

2011

RAPPORT

Insektresistente genmodifiserte planter og bærekraft



Bioteknologinemnda

INNHold

Forord	3
Sammendrag	4
1. Innledning	5
1.1 Genteknologiloven og bærekraftig utvikling	5
1.2 Oppdraget fra Direktoratet for naturforvaltning	5
1.3 Bruk av rapporten	5
1.4 Arbeidsmetode	6
2. Kriterier for bærekraft	8
3. Utdyping av kriterier for bærekraft: økologi	12
3.1 Ulike syn på økosystemer	12
3.2 Miljø og økologi i dyrkingsområdet	12
3.3 Uavklart om Cry-proteiner	13
3.4 Genflyt	14
3.5 Ikke-målorganismer	14
3.6 Resistens hos målinsekter	15
3.7 Sekundære skadedyr	16
3.8 Endring av driftsform i landbruket	16
3.9 Sammenligning med kontrollplanter	16
4. Utdyping av kriterier for bærekraft: økonomi og samfunn	17
4.1 Mer stabile inntekter	17
4.2 Matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet	18
4.3 Småskalalandbruk	19
4.4 Valgfrihet, patenter og monopol	19
4.5 Levekår	21
4.6 Fordeling mellom generasjonene	22
4.7 Bevaring av biologisk mangfold	22
4.8 Valgfri dyrkingsform i framtida	23
4.9 Norges politiske mål og Norge som foregangsland/brobygger	23
5. Hvordan avgjøre en søknad? Prioritering av kriteriene	25
6. Litteraturomtaler	27
6.1 Litteratur for bærekraft: økologi	27
6.2 Litteratur for bærekraft: økonomi og samfunn	35
Vedlegg. Referat frå fagseminaret: Kan genmodifiserte planter bidra til berekraftig utvikling?	36

Ansvarlig redaktør: Sissel Rogne
Redaktør: Audrun Utskarpen
Utgiver: Bioteknologinemnda
Utgitt: 27.06.2011
ISBN: 978-82-91-68380-5
Foto og grafisk produksjon:
Bioteknologinemnda

Forsidefoto: yaymicro.com.

Kun tilgjengelig elektronisk på
www.bion.no

Postadresse:
Postboks 522 Sentrum, 0105 OSLO
Besøksadresse:
Rosenkrantz' gate 11, Oslo
Internett: www.bion.no
E-post: bion@bion.no

Bioteknologinemnda er et frittstående, regjeringsoppnevnt organ og ble første gang oppnevnt i 1991. Nemnda er hjemlet i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. og lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismer. Foruten å være rådgivende i saker som angår bruk av bio- og genteknologi i relasjon til mennesker, dyr, planter og mikroorganismer, skal nemnda bidra til opplysning og debatt.

I sine vurderinger skal nemnda spesielt vektlegge de etiske og samfunnsmessige konsekvensene ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologinemnda har 21 medlemmer og observatører fra sju departementer. Bioteknologinemndas sekretariat er lokalisert i Oslo sentrum.

Bioteknologinemnda har et budsjett på 8,3 millioner kroner for 2011.



Bioteknologinemnda

FORORD

Bioteknologinemnda presenterer her resultatet fra prosjektet «Insektresistente genmodifiserte planter og bærekraft». Prosjektet ble satt i gang på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning. De ønsket et veiledningsdokument som skal brukes av ansatte i forvaltningen når de behandler søknader om godkjenning av genmodifiserte organismer (GMO) etter genteknologiloven. Målet var å finne fram til mer konkrete kriterier for at en insektresistent genmodifisert plante skal bidra til bærekraftig utvikling. Prosjektet er en fortsettelse av nemndas tidligere arbeid med operasjonalisering av begrepene bærekraftig utvikling, samfunnsmessig nytteverdi og etiske og samfunnsmessige hensyn i genteknologiloven. Resultatene fra det tidligere arbeidet er utgitt i en rapport, som sist ble oppdatert i 2006. Deler av den rapporten er tatt inn i forskriften om konsekvensutredning etter genteknologiloven.

Bioteknologinemnda takker samarbeidspartnerne i Direktoratet for naturforvaltning og de eksterne forskerne som har bidratt i ressursgruppa. Vi takker også Direktoratet for naturforvaltning, Miljøverndepartementet og Helse- og omsorgsdepartementet for økonomisk støtte til prosjektet, og dr. Audrun Utskarpen i Bioteknologinemndas sekretariat for å ha ledet arbeidet. Prosjektet danner et grunnlag for videre arbeid med kriterier som kan brukes til å vurdere GMO-søknadene, både når det gjelder bærekraft for andre typer genmodifiserte planter, og kriterier for samfunnsnytte og etiske forhold.

Lars Ødegård
Leder

Sissel Rogne
Direktør

Sammendrag

I rapporten presenteres det ressursgruppa som har arbeidet med prosjektet, mener er de viktigste kriteriene for at en insektresistent genmodifisert plante skal bidra til bærekraftig utvikling innen områdene økologi, økonomi og samfunn. Kriteriene er utformet som spørsmål og problemstillinger som må besvares for å gjøre en vurdering mulig.

De økologiske kriteriene dreier seg om samspill mellom den insektresistente planten og miljøet i dyrkingsområdet, overføring av gener til planter av samme art eller andre arter, påvirkning på ikke-målorganismer, resistens hos målinsekter, nye økologiske nisjer og sekundære skadedyr og endring av driftsform i landbruket.

Kriteriene for bærekraft på områdene økonomi og samfunn omhandler matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet, levekår i produksjonsområdet og bøndernes levekår, bevaring av biologisk mangfold, mulighet til fritt å velge landbrukssystem i framtida og oppfylling av Norges politiske mål.



Planter kan genmodifiseres slik at de produserer insektgift. Foto: yaymicro.com.

1. Innledning

1.1 Genteknologiloven og bærekraftig utvikling

Den norske genteknologiloven fra 1993 stiller krav om at en genmodifisert plante ikke skal være skadelig for helse og miljø for å bli godkjent i Norge. Det skal også vurderes om den genmodifiserte planten

- bidrar til bærekraftig utvikling
- er samfunnsnyttig
- er etisk forsvarlig

FNs verdenskommisjon for miljø og utvikling (Brundtlandkommisjonen) definerte i 1987 i rapporten *Vår felles framtid (Our common future)* bærekraftig utvikling som:

«utvikling som tilfredsstiller dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov».

Begrepet bærekraftig utvikling baserer seg på tanken om at folk skal få dekket sine primære behov uten at det går utover framtidige generasjoner, og at behovene til verdens fattige skal prioriteres. Miljøets evne til å møte behovene våre nå og i framtida avhenger av den teknologiske utviklingen og organiseringen av samfunnet. Derfor deles begrepet bærekraftig utvikling gjerne inn i tre hovedområder: bærekraft for

- miljø (økologi)
- økonomi
- samfunn

Perspektivet er langsiktig og strekker seg over flere generasjoner.

Brundtlandkommisjonens arbeid var grunnlaget for at kravet om bidrag til bærekraftig utvikling ble tatt inn i genteknologiloven. Men hva må til for at for eksempel en insektresistent genmodifisert plante skal oppfylle kravet om bærekraft? Hvordan skal man måle om dyrking eller bruk av en genmodifisert plante er bærekraftig, og hvordan skal ulike hensyn veies mot hverandre? Bioteknologinemnda utarbeidet i 1999 en rapport, som ble revidert i 2006, med krav til etikk, bærekraft og samfunnsnytte for genmodifiserte organismer (GMO). Disse krava ble i 2005 tatt inn i vedlegg fire til konsekvensutredningsforskriften for genteknologiloven.

1.2 Oppdraget fra Direktoratet for naturforvaltning

Direktoratet for naturforvaltning ga i slutten av 2009 Bioteknologinemnda i oppdrag å utrede «komponenter relevant for vurdering av genteknologilovens kriterium bærekraftig utvikling» i lys av dagens kunnskap. Bioteknologinemnda opprettet i 2010 ei ressursgruppe med medlemmer fra nemnda og norske forskere (se side 7). Mål for utredningen var blant annet:

1. Identifisere relevante kriterier for vurdering av bærekraften til insektresistente genmodifiserte planter (se faktaboks side 6), under dette:
 - a. Økologiske forhold
 - b. Økonomiske forhold
 - c. Samfunnsmessige forhold
2. Sammenstille/tolke data som foreligger for de relevante kriteriene og eventuelt trekke konklusjoner

1.3 Bruk av rapporten

Rapporten skal være et redskap i saksbehandlingen og gi et bedre grunnlag for å avgjøre søknader om godkjenning av genmodifiserte organismer. Som EØS-medlem mottar Norge søknader om godkjenning av genmodifiserte organismer gjennom EU. Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning med flere stiller spørsmål som de mener må besvares av søkerne for å kunne vurdere en søknad om import eller dyrking. Norske myndigheter stiller spørsmål til søkerne via EFSA, EUs mattrygghetsorgan, men henvender seg også direkte til søkerne.

Kriteriene for bærekraftig utvikling som ressursgruppa kom fram til, er presentert i tabeller på side 9–11. Utfyllende forklaringer til kriteriene er gitt i kapittel 3–4, og til hvert kriterium/spørsmål i tabellen er det en henvisning til kapitler med videre forklaringer. Kapitlene følger ikke nødvendigvis oppsettet i tabellen. Side 27–35 har omtale av et utvalg forskningsartikler som beskriver hvilken effekt insektresistente, genmodifiserte planter har på en del av kriteriene.

I dette prosjektet har vi, for å avgrense arbeidet, bare vurdert insektresistente, genmodifiserte planter, såkalte Btvekster (se faktaboks side 6), men prosjektet er i tillegg et

FAKTA

Insektresistente genmodifiserte planter – Bt-vekster

Insektresistente genmodifiserte planter har fått satt inn ett eller flere nye gener fra jordbakterien *Bacillus thuringiensis* (Bt), og de blir derfor gjerne kalt Bt-vekster. *Bacillus thuringiensis* har om lag 30 underarter som inneholder over 150 cry-gener som koder for insektdrepende toksiner (giftstoffer), såkalte Cry-proteiner. Proteinene uttrykkes først i inaktiv form, såkalte pro-toksiner, og spaltes til aktive toksiner når de kommer ned i insektarmen, på grunn av det basiske miljøet. Enzymene som spaltes pro-toksinene, finnes bare i insekter og må ha høy pH for å virke. Proteinene kalles Cry, som er en forkortelse for *crystal*, fordi de danner krystaller i bakteriecellen.

De aktive toksinene binder seg til reseptorer på overflata av tarmcellene til insektene, og det fører til at cellene dør på grunn av osmotisk sjokk, det vil si at cellene tørker inn. Tarmveggen blir gjennomhullet slik at kroppsvæske trenger

inn og endrer tarmens pH, noe som gjør at tarmbakteriene formerer seg, og insektet dør til slutt. De enkelte Cry-proteinene er mer skadelige for noen insektfamilier, -grupper og -arter enn andre. Derfor kan et gitt Cry-protein brukes til å bekjempe et bestemt skadeinsekt. Planter som har fått satt inn et gen som koder for et Cry-protein, produserer den aktive formen av insektgifta i alt vev gjennom hele livsløpet til planten.

De insektresistente plantene som det dyrkes mest av i verden i dag, er Bt-mais og Bt-bomull. USA, Brasil, Argentina og Sør-Afrika dyrker mest Bt-mais, mens det dyrkes mest Bt-bomull i India, Kina og USA. I EU er Bt-maisen MON 810 den ene av to GMO-er som er godkjent for dyrking. Den dyrkes først og fremst i Spania, men er forbudt å dyrke i sju andre EU-land. Ingen Bt-vekster er godkjent til mat eller fôr i Norge.

utgangspunkt for videre arbeid med å vurdere bærekraft ved andre typer genmodifiserte planter, i tillegg til etiske forhold og samfunnsnytte. Underveis så vi at arbeidet også vil gi et grunnlag for å revidere forskriften om konsekvensutredning etter gen teknologiloven.

1.4 Arbeidsmetode

Ressursgruppa har hatt to samlinger, den første 10.–11. mai og den andre 20.–21. september 2010. I forbindelse med den andre samlingen ble det holdt et åpent fagseminar med inviterte europeiske forskere som foredragsholdere. Målet var å få en oppdatering på ny kunnskap og finne kunnskapshull (se vedlegg side 36). Foredragene ga grunnlag for diskusjoner om det var mulig å prioritere noen kriterier framfor andre.

For hvert av de tre hovedområdene økologi, økonomi og samfunn vurderte ressursgruppa følgende spørsmål:

- Finnes det spesielle kjennetegn for bærekraft?

- Hvilke spørsmål bør stilles i vurderingen av bærekraft?
- Er det noen spesielle krav som må oppfylles for å si om en utvikling er bærekraftig?

Ressursgruppa har kommet fram til det de mener er de viktigste kriteriene for om en insektresistent genmodifisert plante bidrar til økologisk, økonomisk og samfunnsmessig bærekraft sammenlignet med ikke-genmodifiserte vekster. Kriteriene for økonomi og samfunn overlapper delvis, og kriteriene er derfor delt i bare to grupper, én for økologi og én for økonomi og samfunn. Kriteriene er utformet som spørsmål og problemstillinger som må besvares for å gjøre en vurdering mulig.

Deltakerne har også bidratt med omtale av en del forskningsartikler som sier noe om hvilken effekt insektresistente genmodifiserte planter har på enkelte av kriteriene (se kapittel 6).

Deltakere i ressursgruppa:

- Regine Andersen, dr. polit., seniorforsker ved Fridtjof Nansens Institutt
- Stein W. Bie, professor ved NorAgric, Universitetet for miljø- og biovitenskap og selvstendig næringsdrivende
- Nina T. Grønvold, cand. med., medlem av Bioteknologinemnda og seniorrådgiver i Landsorganisasjonen i Norge (LO)
- Knut A. Hjelt, cand. real., medlem av Bioteknologinemnda og fagsjef i Fiskeri- og havbruksnæringslandsforbund
- Eline B. Hågvær, professor ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap
- Anne I. Myhr, dr. scient., seniorforsker ved GenØk – Senter for biosikkerhet
- Ingvild Riisberg, dr. scient., medlem av Bioteknologinemnda og sjefingeniør i Klima- og forurensningsdirektoratet
- Eirik Romstad, ph.d, seniorforsker ved Institutt for økonomi og ressursforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap
- G. Kristin Rosendal, dr. polit., seniorforsker ved Fridtjof Nansens Institutt
- Rune Skarstein, ph.d., førsteamanuensis ved Institutt for samfunnsøkonomi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
- Even Søfteland, cand. mag., medlem av Bioteknologinemnda og daglig leder i CapMare
- Bell Batta Torheim, cand. polit., medlem av Bioteknologinemnda og rådgiver i Utviklingsfondet
- Terje Traavik, professor, medlem av Bioteknologinemnda og forskningsdirektør ved GenØk – Senter for biosikkerhet
- Sandra Öberg, ph.d., forsker ved Norsk institutt for naturforskning

2. Kriterier for bærekraft

Kriteriene for bærekraftig utvikling som ressursgruppa kom fram til, er presentert i tabell 1 (økologi) og tabell 2 (økonomi og samfunn). Tabellene gir forslag til spørsmål som firma som søker om godkjenning av en Bt-vekst, bør svare på for at norske myndigheter skal kunne vurdere om den genmodifiserte planten bidrar til bærekraftig utvikling. Søkerne kan ikke svare bare ja eller nei på spørsmål, men må også grunngi svaret. Spørsmål 6 og 7 i tabell 2 er det derimot norske myndigheter som må svare på. Kriteriene er delt i hovedkategorier og underkategorier med mer konkrete spørsmål for hver underkategori. For hvert spørs-

mål/kategori er det henvist til kapittel hvor det står nærmere forklart hva kriteriene betyr og hvorfor de er relevante. Kapitlene med utdyping følger ikke nødvendigvis oppsettet i tabellene.



Insektresistente genmodifiserte planter, som Bt-mais, er laget for å gi bedre avlinger i år med mye skadeinsekt. Foto: iStockphoto.

Tabell 1. Kriterier for bærekraft: økologi. Kriteriene er delt i hovedkategorier og underkategorier med mer konkrete spørsmål for hver underkategori. For hvert spørsmål/kategori er det henvist til kapittel hvor det står nærmere forklart hva kriteriene betyr og hvorfor de er relevante.

