på 4856,2 ha. i 2008 i stedet for, som tidligere indberettet, 4851 ha. Den procentvise stigning fra 2007(4200 ha.) til 2008 bliver således 15,6 %.

Regional fordeling af væksten i det GMO-besåede areal

Den samlede stigning på 15,6 % i det GMO-besåede areal fra 2007-2008 fordeler sig regionalt som følger:

Nord-Portugal	- Vækst på 206 %
Lissabon og Tejo-dalen	- Negativ vækst på 15 %
Alentejo	- Negativ vækst på 6 %
Midtportugal	- Vækst på 176 %

Kontrolforanstaltninger

Foruden de allerede beskrevne nationale regler om etablering af bufferzoner omkring marker besået med GMO, samt de såkaldte tilflugtszoner, jf. seneste indberetning, kræver den gældende nationale lovgivning på området (lov no. 160/2005) at:

- landmænd, der påtænker dyrkning af GMO-afgrøder på deres jord, forud for påbegyndelse af dyrkningen skal deltage i et seminar, på hvilket der informeres om GMO generelt, om de nationale regler for sameksistens samt om de fælles EU-regler om sporbarhed og etikettering. Undervisningen varetages af en række portugisiske landbrugsforeninger og frø-producenter, som selv har modtaget teknisk undervisning i brugen af og omgangen med GMO'er fra General Direktoratet for Landbrug og Landudvikling(DGADR). Indtil 2008 havde 1268 landmænd deltaget i et sådant kursus.
- landmænd, der påtænker dyrkning af GMO-afgrøder, senest 20 dage før den planlagte besåning af det pågældende areal, skal informere den Regionale Landbrugsdirektion (DRA) om lokalitet, frø-type samt om de forholdsregler landmanden tager med henblik på at undgå spredning af GMO til konventionelle eller biologiske afgrøder.
- naboer med afgrøder der grænser umiddelbart op til det påtænkte GMO-besåede areal, eller som deler landbrugsredskaber- og/eller landbrugsmaskiner med den pågældende landmand, skal informeres skriftligt senest 20 dage før den planlagte besåning.
- de regionale Landbrugs og Fiskeri Direktioner (DRAP) udfører regelmæssige kontrol-inspektioner, hvor det kontrolleres, om den nationale samt den fælles EU-lovgivning på området overholdes. I 2008 blev der på landsplan foretaget 126 kontrol-inspektioner af landbrug involveret i dyrkning af GMO-afgrøder.

Landmændenes holdning til GMO

Af en spørgeskemaundersøgelse blandt landmænd involveret i dyrkningen af GMO-afgrøder, foretaget af de Regionale Landbrugs og Fiskeri Direktioner (DRAP), fremgår det, at de væsentligste motiver blandt landmændene til at vælge GMO-afgrøder er:

Større kontrol med insekter (76 % af de adspurgte)

Mere miljøvenligt – behov for færre sprøjtemidler (2 % af de adspurgte).

Herudover fremgår det af spørgeskemaundersøgelsen at:

- 60,1 % af de adspurgte anser kvaliteten af GMO-afgrøderne for at være højere end konventionelle eller biologiske afgrøder.
- 65,3 % af de adspurgte melder om kvantitativ forbedring (forøget produktion).
- 72,4 % af de adspurgte har reduceret forbruget af insektsprøjtemidler efter at være gået over til GMO-dyrkning.

Slovakiet

Generelt

Spørgsmålet om GMO i forhold til hhv. dyrkning, import til foder eller brug i fødevarer er ikke et emne i den politiske debat i Slovakiet, hverken i regeringen, parlamentet eller befolkningen.

Regeringen og de relevante parlamentsudvalg forholder sig til drøftelserne om GMO i EU-regi på et pragmatisk grundlag og med en positiv grundholdning til brugen af GMO, der ikke repræsenterer en miljø- eller sundhedsmæssig fare. Slovakiet gennemfører loyalt fælles EU-regler på området, hvis overholdelse dog kun kontrolleres i begrænset omfang.

Landbruget er primært interesseret i GMO i forbindelse med import af foder (sojaskrå), hvor såvel mærkning som kontrol for nærværende er ganske lemfældig. Det samme gælder dog ikke dyrkning af GM-afgrøder, der kræver speciel tilladelse og er underlagt skarp kontrol fra myndighedernes side.

I NGO-sektoren er der ikke noget aktivt engagement i GMO-spørgsmålet.

Konkret

Dyrkning

Ifølge det slovakiske landbrugsministerium er der for 2009 givet tilladelse til dyrkning af 875 ha med genmodificeret majs, hvilket repræsenterer et fald på 55 % i forhold til 2008.

Landbrugsministeriet udstedte i august 2006 detaljerede regler for sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder.

Markedsføring

Der tillades import af fødevarer med GMO i overensstemmelse med EU's regelsæt, men der foretages ikke registrering af produkter eller mængder.

Foder

Der foretages ej heller registrering af import til foderbrug.

Sverige

Holdning til GMO

Regeringens holdning

Debatten om GMO internt i regeringen har været både omfattende, og foregået over en længere periode. Regeringen kan dog hverken siges at være for eller imod anvendelse af GM-teknologi. Fra svensk side finder man, at anvendelsesgrundlaget skal baseres på videnskabelige studier, og at medlemslandene i øvrigt bør følge EU-direktiverne og forordningerne.

