Korleis kan genteknologi og bioteknologi bli nytta i høve til u-landa sine problem?

ÅSMUND BJØRNSTAD

1. Innleiing

På Rio-konferansen vart konvensjonen om vern og utnytting av *biodiversitet* vedteken, *mot* røysta frå USA og nokre få andre. USA sin posisjon har i stor grad med temaet for denne artikkelen å gjera: kven skal få nytte av bioteknologisk forsking og den industrielle revolusjonen vi gjennom denne er inne i? Bioteknologidebatten her heime har ofte eit negativt, restriktivt preg. Eg ynsker å syne at bioteknologien – *brukt rett* – vil bli til stor nytte på ei lang rekke livsområde. Først vil eg imidlertid prøve å skrelle vekk nokre misforståingar som ofte gjer seg gjeldande i dette høvet. Eg finn det ofte nyttig å skilje ut ulike minst *ulike «nivå»* i bioteknologidebatten:

Det første kan vi alle *sensasjonsnivået*. Kva er det *mogleg – i dag eller i framtida – å få til med bioteknologi?* Presseoppslag om triumfar eller trugsmål som fylgje av bioteknologi ser vi ofte og må sjølsagt bli tekne på alvor. Forskarar har ofte eit for snevert perspektiv på eiga verksemd, avdi den vitskaplege metoden krev ein så stor grad av konsentrasjon om (å sjå til) detaljar i den store samanhangen. Likevel er det ikkje her dei store konfliktane bør stå. Risikoanalyse er her eit stikkord, med vekslande konklusjonar frå tilfelle til tilfelle.

Det neste nivået gjeld *interessekonfliktar*. Kven skal få nytten/profitten/tilgang til forskingsresultat og ferdige produkt? Kven skal prioritere måla osb. Det er i stor grad her dei store bylgjene går og vil gå.

Det tredje nivået er det *etisk/religiøse*. I kor stor grad har mennesket rett til å bruke biologiske prosessar, gen osb. som råvare for sine formål? I kor stor grad kan vi «tukle med naturen»? Denne debatten er viktig, men det er verd å merke seg at han i stor grad er ein *vestleg/nordleg* debatt.

Døme på forvirrande debatt kan vi finne i den norske striden om utsetting i felt av «genmodifiserte» poteter. Nokre er *prinsipielt* i mot genmodifisering (nivå 3) avdi det er «farleg» (nivå 1) eller avdi «Hydro står bak» (nivå 2). Alle grunnane er relevante, men det er lite fruktbart å blande dei for mykje.

I denne artikkelen er det først og fremst tale om «nivå 1»: kva er bioteknologi og kva oppgåver gjer denne det mogleg å løyse? Eg vil her prøve å bruke døme frå u-landstilhøve.

2. Kva er bioteknologi?

Den offisielle norske definisjonen, slik han er formulert i Stortingsmelding nr. 8/1990 «Om bioteknologi», s. 23, lyder:

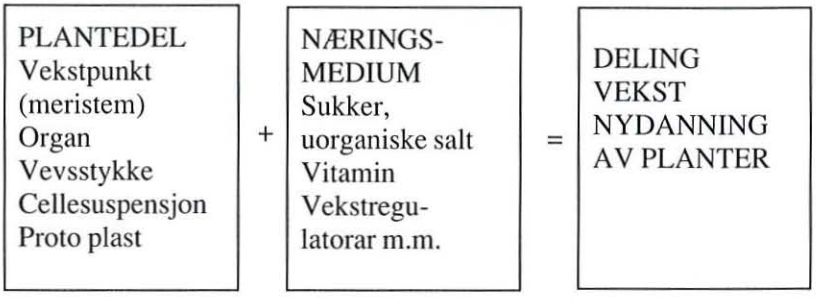
> All teknologi som bruker mikroorganismer, plante- og dyreceller eller deler av disse til å fremstille eller modifisere produkter, til medisinske formål, til å forbedre planter og dyr, og til å utvikle mikroorganismer for spesifikke anvendelser.

Denne definisjonen krev at eit *laboratoriesteg* på ein eller annan måte inngår i produksjonsmåten. Det er noko meir enn ei utnytting av ein spontan naturprosess. Såleis unngår vi å kalle tradisjonelle metodar som produksjon av gjærbakst, kefir eller stiklingar for bioteknologi. Likevel kan desse tradisjonelle metodane ha stor nytte av bioteknologi, i form av forsking og forbetring. Grenselinene er såleis ikkje skarpe. Enklare å avgrense er *genteknologien* i snever forstand, der arvestoffet – DNA-molkylet – er «råstoffet». (Det same gjeld for *enzymteknologien,* der det er produkta av gena som vert nytta.) Det vert ofte oversett at genteknologien – i allfall i fleircella høgare organismar – føreset ein knippe av teknologiar som i særleg grad er knytta til *celle- og vevskultur, kromosomteknikk* m.v. Desse utgjer dessutan ein bioteknologi i sin eigen rett, uavhengig av genteknologien, og som i mange tilfelle har kome i praktisk bruk før denne.