1. Påvirkning på samspillet mellom plante og miljø ved dyrking av Bt-veksten. Se kapittel 3.2.	a. Er Bt-veksten grundig karakterisert fenotypisk og genotypisk?	i. Endres plantens egenskaper ved dyrking på ulike steder?	
		ii. Er Bt-veksten vesentlig lik den umodifiserte planten?	
		iii. Påvirkes Bt-vekstens effekt på økologi av forhold i dyrkingsområdet?	
		iv. Endres plantens kjemi av forhold i dyrkingsområdet?	
	b. Er miljøet i dyrkingsområdet beskrevet?		
	c. Hvordan er samspillet mellom miljøet og Bt-veksten?		
2. Genflyt. Se kapittel 3.4.	a. Er det fare for horisontal genoverføring til andre arter?		
	b. Er det fare for vertikal genoverføring til ikke-genmodifiserte planter av samme eller beslektede arter?		
3. Ikke-målorganismer. Se kapittel 3.5.	Vil dyrking av Bt-veksten medføre helseeffekter (toksisitet, allergenisitet) og endret overlevelsessevne for viltlevende populasjoner av:		
	a. pattedyr?		
	b. fugler?		
	c. insekter?	i. andre plantespisere	
		ii. predatorer	
		iii. pollinatorer	
		iv. nedbrytere	
d. Røddlistearter og prioriterte arter?			
4. Resistens hos målinsekter. Se kapittel 3.6.	a. Hvilke strategier brukes for å hindre utvikling av resistens hos målorganismene?		
	b. Foreligger det en plan for IPM (integrrert plantevern)?		
5. Nisje/sekundære skadedyr. Se kapittel 3.7.	Hvordan påvirker dyrkingen av Bt-veksten sekundære skadedyr? Kan det skje en oppblomstring?		
6. Endring av driftsformen i landbruket. Se kapittel 3.8 og kapittel 4.	Endrer dyrking av Bt-veksten bruken av sprøytemidler?		

Tabell 2. Kriterier for bærekraft: økonomi og samfunn. Kriteriene er delt i hovedkategorier og underkategorier med mer konkrete spørsmål for hver underkategori. For hvert spørsmål/kategori er det henvist til kapittel hvor det står nærmere forklart hva kriteriene betyr og hvorfor de er relevante.

1. Bidrar produktet til økt matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet? Se kapittel 4.2.	a. Matsikkerhet. Se kapittel 4.2.	i. Bidrar Bt-veksten til mindre avlingstap? Se kapittel 4.1.1.
		ii. Er Bt-veksten ment til mat eller fôr? Se kapittel 4.2.
		iii. Øker utbyttet per arealenhet? Se kapittel 4.1.
		iv. Kan forbrukerne velge mellom mat fra Bt-vekster og tilsvarende ikke-genmodifiserte produkt? Se kapittel 4.2.
		v. Har forbrukerne frihet til å velge mat som ikke inneholder ingredienser fra Bt-vekster? Se kapittel 4.2.
	a. Mattrygghet. Se kapittel 4.2.	i. Blir det mindre soppgifter i Bt-veksten? Se kapittel 4.2.
		ii. Kan Bt-veksten gi allergier? Se kapittel 4.2.
		iii. Kan Bt-veksten forsterke immunreaksjoner (gi adjuvanseffekter)? Se kapittel 4.2.
		iv. Endres innholdet av sprøytemiddelrester? Se kapittel 4.1.2.
	c. Matkvalitet. Se kapittel 4.2.	i. Gir Bt-veksten bedre/dårligere ernæring når det gjelder sammensetning, mengde og energiinnhold? Se kapittel 4.2.
		ii. Er det egenskaper ved Bt-veksten som gjør at avlingen holder seg bedre/dårligere under lagring? Se kapittel 4.2.
		iii. Får forbrukerne høyere eller lavere matkvalitet? Se kapittel 4.2.
iv. Må forbrukerne betale mer eller mindre for maten? Se kapittel 4.2.		
2. Bidrar produksjonen til forbedring av levekår i produksjonsområdet? Se kapittel 4.5.	a. Blir det mer stabile inntekter å fordele? Se kapittel 4.1.	i. Bidrar Bt-veksten til mindre avlingstap? Se kapittel 4.1.1.
		ii. Reduserer Bt-veksten behovet for andre innsatsfaktorer på kort og lang sikt? Se kapittel 4.1.2.
	b. Hvordan fordeler fordeler og ulemper ved dyrkingen av Bt-vekster seg mellom generasjonene? Se kapittel 4.6.	i. Må neste generasjon dyrkere ta kostnadene ved at skadeinsekter utvikler resistens mot Bt-vekster? Se kapittel 4.6.
		ii. Må neste generasjon dyrkere ta kostnadene hvis det skapes nisjer for nye skadeinsekter i området? Se kapittel 4.6.
	c. Skaper dyrking av Bt-vekster økt sysselsetting lokalt, regionalt og nasjonalt? Se kapittel 4.5.2.	
d. Skaper dyrking av Bt-vekster økte fordeler for kjøperen/forbrukeren? Se kapittel 4.2.		
e. Bidrar Bt-veksten til mer/mindre behov for overvåking og mer/mindre krevende logistikk? Se kapittel 4.5.3.		

<p>3. Bidrar produktet til bedre levekår for bønderne? Se kapittel 4.1–4.5.</p>	<p>a. Bøndernes inntekter: Bidrar Bt-veksten til mer stabile inntekter? Se kapittel 4.1.</p>	<p>i. Bidrar Bt-veksten til mindre avlingstap? Se kapittel 4.1.1.</p>
		<p>ii. Endrer Bt-veksten behovet for andre innsatsfaktorer på kort og lang sikt? Se kapittel 4.1.2.</p>
	<p>b. Bøndernes levebrød: Fører produksjonen til endring av eiendomsforhold knyttet til jord og såvare i området? Se kapittel 4.1–4.4.</p>	<p>i. Er Bt-veksten patentert? Se kapittel 4.4.2.</p>
		<p>ii. Skapes det nye bindinger eller økt frihet i kontrakten som bonden signerer med selskapet for å kjøpe og dyrke Bt-veksten? Se kapittel 4.4.1.</p>
		<p>iii. Hva koster Bt-veksten i forhold til annen såvare for tilsvarende vekster? Se kapittel 4.4.</p>
		<p>iv. Er Bt-veksten tilpasset dyrkingsforholdene til småbønder i utviklingsland? Se kapittel 4.3 og 4.1.3.</p>
		<p>v. Endrer Bt-veksten behovet for andre innsatsfaktorer som sprøytemidler og arbeidsinnsats m.m. på kort og lang sikt? Se kapittel 4.1.2.</p>
	<p>c. Bønderes rettigheter: Se kapittel 4.4.</p>	<p>i. Har bønderne i området der Bt-veksten skal dyrkes, tilgang til alternativ såvare? Se kapittel 4.4.3.</p>
		<p>ii. Har bønder som dyrker Bt-veksten lov til å ta vare på, bytte og selge såfrø fra egen avling? Se kapittel 4.4.2 og 4.4.3.</p>
	<p>d. Andre bønderes demokratiske rettigheter: Vil dyrking av Bt-veksten påvirke andre bønder i området? Se kapittel 4.5.4.</p>	<p>i. Finnes det regler for sameksistens, og følges de slik at det er mulig å velge å dyrke ikke-genmodifisert eller økologisk i stedet for Bt-vekster? Se kapittel 4.5.4.</p>
		<p>ii. Er det et system for å hindre spredning av Bt-veksten til andre, ikke-genmodifiserte vekster? Se kapittel 4.5.4.</p>
		<p>iii. Bli det flere eller færre skadeinsekt? Se kapittel 4.5.4.</p>
		<p>iv. Rammes avlingene til andre bønder av genforurensning? Se kapittel 4.5.4.</p>
	<p>e. Bøndernes helse og sikkerhet: Endres bruken av sprøytemidler og hvordan påvirker det bøndernes/ dyrkernes helse? Se kapittel 4.1.</p>	
	<p>4. Hvordan vil godkjenning av planten påvirke bevaringen av biologisk mangfold? Se kapittel 4.7 og 4.4 .</p>	<p>a. Er Bt-veksten fritt tilgjengelig for videre planteforedling? Se kapittel 4.4.</p>
<p>b. Bidrar Bt-veksten til større/mindre utbredelse av monokulturer? Se kapittel 4.7.</p>		
<p>5. Ekskluderer planten omlegging til andre landbrukssystemer i framtida, som økologisk landbruk eller landbruk uten genmodifiserte organismer? Se kapittel 4.8 og 4.4.</p>		
<p>6. Bidrar beslutningen vår til å oppfylle Norges politiske mål for nord-sør-politikken? Se kapittel 4.9.</p>		
<p>7. Norges rolle: Hvilket eksempel statuerer vi med denne beslutningen? Hvilket eksempel statuerer vi overfor EU, utviklingsland og verden? Se kapittel 4.9.</p>		

3. Utdyping av kriterier for bærekraft: økologi

Ressursgruppa har utformet seks kriterier for økologisk bærekraft med underspørsmål som må vurderes for å avgjøre om og i hvilken grad en Bt-vekst påvirker et dyrkingsområde, sammenlignet med ikke-genmodifiserte vekster. Kriteriene er presentert i tabell 1, se side 9. Med økologi mener gruppa samspillet mellom organismene i det lokale dyrkingsområdet og det biotiske (levende) og fysiske miljøet i dette området. Gruppa har fokusert på selve den genmodifiserte planten og dyrkingsområdet. Den mener også at kriteriene er i harmoni med nasjonal lovgiving, relevante EU-direktiv og de internasjonale avtalene Norge har ratifisert. Kriteriene er ikke rangert, alle ses som like viktige.

3.1 Ulike syn på økosystemer

Internasjonalt pågår det en diskusjon om bærekraftig bruk av genmodifiserte organismer skal baseres på konseptet økosystemtjenester (*ecosystem services*) eller økosystemforvaltning (*ecosystem management*).

Ideen om økosystemtjenester bygger på markeds-mekanismer og økonomiske kost-nytte-analyser, og at verdien på de tjenestene økosystemene utfører for mennesket, skal fastsettes i penger. Mål og midler er presentert i TEEB-utredningen (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*)¹. Parallelt har det, med utgangspunkt i økosystemforvaltning, utviklet seg en økologisk økonomiretning som forsøker å kombinere økonomiske, biologiske, etiske og økologiske vurderinger på en mer bærekraftig måte. Bakgrunnen for denne tilnærmingen er presentert blant annet i IAASTD (*International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*)². Ressursgruppa mener at de samme seks kriteriene for økologisk bærekraft må vurderes uansett hvilket av disse synene på økosystemer man foretrekker.

3.2 Miljø og økologi i dyrkingsområdet

De økologiske kriteriene for bærekraft som ressursgruppa har kommet fram til, skal blant annet gi oss kunnskap om hvordan utsetting av Bt-planter kan endre miljøet i utsettingsområdet og i omgivelsene rundt. Med miljøet menes blant annet sammensetningen av og helsetilstanden til organismer og deres fysiske og biologiske leveområde (habitat).

Det er svært komplisert å utføre studier av samspillet i økosystemet og miljøet. Mange av mikroorganismene i jord er ennå ikke isolert og karakterisert. Sammen-setningen av de ulike mikroorganismesamfunnene i jord kan være svært forskjellig på grunn av miljøfaktorer vi har liten detaljkunnskap om. I tillegg er kunnskapshullene store når det gjelder samspillet mellom nettverkene av varierende jordsmonn, planter, mikroorganismer og dyr, og hvordan disse nettverkene vil påvirkes av klimændringer og tap av biomangfold som allerede er i gang. Et aktuelt spørsmål er for eksempel: Er det registrert sjeldne/truete arter i nærliggende områder som direkte eller indirekte kan bli negativt påvirket av Bt-plantene? For eksempel kan en sjelden sommerfuglart rammes på samme måte som den skadelige sommerfuglarten, fordi Bt-gifta ikke er spesifikk innenfor de enkelte insektgruppene (se kapittel 3.5 og faktaboks side 6). Dette er viktig å ta hensyn til på steder der det er relativt tett kontakt mellom dyrkete og udyrkete områder, slik som i Norge.

For å trekke konklusjoner om samspillet mellom Bt-veksten og økosystemet må Bt-veksten være grundig karakterisert fenotypisk (det som gjelder egenskaper og innhold) og genotypisk (det som gjelder endringer i opprinnelig DNA-sekvens).

Forhold i dyrkingsområdet som kan påvirke Bt-veksten, må analyseres og beskrives grundig. Det gjelder blant annet fauna, tilgrensende økosystemer, meteorologiske og klimatiske forhold, jordsmonn og jordbunnsorganismer. Bt-veksten kan få endret kjemisk sammensetning på grunn av forhold i dyrkingsområdet, det vil si at sammensetningen av blant annet sporstoffer, vitaminer, karbohydrater, fett og proteiner i planten endres. Bt-veksten regnes som vesentlig lik (engelsk: *substantially equivalent*) den ikke-genmodifiserte planten hvis den inneholder de samme stoffene i samme mengde med unntak av de nye proteinene og egenskapene som forventes på grunn av genmodifiseringen.

Når en plante vokser på ulike steder, uttrykker den ulike gener på grunn av ulike vekstforhold. Studier viser at både Bt-vekster og ikke-genmodifiserte foreldrelinjer av mais



Kan genmodifiserte planter, slik som Bt-mais, ha skadelig virkning på miljøet i dyrkingsområdet? Foto: yaymicro.com.

uttrykker forskjellige proteiner og forskjellige relative mengder av disse proteinene på ulike vekststeder.^{3, 4} I områder med miljøforhold som gjør at plantene har et lavt uttrykk av Bt-genet, er det for eksempel fare for at insekter utvikler resistens mot Bt-toksinet. I slike tilfeller bør det gis råd om at området ikke er egnet for dyrking av denne Bt-planten.

3.3 Uavklart om Cry-proteiner

Før et *cry*-gen skal settes inn i planten, blir det endret i laboratoriet slik at det uttrykker Cry-proteinet på en effektiv måte i planten og slik at Cry-proteinet uttrykkes som aktivt toksin, ikke som inaktivt pro-toksin slik som i bakterien (se faktaboks side 6). I de fleste tilfellene fører disse endringene til at aktivt Bt-toksin uttrykkes i alle vev i planten gjennom hele vekstsesongen. Dette øker mulighetene for at målinsektene utvikler resistens og for at ikke-målorganismer påvirkes akutt eller over tid (se kapittel 3.5).

Cry-proteinene som lages i Bt-vekstene, er giftige på samme måte som Cry-proteinene fra Bt-bakterien, siden

det er de plantene som har giftige Cry-proteiner som er valgt ut til å dyrkes videre. Likevel er det uklart om proteinene i plantene har nøyaktig den samme aminosyresekvensen og om de nysyntetiserte proteinene har blitt modifisert på en annen måte ved såkalt posttranslasjonell modifisering, for eksempel påsetting av sukkergrupper, enn bakterieproteinene. Modifiseringen kan gi proteinene uforutsette egenskaper og effekter i tillegg til at de allerede er giftige.

De siste åra har det kommet stadig flere såkalte adderte linjer, det vil si at en Bt-vekst er krysset med én eller flere andre Bt-vekster eller med sprøytemiddeltolerante genmodifiserte vekster. Slik kan planten lage flere Cry-proteiner på én gang og derfor være resistent mot flere insekter, eventuelt mot sprøytemiddel i tillegg. Det er ikke klart om flere nye proteiner sammen, slik som i adderte linjer, kan gi uforutsette effekter ved å virke på en annen måte i lag enn hver for seg.

Studier gjort med Cry-proteiner fra bakterier har blitt brukt til trekke slutninger om Cry-proteinene i de Bt-

FAKTA

Genflyt

Genflyt vil si at gener overføres fra én organisme til en annen. Horisontal genflyt eller genoverføring betyr at gener overføres fra én art til en annen, for eksempel fra Bt-planter til bakterier eller andre organismer. Overføring mellom planter av samme art eller beslektete arter, kalles vertikal genflyt eller vertikal genoverføring.

plantene som til nå er markedsført. Men Cry-proteinene som lages i Bt-vekster, har vist seg å være så forskjellige fra bakterieversjonene at resultater fra forskning som er gjort på bakterievarianten, ikke kan brukes som grunnlag for å si noe om effektene av Cry-proteiner som lages i planter.