Det oplyses, at der er en større tolerance til GM-teknologi inden for medicinalindustrien end for foder og fødevarer. Det svenske engagement i spørgsmålet i en europæisk sammenhæng har dog traditionelt været - og vil fortsat vedblive at være - neutralt. Man vil ikke gå forrest i spørgsmålet og ej heller give nogen direkte støtte til GMO-diskussionen. Ifølge det oplyste indtager Sverige en position, der ligner briternes, idet det vægtes, at handelsaftaler skal overholdes, samt at de nationale forbud mod GMO skal ophæves (jf. WTO's afgørelse og Kommissionens forslag til rådskonklusioner).

Oppositionens holdning

Socialdemokraterna (S) tager udgangspunkt i et forsigtighedsprincip, hvor man ikke modsætter sig anvendelsen af GM-produkter, når disse er testede og godkendt til forbrug og foder. Det afgørende for S er, at GM-produkter/teknologi lever op til generelle sundheds- og miljøkrav.

Ministerrådets (Miljø) nylige beslutning om at lande kan opretholde et nationalt forbud mod GMO, får opbakning fra Miljöpartiet (MP) og Vänsterpartiet (V). Man finder, at omtalte beslutning giver en lektion til den "GMO-venlige svenske regering" og øjner samtidig muligheden for GMO-frie zoner i Sverige. Begge partier er således i høj grad modstandere af GM-produkter.

Landbrugets holdning

Landmændenes brancheforening i Sverige (Lantmännen) har en pragmatisk holdning til GMO. Man tilpasser import og forbrug i forhold til markedets efterspørgsel og gældende lovgivning. Man finder, at GMO er et redskab til at fremme forbrugernes ønsker, og man vil, hvis markedet ændrer sig, ikke have kvaler ved at sælge og promovere GM-produkter.

Hvad angår foder, oplyses det, at der er en stærk holdning fra landbrugsbranchen om ikke at anvende GM-produkter, hvorfor branchen stort set er GMO-fri. Madvarerne i butikkerne er ligeledes fritaget for GM-produkter, hvilket igen skyldes en manglende efterspørgsel fra virksomhederne og deres kunder.

Foreningen finder, at de igangværende EU-processer vedrørende fælles direktiv omkring GM-produkter går for langsomt. Resultatet af den restriktive EU-linje er, at import af primært majs og sojaprodukter fra USA stoppes, hvilket er skadeligt for verdensmarkedet og vil resultere i et udbudsunderskud i EU. Man håber på enighed i spørgsmålet blandt landbrugsministrene under kommende rådsmøde. (Yderligere information: <http://www.lantmannen.com/sv/Lantmannen-COM/>).

Interesseorganisationen for svenske landmænd, Landbrukarnas Riksförbunds (jf. <http://www.lrf.se/>), har en teknikneutral og pragmatisk holdning til fødevarerprodukter og foder. Er GM-produktet godkendt af EU, bør muligheden for at benytte sig af denne teknologi kunne benyttes, og der bør arbejdes for at skabe sameksistens mellem GMO og konventionelle produkter.

De teknikker, der definerer hvilke produkter, der kan anvendes, bør ligeledes harmoniseres. Lrf oplyser, at den restriktive linje der har været herskende hos de svenske landmænd nu i højere grad bliver mødt af en mere positiv indstilling. De svenske bønder føler sig pressede i den globale konkurrence, når de dels skal opretholde forbilledet som GMO-frie producenter og dels naturligvis skal konkurrere på prisen.

Forbrugernes holdning

En attitudeundersøgelse fra 2007 (hvilken er den senest publicerede af Konsumentforeningen) viser, at svenskerne er imod GM-madvarer i butikkerne. Majoriteten af respondenterne i undersøgelsen (61 %) svarer "nej" til GM-fødevarer og produkter til foder, mens 29 % svarer "ja". Svenskerne er mere positivt indstillede (med en margin på 50-77 %) i forhold til GM-produkter i medicinalindustrien. Efter samtale med I en igangværende undersøgelse i Konsumentforeningen tyder det på, at majoriteten af de svenske forbrugere stadig er imod GM-fødevarer. For mere information om forbrugerholdningen: http://www.konsumentforeningenstockholm.se/templates/page____3139.aspx

Fremtidig anvendelse af GMO i Sverige

Overordnet set afgøres den fremtidige anvendelse af GMO i Sverige af EU's direktiver. Den generelle indstilling er dog, at godkendte GM-produkter bør kunne anvendes, såfremt WTO og Kommissionen giver tilladelse hertil. Det forudsættes imidlertid, at der er gennemsigtighed i anvendelsen af GM-produkter. Producenter og forbrugere skal ikke frarøves muligheden for at leve uden GM-produkter. En sameksistens i mellem GMO og konventionelle produkter fremhæves som ønskværdigt, og der er fra svensk side ingen generel modstand i anvendelsen af GM-produkter, så længe de opfylder eksperternes krav og verificering.