3.4 Genflyt

Horisontal genoverføring (se faktaboks over) på tvers av artsgrenser anses nå – som den mer kjente vertikale genoverføringen fra foreldre til avkom – å være viktig for evolusjonen. Et eksempel på horisontal genoverføring forårsaket av mennesker, er framveksten av de antibiotikaresistente, sykdomsframkallende bakteriene som nå truer både folke- og husdyrhelsen i mange deler av verden. Overdreven bruk av antibiotika har ført til seleksjon av resistensgener, det vil si at bare bakterier med resistensgener overlever, og resistensgenene overføres deretter horisontalt innen og mellom bakteriearter. Studier tyder på at de laboratoriemetodene som er tilgjengelige i dag, ikke vil avsløre for eksempel overføring av Bt-gener fra planter til jordbunnsorganismer før dette har skjedd i stort omfang.⁵

Vertikal genoverføring kan skje ved pollenspredning til ikke-genmodifiserte planter av samme eller beslektete arter, for eksempel ved hybridisering mellom nærstående arter som korsblomstrete planter (for eksempel raps). Hvor langt pollenet spres, avgjør hvor mye ikke-genmodifiserte områder påvirkes. Spredningsdistansen er blant annet avhengig av vindretning og vindstyrke og aksjonsradius til

insektene som pollinerer plantene. Om Bt-veksten kan krysse seg med viltvoksende slektninger må også vurderes (se kapittel 4.7).

3.5 Ikke-målorganismer

Alle organismer er knyttet sammen i næringsnett, der ulike næringskjeder er vevd inn i hverandre, slik at endring av én plante kan få konsekvenser for andre organismer i næringsnettet. For eksempel kan insektenes utvikling og atferd bli påvirket av Bt-plantens endrete kjemi. De enkelte Cry-proteinene er mer skadelige for noen insektfamilier, -grupper og -arter enn andre. Dette kalles vertsspesifisitet. Det gjør at et gitt Cry-protein kan brukes til å bekjempe et bestemt skadeinsekt, den såkalte målorganismen. Men man risikerer også å påvirke utvikling og atferd hos andre insekter eller andre dyr enn målorganismen, og disse kalles da ikke-målorganismer.

Det bør undersøkes hvordan Bt-gifta påvirker ikke-målorganismer som viltlevende pattedyr, fugler, insekter og andre leddyr (arthropoder). Insekter og andre leddyr kan deles inn i plantespisere, predatorer (rovdyr/rov-insekt), pollinatorer og nedbrytere. Rødlistearter og prioriterte arter (se faktaboks side 15) bør få særskilt oppmerksomhet i slike studier.

Ikke-målorganismene kan påvirkes direkte ved at de spiser eller inhalerer plantemateriale fra Bt-veksten, eller indirekte gjennom næringsnettet. Insekter finner ofte næringen sin ved å navigere etter plantenes lukt. Slike flyktige luktstoffer kan endres når plantens kjemi endres, noe som igjen påvirker insektenes atferd under matsøk. Innholdet av Bt-toksin i planten kan sammen med opp- eller nedregulering av gener (endret genekspresjonsmønster) føre til endret kjemisk sammensetning av planten. Effektene kan skyldes akutt eller kronisk toksisitet, reaksjoner i immunsystemet, for eksempel allergier, eller antinæringsstoffer. I tillegg kan det tenkes at Bt-gifta påvirker forplantningsevnen og overlevelsessevnen til ikke-målorganismer.

Ikke-målorganismer kan rammes ikke bare i terrestriske økosystemer (til lands), men også akvatiske økosystemer

(til vanns). Planterester og utsondringer fra planterøtter kan, avhengig av lokale miljøforhold, vaskes ut i innsjøer, elver og bekker, og påvirke organismene som lever der. Det er for eksempel publisert studier som viser skadelige effekter på ferskvanns-arthropoder (leddyr) som kan være potensielle nøkkelarter i akvatiske næringsnett, for eksempel vannlopper (*Daphnia magna*) og vårfluer (*Trichoptera*; engelsk *caddisflies*).

3.6 Resistens hos målinsekter

3.6.1 Resistensutvikling

Bt-toksin er ei gift som blant annet insekter kan utvikle resistens (motstandsdyktighet) mot, på samme måte som mot kjemiske midler. Bt-toksinet virker ved å binde seg til reseptorer på tarmepitelcellene til insektene. Innen insektpopulasjonene vil det finnes individer med reseptorer som ikke passer til toksinet. Disse individene vil ha en seleksjonsfordel når populasjonen eksponeres for Bt-planter, og vil etter hvert kunne utgjøre majoriteten av målinsektpopulasjonene.

Utvikling av resistens mot det aktuelle Bt-toksinet hos målinsektene kan utgjøre en viktig begrensning på bruken av Bt-planter. Når Bt-vekster dyrkes over store områder, er det større risiko for at målinsekter utvikler resistens.

3.6.2 Integrert plantevern (IPM)

IPM står for *integrated pest management*, og i denne sammenhengen menes integrert plantevern. Integrert plantevern vil si å kombinere ulike strategier for å bekjempe skadegjørere med mål om å redusere bruken av kjemiske insektmidler så mye som mulig. Tiltakene må vurderes etter hvilket miljø planten vokser i, man må bestemme ved hvilket nivå av skadeinsekter insektbekjempelsen skal starte, og følge med på hvordan bestanden av skadegjørerne utvikler seg.

Ved dyrking av Bt-vekster er et viktig mål å unngå at skadegjørerne blir resistente. Eksempler på strategier som har vært prøvd for å hindre at målorganismene utvikler resistens ved dyrking av Bt-vekster, er:

- rotering mellom Bt-vekster og ikke-genmodifiserte

FAKTA

Rødlistearter og prioriterte arter

Rødlistearter er arter som klassifiseres etter en av IUCN (International Union for Conservation of Nature)-kategoriene utdødd (EX), utdødd i vill tilstand (EW), utdødd i en region (RE), kritisk truet (CR), sterkt truet (EN), sårbar (VU), nær truet (NT) eller datamangel (DD).

Prioriterte arter er utpekt etter naturmangfoldlovens § 23. I avgjørelsen er det lagt vekt på om situasjonen eller utviklingen av bestanden for en art tyder på at bestanden ikke er levedyktig, om arten har en vesentlig andel av sin naturlige utbredelse eller genetiske særtrekk i Norge, eller om det er internasjonale forpliktelser knyttet til arten.

plantelinjer.

- innsetting av to forskjellige Bt-gener i planten, som så lager ulike proteiner som virker på samme målorganismer.
- utvikling av genmodifiserte planter som uttrykker flere insekt-toksiner med forskjellige angrepspunkt, for eksempel et Bt-toksin og en proteinasehemmer (stoff, ofte et protein, som hinder at andre proteiner blir nedbrutt), eller et stoff som hemmer nedbryting av stivelse.^{6,7}
- oppretting av såkalte refugier (engelsk: *refuges*). Det vil si at åkrene med Bt-vekster omgis av belter med ikke-genmodifiserte planter av samme art. I disse beltene vil det finnes populasjoner av målinsekter som ikke er resistente. Ved kryssing mellom disse og de allerede resistente insektene, vil det produseres avkom som er helt eller delvis mottagelige for Bt-toksin. Dermed forsinkes utviklingen av resistente individer. Effekten av refugier avhenger blant annet av om genet for resistens er dominant eller recessivt, og forutsetter dessuten en viss størrelse på åkeren.

3.7 Sekundære skadedyr

Når bestanden av en art reduseres eller fjernes på grunn av toksiner fra Bt-planter, vil en nisje i økosystemet bli ledig slik at andre arter kan rykke inn. Disse nye artene kan i teorien være verre skadegjørere enn artene som ble fortrengt, og kan også være naturlig resistente mot Bt-toksinet i den aktuelle genmodifiserte planten. Sekundære skadedyr er skadedyr som opprinnelig finnes i ikke-skadelige mengder, men som blomstrer opp når det blir mindre av det primære skadedyret (målorganismen). Årsaken til oppblomstringen kan for eksempel være mindre konkurranse fra det primære skadedyret, endret sprøyteregime eller at Bt-planten er bedre næring enn den ikke-genmodifiserte planten.

3.8 Endring av driftsform i landbruket

Dyrking av Bt-vekster kan påvirke driftsformen i landbruket. For eksempel kan det bli mindre behov for å sprøyte mot skadeinsekter. Men dersom målinsektene etter hvert blir resistente mot Bt-toksinet, kan det føre til at nye sprøytemidler, som kan være minst like skadelige som Bt-gift, må tas i bruk. Se kapittel 4 for videre drøfting av endringer i driftsform.

3.9 Sammenligning med kontrollplanter

For å finne ut hvilken virkning den genmodifiserte planten har på miljøet rundt seg, må den sammenlignes med en eller flere kontrollplanter (komparatorer). Jordbruks praksis og bruk av for eksempel sprøytemiddel må være den samme under testing som når planten skal dyrkes i større skala. I første omgang må det undersøkes om det er forskjeller mellom den genmodifiserte planten og dens nærmeste genetiske (isogene) slektning, ideelt sett den ikke-genmodifiserte foreldreplanten. Om observerte forskjeller betyr at den genmodifiserte planten har skadelige virkninger på miljøet og folke- eller dyrehelse (både husdyr og viltlevende arter), må avgjøres i videre undersøkelser.

Det er en gylden regel i den norske genteknologiloven, i relevante EU-direktiv og i internasjonale avtaler, for eksempel Cartagena-protokollen, at genmodifiserte planter skal vurderes fra sak til sak og trinn for trinn, først ved forsøk i laboratorium, deretter i små feltstudier («semi-

felt») og store feltstudier. Derfor må en Bt-vekst og dens nærmeste genetiske slektning testes under samme økosystembetingelser. Det betyr blant annet at de to plantelinjene må sås ut og høstes på samme sted og tidspunkt. Prøvematerialer for sammenlignende laboratorieanalyser må innhentes samtidig fra samme plantevev og planteorganer. Det samme gjelder for innsamling av mål- og ikke-målorganismer. Det er viktig å understreke at veien går fra å identifisere *forskjeller*, det vil si å fastslå om planten er lik den ikke-genmodifiserte varianten med unntak av den forventede endringen, til å avgjøre om forskjellene innebærer *skadelige effekter*, og til slutt vurdering av *risiko*. Risiko er definert som sannsynligheten for at hver enkelt potensielt skadelig effekt skal oppstå, multiplisert med konsekvensene det vil få om effekten oppstår.

Referanser

1. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. www.teebweb.org
2. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. www.agassessment.org
3. Albo AG, Mila S, Digillo G, Motto M, Corpillo D (2007) Proteomic analysis of a genetically modified maize flour carrying cry1ab gene and comparison to the corresponding wild-type. *Maydica* 52: 443–455.
4. Zolla L, Antonioli P, Righetti PG (2008) Proteomics as a complementary tool for identifying unintended side effects occurring in transgenic maize seeds as a result of genetic modification. *Journal of Proteome Research* 7: 1850–1861.
5. Heinemann JA, Traavik T (2004) Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants. *Nature Biotechnology* 22: 1105–1109.
6. O'Callaghan M, Glare TR, Burgess EPJ, Malone LA (2005) Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. *Annual Review of Entomology* 50: 271–292.
7. Prescott VE, Campbell PM, Moore A, Mattes J, Rothenberg ME, Foster PS, Higgins, TJV, Hogan SP (2005) Transgenic expression of bean α -amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 9023–9030.

4. Utdyping av kriterier for bærekraft: økonomi og samfunn

Kriteriene for økonomisk og samfunnsmessig bærekraft som ressursgruppa kom fram til, er presentert i tabell 2 (side 10–11). Kriteriene er delt i sju hovedgrupper med to nivåer av underpunkter som er mer spesifikke for Bt-vekster. Hovedgruppene er

1. Matsikkerhet/mattrygghet/matkvalitet
2. Forbedring av levekår i produksjonsområdet
3. Bedre levekår for bøndene
4. Bevaring av biologisk mangfold
5. Mulighet for omlegging til andre landbrukssystemer i framtida
6. Norges politiske mål
7. Norges rolle som foregangsland

En del av de konkrete underspørsmåla som bør stilles til en produsent av Bt-vekster, er viktige innen flere av hovedgruppene. De to siste kriteriene gjelder Norges politiske mål for nord-sør-politikken og Norges eventuelle rolle som foregangsland. Det var delte meninger i ressursgruppa om disse kriteriene hører inn under begrepet bærekraft, og det er norske myndigheter, og ikke søkerne, som må svare på slike spørsmål. Under drøftes viktige momenter som gjelder flere av hovedgruppene med kriterier.

4.1 Mer stabile inntekter

4.1.1 Avlingstap og inntektssvingninger

Bt-vekstene er motstandsdyktige mot visse typer skadeinsekt og er ment å være en forsikring mot avlingstap i år med mye insekter. At Bt-vekster bidrar til mindre avlingstap betyr ikke at man får økt produksjon hvert år sammenlignet med ikke-genmodifiserte vekster. Det viktigste bidraget fra Bt-vekster er at produksjonen blir mer stabil fordi avlingene blir mindre utsatt for insektangrep. Dermed får bøndene mindre inntektssvingninger fra år til år. Inntektssvingninger er spesielt problematisk i utviklingsland, der mangelfulle kredittinstitusjoner er en sentral hindring for utvikling. Fattige forbrukere rammes også hardt ved store prissvingninger fordi de får problemer med å skaffe seg den maten de trenger i perioder der prisene er uventet høye. Det grunnleggende problemet med manglende matforsyning er fattigdom og dermed proble-

mer med å skaffe nok mat av god kvalitet i perioder når prisene er høye. Samtidig er stabilt høyere priser, blant annet gjennom å unngå dumping av mat, viktig for å kunne skape et grunnlag for utvikling av egen matproduksjon i utviklingsland.

4.1.2 Innsatsfaktorer

Innsatsfaktorer defineres i økonomisk teori som ressurser som brukes i en produksjonsprosess. I jordbruket omfatter dette arbeid, naturressurser som jord og vann, eller realkapital, det vil si konkrete fysiske ting som maskiner, redskaper, såvarer, gjødsel, sprøytemidler og vanningsteknologi. Hvis det for eksempel trengs mindre sprøytemidler og mindre pløying for å dyrke Bt-vekster sammenlignet med ikke-genmodifiserte vekster, vil bonden spare penger. Mindre sprøytemiddelbruk er også bra for dyrkernes helse. Behovet for innsatsfaktorer kan endres fra første dag, eller det kan endre seg etter flere vekstsesonger for eksempel hvis insekter utvikler resistens mot Bt-gift. For småbønder i utviklingsland er det ofte viktigere med lavere priser på innsatsfaktorer, eventuelt å bruke mindre av innsatsfaktorene, enn å øke produksjonen (se side 36). Forbrukernes ønsker (for eksempel krav til smak, næringsinnhold eller produksjonsmåte) er også med på å bestemme om det er mulig å ta høyere priser og dermed få bedre lønnsomhet i produksjonen.

4.1.3 Hybrider

Hybridvekster er kryssinger mellom planter med ulik genetisk bakgrunn. Når avkommet er bedre enn begge foreldreplantene, kalles det heterosis eller kryssingseffekt. Mange Bt-vekster er hybrider mellom en Bt-vekst og en sprøytemiddeltolerant vekst, eller mellom to eller flere Bt-vekster med ulike Cry-proteiner. Det meste av maisen som brukes i moderne storskalalandbruk, er hybrider, enten de er genmodifisert eller ikke. Hybrider krever generelt mer innsatsfaktorer som vann og sprøytemidler og spesialkunnskap om hvordan plantene bør dyrkes for å få størst mulig utbytte. Kanskje må bøndene også ta opp lån for å finansiere innsatsfaktorene. Vi vet, for eksempel fra Tanzania, at når det gjelder introduksjon av hybridsorter, øker avkastningen mye mer ved feltforsøk enn i (små)bøndernes virkelige produksjonsvirksomhet. For å få den samme



Matsikkerhet er ingen selvfølge for alle. Foto: yaymicro.com.

kryssingeffekten for hver avling kan ikke bøndene ta såfrø fra egen avling, men må kjøpe nye frø hvert år. Bt-mais er som andre maishybrider utviklet for storskalalandbruk og egner seg mindre for småbønder i utviklingsland.

4.2 Matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet

Hvis produkter som lages fra Bt-veksten bidrar til økt matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet, kan Bt-veksten regnes som et bidrag til bærekraftig utvikling. I dette tilfellet gir den genmodifiserte planten ikke bare fordeler for dyrkerne, men også for forbrukerne.

Bt-mais brukes både til fôr og til menneskemat. Bt-bomull brukes først og fremst til fiber, blant annet for å produsere klær, og resten av planten går til fôr, mens olje fra frøa også brukes til mat. I 2010 ble Bt-soya godkjent for dyrking i

FAKTA

Matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet

FNs organisasjon for mat og landbruk, FAO, definerer matsikkerhet slik: Alle skal ha fysisk, økonomisk og sosial tilgang til nok trygg og næringsrik mat for å dekke ernæringsbehov og matvarepreferanser for et aktivt og sunt liv.⁸

Med mattrygghet menes at maten ikke inneholder smitte- eller giftstoff som gjør den helsefarlig, for eksempel bakterier og andre mikroorganismer, biologiske og kjemiske forurensninger og tilsetningsstoffer.⁹

Matkvalitet kan defineres som matens evne til å tilfredsstille forbrukernes krav. Maten skal gi nok energi og inneholde nok næringsstoffer, samtidig som den er trygg. Maten skal også oppfylle krav til smak, lukt, konsistens, holdbarhet, og noen legger også vekt på krav til merking og miljøvennlig og etisk forsvarlig produksjonsmåte.¹⁰

Brasil, og Bt-auberginer er klar til å kommersialiseres i blant annet India, men er ennå ikke godkjent noe sted. Dessuten forventes det at nye typer Bt-vekster kommer på markedet i framtida. Bt-veksten kan bli vurdert forskjellige avhengig av om den skal brukes til mat eller fôr og om for eksempel Bt-mais skal dyrkes i land der mais er den viktigste matplanten, slik som i Mellom-Amerika eller det sørlige Afrika.

Som nevnt i kapittel 4.1 må Bt-veksten gi mindre avlingstap og redusert behov for innsatsfaktorer for at den skal bidra til matsikkerhet.

For forbrukernes matsikkerhet er det viktig at de kan velge hvilken mat de vil ha. De må kunne velge mat som ikke inneholder ingredienser fra Bt-vekster. I tillegg bør de

kunne velge mellom mat fra Bt-vekster og tilsvarende ikke-genmodifiserte produkt. Det var delte meninger i ressursgruppa om spørsmål som gjelder tilgangen til matvarer som ikke er genmodifiserte, bør rettes til enkeltfirma som søker om godkjenning for genmodifiserte planter. Noen mente at dette er ernæringspolitiske spørsmål som nasjonale myndigheter, og ikke enkeltfirma, bør ta ansvaret for.

Resultater fra forskningsstudier tyder på at minst ett av giftstoffene som mange Bt-vekster produserer, Cry1Ac, kan fungere som et hjelpestoff (adjuvant) som forsterker en allergisk reaksjon eller immunreaksjon^{11, 12}. For at maten som lages med ingredienser fra Bt-mais, skal være mest mulig trygg, må det derfor undersøkes om Bt-giften kan føre til allergier eller forsterke allergiske reaksjoner. På den andre siden blir mais som skades av insekter, lettere angrepet av sopp enn Bt-mais.¹³ Av den grunn inneholder ofte Bt-mais mindre soppgifter enn ikke-genmodifisert mais, noe som bidrar til mattrygghet.^{14, 15}

Svinn under matproduksjon gjelder ikke bare avlingstap under dyrking, men også svinn etter at planten eller produktet er kommet inn i logistikkjeden. Hvis en matvekst har egenskaper som gjør at den holder seg bedre under lagring, bidrar den både til matkvalitet og matsikkerhet og til økte inntekter i produksjonsområdet. Foreløpig er det ikke noe som tyder på at Bt-vekster holder seg bedre under lagring.

4.3 Småskalalandbruk

Småskalalandbruk sikrer en stor andel av verdens matforsyning, og er viktig for å redusere fattigdom. For å bidra til bærekraft bør Bt-veksten være tilpasset dyrkingsforholda til småbønder i utviklingsland. Med dyrkingsforhold menes blant annet jordsmonn, klima og infrastruktur. Det finnes ikke en klar definisjon på småbonde; definisjonen varierer mellom land og områder. En person som dyrker jord uten å eie den, kan også regnes som bonde.

I småskalalandbruk produseres ikke mat bare til selvsbergning, men også til lokale marked. Produksjon til lokale og nasjonale marked er viktig, fordi det kan true matsikkerheten hvis et land blir for avhengig av import.

Mange småbønder dyrker jord i såkalte marginale områder der det ikke er gunstig å bruke «moderne» såfrø som trenger innsatsfaktorer som kunstgjødsel, sprøytemidler og irrigasjon (kunstig vanning). På grunn av behovet for innsatsfaktorer gir moderne såfrø ofte dårligere avkastning enn de tradisjonelle sortene på slike steder. Mange småbønder bor avsides til og kan bli mer sårbare hvis de blir avhengige av å få såfrø utenfra, for eksempel fordi veiene eller annen infrastruktur er dårlig. Dessuten viser erfaring fra «den grønne revolusjon» at for småbønder kan det være viktigere å redusere prisen på innsatsfaktorer som gjødsel, frø og vanning enn å øke avlinga (jamfør kapittel 4.1.2, se også side 36).

Småskalalandbruket bidrar også til å opprettholde mangfoldet av kulturplanter i landbruket.^{16, 17} Dette genetiske mangfoldet er truet fordi det brukes få, genetisk ensartete sorter, og Bt-vekster bidrar ofte til å forsterke denne utviklingen.

4.4 Valgfrihet, patenter og monopol

4.4.1 Leverandøravhengighet og fordeling mellom selskap og bonde

Flere selskap som eier Bt-vekster, krever at bønder signerer en kontrakt før de får kjøpe og dyrke Bt-vekster. I tillegg kan de måtte betale lisens eller teknologavgift. Nye bindinger eller økt frihet i kontrakten påvirker fordelingen mellom selskap og bonde. Fordi genmodifiserte planter og innsatsfaktorer selges av noen få, dominerende produsenter, kan selskapa opptre oligopolistisk eller monopol-istisk. Frøselskap kan selge såvarer og innsatsfaktorer billig i en introduksjonsfase, for så å sette opp prisene når kundene er fanget. Det kan være vanskelig å begynne å dyrke GMO-fritt etter noen år med Bt-vekster, enten fordi bøndene er bundet av kontrakter eller fordi det er rester av Bt-gift eller Bt-planter i jorda. Et relevant spørsmål er hvor stor en eventuell inntektsøkning er i prosent fra før man begynte å dyrke genmodifiserte planter til etter, og hvordan økningen er fordelt mellom frøselskapet og bøndene. Svaret på dette spørsmålet vil sannsynligvis være ulikt fra én region til en annen og fra ett land til et annet, siden det også er et spørsmål om maktforhold i samfunnet.

Hvis dyrking av Bt-veksten gir mindre avlingstap, Bt-veksten og innsatsfaktorene er billigere enn annen såvare og/eller det ikke skapes nye bindinger i kontrakten, påvirkes fordelingen mellom frøselskap og bonde i bondens favør. Enkelte i ressursgruppa la vekt på at fordelingen alltid burde gå i bondens favør for at Bt-veksten skulle bidra til bærekraftig utvikling. Andre påpekte at man i tillegg bør se på helheten i samfunnsøkonomien, som utnyttelsen av jorda, sysselsetting og eierskap. Hvis for eksempel Bt-veksten er dyrere enn alternativene, men gjør at man trenger mindre av andre innsatsfaktorer, kan bonden likevel spare penger og Bt-veksten bidra til bærekraft. Det er vanskelig å si hva som er en rettferdig fordeling mellom frøselskap og bonde, men hvis bonden ikke får mer stabil inntjening og bedre levekår, bør hun/han ikke bytte til Bt-vekster.

4.4.2 Patenter og markedskonsentrasjon i såfrøsektoren

Patenter beskytter den som tar kostnaden ved å utvikle noe nytt og kan derfor bidra til at flere produkter utvikles og kommer på markedet. På den andre siden kan patenter hindre videre planteforedling og hindre kommersialisering av nye sorter der foredling har blitt tillatt. De siste tiåra har patentvernet for levende organismer blitt sterkere og mer utvidet, samtidig som det er enklere å oppfylle patentkriteriene og å kontrollere brudd på patentet for en genmodifisert plante enn for andre planter.

Patenter for genmodifiserte planter har vist seg å være uheldig fordi noen få selskap har fått så godt som monopol på såfrø. Fire multinasjonale frøselskap kontrollerer nå rundt 60 prosent av handelen med verdens såfrø for grønnsaker.¹⁸ Tendensen til monopolisering øker, noe som ikke minst er gjort mulig gjennom den gjensidig forsterkende effekten mellom patentpraksis og genteknologi. Organisasjonen ETC group har dokumentert at seks multinasjonale selskap, inkludert DuPont, Monsanto og Syngenta, har 77 prosent av patentene som er innvilget eller søkt om for nyvinninger innen stresstoleranse. Det vil si patenter for planter som tåler tørke, varme, flom, salt og kulde bedre, og dermed er tilpasset klimaendringer.¹⁹

Hvis Bt-veksten er patentert, tyder det altså på at den

bidrar til ytterligere markedskonsentrasjon, det vil si at det blir mer makt til færre aktører, i såfrøsektoren, til fordel for de aller største frøselskapa. Dette kan ha stor betydning for framtidige valg innen mat og ernæring, ikke bare for bønder verden over, men for hele samfunnet. I denne sammenhengen kan derfor patenter ses som et negativt bidrag til bærekraft.

4.4.3 Genetisk mangfold og tilgang til alternativ såvare

Å ta vare på det genetiske mangfoldet i planter er nødvendig for matsikkerheten. At bøndene har tilgang til alternativ såvare og frihet til å velge den såvaren de ønsker, enten det er hybrider eller lokale sorter, og enten det er kjøpt såvare eller såvare fra egen avling, bidrar derfor til bærekraftig utvikling.

De genetiske ressursene er grunnlaget for all planteforedling²⁰ og avgjør om vi kan tilpasse matproduksjonen til klima- og miljøendringer som tørke og frost, og til plantesykdommer og skadegjørere. Det kan også komme endringer i etterspørselen, med krav om mer helsebringende og ernæringsrik mat. Lokale sorter er tilpasset lokale forhold, og det genetiske mangfoldet tas vare på ved aktiv bruk ved at bønder og planteforedlere utvikler og vedlikeholder de gamle sortene og tar vare på kunnskapen om hvordan de dyrkes. I tillegg lagres frø i genbanker.

Markedskonsentrasjon går ut over genetisk mangfold fordi det blir færre sorter til salgs, og går på bekostning av bønders rettigheter til såfrø fordi patenter ofte gjør det forbudt eller dyrt å ta vare på, bytte eller selge såfrø fra egen avling.²¹ Å bruke såfrø fra egen avling er spesielt viktig for småbønder i utviklingsland (jamfør kapittel 4.3), men også i Norge brukes en del såkorn fra egen avling. En rekke undersøkelser viser at rettighetene til å ta vare på såfrø fra egen avling, regnes som de viktigste for at bønder skal være i stand til å fortsette å ta vare på plantemangfoldet for framtida.^{22–26} Hvis den genmodifiserte planten er en hybrid, er det uansett ikke aktuelt for bøndene å ta vare på såfrø. Men selv om godkjenning av én genmodifisert plante alene ikke vil være nok til å øke markedskonsentrasjonen, bidrar patenter på genmodifiserte planter generelt til



Bøndene må ha rett til å ta vare på såfrø fra egen avling for å bevare plantemangfoldet i framtida. Foto: Afp/Scanpix.

markedskonsentrasjon, og forsterker derfor en uheldig utvikling.

I tillegg til produksjonen av såfrø kan også salgsløpet bli monopolisert ved liten konkurranse. Hvis det blir færre produsenter og selgere i framtida, får bonden færre alternativer og kan bli tvunget til å kjøpe Bt-vekster fordi det ikke finnes annen såvare på markedet. Det kan også hende at bonden ikke har råd til alternativ såvare fordi det blir dyrere når det er vanskelig å få tak i og kvaliteten skal garanteres. Hvis Bt-veksten koster mer enn annen såvare for tilsvarende vekster, kan det regnes som negativt for bøndene, men et slikt spørsmål forutsetter at bøndene fritt kan velge såvare.

Et frøselskap kan la være å tilby produktene sine i land der de har så liten markedsandel at det ikke vil lønne seg. Det gjelder både frøselskap med alternativ såvare og GMO-frøselskap. Hvis for eksempel et område/land benytter 95

prosent av arealet sitt til GMO-produkt, er det ikke sikkert det er lønnsomt nok i de siste fem prosent av arealet til at et selskap vil tilby ikke-genmodifisert såkorn.

4.5 Levekår

4.5.1 Endring av eiendomsforhold

Dyrking av Bt-vekster kan føre til endringer i eiendomsforhold i jordbruket. Såfrø fra Bt-vekster er som regel dyrere enn ikke-genmodifisert såfrø. Negative endringer kan være nedlegging av gårdsbruk eller større gjeldsbyrde for dyrkerne. På den andre siden betyr ikke færre bønder nødvendigvis at mindre areal vil bli dyrket. Bønder kan slå seg sammen for å oppnå stordriftsfordeler. Da kan de øke inntjeningen og frigjøre arbeidskraften sin til annet arbeid. Eventuelt kan de leie ut jorda til en bonde som vil satse. Økt utleie og forpaktning av jord kan også føre til at det blir flere leilendinger.

4.5.2 Sysselsetting

Sysselsettingen kan endre seg hvis en bonde begynner å dyrke en Bt-vekst. Men selv om det blir færre arbeidsplasser på gården der Bt-veksten dyrkes, kan det bli flere i seinere ledd, slik som logistikk, foredling og salg av produkter. At færre folk arbeider i jordbruket trenger ikke å være negativt så lenge de finner annet arbeid. Et land kan på grunn av endringer i sysselsettingen styrke sin økonomiske posisjon i internasjonal handel og styrke sin nasjonale økonomi, og dermed oppnå økt velstand. Så selv om det ikke alltid er positivt for enkeltbønder å gi opp jorda, kan det være positivt for landet som helhet, og dermed bidra til bærekraftig utvikling.

4.5.3 Kontroll og overvåking

I blant annet EU kreves det en plan for overvåking av produksjonen av genmodifiserte planter og hvordan produksjonen virker inn på dyrkingsområdet og området rundt. Logistikken kan bli mer krevende fordi de genmodifiserte plantene eller frøa ikke skal forurense omgivelsene eller ikke-genmodifiserte avlinger. Søknader, tillatelser og overvåking er fordyrende ledd som kan være grunner til ikke å ta i bruk genmodifiserte planter. Mer byråkrati kan være et negativt bidrag til bærekraftig utvikling, men på den andre siden være nødvendig for å forsikre seg om at Bt-veksten ikke er skadelig for helse og miljø.

4.5.4 Sameksistens og andre bønders rettigheter

Når en bonde begynner å dyrke Bt-vekster, kan det også påvirke andre bønder i området. Det kan være nabobønder som får avlinger forurenset, men også bønder som rammes av for eksempel genforurensing på grunn av transport av Bt-avlinger og Bt-såfrø gjennom deres områder, eller bønder som får flere eller færre skadeinsekt på sine avlinger. Hvis Bt-dyrkingen fører til færre skadeinsekt i området, vil det være en fordel også for nabobøndene, som dermed kan sprøyte mindre. På den andre siden blir for eksempel bønder som holder til i nærheten av Bt-bomullsområder i Kina, nå rammet av nye typer insektangrep fordi Bt-gifta er så effektiv at det er skapt en økologisk nisje for andre skadeinsekt (sekundære skadedyr).²⁷

Ressursgruppa mener det bør finnes regler for sam-

eksistens og erstatning og prosedyrer for risikohåndtering, og at disse må følges hvis Bt-veksten skal bidra til bærekraftig utvikling. Det må altså være et system for å hindre spredning av Bt-veksten, pollen og frø til områder med ikke-genmodifiserte vekster, slik at det er mulig å velge å dyrke ikke-genmodifisert eller økologisk i stedet for Bt-vekster. Bøndene som dyrker genmodifiserte vekster, og frøselskapa som selger dem, bør være ansvarlig for å dekke alle tap andre kan ha ved spredning av vekstene. Ellers blir kostnaden knyttet til to produksjonslinjer dyttet over på bøndene som ikke dyrker Bt-vekster. Kompensasjon kan gis som penger eller mer sprøytemidler, og kompensasjonen bør stå i forhold til skaden. Det kan også gis pålegg om buffersoner og økt avstand mellom genmodifiserte og ikke-genmodifiserte avlinger. I tillegg er det viktig med klare regler for ansvar og erstatning hvis det viser seg at sameksistens ikke var mulig likevel.