Faktuelle oplysninger

I Sverige er anvendelsen af GM-teknologi og markedsføring af GM-produkter yderst begrænset. Der er således blot tale om ganske enkelte fødevarer indeholdende GMO, såsom en Monsanto-produceret øl fra et mindre bryggeri i Skåne, der sælges på Sytembolaget. Man har ingen præcise oplysninger om det samlede hektar-areal med GM-afgrøder, men der er tale om et meget begrænset tal (på forskningsbasis).

Hos enkelte griseproducenter anvendes importerede GM-sojaprodukter, men derudover er anvendelsen af GMO henstillet til forskningsverdenen. Samlet set er der således hverken nævneværdig kommerciel anvendelse af GMO i Sverige, ligesom importen af GM-produkter er ubetydelig.

I kraft af den begrænsede anvendelse har den svenske regering ikke anvendt synderligt meget energi på at informere befolkningen herom. Jordbruksverket har publiceret skrivelser om GMO, der sammen med den internationale debat om GMO kan findes på: <http://www.sjv.se/informationomsokmotorn/sokpajordbruksverketswebbplats.4.52c6f10b903d789380004210.html?query=gmo>.

Lovgivning omkring sameksistens mellem GM og konventionelle afgrøder.
Jordbruksverkets hjemmeside (jf. link ovenfor) informerer tillige om den nationale lovgivning ift. anvendelsen af GMO afgrøder i Sverige.

EU-direktiver og forordninger er inkorporeret i svensk lov, og der eksisterer således lovgivning, der fastsætter reglerne om sameksistensen mellem GM og konventionelle afgrøder. For mere information om svensk inkorporeret lov se: <http://www.gmo.nu/toppmeny/bestammelserochansvar/oversiktoverlagstiftningen.4.1d07c3f108381dd74480001218.html>

Tjekkiet

Den tjekkiske holdning til GMO

Hvad er holdningen til GMO på det politiske niveau hos hhv. regering og opposition, både i forhold til dyrkning, markedsføring som fødevarer, import til for eksempel foder eller anvendelse i medicinalindustrien?

Der er en politisk konsensus i Tjekkiet om at støtte anvendelsen af GMO i forskning, industri og landbrug, hvis det er bevist at være sikkert for mennesker, dyr og miljøet. Tjekkiet støtter en fortsat udforskning af måder (inden for den nuværende lovgivning), som gør det muligt for medlemsstaterne at anvende GMO under forudsætning af, at beslutninger vedtages på baggrund af et videnskabeligt grundlag.

Hvad er landbrugets og industriens holdning til dyrkning, import til foder og anvendelse til fødevarer?

Der er en generel støtte i landbrugssektoren og industrisektoren til anvendelse af GMO.

Anvender myndighederne aktivt virkemidler for at informere befolkningen om GMO?

Myndigheder informerer offentligheden via forskellige værktøjer: organisering af seminarer, gennem publikationer og foldere, artikler i tidsskrifter og aviser, web sites osv.

Hvad er forbrugernes holdning til GMO, både i forhold til dyrkning, import til for eksempel foderbrug og anvendelse i fødevarer og medicin?

De fleste forbrugere i Tjekkiet har ikke stærke holdninger til GMO. Seneste forbrugerundersøgelse (2005) viser, at ca. 28 % af de tjekkiske forbrugere "aldrig ville købe eller forbruge GMO", 17 % "kan ikke se nogen trussel i forbindelse med GMO", mens resten er indifferente (ingen interesse i området eller er ikke i besiddelse af nok oplysninger til at afgøre ens holdning).

Hvordan ser fremtiden ud for GMO, både mht. dyrkning, import og markedsføring til fødevarer, foder og medicin?

Siden 2005 har Tjekkiet dyrket genmodificerede afgrøder (Bt-majs MON810) med positive resultater. Sideløbende hermed er der hvert år gennemført en række feltforsøg (forskellige typer af GM-majs, GM-kartofler, GM tobak, GM Stanley blommetræ og GM spindhør).

Tjekkiet anvender importerede GMO-produkter i foder (betydelige mængder) og mad. Der er ifølge landbrugsministeriet kun få, der opfordrer til oprettelse af GMO-fri zoner eller forbud mod import af GMO'er. Ligeledes er der ifølge ministeriet ingen synlige sociale problemer med brugen af GMO i medicin.

Baseret på ovennævnte er forventningen i landbrugsministeriet, at der vil være en kontinuitet i anvendelse af GMO i Tjekkiet i fremtiden.

Hvor mange hektar GM-afgrøder dyrkes der, og hvilke afgrøder dyrkes?

Kun Bt-majs (MON810) bliver dyrket kommercielt i Tjekkiet. Dyrkningsarealet har været stigende siden 2005 (2005: 150 ha, 2008: 8.380 ha). I år forventes et lille fald i dyrkningen af Bt-majs på grund af den økonomiske krise.

Såfremt der markedsføres fødevarer, som indeholder GMO: hvor mange produkter/hvor store mængder?

Der findes ingen statistikker, der beskriver det komplette udbud og mængde af GM-produkter på det tjekkiske marked.

Importeret GM-produkter til foderbrug? Hvor meget?

Tjekkiet importerer genmodificerede produkter til foderbrug, især genmodificerede sojabønner. Der findes ingen detaljerede statistikker.

Er der i den nationale lovgivning fastsat regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder (konventionelle såvel som økologiske)?