4.6 Fordeling mellom generasjonene

Bærekraftig utvikling skal vurderes over flere generasjoner. Når det skjer langsomme endringer over flere generasjoner, er det vanskeligere å avgjøre hvem som bør betale for uønskete endringer. Hvis førstegenerasjons brukere av Bt-vekster nyter godt av eventuelle fordeler, mens neste generasjon må bære eventuelle byrder, både kjente og ukjente, bidrar Bt-veksten ikke til bærekraftig utvikling. Eksempler på byrder kan være negative forandringer i faunaen, spesielt insektfaunaen, som at skadeinsekter utvikler resistens mot Bt-giftene, eller at det skapes nye økologiske nisjer for andre typer skadeinsekt. For å unngå at seinere generasjoner må ta kostnadene ved dyrkingen av Bt-vekster, bør det være planlagt eller utført risikovurdering og mottiltak mot resistensutvikling. Fordi mange av Bt-vekstene er kryssinger med sprøytemiddel-tolerante planter, er også følgene av å bruke sprøytemidler relevant. Endringer i jordforhold merkes ofte ikke før en viss grense er overskredet, gjerne etter mange år.

4.7 Bevaring av biologisk mangfold

For å ta vare på det genetiske mangfoldet, og dermed bidra til bærekraftig utvikling, bør planter være fritt tilgjengelig for videre planteforedling. Det finnes mange tradisjonelle sorter av for eksempel mais- og risplanter, som hver er til-

passet sitt spesielle miljø, i tillegg til ville slektninger av kulturplanter. Blir slike sorter «forurenset» av Bt-planter, går et verdifullt mangfold tapt for framtida, en prosess som allerede er i gang i blant annet Mexico og Kina. Når det gjelder Bt-vekster som er hybrider, må bøndene kjøpe nye såfrø hvert år, og det er lite aktuelt å foredle plantene videre selv.

Monokulturer er en trussel mot det biologiske mangfoldet som skyldes det moderne storskalalandbruket, ikke Bt-vekster spesielt. Men Bt-vekster kan forsterke en uheldig utvikling (se kapittel 4.4 om valgfrihet, patenter og monopol).

4.8 Valgfri dyrkingsform i framtida

Flere i ressursgruppa mente det er avgjørende for om en Bt-vekst kan godkjennes, at man kan gå tilbake til dyrking av ikke-genmodifiserte vekster i framtida. Rester av Bt-gift eller Bt-planter i jorda kan gjøre dette vanskelig. Det bør også være avklart hvem som er ansvarlig og om det skal gis kompensasjon hvis det viser seg at det ikke er mulig å legge om til andre landbrukssystemer i framtida.

4.9 Norges politiske mål og Norge som foregangsland/brobygger

Bakgrunnen for å spørre om beslutningen vår om å godkjenne/ikke godkjenne en GMO bidrar til å oppfylle Norges politiske mål for nord-sør-politikken og hvilket eksempel vi statuerer overfor EU, utviklingsland og verden ellers (punkt 6–7 i tabell 2) er at Norge har en høy profil internasjonalt på områder som ernærings-, landbruks- og distriktpolitikk. Mange, spesielt utviklingsland, ser på Norge som et foregangsland. Stortingsmelding nr. 15 (2008–2009) om «Interesser, ansvar og muligheter» for norsk utenrikspolitikk kommenterer globalt miljøarbeid slik: «Regjeringen mener det er helt sentralt å fortsette arbeidet for stadig bedre og strengere internasjonale miljøavtaler og ønsker at Norge fortsatt skal være pådriver for nye og utvidete forpliktelser»²⁸. Her nevnes CBD (FN-konvensjonen om biologisk mangfold) med Cartagenaprotokollen, Klimakonvensjonen og avtalene om kjemikalier som spesielt viktige for dette arbeidet. Videre heter det «Norge kan også ha en særlig rolle som kompromissøker [...] slik arbeidet

med Cartagena-protokollen om genmodifiserte organismer (GMO) [...] viser»²⁹.

Det var ulike oppfatninger i ressursgruppa om det at beslutningen vår om å godkjenne/ikke godkjenne en GMO bidrar til å oppfylle Norges politiske mål for nord-sør-politikken og hvilket eksempel vi statuerer overfor EU, utviklingsland og verden ellers (punkt 6–7 i tabell 2) hører med under begrepet bærekraft og derfor bør stå som egne kriterier, eller om det hører mer under samfunnsnytte og etikk, som er andre godkjenningskriterier i genteknologiloven. Uansett er det norske myndigheter, og ikke søkerne, som må vurdere disse spørsmåla.

Deler av ressursgruppa mente punkt 6 og 7 bør vurderes i sammenheng med punkt 5: Ekskluderer planten omlegging til andre landbrukssystemer i framtida, som økologisk landbruk eller landbruk uten genmodifiserte organismer? Andre mente det må være summen av svarene på punkt 1 til 5 som avgjør om beslutningen bygger opp under gjeldende politikk. Beslutningen må også veies mot andre virkemidler for å gjennomføre den politikken som er vedtatt.

Noen i ressursgruppa mente punkt 6 og 7 ikke har noe direkte med selve den genmodifiserte planten å gjøre. De mente det er uheldig om egne nasjonale regler rammer norsk industri ensidig fordi Norge ikke når gjennom med de samme reglene internasjonalt, i EU eller WTO.

Referanser

8. FAO (FNs mat- og landbruksorganisasjon) (2006) Food security. Policy Brief, June 2006: 2. ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02.pdf
9. WHOs (Verdens helseorganisasjons) nettside www.who.int/features/factfiles/food_safety/en/
10. Stortingsmelding nr. 40 (1996–1997). www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/dok/regpubl/stmeld/19961997/stmeld-nr-40-1996-97-2/2/1.html
11. Rojas-Hernández S, Rodríguez-Monroy MA, López-Revilla R, Reséndiz-Albor AA, Moreno-Fierros L (2004) Intranasal coadministration of the Cry1Ac protoxin with amoebal lysates increases

protection against *Naegleria fowleri* meningoencephalitis. *Infection and Immunology* 72: 4368-75.

12. Moreno-Fierros L, Ruiz-Medina EJ, Esquivel R, López-Revilla R, Piña-Cruz S (2003) Intranasal Cry1Ac protoxin is an effective mucosal and systemic carrier and adjuvant of *Streptococcus pneumoniae* polysaccharides in mice. *Scandinavian Journal of Immunology* 57: 45-55.

13. Sobek EA, Munkvold GP (1999) European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels. *Journal of Ecological Entomology* 92: 503-509.

14. Munkvold GP, Hellmich RL, Showers WB (1997) Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87: 1071-1077.

15. Folcher L, Delos M, Marengue E, Jarry M, Weissenberger A, Eychenne N, Regnault-Roger C (2010) Lower mycotoxin levels in bt maize grain. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 711-719.

16. FAOs (FNs mat- og landbruksorganisasjons) nettside www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/seeds-pgr/gpa/en

17. FNs internasjonale traktat for plantegenetiske ressurser for mat og landbruks nettside www.itpgrfa.net/International

18. Louwaars N, Dons H, van Overwalle G, Raven H, Arundel A, Eaton D, Nelis A (2009) Breeding business. The future of plant breeding in the light of developments in patent rights and plant breeder's rights. Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen University and Research Centre. CGN Report 2009-14. (EN) <http://documents.plant.wur.nl/cgn/literature/reports/BreedingBusiness.pdf>

19. ETC Group (2010) Gene giants stock pile patents on "climate-ready" crops in bid to become "biomassters". www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/FINAL_climate-readyComm_106_2010.pdf

20. Norge er tilsluttet FNs plantetraktat, se www.planttreaty.org, som blant annet har bestemmelser om hvordan det plantegenetiske mangfoldet skal sikres for framtida gjennom bevaring og bærekraftig bruk. I en egen del om bønders rettigheter anerkjennes bøndenes bidrag til utviklingen av dagens plantemangfold i jordbruket som grunnlag for all matproduksjon, og det fastlegges at statene har ansvar for å realisere bønders rettigheter i henhold til sine behov og prioriteringer. Et av de foreslåtte tiltaka handler om bønders rettigheter til å delta i relevante beslutningsprosesser. En annen bestemmelse handler om retten til å ta vare på, bruke, bytte

og selge såvare fra egen avling.

21. I løpet av de siste 20 åra har to former for lovgivning særlig bidratt til markedskonsentrasjon og svekkelse av bønders rettigheter: immaterielle eiendomsrettigheter (patenter og planteforedlerrettigheter) og såvarelover (om godkjenning av plantesorter og omsetting av såvare, se blant annet Andersen R (2008) *Governing Agrobiodiversity: Plant Genetics and Developing Countries* (Aldershot: Ashgate)). I mange land er planteforedlerrettighetene utviklet i retning av patentbeskyttelse og bidrar slik til markedskonsentrasjonen fra en annen kant. I Norge gir planteforedlerretten lov til å bruke frø fra egen avling og bytte såvare av beskyttede sorter bønder imellom, men de har ikke lov å selge slik såvare. Myndighetene har vurdert dette som den beste balansen mellom bøndenes rettigheter og planteforedlernes rettigheter til kompensasjon og utbytte fra planteforedlingen.

22. Andersen R, Winge T med bidrag fra Torheim BB (2011): *Global Consultations on Farmers' Rights in 2010*. FNI Report 1/2011 (Lysaker: Fridtjof Nansen Institute).

23. Pistorius R, Lim ES, Ghijsen H, Visser B (2009): Results of an online conference on 'Options for Farmers' Rights'. Information Papers for the Third Session of the Governing Body of the ITPGRFA. IT/GB-3/09/Inf. 6, Add. 2 (Rome/Tunis: Secretariat of the ITPGRFA).

24. Andersen R (2009) Information Paper on Farmers' Rights Submitted by the Fridtjof Nansen Institute, Norway, based on the Farmers' Rights Project. Information Papers for the Third Session of the Governing Body of the ITPGRFA. IT/GB-3/09/Inf. 6, Add. 3 (Rome/Tunis: Secretariat of the ITPGRFA).

25. Andersen R (2005): Results from an International Stakeholder Survey on Farmers' Rights. The Farmers' Rights Project - Background Study 2/FNI report 9/2005 (Lysaker: Fridtjof Nansen Institute).

26. Nettsida til Fridtjof Nansens Instituttets prosjekt om bønders rettigheter www.farmersrights.org

27. Lu Y, Wu K, Jiang Y, Xia B, Li P, Feng H, Wyckhuys KAG, Guo Y (2010) Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science* 328: 1151-1154.

28. Stortingsmelding nr. 15 (2008-2009), side 142. www.regjeringen.no/pages/2162302/PDFS/STM200820090015000DDDPDFS.pdf

29. Stortingsmelding nr. 15 (2008-2009), side 144. www.regjeringen.no/pages/2162302/PDFS/STM200820090015000DDDPDFS.pdf

5. Hvordan avgjøre en søknad? Prioritering av kriteriene

Dersom man greier å prioritere de viktigste kriteriene, kan det være lettere å avgjøre en søknad, samtidig som det blir praktisk mulig for en søker å svare på spørsmål. Ressursgruppa kom ikke fram til noen prioritering verken mellom kriteriene for økologisk bærekraft (se tabell 1) eller mellom punkt 1 til 5 under økonomi og samfunn (se tabell 2). Mange påpekte at det er viktig å se alle kriteriene i sammenheng. Ressursgruppa fant heller ikke noe kriterium som alene kunne hindre en godkjenning av en Bt-vekst. Et kriterium kan veie tungt i én sak og mindre i en annen, derfor er det viktig med en sak-til-sak-vurdering.

Ressursgruppa konsentrerte seg om det de mente var de viktigste kriteriene. For eksempel kan mat være en viktig del av den lokale kulturen og tradisjonen som bør tas hensyn til, slik som maisen i Mellom-Amerika, men ressursgruppa vurderte ikke dette som viktig nok til å komme med på lista over kriterier.

Enkelte i ressursgruppa mente at vi ikke bør stille krav til matproduksjon som er alt for omfattende i forhold til det vi godtar av risiko innen andre samfunnsområder som for eksempel oljeindustrien og legemiddelindustrien.

Deler av ressursgruppa mente at spørsmåla fra punkt 1 til 5 som gjelder økonomi og samfunn, sammen med kriteriene for økologisk bærekraft, holder som utgangspunkt for å avgjøre om en Bt-vekst bidrar til bærekraftig utvikling. Alle spørsmåla må da besvares, og ubesvarte spørsmål bør føre til at en søknad returneres. For en del av spørsmåla bør Norge be om forskning, inkludert tidsstudier (studier over flere år), på dyrking av den samme planten eller lignende planter andre steder. Spesielt bør vi etterlyse forskning fra uavhengige institusjoner.

Det er liten tvil om at ulike grupper i samfunnet vil prioritere kriteriene ulikt. Et viktig moment er at de som bærer (de potensielle) kostnadene, som oftest vil være andre enn de som høster de største gevinstene ved bruken av Bt-vekster. Om man vil vurdere nytten av genmodifiserte planter mot ulike typer kostnader forbundet med bruk, er det derfor rimelig at alle ulemper og fordeler ses i sammenheng, slik at ikke noen underordnes i utgangspunktet. Ett



GMO-selskapa sier at Bt-vekster reduserer bruken av sprøytemiddel. Stemmer dette? Foto: Scandinavian Stockphoto.

forslag er å se på risikovurderingen som en trinnvis øvelse, for eksempel slik: Først stilles spørsmålet: Gir Bt-veksten større avling kombinert med redusert bruk av innsatsfaktorer som vann, sprøytemidler og gjødsel? Dette er et sentralt spørsmål siden det er nettopp disse effektene som loves av GMO-industrien og som brukes som argument for å godta en høyere risiko enn ved bruk av tradisjonelle plantesorter. Hvis svaret er nei, trer føre-var-prinsippet i kraft og søknaden avvises. Hvis svaret er ja, går man videre til neste punkt.

Spørsmåla som gjelder om Bt-veksten er patentert og om den reduserer behovet for andre innsatsfaktorer på kort og lang sikt (punktene 3.b.i og 3.b.v i tabell 2), har ikke bare betydning for bøndernes levebrød, men kan også ha betydning for hele samfunnet. Disse punktene vil på sikt kunne påvirke valgmulighetene generelt innen mat og ernæring i videre forstand enn det som skisseres under matsikkerhet, mattrygghet og matkvalitet (punkt 1, tabell 2).

Det er sjelden slik at en enkelt godkjenning av én genmodifisert plante vil gi en slik effekt som den punkt 5 i tabell 2 spør om, det vil si at planten ekskluderer omlegging til andre landbrukssystemer i framtida, som økologisk landbruk eller landbruk uten genmodifiserte organismer. Dette viser svakheten i denne typen evalueringsskjemaer: Det blir lett en reduksjonistisk tilnærming, slik at det kan være akseptabelt å si ja til de fleste punktene og dermed oppnå

Alternative tilnæringer for å vurdere om genmodifiserte planter bidrar til bærekraftig utvikling

Det finnes flere alternative tilnæringsmåter for å vurdere om genmodifiserte planter bidrar til bærekraftig utvikling. Ett alternativ er å lage sjekklister med kriterier for å avgjøre om en genmodifisert organisme (GMO) skal godkjennes, slik som ressursgruppa har gjort. Å kreve at GMO-en skal være sertifisert etter internasjonale sertifiseringsordninger kan være en annen metode. Men foreløpig finnes det ingen sertifiseringsordning for handel med genmodifiserte vekster verken i Norge eller internasjonalt. Internasjonale konvensjoner der krav til bærekraftig utvikling er med, er et tredje alternativ, og kan brukes på to måter: enten for å kreve at produsentland skal oppfylle visse internasjonale konvensjoner for at en GMO skal godkjennes eller til å hente inspirasjon til å lage egne krav. Til nå finnes det ingen slike konvensjoner for bærekraftig bruk av GMO, men eksisterende konvensjoner og sertifiseringsordninger kan eventuelt brukes som utgangspunkt for å lage egne kriterier.