Siden 2005 har der været regler for sameksistensen ligesom der er en række bindende foranstaltninger for producenter af GM-afgrøder i Tjekkiet.

Tyskland

Lovgivning og holdninger til GMO i Tyskland

Resume:

Der er i Tyskland blandt forbrugerne en overvejende afvisende holdning til GMO på fødevarerområdet. Dyrkningen af GMO afgrøder er beskeden og er nu reduceret til forsøgsmarker, efter at Mon 810 er blevet forbudt i Tyskland. Fødevarer, der er GMO-mærkningspligtige forekommer næsten ikke. Flere store fødevarer kæder har besluttet sig for principielt ikke at markedsføre GMO-produkter. Flere regioner, med Bayern i spidsen, arbejder på at blive genmodificeretfri zone.

GMO reguleres i Tyskland via de fælles EU-bestemmelser samt ved supplerende national lovgivning, der fastlægger bestemmelser vedr. sameksistens, god faglig praksis, erstatningsansvar m.v. Der er i Tyskland indført mulighed for at mærke produkter "uden genteknik".

Politisk er holdningerne delte, idet Bündnis/Grüne, SPD og CSU er kritiske overfor GMO i fødevarer. CDU og FDP er mere positive, men lægger dog hovedvægten på forskningsindsatsen.

Lovgivning

Dyrkning og markedsføring af GMO planter og produkter er i Tyskland reguleret via de fælles EU-bestemmelser. Herudover er der i national tysk lovgivning fastlagt regler i genteknikloven (Gesetz zur Regelung der Gentechnik) og i den nationale forordning vedr. god faglig praksis vedr. produktion af genteknisk forandrede planter.

De nationale regler er udarbejdet med henblik på at

- Fremme forskningen
- Forenkle de administrative procedurer
- Definere god faglig praksis
- Sikre information og transparens
- Præcisere ansvarsregler
- Sikre naturbeskyttelsen

Den nationale lovgivning supplerer EU-bestemmelserne, og fastlægger de nærmere regler vedr. rammebetingelserne for dyrkning af GMO-afgrøder, herunder sameksistensregler. Lovgivningen fastlægger regler for mindsteafstande mellem marker med GMO-afgrøder og konventionelle afgrøder. Endvidere fastlægger lovgivningen regler om erstatningsansvar i tilfælde af, at konventionelle afgrøder forurenes af GMO-afgrøder. Herudover er der i Tyskland indført et offentligt register med præcis angivelse af, hvor GMO produktion finder sted. EU-reglerne indeholder fælles bestemmelser vedr. mærkning af GMO-produkter. I tillæg hertil er der i tysk lovgivning indført en mærkning for produkter fremstillet uden genteknik – "Ohne Gentechnik".

Den tyske gentekniklov fastlægger en mindsteafstand mellem GMO-majs og konventionelle afgrøder til 150 m. Hvis der er økologisk dyrkede nabomarker er mindsteafstanden 300 m. Herudover gælder detaljerede regler om god faglig praksis.

Tysk lovgivning fastlægger vidtgående ansvars- og erstatningsbestemmelser for GMO producenter. GMO producenterne hæfter med objektivt ansvar ved krydsbestøvning, også selvom GMO producenten har overholdt alle fastlagte krav, og endda muligvis ikke er årsag til forureningen. Erstatningsansvar foreligger dog kun, hvis der for godkendte GMO-afgrøder er tale om en forurening på over 0,9 %, hvilket medfører, at de konventionelt dyrkede afgrøder skal mærkes som GMO-afgrøder, og dermed muligvis afsættes til en lavere pris.

De restriktive ansvarsregler og vidtgående krav til forskningsanlæg har i forskningssammenhæng ført til kritik, og en række forskningsinstitutioner er tilbageholdende med genteknikprojekter på grund af de økonomiske risici.

Tyskland er det land i Europa, der har flest bioteknologivirksomheder, men de fleste beskæftiger sig med rød genteknologi indenfor det medicinske område.

Dyrkning af GMO-afgrøder i Tyskland

Den eneste GMO-afgrøde der indtil nu dyrkes i Tyskland er majs.

Majs er en vigtig afgrøde i Tyskland og bliver dyrket på ca 12 % af det dyrkede areal til foderformål og til anvendelse i biogasanlæg.

Dyrkning af gen-majs Mon 810 er tilladt i EU siden 1998 og er den eneste GMO plante, der hidtil har været tilladt at dyrke i Tyskland. Siden december 2007 har det dog i Tyskland været en betingelse, at produktionen foregik under en overvågningsplan. EU godkendelsen er udløbet og dyrkning af genmajs er kun tilladt på basis af en status quo-klausul. Monsanto har dog ansøgt om en ny godkendelse, der forudsætter en vurdering af miljøpåvirkningerne. Gen-Majs Mon 810 indeholder et gen imod insektet majsborer.

I Tyskland dyrkes gen-majs Mon 810 siden 2005, og dyrkningsarealet udgjorde i 2008 ca 3200 ha svarende til ca 0,15 % af det tyske majsareal.