FN-konvensjonen om biologisk mangfold og den internasjonale traktaten for plantegenetiske ressurser (FNs plantetraktat) er eksempler på internasjonale konvensjoner som bygger på prinsippet om bærekraftig utvikling. På det sosioøkonomiske området finnes avtaler som for eksempel FN-konvensjonen om barnarbeid.

godkjenning for en enkelt genmodifisert plante, samtidig som summen av enkeltvedtak, det vil si godkjenning av mange typer genmodifiserte planter, kan bli noe annet enn det som er ønskelig for samfunnet. En slik tankegang er for eksempel gjenspeilet i naturmangfoldloven, som vektlegger at påvirkningen på et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastningen som økosystemet er eller vil bli utsatt for (§ 10).

Dersom man tar inn punktene om fritt valg av dyrkingsform i framtida, Norges politiske mål og rollen som foregangsland/brobygger (punkt 5–7, tabell 2) som sidestilte

Det finnes flere hundre sertifiseringsordninger for økologisk mat og fôr i verden og også en del for vanlig mat. Codex alimentarius³⁰, som er drevet fram av FAO (FNs mat- og landbruksorganisasjon) og WHO (Verdens helseorganisasjon), er en serie med slike veiledende retningslinjer for mattryggheten. GLOBALG.A.P.³¹ er en annen ordning, som er utviklet av kjøttindustrien. Codex alimentarius-kommisjonen har de siste åra arbeidet med en sertifiseringsordning for produksjon av mat fra genmodifiserte organismer, men har ennå ikke kommet til noe ferdig resultat. Arbeidet med oppfølging av Cartagena-protokollen under FN-konvensjonen om biologisk mangfold kan også gi grunnlag for framtidige sertifiseringsordninger for GMO.

FAO har som forberedelse til FN-konferansen om bærekraftig utvikling i 2012, Rio+20, lagt fram forslag til kriterier for bærekraftig produksjon, enten den er konvensjonell, økologisk eller basert på genmodifiserte organismer. Dette arbeidet kan også brukes som utgangspunkt for å lage kriterier og kan vise seg å være nyttig for en eventuell framtidig sertifiseringsordning for GMO.

kriterier, gis det anledning til en mer helhetlig politisk vurdering. Det vil si å vurdere summen av enkeltvedtak: Hvilken retning ønsker man, og hvilken samlet betydning kan enkeltvedtak om genmodifiserte planter få for målsettinger knyttet til for eksempel ernærings-, landbruks- og distriktpolitikk?

Referanser

30. Codex alimentarius-kommisjonens nettside www.codexalimentarius.net/web

31. GLOBALG.A.P.s nettside www.globalgap.org

6. Litteraturomtaler

I dette kapittelet omtales et utvalg litteratur som sier noe om hvilken effekt Bt-vekster har på noen av kriteriene for bærekraft. For hver referanse er det oppgitt fakta om referansen (forfatter, tittel på artikkelen, tidsskrift), hvilket kriterium referansen er relevant for og hvilke konklusjoner eller data i referansen som er relevant for dette kriteriet. Omtalene er skrevet av ulike personer i ressursgruppa, og noen er derfor på norsk, mens andre er på engelsk.

6.1 Litteratur for bærekraft: økologi

1. Lu Y, Wu K, Jiang Y, Xia B, Li P, Feng H, Wyckhuys KA, Guo Y (2010) Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science* 328 (5982): 1151–4.

Kriterium: Sekundære skadedyr, indirekte effekter.

Konklusjon: Nattdflyarter er et problem i bomull, blant annet *Helicoverpa armigera* (cotton bollworm). Bt-bomull er effektiv mot nattdflylarven. Bladteger (*Miridae*) blomstrer opp som sekundære skadedyr i Bt-bomullsåkre med redusert sprøyting, mens ikke-Bt-bomullsåkre (med sprøyting mot nattdfly) ikke hadde problem med teger. Også frukt dyrking (vindruer, eple, fersken, pære) får flere teger i forbindelse med dyrking av Bt-bomull, det henvises til referanser i artikkelen.

2. Dorhout DL, Rice ME (2010) Intraguild competition and enhanced survival of western bean cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) on Transgenic Cry1Ab (MON810) *Bacillus thuringiensis* corn. *Journal of Economic Entomology* 103 (1): 54–62.

Kriterium: Sekundære skadedyr, indirekte effekter.

Konklusjon: Mais blir angrepet av både nattdflyarter (*Helicoverpa zea*, *Striacosta albicosta*) og pyralider (*Ostrinia nubilalis*). Bakgrunnen for forsøket er at bestanden av *S. albicosta* har økt markant, og *S. albicosta* er blitt et nytt skadedyr i USA i maisåkre der Bt-maisen MON 810 dyrkes i stor stil. Forsøk med MON 810, som er en Bt-mais med Cry1Ab-protein, viser at balansen mellom nattdflyartene endres når genmodifisert mais erstatter ikke-genmodifisert mais. Bt-maisen ga under visse forutsetninger *S. albicosta* en konkurransemessig fordel overfor *H. zea*. Forsøket viser at balansen mellom insekter som holder til på samme

plante og lever av det samme (engelsk *guilds*) blir påvirket av Bt-planter. Betydningen for bærekraft er vanskelig å generalisere, men potensialet for betydelige endringer i skadebildet er til stede.

3. Birch ANE, Geoghegan IE, Griffiths DW, McNicol, JW (2002) The effect of genetic transformations for pest resistance on foliar solanidine-based glycoalkaloids of potato (*solanum tuberosum*). *Annals of Applied Biology* 140: 143–149.

Kriterium: Sekundære skadedyr, direkte effekter (NB: her GNA, som er et annet insektdrepende protein, og ikke Bt). Konklusjon: Artikkelen omhandler prinsippet om at en genmodifisering kan ha uventede effekter på plantekjemien, som igjen har effekter på insektfaunaen. I dette tilfellet gjelder det GNA-planter (planter som er genmodifisert slik at de produserer det insektdrepende proteinet GNA (*Galanthus nivalis agglutinin*, *snowdrop lectin*), altså ikke Bt) som uventet får endret nivået av glycoalkaloider i bladene, noe som kan stimulere *potato leafhopper* (potet-sikade) til å spise på potetplantene. Dette har betydning for bekjempelse av koloradobillen på potet.

4. Sayyed AH, Cerda H, Wright, DJ (2003) Could Bt transgenic crops have nutritionally favourable effects on resistant insects? *Ecology Letters* 6: 167–169.

Kriterium: Sekundære skadedyr, direkte effekter.

Konklusjon: Noen insekter som er resistente mot Bt-toksiner, ser ut til å kunne bruke selve Bt-toksinet som næring. Bt-plantene blir derfor mer angrepet enn ikke-Bt-plantene.

5. Løvei GL, Arpaia, S (2005) The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomol Exp Applicata* 114: 1–14.

Kriterium: Ikke-målorganismer; predatorer, insekter, parasitoider.

Konklusjon: Review of laboratory tests which studied the impact of genetically modified plants on arthropod natural enemies. For predators, 126 parameters were quantified and for parasitoids, 128 parameters were quantified. An aggregative scoring (summarising all quantified parameters) indicated that the laboratory tests quantified a

number of cases (30 % for predators, 39.8 % for parasitoids), where the impacts of the genetically modified plant were significantly negative.

6. Løvei G, Andow DA, Arpaia S (2009) Transgenic insecticidal crops and natural enemies: A detailed review of laboratory studies. *Environmental Entomology* 38 (2): 293–306.

Kriterium: Ikke-målorganismer; insekter, predatorer.

Konklusjon: Denne artikkelen og litteraturomtale 5 (Løvei 2005) er oversiktsartikler (review) som finner at det er signifikant flere forsøk enn forventet ut fra «ingen effekt», hvor Bt har en effekt på naturlige fiender. Her kan det dreie seg om både «positive» og negative effekter, poenget er at Bt har effekt på slike insekter.

7. Ramirez-Romero R, Desneux N, Decourtye A, Chafiol A, Pham-Delegue MH (2007) Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70: 327–333.

Kriterium: Ikke-målorganismer; insekter, pollinatorer.

Konklusjon: Spise- og læreatferd hos unge, voksne bier ble bare påvirket av svært høye konsentrasjoner (5000 ppb) av Cry1Ab. Konklusjonen er kritisert av andre, som peker på muligheter for subletale (ikke dødelig på kort sikt) effekter og behov for mer realistisk forsøksoppsett.

8. Hilbeck A, Schmidt JEU (2006) Another view on Bt proteins: how specific are they and what else might they do? *Biopesticides International* 2 (1): 1–50.

Kriterium: Ikke-målorganismer; invertebrater (virvelløse dyr), spesielt insekter, flere funksjonelle grupper (grupper med ulike funksjoner i næringsnettene, som plantespisere (inkludert pollenspisere), predatorer, parasitoider og nedbrytere).

Konklusjon: Dette er en oversiktsartikkel (review) som viser at 50 % av de omtalte studiene viser at Bt-toksin har negativ effekt på testede invertebrater. Artikkelen understreker at Bt kan virke ulikt på ulike insekter.

9. Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Kareiva P (2007) A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on

nontarget invertebrates. *Science* 316: 1475–1477.

Kriterium: Ikke-målorganismer; invertebrater (virvelløse dyr), flere funksjonelle grupper (grupper med ulike funksjoner i næringsnettene, som plantespisere (inkludert pollenspisere), predatorer, parasitoider og nedbrytere).

Konklusjon: Analyse av 42 feltforsøk i åkre med Bt-mais og Bt-bomull viser følgende: Det er flere invertebrater i åkrene med Bt-vekster enn i sprøytete ikke-Bt åkre, men færre enn i ikke-sprøytete vanlige åkre (det siste gjelder noen grupper). NB Her sammenlignes *total mengde invertebrater*, ikke antall grupper eller arter. Artikkelen legger vekt på at det er viktig hva man sammenligner med.

10. Schmidt JEU, Braun CU, Whitehouse LP, Hilbeck A (2009) Effect of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 56: 221–228.

Kriterium: Ikke-målorganismer; insekter, predatorer.

Konklusjon: Bt-toksinet Cry1Ab som virker mot sommerfugler, er ikke spesifikt for denne gruppen: selv i lave doser påvirkes larver til toprikket mariehøne negativt (økt mortalitet). Økt dødelighet forårsakes av det aktiverte Bt-toksinet. Bt-toksinet Cry3Bb, som er beregnet på biller, ga bare marginalt høyere dødelighet hos larvene, ved visse konsentrasjoner.

Konklusjonen er at en må sette spørsmålstegn ved den såkalte selektiviteten til Bt-giftene.

11. Tabashnik B, van Rensburg JBJ, Carriere Y (2009) Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. *Journal of Economic Entomology* 102 (6): 2011–2025.

Kriterium: Resistente målorganismer.

Konklusjon: Oversiktsartikkel som sammenfatter definisjoner av resistens mot Bt-toksiner utviklet i felt, forholdet mellom resistens og kontrollproblemer i felt, basisteorier for utsettelse av resistensutvikling og metoder for resistensmonitorering. Det foretas analyser av resistensmonitoreringsdata fra fem kontinenter rapportert i 41 studier som evaluerer responser for feltpopulasjoner av 11 lepidopterpestarter på fire Bt-toksiner produsert av Bt-

mais og Bt-bomull. Ti–femten år etter kommersialisering av Bt-plantene er de fleste målartene fortsatt mottakelige. Men feltutviklet resistens er blitt dokumentert for tre arter av nattflysommerfugl på mais (Sør-Afrika) og bomull (USA): *Spodoptera frugiperda* – Cry1F i Bt-mais, Puerto Rico (J. E. Smith)

Busseola fusca – Cry1Ab i Bt-mais Sør-Afrika (Fuller)

Helicoverpa zea – Cry1Ac og Cry2Ab i Bt-bomull, sørøst-USA (Boddie)

12. Clark EA (2006) Environmental risks of genetic engineering. *Euphytica*, 148 (1–2): 47–60

Kriterium: Ikke-målorganismer m.m.

Konklusjon: Reviews several studies concerning environmental risks of GMO, non-target effects being one of them. Non-target effects of Bt maize appear to be limited to Lepidopteran species, with vulnerability varying both among species and among Bt events.

13. de Vendomois JS, Roullier F, Cellier D, Seralini GE (2009) A comparison of the effects of three GM corn on mammalian health. *International Journal of Biological Sciences*, 5 (7): 706–721.

Kriterium: Ikke-målorganismer; pattedyr.

Konklusjon: Trials with rats fed three main commercialized genetically modified (GM) maize (NK 603, MON 810, MON 863). The study highlights that the kidneys and liver are particularly important on which to focus such research as there was a clear negative impact on the function of these organs in rats consuming GM maize varieties for just 90 days. They recommend that additional long-term (up to 2 years) animal feeding studies should be performed in at least three species, preferably also multi-generational, to provide true scientifically valid data on the acute and chronic toxic effects of GM crops, feed and foods.

14. Al-Deeb MA, Wilde GE (2003) Effect of Bt Corn Expressing the Cry3Bb1 Toxin for Corn Rootworm Control on Aboveground Nontarget Arthropods. *Environmental Entomology* 32 (5): 1164–1170.

Kriterium: Ikke-målorganismer; insekter.

Konklusjon: Study on the effect of Bt corn expressing the Cry3Bb1 toxin on foliar and ground-dwelling non-target

arthropods. No significant differences in numbers of foliar and ground-dwelling non-target arthropods were detected between Bt corn and its non-Bt isolate.

15. Al-Deeb MA, Wilde GE, Blair JM, Todd TC (2003) Effect of Bt Corn for Corn Rootworm Control on Non-target Soil Microarthropods and Nematodes. *Environmental Entomology* 32 (4): 859–865.

Kriterium: Ikke-målorganismer; mikroartropoder.

Konklusjon: Study on the effect of Bt corn expressing the Cry3Bb1 toxin on soil microarthropods and nematodes. Numbers of soil mites (Prostigmata, Mesostigmata, and Oribatei), Collembola, and nematodes were similar in soil planted with Bt corn and soil planted with its isolate.

There are many similar studies in *Environmental Entomology* 34(5), 2005. They show no effects of Bt corn and cotton on non-target organisms, but show effects on them by pesticide use.

16. Kalushkov P, Nedved O (2005) Genetically modified potatoes expressing Cry 3A protein do not affect aphidophagous coccinellids. *Journal of Applied Entomology*, 129 (8): 401–406.

Kriterium: Ikke-målorganismer; andre plantespisere og predatorer.

Konklusjon: A field study that evaluates the potential non-target impact of a transgenic Bt potato cultivar and sprayed insecticides on predatory coccinellids dwelling on potato plants. Field investigations showed that Bt potatoes (carrying Cry3Aa protein) are very effective against the Colorado potato beetle and preserve aphidophagous coccinellids. By contrast, both tested insecticides proved very toxic to the coccinellids, causing statistically significant decrease in the abundance of adults and larvae. Laboratory experiments showed that Bt potatoes had no effect on the aphid *M. persicae* and subsequently, *M. persicae* from the Bt potatoes had no effect on the larval development and mortality of the most common coccinellid *C. septempunctata*.

17. Lang A, Otto M (2010) A synthesis of laboratory and field studies on the effects of transgenic *Bacillus thu-*

***ringiensis* (Bt) maize on non-target Lepidoptera. Entomologia Experimentalis et Applicata, 135 (2): 121–134.**

Kriterium: Ikke-målorganismer; andre plantespisere (Lepidoptera).

Konklusjon: Review on the direct toxic effects of Bt-maize and/or Cry proteins of current Bt-maize events on larvae of non-target butterflies and moths (Lepidoptera). 20 peer-reviewed publications were identified, of which 16 papers contributed laboratory-based data and seven field-based data. An adverse effect on caterpillars was recorded in 52 % of all laboratory-based and in 21 % of all field-based observations. However, more realistic, ecologically meaningful, and detailed experiments and analyses are needed.

18. Baur ME, Boethel DJ (2003) Effect of Bt-cotton expressing Cry1A(c) on the survival and fecundity of two hymenopteran parasitoids (Braconidae, Encyrtidae) in the laboratory. Biological Control 26: 325–332.

Kriterium: Ikke-målorganismer; predatorer (parasitoider).

Konklusjon: The effect of Bt-cotton plants expressing the *Bacillus thuringiensis* d-endotoxin Cry1A(c) on two hymenopteran endoparasitoids was studied in the laboratory. Feeding on Nu-Cotn 33B by the pest affected the survival and development of the two hymenopteran endoparasitoids studied. Analysis comparing the two experiments conducted with one of the parasitoid species suggests that older NuCotn 33B plants may affect parasitoid development and adult survival less than younger ones.

19. Cowgill SE, Danks C, Atkinson HJ (2004) Multi-trophic interactions involving genetically modified potatoes, nontarget aphids, natural enemies and hyperparasitoids. Molecular Ecology 13 (3): 639–647.

Kriterium: Sekundære skadedyr, ikke-målorganismer; parasitoider.

Konklusjon: The impact of genetically modified (GM) potatoes expressing a cysteine proteinase inhibitor (cystatin) on predators and parasitoids (natural enemies) of nontarget insects was determined in a field trial. The results indicate that transgenic nematode resistance is potentially

more compatible with aphid biological control than is current nematicide use.

20. Ludy C, Lang A (2006) Bt maize pollen exposure and impact on the garden spider, *Araneus diadematus*. Entomologia Experimentalis et Applicata 118 (2): 145–156.

Kriterium: Ikke-målorganismer; plantespisere, predatorer.

Konklusjon: Study on how Bt maize vs. an insecticide affects the garden spider *A. diadematus*. A laboratory bioassay showed no effects of Bt maize pollen on weight increase, survival, moult frequency, reaction time, and various web variables of *A. diadematus*. A pyrethroid insecticide (Baythroid) application affected weight increase, survival, and reaction time of spiders negatively.

21. Rovenska GZ, Zemek R, Schmidt JEU, Hilbeck A (2005) Altered host plant preference of *Tetranychus urticae* and prey preference of its predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) on transgenic Cry3Bb-eggplants. Biological Control 33 (3): 293–300.

Kriterium: Sekundære skadedyr, ikke-målorganismer; predatorer.

Konklusjon: Bt eggplants (with expression of Cry3B-toxins) is used against the Colorado potato beetle. This study shows that another pest, the spider mite *T. urticae*, preferred transgenic Bt-eggplants over control eggplants. However, predatory mites consumed significantly less Bt-fed spider mites than prey that had been raised on control eggplants. Such a simultaneous shift in the preference of both the spider mites and their predators could result in lower effectiveness or even failure of biological control.

22. Malone LA, Pham-Delegue M-H (2001) Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus sp.*). Apidologie 32: 287–304.

Kriterium: Ikke-målorganismer; pollinatorer.

Konklusjon: Review on the effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus sp.*). They conclude that Bt transgene products are very

likely to be safe for honey bees and bumblebees. Although, results so far suggest that transgenic plant impacts on pollinators will depend on a case-by-case analysis of the gene concerned and its expression in the parts of the plant ingested by bees.

23. Babendreier D, Reichhart B, Romeis J, Bigler F (2008) Impact of insecticidal proteins expressed in transgenic plants on bumblebee microcolonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 126 (2): 148–157.

Kriterium: Ikke-målorganismer; pollinatorer.

Konklusjon: Cry1Ab did not affect microcolony performance, but the consumption of SBTI and especially GNA affected survival of *B. terrestris* workers and drones and caused a significant reduction in the number of offspring.

24. Mommaerts V, Jans K, Smagghe G (2010) Impact of *Bacillus thuringiensis* strains on survival, reproduction and foraging behaviour in bumblebees (*Bombus terrestris*). *Pest Management Science* 66 (5): 520–525.

Kriterium: Ikke-målorganismer; pollinatorer.

Konklusjon: The study evaluates the potential lethal and sublethal hazards on colony reproduction and foraging behaviour of workers of the bumblebee *Bombus terrestris* (L.) of two commercial Bt strains. The results demonstrated that, in general, the Bt strains are safe to *B. terrestris* bumblebees, although in some cases there were detrimental effects that depended on strain and route of exposure.

25. Liu B, Zeng Q, Yan FM, Xu HG, Xu CR (2005) Effects of transgenic plants on soil microorganisms. *Plant and soil* 271 (1–2): 1–13.

Kriterium: Ikke-målorganismer; nedbrytere m.m.

Konklusjon: Review on effects of transgenic plants on soil microorganisms. Most studies suggest that transgenic plants that have been released cause minor changes in microbial community structures that are often transient in duration. However, due to our limited knowledge of the linkage between microbial community structure and function, more work needs to be done.

26. Cortet J, Andersen MN, Caul S, Griffiths B, Joffre

R, Lacroix B, Sausse C, Thompson J, Krogh PH (2006) Decomposition processes under Bt (*Bacillus thuringiensis*) maize: Results of a multi-site experiment. *Soil Biology & Biochemistry* 38 (1): 195–199.

Kriterium: Ikke-målorganismer; nedbrytere.

Konklusjon: The effects of maize expressing the *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab protein (Bt maize) on decomposition processes under three different European climatic conditions were assessed in the field. After 4 months incubation in the field, decomposition and mineralization were mainly influenced by climatic conditions with no negative effect of the Bt toxin on decomposition processes.

27. Heckmann LH, Griffiths BS, Caul S, Thompson J, Pusztai-Carey M, Moar WJ, Andersen MN, Krogh PH (2006) Consequences for *Protaphorura armata* (Collembola: Onychiuridae) following exposure to genetically modified *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize and non-Bt maize. *Environmental Pollution* 142 (2): 212–216.

Kriterium: Ikke-målorganismser; nedbrytere.

Konklusjon: Study on the effect of genetically modified Bt crops on an collembolan species. No significant differences were observed between the collembolan *P. armata* reared on Bt and non-Bt maize. However, they recommend future studies on Bt crops to focus on species interactions in long-term, multi-species experiments.

28. Séralini G-E, Mesnage R, Clair E, Gress S, Spiroux de Vendômois J, Cellier D (2011) Genetically modified crops safety assessments: present limits and possible improvements. *Environmental Sciences Europe* 23: 10.

Kriterium: Ikke-målorganismer; direkte effekter ved fôring, pattedyr (laboratoriegnagere).

Konklusjon: Oversiktsartikkel (review) som re-evaluerer og meta-analyserer 19 fôringsstudier. Forfatterne er kritiske til design og varighet av de fleste forsøkene. Det foreslås nye forsøksopplegg. Det påvises statistisk signifikante insidenser av toksiske nyre- og lever-effekter hos dyr fôret med Bt-transgene maislinjer i forhold til dyregrupper fôret med nær-isogene ikke-genmodifiserte maislinjer. Det påvises kjønnsforskjeller når det gjelder relativt insidens av avvikende biokjemiske og histopatologiske funn.

29. Hilbeck A, Meier M, Rombke J, Jansch S, Teichmann H, Tappeser B (2011) Environmental risk assessment of genetically modified plants – concepts and controversies. Environmental Sciences Europe 23: 13.

Kriterium: Angår alle de økologiske bærekraftskriteriene i rapporten.

Konklusjon: Oversiktsartikkel (review) som analyserer, kritiserer og foreslår forbedringer i kriteriene for ERA (Environmental Risk Assessment) i henhold til EU-direktiv 2001/18/EC. Det presenteres et forbedret ERA-konsept, som er økosystemorientert, med GM-planten i sentrum. Det foreslås en prosedyre for seleksjon av testorganismer som virkelig forekommer i det mottagende økosystem. Det foreslås også et hierarkisk testskjema fra laboratoriestudier til feltforsøk. Det nye konseptet tillater at en ERA blir skreddersydd til den aktuelle GM-planten og dens mottagende økosystem.

30. Bernstein JA, Bernstein IL, Bucchini L, Goldman LR, Hamilton RGL, Lehrer S, Rubin C, Sampson HA (2003) Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods. Environmental Health Perspectives 111: 1114–1121.

Kriterium: Ikke-målorganismer; pattedyr.

Konklusjon (sammendrag): Technology has improved the food supply since the first cultivation of crops. Genetic engineering facilitates the transfer of genes among organisms. Generally, only minute amounts of a specific protein need to be expressed to obtain the desired trait. Food allergy affects only individuals with an abnormal immunologic response to food – 6 % of children and 1.5–2 % of adults in the United States. Not all diseases caused by food allergy are mediated by IgE. A number of expert committees have advised the U.S. government and international organizations on risk assessment for allergenicity of food proteins. These committees have created decision trees largely based on assessment of IgE-mediated food allergenicity. Difficulties include the limited availability of allergen-specific IgE antisera from allergic persons as validated source material, the utility of specific IgE assays, limited characterization of food proteins, cross-reactivity between food and other allergens, and modifications of food proteins by processing. StarLink was a corn variety modified to produce a *Bacillus thuringiensis* (Bt) endo-

toxin, Cry9C. The Centers for Disease Control and Prevention investigated 51 reports of possible adverse reactions to corn that occurred after the announcement that StarLink, allowed for animal feed, was found in the human food supply. Allergic reactions were not confirmed, but tools for postmarket assessment were limited. Workers in agricultural and food preparation facilities have potential inhalation exposure to plant dusts and flours. In 1999, researchers found that migrant health workers can become sensitized to certain Bt spore extracts after exposure to Bt spraying.

31. Bøhn T, Primicerio R, Hessen DO, Traavik T (2008) Reduced fitness of *Daphnia magna* fed Bt-transgenic maize. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 55: 584–592.

Kriterium: Ikke-målorganismer (akvatiske), toksisitet.

Genetically modified (GM) maize expressing the Bt-toxin Cry1Ab (Bt-maize) was tested for effects on survival, growth, and reproduction of the water flea *Daphnia magna*, a crustacean arthropod commonly used as a model organism in ecotoxicological studies. In three repeated experiments, *D. magna* were fed 100% ground maize in suspension, using either GM or isogenic unmodified (UM) maize. *D. magna* fed GM-maize showed a significantly reduced fitness performance: The mortality was higher, a lower proportion of females reached sexual maturation, and the overall egg production was lower compared to *D. magna* fed UM isogenic maize. We conclude that the tested variety of Bt-maize and its UM counterpart do not have the same quality as food sources for this widely used model organism. The combination of a reduced fitness performance combined with earlier onset of reproduction of *D. magna* fed Bt-maize indicates a toxic effect rather than a lower nutritional value of the GM-maize.

32. Bøhn T, Traavik T, Primicerio R (2010) Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. Ecotoxicology 19: 419–430.

Kriterium: Ikke-målorganismer (akvatiske), toksisitet.

Konklusjon (sammendrag): The food/feed quality of a variety of genetically modified (GM) maize expressing Cry1Ab Bt-toxin was tested over the life-cycle of *Daphnia magna*, an arthropod commonly used as model organism in ecotoxicological studies. Demographic responses were

compared between animals fed GM or unmodified (UM) near isogenic maize, with and without the addition of predator smell. Age-specific data on survival and birth rates were integrated and analysed using life tables and Leslie matrices. Survival, fecundity and population growth rate (PGR) data generally disfavoured transgenic Bt-maize as feed for *D. magna* compared to animals fed the unmodified (UM) near isogenic line of maize. Decomposition of age-specific effects revealed that the most important contributions to a reduced PGR in the GM-fed group came from both fecundity and survival differences early in life. We conclude that juvenile and young adult stages are the most sensitive experimental units and should be prioritized in future research. These stages are often omitted in toxicological/ecotoxicological studies and in feeding trials.

**33. Myhre MR, Fenton KA, Eggert J, Nielsen KM, Traa-
vik T (2006) The 35S CaMV plant promoter is active in
human enterocyte-like cells. European Food Research
and Technology 222: 185–193.**

Kriterium: Genflyt; horisontal genoverføring. Ikke-målorganismer; helseeffekter, pattedyr.

Konklusjon (sammendrag): Transgene expression is governed by the 35S promoter in most Bt crop plants. We constructed expression vectors with the 35S promoter inserted in front of two reporter genes encoding firefly luciferase and green fluorescent protein (GFP), respectively, and performed transient transfection experiments in the human enterocyte-like cell line Caco-2. It was demonstrated that the 35S CaMV promoter was able to drive the expression of both reporter genes to significant levels, although the protein expression levels might seem modest compared to those obtained with the strong promoters derived from human cytomegalo virus (hCMV) and simian virus 40 (SV40). Furthermore, computer-based searches of the 35S CaMV DNA sequence for putative mammalian transcription factor binding motifs gave a high number of hits. Some of the identified motifs indicate that transcriptional activation by the 35S CaMV promoter may be stronger in other human and animal cell types than in those investigated so far.

**34. De Vendômois JS, Roullier F, Cellier D, Seralini
G-E (2009) A comparison of the effects of three GM**

**corn varieties on mammalian health. International
Journal of Biological Sciences 5: 706–726.**

Kriterium: Ikke-målorganismer; toksisitet, pattedyr.

Konklusjon (sammendrag): We present for the first time a comparative analysis of blood and organ system data from trials with rats fed three main commercialized genetically modified (GM) maize (NK 603, MON 810, MON 863), which are present in food and feed in the world. NK 603 has been modified to be tolerant to the broad spectrum herbicide Roundup and thus contains residues of this formulation. MON 810 and MON 863 are engineered to synthesize two different Bt toxins used as insecticides. Approximately 60 different biochemical parameters were classified per organ and measured in serum and urine after 5 and 14 weeks of feeding. GM maize-fed rats were compared first to their respective isogenic or parental non-GM equivalent control groups. This was followed by comparison to six reference groups, which had consumed various other non-GM maize varieties. We applied non-parametric methods, including multiple pairwise comparisons with a False Discovery Rate approach. Principal Component Analysis allowed the investigation of scattering of different factors (sex, weeks of feeding, diet, dose and group). Our analysis clearly reveals for the 3 GMOs new side effects linked with GM maize consumption, which were sex- and often dose-dependent. Effects were mostly associated with the kidney and liver, the dietary detoxifying organs, although different between the 3 GMOs. Other effects were also noticed in the heart, adrenal glands, spleen and haematopoietic system. We conclude that these data highlight signs of hepatorenal toxicity, possibly due to the new pesticides specific to each GM corn. In addition, unintended direct or indirect metabolic consequences of the genetic modification cannot be excluded.

**35. Doekes G, Larsen P, Sigsgaard T, Baelum J (2004)
IgE sensitization to bacterial and fungal biopesticides
in a cohort of Danish greenhouse workers: the BIO-
GART study. American Journal of Industrial Medicine
46: 404–407.**

Kriterium: Ikke-målorganismer; immunologiske reaksjoner, pattedyr.

Konklusjon (sammendrag): The use of biopesticides in

agriculture may implicate new risks of work-related allergic reactions. Sera were tested from the BIOGART project, a longitudinal respiratory health study among >300 Danish greenhouse workers. IgE was measured by enzyme immunoassay (EIA) with extracts of biopesticide products containing *Bacillus thuringiensis* (BT) or *Verticillium lecanii* (Vert). Many sera had detectable IgE to BT (23–29 %) or Vert (9–21 %). IgE titers from the 2- and 3-year follow-up (n = 230) were highly correlated, with discordant results in < 15 %. IgE titers to different BT, or to different Verticillium products were also significantly correlated (both $r > 0.70$), whereas IgE anti-BT and anti-Verticillium showed no correlation at all. Exposure to these microbial biopesticides may confer a risk of IgE-mediated sensitization. In future research there is a need to identify allergenic components in the preparations, perform studies on non-exposed controls and analyze the relation between sensitization and health parameters.

36. Duan JJ, Marvier M, Huesing J, Dively G, Huang ZY (2008) A meta- analysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). PloS ONE 3 (1): e1415.

Kriterium: Ikke-målorganismer; endret overlevelsesnivå, insekter, pollinatorer.

Konklusjon (sammendrag): Honey bees (*Apis mellifera* L.) are the most important pollinators of many agricultural crops worldwide and are a key test species used in the tiered safety assessment of genetically engineered insect-resistant crops. There is concern that widespread planting of these transgenic crops could harm honey bee populations. We conducted a meta-analysis of 25 studies that independently assessed potential effects of Bt Cry proteins on honey bee survival (or mortality). Our results show that Bt Cry proteins used in genetically modified crops commercialized for control of lepidopteran and coleopteran pests do not negatively affect the survival of either honey bee larvae or adults in laboratory settings. Although the additional stresses that honey bees face in the field could, in principle, modify their susceptibility to Cry proteins or lead to indirect effects, our findings support safety assessments that have not detected any direct negative effects of Bt crops for this vital insect pollinator.