Dyrkning af GMO afgrøder i Tyskland:

Årstal	Hektar
2005	342
2006	947
2007	2685
2008	3171
2009	31

Den tyske landbrugsminister Ilse Aigner har imidlertid i april 2009 i medfør af udsætningsdirektivets §23 og den tyske gentekniklov aktiveret beskyttelsesklausulen og forbudt dyrkning og omsætning af genmajs Mon 810 i Tyskland. Monsanto har indgivet klage mod forbuddet. Den tyske forvaltningsdomstol har afvist klagen.

Beslutningen om at forbyde dyrkning og markedsføring af Mon 810 er truffet efter at Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Sektorforskningsinstituttet for planteavl Julius Kühn og Bundesamt für Naturschutz, hver for sig har udarbejdet redegørelser om Mon810 uden, at det dog har ført til en enig vurdering. Ifølge forbundsministeriet for landbrug, fødevarer og forbrugerbeskyttelse er der imidlertid risiko for påvirkning af sommerfugle, mariehøns og vandorganismer. Tidligere forbundsminister Renate Künast fra partiet De Grønne hævder, at der findes genmajs pollen i honning, selvom genmajs Mon810 ikke er godkendt som fødevarer. Forbundsminister Ilse Aigner har understreget, at beslutningen om at forbyde Mon 810 er fagligt baseret, og at der er tale om en enkeltstående beslutning, der ikke er bindende for den grundlæggende holdning til, hvordan man fremtidig skal forholde sig til grøn genteknik. Forbundsminister for miljø Sigmar Gabriel (SPD) har hilst forbuddet velkomment og understreget, at genmajsens miljøpåvirkninger nu må afklares blandt andet i forbindelse med den igangværende nygodkendelse i EU.

Forbundsministeriet for landbrug og forbrugerbeskyttelse lægger op til en forstærket indsats vedr. forskning i sikkerhed i relation til grøn genteknik. Ministeriet vil udarbejde et strategipapir om fremtidig behandling af genteknik. Uafhængige eksperter vil blive inddraget i processen. Et program vedr. sikkerhedsforskning vil blive iværksat, og retningslinier for fremtidig godkendelsespraksis vil blive udarbejdet. Strategipapiret skal blandt andet belyse, hvorledes frivillige genfri zoner kan etableres.

Såvel den tyske naturbeskyttelsesforening Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland og Greenpeace har udtrykt tilfredshed med det tyske forbud mod Mon810. Naturbeskyttelsesforeningen henviser til at fodringsforsøg med mus har vist, at genmajs kan skade immunsystemet.

Efter forbuddet mod gen-majs Mon 810 er der i 2009 i henhold til forbundsministeriets GMO-produktionsregister kun anmeldt 31 ha med GMO-afgrøder.

Den negative holdning til GMO giver sig ofte udslag i, at miljøaktivister foretager markødelæggelser på marker med genafgrøder. Forsøgsmarker skal normalt bevogtes.

Importeret foder

Foderstoffer med importerede bestanddele af soja, majs, raps og bomuld indeholder hyppigt GMO. Deutsche Raiffeisenverband har gennemført en undersøgelse, hvorefter 93 % af blandingsfoderet til kvæg og svin og 89 % af fjerkræfoderet indeholder betydelige andele af GMO produkter.

GMO i fødevarer

Der findes på det tyske marked ikke fødevarer, der direkte er genteknisk ændret. GMO forekommer således kun indirekte i form af ingredienser. Ifølge de tyske fødevearekontrolmyndigheder er der kun meget få eksempler på fødevarer, der er mærkningspligtige som følge af et GMO indhold over EU's grænseværdi på 0,9 %. De eksempler, der findes, vedrører næsten udelukkende sojaholdige produkter. Greenpeace udgiver en liste over fødevarer med mærkningspligtigt indhold af GMO i Tyskland. Listen omfatter 45 produkter.

En række forarbejdede produkter indeholder spor af GMO men på et niveau under 0,9 % og hyppigt på niveau med påvisningsgrænsen på 0,1 %. Eksempler på fødevarer med GMO spor er chokolade, småkager, bolcher, is mv., hvortil der er anvendt glukose af genmajs eller lecithin af gensoja.

Holdningen i befolkningen

Ifølge en undersøgelse foretaget i 2009 af det tyske opinionsundersøgelsesinstitut Forsa afviser 78 % af den tyske befolkning genteknisk ændrede fødevarer, også selvom de er billigere. 82 % af de adspurgte bakker op omkring det nationale tyske forbud mod genmajs Mon 810. 85 % af de adspurgte er imod anvendelse af genfoder til husdyr.

Politisk holdning

Grundlaget for den nuværende tyske gentekniklov blev udarbejdet i 2004 af daværende landbrugs- og forbrugerbeskyttelsesminister Renate Künast fra partiet Bündnis/Grüne. Denne lov lagde restriktive rammer for anvendelse og dyrkning af GMO i Tyskland. Ved regeringsskiftet i 2005 blev der annonceret en mere positiv holdning til GMO produktionen. Holdningsskiftet er imidlertid udeblevet bortset fra enkelte lempelser i relation til gennemførelse af GMO-forskning. Internt i regeringen hersker der uenighed, idet landbrugs- og forbrugerbeskyttelsesminister Ilse Aigner af sit parti CSU er blevet pålagt at føre en restriktiv politik. Miljøminister Sigmar Gabriel (SPD) indtager ligeledes en kritisk holdning, mens forskningsminister Annette Schavan (CDU) indtager en positiv holdning, især af hensyn til forskningen.