37. Duan JJ, Lundgren JG, Naranjo S, Marvier M (2010) Extrapolating non-target risks of Bt crops from laboratory to field. Biology Letters 6 (1): 74–77.

Kriterium: Ikke-målorganismer; overlevelsesnivå, non-vertebrater.

Konklusjon (sammendrag): The tiered approach to assessing ecological risk of insect-resistant transgenic crops assumes that lower tier laboratory studies, which expose surrogate non-target organisms to high doses of insecticidal proteins, can detect harmful effects that might be manifested in the field. To test this assumption, we performed meta-analyses comparing results for non-target invertebrates exposed to *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry proteins in laboratory studies with results derived from independent field studies examining effects on the abundance of non-target invertebrates. For Lepidopteran-active Cry proteins, laboratory studies correctly predicted the reduced field abundance of non-target Lepidoptera. However, laboratory studies incorporating tri-trophic interactions of Bt plants, herbivores and parasitoids were better correlated with the decreased field abundance of parasitoids than were direct exposure assays. For predators, laboratory tri-trophic studies predicted reduced abundances that were not realized in field studies and thus overestimated ecological risk. Exposure to Coleopteran-active Cry proteins did not significantly reduce the laboratory survival or field abundance of any functional group examined. Our findings support the assumption that laboratory studies of transgenic insecticidal crops show effects that are either consistent with, or more conservative than, those found in field studies, with the important caveat that laboratory studies should explore all ecologically relevant routes of exposure.

38. Annet relevant for ikke-målorganismer:

Foruten invertebrater indikerer enkelte studier at mycorrhizza-sopp også påvirkes direkte eller indirekte av Bt i jord (Turrini A, Sbrana C, Giovannetti M (2009) <http://orgprints.org./view/projects/conference.html>).

39. Annet relevant for resistens:

I følge en rapport fra National Research Council (NRC) i USA i 2010 har to insekter til nå utviklet feltresistens mot

Bt-toksin. Se også kommentarer til NRC-rapporten i *Science* 328, 16. april 2010. Det er uenighet om resistensen sørøst i USA (se litteraturomtale 11, Tabashnik et al.).

40. Generelt om referanser biodiversitet og helse:

Se norsk bidrag i AHTEG-gruppen (*ad hoc* technical expert group, ekspertgruppe for risikovurdering og risiko-håndtering) under Cartagena-protokollen i 2010: Her er det mange referanser og innspill om hvilken betydning GMO har for biodiversitet og helse.

6.2 Litteratur for bærekraft: økonomi og samfunn

41. Ayele S (2007) The Legitimation of GMO Governance in Africa. *Science and Public Policy* 34 (4): 239–249.

Kriterium: Valgfrihet/mål som gjelder nord-sør konflikten (Global styring av GMO).

Konklusjon: Forfatteren finner manglende balanse i utviklingen av institusjoner for GMO og risikovurdering i en rekke afrikanske land og konkluderer med at det er behov for å styrke kompetanse og deltakelse i styringen av GMO. GMO er et globalt saksområde (spredning vil ikke kunne lovfestes til spesifikke landegrenser) og må vurderes deretter.

42. Falkner R, Gupta A (2009) The Limits of Regulatory Convergence: Globalisation and GMO Policies in the South. *International Environmental Agreements* 9: 113–133.

Kriterium: Valgfrihet/Norges rolle internasjonalt (Global styring av GMO).

Konklusjon: Forfatterne tar utgangspunkt i polariseringen mellom USA og Europa og argumenterer for at dette har åpnet et bredt politisk og juridisk rom for å utvikle ulike modeller for GMO-lovgivning i utviklingsland. Denne artikkelen ser på utviklingen innen tre relativt teknologisk avanserte land, Kina, Mexico og India, og trekker andre konklusjoner enn Ayele et al. (artikkel nummer 42). Selv om også disse landene opplever reell frykt for å bli utkonkurrert fra internasjonale eksportmarkeder er det likevel rom både for modeller bygget på *sound science* og for modeller bygget på føre-var prinsippet. Det er også tegn

som tyder på at dette vide politiske spillerommet gir styrke til et mangfold av aktører og at det stimulerer til mer integrerte og sammensatte lovgivningsprosesser. Forfatterne peker på selvråderett som et viktig stikkord her, og på betydningen av at det finnes rom for ulike modeller.

43. Glover D (2010) Is Bt cotton a pro-poor technology? A review and critique of the empirical record. *Journal of Agrarian Change* 10 (4): 482–509.

Kriterium: Levekår

Konklusjon (sammendrag): Policy makers, journalists and other commentators have hailed genetically modified (GM) crops as a 'pro-poor' success in the developing world. Their confidence appears to be justified by the encouraging conclusions reached by academic studies on the performance and impacts of GM crops, which seem to provide convincing evidence of substantial benefits for smallholders in developing countries. However, a detailed, critical examination of studies on transgenic, insect-resistant cotton in China, India and South Africa demonstrates that the technology's impacts have been evaluated and represented in selective and misleading ways. The performance and impacts of GM crops have in fact been highly variable, socio-economically differentiated and contingent on a range of agronomic, socio-economic and institutional factors. The shortcomings of the GM crop-impacts literature have done a disservice to public and policy debates about GM crops in international development and impeded the development of sound, evidence-based policy.

Vedlegg. Referat frå fagseminaret: Kan genmodifiserte plantar bidra til berekraftig utvikling?

Kva økologiske, økonomiske og sosiale følgjer kan det ha å dyrke genmodifiserte plantar som toler skadeinsekt? Desse spørsmåla vart drøfta på fagseminaret som Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning heldt i Oslo den 20. September 2010. Video frå seminaret er lagt ut på internett på <http://bioteknologinemnda.blip.tv>.

Berekraft i genteknologiloven

Den norske genteknologiloven frå 1993 stiller krav om at ein genmodifisert plante skal bidra til berekraftig utvikling. Bakgrunnen for dette var arbeidet til Brundtlandkommisjonen med berekraftig utvikling. No har Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning oppretta ei ressursgruppe som skal sjå på kva for konkrete krav Noreg bør stille til produsentane når det gjeld berekraft. Fagseminaret vart halde som eit ledd i arbeidet til gruppa.

Lærdom frå den grønne revolusjonen

Professor Magnus Jirström frå Lunds universitet i Sverige har forska på sosiale og økonomiske verknader av den grønne revolusjonen i Asia. Av denne forskinga kan det vere lærdom å hente for framtidige endringar i jordbruks-teknologi, slik som bruk av genmodifiserte plantar.

Jirström meinte at ein ikkje berre må sjå på den grønne revolusjonen som eit resultat av ny teknologi, som nye såvarer, kunstgjødsel og sprøytemiddel. Like viktig var dei politiske avgjerdene som sette fart i produksjonen. Det offentlege investerte i forskning, ofte i internasjonale senter som delte informasjon over landegrensene. Det vart gitt støtte til infrastruktur og distribusjonsmåtar for ny teknologi, i tillegg til kredittordningar for småbønder. Medan det offentlege finansierte ny teknologi under den grønne revolusjonen, er det i dag private frøselskap som utviklar og sel nye plantar.

Dersom ny bioteknologi skal kunne redusere fattigdommen blant småbønder i utviklingsland, må teknologien vere like nyttig for desse bøndene som for dei som driv jordbruk i stor skala, sa Jirström. Teknologien må vere lønsam og gi stabil nok inntekt. Her viser det seg at lågare produksjonskostnader ofte er viktigare enn større utbytte.

Ein må òg sjå på korleis fordelinga av arbeidsoppgåver og inntekt endrar seg mellom menn og kvinner innafor det enkelte hushaldet. Det er dessutan viktig å ta omsyn til heile produksjonskjeda, både dyrking, prosessering, transport og lagringstilhøve. Når ein skulle forske på endringar i jordbruksteknologi, viste det seg å vere svært nyttig med nye studiar på same staden over fleire år. Kontrollområde og kontrollprøver må òg fastleggjast ved starten av slike prosjekt, understreka Jirström.

Plantar som toler skadeinsekt

For å avgrense arbeidet har ressursgruppa til Bioteknologinemnda og Direktoratet for naturforvaltning i første omgang konsentrert seg om genmodifiserte plantar som toler skadeinsekt. Insektresistente plantar var derfor tema for resten av foredraga.

Bt-gift påverkar naturmiljøet

Angelika Hilbeck frå Universitetet i Zürich og Thomas Bøhn frå GenØk – Senter for biosikkerhet i Tromsø har forska på korleis insektresistente plantar (Bt-vekstar) påverkar naturmiljøet. Dei kunne dokumentere at Bt-vekstane var giftige for fleire organismar i jord og vatn. Meir enn 80 prosent av maisplanten blir igjen på åkeren etter haustinga. Denne biomassen hamnar i økosystema på land, i jorda og i vassdrag. Slik får dyr, plantar og mikroorganismar i seg insektgifta gjennom maten.

Resistente skadeinsekt

I Sør-Afrika er skadeinsekta ifølgje Bøhn no blitt motstandsdyktige mot insektgifta frå Bt-maisen MON 810. Produsenten Monsanto gir derfor bøndene sprøytemiddel mot insekta medan frøselskapet utviklar nye sortar Bt-mais. Dei nye sortane produserer fleire typar Bt-insektgift i same plante. Ulempa er da at plantane kan skade fleire organismar som ikkje er blant skadeinsekta. I åkrar med genmodifisert bomull i India og USA er skadeinsekta òg blitt meir resistente.

Insektgifta som plantane produserer, fører til at det minkar med skadeinsekt ikkje berre i åkeren, men òg i vegetasjonen rundt. Da kan nye slag skadeinsekt, som ikkje fanst i området frå før, rykke inn. I Kina har no nye typar skade-



Foredragshaldarane på seminaret. Frå venstre: Magnus Jirström, Angelika Hilbeck, Thomas Bøhn, Achim Gathmann, Justus Wesseler og Rosa Binimelis. Foto: Olve Moldestad.

insekt teke over i bomullsåkrane etter at dei opphavlege skadeinsekta forsvann på grunn av insektgifta.

– Ein kan ikkje sjå på dei nye genmodifiserte plantane berre som eit ekstra kjemikalium som ein bruker i åkeren, sa Hilbeck. For å vurdere om dyrkinga er berekraftig, må ein sjå på heilskapen. Dersom ein plante er genmodifisert til å tole sprøytemiddel, må ein òg forske på verknadene av sprøytemiddelet og ikkje berre planten og det nye proteinet han produserer.

Modell for miljørisiko og måling av langtidsverknader

Hilbeck drøfta korleis ein kan lage ein god modell for vurdering av miljørisiko. Spørsmåla og forskingshypotesane i risikovurderinga byrjar der spørsmåla til produsentane sluttar, meinte ho. Etter at genmodifiserte plantar som toler sprøytemiddel, er tekne i bruk i Brasil og Argentina, har bruken av landareala endra seg mykje: Nye område er dyrka opp, jordbruket er vorte meir intensivt, og stadig færre plantesortar blir dyrka. Bruken av sprøytemiddel og rotasjonen av vekstar frå år til år har endra seg. Ingen av dei største produsentlanda, USA, Brasil og Argentina, har eit godt system for å følgje opp og måle langtidsverknader systematisk, sa Hilbeck. Sjølv etter 15 års dyrking av genmodifiserte landbruksvekstar, er det derfor lite vi veit sikkert om langtidsverknadene.

Langtidsverknader på miljøet

Achim Gathmann frå The Federal Office of Consumer Protection and Food Safety i Berlin har vore med og skrive BEETLE-rapporten på oppdrag frå EU. Rapporten var ferdig i 2007, og tek for seg langtidsverknader (verknader

etter 10–20 år) av genmodifiserte plantar på helse og miljø. Forskarane har blant anna gått gjennom over 700 publikasjonar om miljøverknader. I BEETLE-rapporten sette dei opp ei prioritert liste over dei viktigaste moglege langtidsverknadene. Som nummer ein kom følgjene av endra driftsmåtar i landbruket, til dømes at sprøytemiddelbruken endra seg på grunn av Bt-vekstane.

Gathmann sa at det berre var to typar langtidsverknader som var godt dokumenterte: for det første at målinsekta utviklar resistens mot insektgifta og dernest at ugras blir resistent mot sprøytemiddel. Rapporten konkluderte med at andre negative langtidseffektar ikkje var påviste i storparten av studiane. Men når vi etter kvart får nye plantar som produserer fleire typar insektgift i same planten, kan faren for å utvikle allergiar auke av di ein får fleire allergen, sa Gathmann. Det kan vere allergiar både mot maisen i seg sjølv og mot andre matvarer.

Kriterium for samfunnsøkonomisk lønnsemd

Ut frå økonomisk teori har forskarane i ECOGEN-prosjektet laga ein indikator for kost-nytte-analysar av genmodifiserte plantar. Justus Wesseler frå Wageningen-universitetet i Nederland fortalde om resultatane frå dette prosjektet, som var ferdig i 2008. Indikatoren gir uttrykk for den høgaste irreversible kostnaden samfunn eller individ er villige til å betale for å få del i goda som følgjer med dyrking av genmodifiserte plantar. Denne kostnaden vart rekna ut for enkeltindivid, nasjonar og EU og samanlikna med nytten.

Utrekningane kombinerer omsynet til miljøet og økonomiske effektar, og skil mellom reversible og irreversible

verknader. Døme på reversible gode er auka utbytte og inntekter til bøndene, medan irreversible effektar kan dreie seg om følgjene av endringar i sprøytemiddelbruk, talet på sprøytingar, dieselbruk per sprøyting og CO₂-utslepp. Ein skil òg mellom inntekter og utgifter og kva innsatsfaktorane kostar for firma og for privatpersonar som bønder og forbrukarar.

Wesseler meinte at det var store økonomiske fordelar med insektresistent mais på grunn av mindre avlingstap. Negative miljøverknader var ikkje godt nok dokumenterte, ifølgje ECOGEN-rapporten. Konklusjonen i prosjektet var at kostnadene ved insektresistent mais ikkje var høgare enn samfunnet kunne godta. Derfor kunne ein halde fram med å dyrke slike plantar.

Sameksistens i Spania

Spania er det landet i Europa som dyrkar mest genmodifisert mais. Den insektresistente maisen MON 810 er dyrka i regionane Catalonia og Aragon sidan 1998. Rosa Binimelis frå Universitat Autònoma de Barcelona har forska på sameksistens mellom genmodifisert og ikkje-genmodifisert mais, med andre ord korleis det går å dyrke dei side om side i same området. Som eksempel tok ho for seg økologisk dyrka mais, som må vere fri for ureining frå


genmodifisert mais for å kunne seljast som økologisk. I dag er 95 prosent av maisproduksjonen i Spania organisert i samvirke, som tek seg av alt frå innkjøp av utstyr til produksjon og sal.

Det er nærast umogleg å unngå kryssing mellom økologisk dyrka og genmodifisert mais, og arealet som blir dyrka økologisk, er redusert sidan 1998. Som økologisk bonde kan du få kompensasjon dersom avlingane dine blir ureina. Men det er vanskeleg å måle og å prove ureininga. Binimelis sa at bønder som driv økologisk kvir seg for å rapportere og saksøkje naboar. Nokre bønder blir òg utsette for trugsmål. Binimelis sa at ingen av lovframlegga om sameksistens i Spania er vedtekne, og ho ønskte meir offentlig debatt om genmodifisert mais. Ein kan ikkje krevje at sameksistens skal vere mogleg utan konflikhtar, men styresmaktene bør ikkje overlata ansvaret til enkeltbønder, meinte ho. Binimelis etterlyste til slutt meir systematisk forskning på biotryggleik, særleg på sosioøkonomiske følgjer av å ta i bruk genmodifiserte plantar.

Artikkelen stod på trykk i Bioteknologinemndas tidsskrift GEN/alt 3/2010.



Frå seminaret 20. september. Foto: Olve Moldestad.



Bioteknologinemnda
Postboks 522 Sentrum
0105 Oslo

Telefon: 24 15 60 20
Faks: 24 15 60 29

e-post: bion@bion.no
www.bion.no



Bioteknologinemnda