FDP er på linie med CDU mere positive og går ind for "en ansvarlig udnyttelse af genteknologien".

I mange delstater arbejdes der med initiativer om at indføre genfri zoner, som har bred opbakning i befolkningen. Særlig udpræget er det i Bayern, hvor delstatsregeringen, og dermed regeringspartiet CSU, har sat sig i spidsen for et genfrit Bayern.

Den kritiske politiske holdning til GMO gør sig primært gældende omkring dyrkning af GMO afgrøder. Import af GMO foderstoffer kommer man ikke udenom, idet EU er afhængig af import fra USA, Brasilien og Argentina. GMO fødevarer forekommer i praksis ikke og afvises af forbrugere og detailhandel.

Ifølge forbrugerbeskyttelsesministeriet er 30 % af de årligt tilkommende virkestoffer i medicinalprodukter produceret med anvendelse af genteknologi. Den almindelige holdning til genteknik i medicin både i befolkningen og blandt politikere er langt mere positiv end for fødevarer, fordi det anses for en chance for at helbrede, mens genteknologi i relation til fødevarer af befolkningen opfattes som en risiko.

Landbrugets holdning

Bauernverband er tilbageholdende vedr. GMO og anbefaler sine medlemmer at holde sig fra GMO produktion p.g.a. det mulige erstatningsansvar.

Af hensyn til forsyningen med foderstoffer kræver Bauernverband en hurtigere beslutningsproces i EFSA og Kommissionen med henblik på at reducere problemet vedr. nultolerance for ikke-godkendte GMO afgrøder.

Fødevarerindustrien

Den tyske fødevarerindustri¹⁰ ønsker sig rammebetingelser, der gør det muligt at anvende innovationspotentialiet i genteknologien. Fødevarerindustrien er af den opfattelse, at det på længere sigt vil være uansvarligt at give afkald på

¹⁰ Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie.

genteknologien. Samtidig er industrien dog påvirket af forbrugernes afvisning, der medfører, at anvendelsen af genteknologiske produkter i industrien de facto er minimal.

Detailhandelen

Fødevarer med et mærkningspligtigt indhold af GMO forekommer yderst sjældent i tyske fødevarerforretninger. Forbrugernes negative holdning fører til, at også detailhandelen er afvisende og stiller krav overfor leverandørerne. En række store fødevarer kæder herunder discountkæder, har taget principiel stilling og afviser GMO produkter.

Mærkning af produkter uden genteknik

Ved en ændring af den tyske gentekniklov i 2008 er der indført mulighed for mærkning af fødevarer med betegnelsen "Ohne Gentechnik". Der er dog ikke udarbejdet et fælles logo til mærkningen. Anvendelse af betegnelsen for fødevarer kræver:

- At ingen bestanddele kommer fra GMO planter
- At ingen anvendte tilsætningsstoffer, vitaminer, aminosyrer, aromaer og enzymer er fremstillet ved hjælp af genteknisk ændrede mikroorganismer. Dog tillades tilsætningsstoffer, der er godkendt i henhold til EU's økologiforordning.

For animalske produkter, såsom kød, æg og mælk, forudsætter mærkning med "Ohne Gentechnik", at der ikke anvendes GMO foder. Det kræves dog ikke, at dyret hele sit liv skal være fodret med ikke-GMO foder. For svin gælder en grænse på 4 måneder før slagtning. For mælk en grænse på 3 måneder og for æglæggende høner 6 uger. Det tillades, at foderet indeholder foderstoftilsætninger såsom vitaminer, aminosyrer, enzymer m.v., der er fremstillet af GMO mikroorganismer. Dyrene kan ligeledes behandles med genteknisk fremstillede lægemidler og vacciner.

Der gælder for mærkning med betegnelsen "Ohne Gentechnik" samme grænseværdier for utilsigtet tilstedeværelse af GMO som for økologiske produkter på 0,9 %.

Mærkningen med "Ohne Gentechnik" har indtil videre kun fundet begrænset udbredelse. Bortset fra den hollandsk-tyske mejerikoncern Campina er det mest mindre regionale fødevarerproducenter, der gør brug af mærkningen. Fødevarerindustrien er tilbageholdende, fordi man frygter image-skader, idet mærkningen efter manges opfattelse er vildledende. Mærkning med "Ohne Gentechnik" fører forbrugerne til at antage, at genteknik ikke har været involveret ved fremstillingen af de pågældende fødevarer. Imidlertid må genteknik gerne anvendes i en vis udstrækning, jfr. ovenfor. For at styrke mærket overvejer forbundsminister Ilse Aigner at indføre et fælles logo

I en sag ved de tyske domstole har Greenpeace fået medhold i at måtte kalde mælk fra Tysklands tredjestørste mejerivirksomhed Müller Milch for genmælk, fordi mælken er produceret på basis af GMO foder.

Information

Forbundsministeriet for fødevarer, landbrug og forbrugerbeskyttelse og dets institutioner har omfattende information om genteknik på deres hjemmesider.

Den bedst og mest målrettede hjemmeside er www.transgen.de, der er en uafhængig hjemmeside, der formidler viden om genteknik. Hjemmesiden er oprindeligt etableret af delstatsministeriet for landbrug i Nordrhein-Westfalen. Transgen.de er finansieret ved private og offentlige tilskud.

Der er herudover omfattende information og portaler om genteknik på internettet fra forskningsinstitutioner, erhvervsorganisationer, private institutioner, miljøinstitutioner m.v.

Forskning

På forsknings- og forædlingsområdet er der stor aktivitet med GMO planter. De vigtigste anvendelsesområder for den grønne genteknik vedrører planter, der er resistente overfor skadedyr eller herbicidtolerante. En række forskningsprojekter beskæftiger sig imidlertid med forædling af planter, der er miljøtolerante overfor kulde og tørke, med effektiv udnyttelse som fornyelige råstoffer (energi m.v.) og produktion af farmaceutiske proteiner i planter. Forbundsregeringen har i sin tidligere hightech-strategi fokuseret på innovation i plante- og bioteknologien, herunder i plantegenomforskningen og den grønne genteknik.

Da genteknikken byder på såvel muligheder som risici, er det Regeringens mål at finde afbalancerede løsninger, der beskytter sundhed og miljø, men som også fremmer forskning og anvendelse, og som giver landbrug og forbrugere valgfrihed og sikrer koeksistens.

Fremtiden

Accepten af GMO er på fødevarerområdet i Tyskland lav. Den aktuelle udvikling går i retning af afvisning af at dyrke GMO afgrøder og afvisning af GMO fødevarer. Bestræbelserne på at etablere regionale genfri zoner er stigende. På foderområdet er man afhængig af import fra oversøiske lande, og det er i praksis ikke muligt at undgå GMO foder. På kort og mellemlangt sigt er mulighederne for i Tyskland at afsætte fødevarer, der er GMO-mærkningspligtige meget beskedne.

Østrig

Den østrigske holdning til GMO

Hvad er holdningen til GMO på det politiske niveau hos hhv. regering og opposition, både i forhold til dyrkning, markedsføring som fødevarer, import til for eksempel foder eller anvendelse i medicinalindustrien?

Der er mellem regeringspartierne og oppositionen konsensus mod GMO i landbruget og fødevarerindustrien, primært begrundet med ukendte risici for uoprettelige skader. De to EU-kritiske oppositionspartier fremfører ofte GMO som et eksempel på EUs forsøg på nedtromling af østrigske synspunkter og interesser.

For en række GM-majs- og rapssorter gælder import- og/eller dyrkningsforbud. Det betragtes som en stor national sejr, at Rådet i marts 2009 bekræftede de "midlertidige" forbud mod genetisk modificeret majs i Ungarn og Østrig, idet det forkastede Kommissionens forslag om at ophæve disse foranstaltninger.

Import af genmodificerede sojabønner til foderbrug (især i form af sojaskrå) accepteres – som et nødvendigt onde.

Anvendelse af genteknologi i lukkede forsknings- og udviklingsmiljøer under streng kontrol i for eksempel medicinalindustrien er ikke et tema.

Hvad er landbrugets og industriens holdning til dyrkning, import til foder og anvendelse til fødevarer?
Den almindelige konsensus, jf. foran, omfatter også landbruget og industrien.

Anvender myndighederne aktivt virkemidler for at informere befolkningen om GMO?

Flere ministerier støtter web-sitet dialog<->genteknik, der uafhængigt og uden stillingtagen for eller imod oplyser om blandt andet GMO.

Hvad er forbrugernes holdning til GMO, både i forhold til dyrkning, import til for eksempel foderbrug og anvendelse i fødevarer og medicin?

I 1997 underskrev 1.225.790 vælgere en folkepetition mod GMO. Den politiske konsensus afspejler forbrugernes holdning.

Hvordan ser fremtiden ud for GMO, både mht. dyrkning, import og markedsføring til fødevarer, foder og medicin?
Den stærke konsensus må forventes fastholdt og snarere styrket og udbygget end svækket.

Hvordan er reglerne for mærkning af produkter med GMO? Er der tærskelværdier for utilsigtet forekomst og dermed for mærkning?

Der findes et frivilligt GMO-fri-mærkningssystem, hvorefter producenter under nærmere fastsatte betingelser kan påsætte mærket "Gentechnik-frei erzeugt". Produkterne kontrolleres i et samarbejde mellem producenter, afsætningsledet og forbrugere i "ARGE Gentechnik-frei". 600 produkter er pt. omfattet af mærkningen.

Hvor mange hektar GM-afgrøder dyrkes der, og hvilke afgrøder dyrkes?

Østrigske landbrugsarealer søges holdt GMO-fri, jf. nedenfor om lovgivning.

Såfremt der markedsføres fødevarer, som indeholder GMO: hvor mange produkter/hvor store mængder?

Ikke et eneste østrigsk supermarked fører fødevarer, der efter EU-reglerne skal mærkes som genetisk modificerede produkter.

Det anses af miljøorganisationerne mv. for en mangel, at det ikke gennem en tvungen GMO-mærkning af kød, æg og mælkeprodukter fremgår, hvorvidt dyret er blevet fodret med GM-foderstoffer (navnlig importeret sojaskrå). Der lægges derfor pres på for eksempel mejerier og slagterier og deres leverandører for at få dem til at opfylde betingelserne for den frivillige mærkning eller fremstille produkter, der opfylder økologi-betingelserne.

Importeret GM-produkter til foderbrug? Hvor meget?

Der importeres årligt 600.000 – 650.000 ton sojabønneækvivalenter (hovedsageligt i form af sojaskrå) fra blandt andet USA. Indenlandsk producerede GMO-frie sojabønner (ca. 55.000 ton årligt) bruges primært til fødevarerproduktion og som foder i det økologiske husdyrbrug. Der skønnes potentiale til indenlandsk produktion af yderligere GMO-frie 150.000 – 200.000 ton ved omlægning fra majsdyrkning.

Er der i den nationale lovgivning fastsat regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder (konventionelle såvel som økologiske)?

Lovgivningen er et anliggende for de enkelte ni forbundslande, og der er i alle ni forbundslande gennemført lovgivning i forskellig udformning med det formål at besværliggøre dyrkningen af GM-afgrøder mest muligt og lægge sig så tæt som muligt på et forbud. EF-domstolen tilsidesatte i 2005 et generelt forbud mod dyrkning af GM-afgrøder, vedtaget af landdagen i forbundslandet Oberösterreich.

Spaniens holdning til GMO'er

Resume:

Regeringen og oppositionen er positive over for GMO. Emnet har ikke og har ikke haft offentlighedens bevågenhed. Spanien dyrker GM-majs MON 810 på knap 80.000 hektar. Spanien importerer GM-foder, fødevarer med GMO, mm. Ingen regler for sameksistens.

Lovgivning

Den spanske lovgivning er i overensstemmelse med EU-lovgivningen på området og indeholdt i lov nr. 9/2003 af 25. april 2003 om det juridiske grundlag for den begrænsede anvendelse, forsættelig frigivelse og markedsføring af genetisk modificerede organismer. Gennemførelsesbestemmelserne til lov nr. 9/2003 er indeholdt i kgl. dekret 178/2004 af 30. januar 2004.

I Spanien er der ikke fastsat regler om sameksistens mellem GM-afgrøder og andre afgrøder. I 2006 udarbejdedes et udkast til regler for sameksistens, men det er ikke vedtaget, da der ikke har kunnet opnås enighed mellem alle parter. Spanien følger EU's anbefalinger for sameksistens.

Dyrkning

Spanien dyrkede i 2008 GM-majs MON 810 på knap 80.000 hektar. Der anslås samme areal for 2009. Dyrkningen er især koncentreret i regionerne Catalonien og Aragonien.

Import

Spanien er afhængig af import af foder og importerer bl.a. GM-soja, GM-majs. Der føres ikke særskilt statistik over GM-produkter, da dette krav ikke er indeholdt i EU-lovgivningen. Spanien er positiv over for godkendelse af GM-produkter, når de er baseret på videnskabelige undersøgelser.

Forsøg

I perioden 1993 til 2003 gav den spanske 'Nationale Komité for Biosikkerhed' tilladelse til over 200 forsøg med forsættelig frigivelse i miljøet af genetisk modificerede organismer på et areal på 2,6 mio. m². Hovedparten af forsøgene er sket med majs, roer, bomuld, tomater og mikroorganismer. Forsøgene er fortsat også efter 2003. Spanien indgav allerede for 12 år siden ansøgning til EU om godkendelse af GM-afgrøder, uden at der endnu er faldet afgørelse.

Positive politiske holdninger til GMO

Regeringen har en positiv holdning til de genmodificerede afgrøder og produkter, der er baseret på videnskabelige undersøgelser. Spanien accepterer EU-lovgivningen, der baseres på de videnskabelige undersøgelser, og er generelt modstander af, at der åbnes mulighed for nationale bestemmelser på området.

Det konservative oppositionsparti PP (der havde regeringsmagten i årene 1996-2004) har indtil nu haft en positiv holdning til GMO.

Myndighederne har indtil nu ikke anvendt aktive virkemidler for at informere befolkningen om GMO.

Landbrugets holdninger til GMO

Kun den venstreorienterede landbrugsorganisation COAG har givet udtryk for en negativ holdning til GM-afgrøder.

Negative holdninger til GMO

Plataforma Rural, en bevægelse mod GMO, bestående af en lang række mindre organisationer (ca. 21), hvoraf de mest kendte er den venstreorienterede landbrugsorganisation COAG og Greenpeace. I april 2009 udførte den i hele Spanien en lang række protestaktioner, foredrag, oplysningskampagner, manifest mm. mod GMO. Plataforma Rural har egen blog www.noquierotransgenicos.wordpress.com ("jegvilikkehaveGMO"). Protesten mod GMO har endnu ikke givet efterklang i det brede publikum, og der er p.t. ingen offentlig debat om emnet.

GMO
- hvad kan vi bruge det til?

Fødevareministeriets vidensyntese om brug af
genmodificerede afgrøder i landbrugs- og fødevarereproduktion

Oplag: 400 ex.

Tryk: PrincoHolbæk-Hedehusene-Køge

1. udgave
ISBN 978-87-7083-561-9 Tryk
ISBN 978-87-7083-562-6 Web

Udgiver:
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Slotsholmsgade 12
1216 København K
Tlf: 3392 3301
E-mail: fvm@fvm.dk

Fødevareministeriet 2009