Celle og vevskulturar: ein nøkkelfaktor i plantebioteknologien

Bioteknologi er såleis ikkje *ein* teknikk, men *mange*. Vi kan difor i ein artikkel som denne bare gje eit overflatisk bilete og vil her nytte døme frå plantebioteknologien. Skissa på neste sida kan illustrere kva celle- og vevskultur inneber.

Ein eller annan *plantedel* – frå ferdig utvikla organ (røter, embryo, bladstilkar osb) eller anlegg til slike (vekstpunkt eller «meristem») – kan bli dyrka på eit *næringsmedium* under sterile vilkår. Ein kan då få cellene til å dele seg og vekse etter sitt naturlege forløp eller til å ta andre vegar



gjennom bruk av m.a. vekstregulerande plantehormon. Grunnen er at celler frå eit blad har alle gena som trengst for å bli t.d. rotceller – det er for øvrig dette vi nyttar oss av når vi tar ein vanleg stikling! Skilnaden er at i vevskulturen kan vi få til så mykje meir (men ikkje alt!). Litt forenkla kan ein seie at dess lenger bort ein kjem frå det naturlege, dess vanskelegare er det å kome attende til utgangspunktet. Vanskelegast er det å nydanne (regenerere) planter frå celler utan vegg, s.k. *protoplastar*. Dessutan er det vanskelegare i visse plantefamiliar enn i andre. Grasfamilien – der kornartane høyrer heime – har såleis i lang tid vore gjenstridige i vevskultur. Ved erfaring, prøving og feiling er det likevel som regel mogleg å nå fram. Vi skal illustrere kva ein kan oppnå ved dyrking av ulike typar plantevev.

Dyrking av vekstpunkt (meristem) er ein metode dels for mikroformering eller *kloning* av planter, dels for sjukdomsrensing. Her i landet nyttar vi slik teknikk til å fjerne virus frå m.a. jordber eller poteter. Naturleg klonformerte vekster har lett for å samle opp slike. Dette er ein relativt enkel og billig bioteknologi, med stort potensial for u-landa. Nokre døme kan illustrere dette.

– Foredling av kokospalmer er ein prosess som krev fleire tiår, og høgtytande individ har ein bare kunna formere ved frø. Ved hjelp av mikroformering kan ein nå klone slike tre i store tal.

– I Nord-India og Nepal veks ei viktig medisinplante, *Coleus forskohlii*. Det aktive stoffet forskolin vert utvunne frå røtene av ville bestand av planta. P.g.a. av etterspurnaden er arten nå rekna som truga. Det er nyleg utvikla ein protokoll for masseformering av denne planten i vevskultur, som gjer at industrien vert mindre avhengig av dei ville bestanda. (Imidlertid er det tvilsomt om dei fattigfolka som i dag grev opp dei ville plantene, vil få nytte av vevskulturmetodikken. Nivå 2!)

– Cassava vert normalt klonformert og er i Afrika sterkt utsett for mosaikkvirus. Ved utval og mikroformering av virusfritt vev kan ein oppnå avlingsauke på 3 til 4 gonger det normale, før plantene (som regel

i løpet av nokre månadar) vert infisert att. På Cuba har ein p.g.a. eit godt distribusjonssystem rutinedyrking av virusfri cassava.

– Teknikkane er såpass enkle at vietnamesiske bønder produserer mikroformerte poteter på landsbynivå, utan elektrisk straum eller andre fasilitetar.

Ein annan vevstype som kan bli dyrka er *organ*, t.d. umogne embryo eller støvknappar. Det første er viktig dersom ein vil lage hybridar mellom artar der embryoet degenererar ei viss tid etter befrukting. Kryssinga mellom kveite og rug, triticale, har blitt til ved embryokultur. Mange viktige eigenskapar har blitt overført til dyrka vekstar på denne måten og såleis utvida den genetiske variasjonen i foredlinga. Det andre – umogne pollenkorn frå støvknappar – kan ein i vevskultur få til å utvikle seg til embryo. På få månader kan ein få planter som er genetisk stabile (homozygote). Dette er ein stor fordel i planteforedling, ettersom ein slik prosess elles tek fleire år. Slik teknikk er veletablert i t.d. ris og kålvekster.

I visse vev let den normale utviklinga seg reversere i endå større grad. Frå t.d. umogne embryo eller unge spirer kan ein utvikle cellekulturar eller endåtil celler utan veggar, s.k. protoplastar. Desse kan ein nytte på fleire vis. Ved å smelte saman protoplastar frå ulike artar kan ein få til artskryssingar som elles er umoglege. Dette har til nå i stor grad vore ei akademisk øving, med begrensa praktisk nytte. Den genetiske forandringa er for massiv: tusenvis av gen vert overførte samtidig. Hybridane let seg difor ikkje føre rett ut på åkeren, men kan danne ei «gen-bru» mellom artar ved nye kryssingar til mottakaren. Protoplastar spelar i første rekke ei rolle ved *kontrollert «naken-gen» overføring* der cellene tek opp eller får tilført gen. Dette kan skje ved elektrisk straum, mikroinjeksjon m.m. Forhåpentleg let det seg så gjera å nydanne normale planter frå desse cellene. Her er vi ved eit viktig kontaktpunkt mellom genteknologien og cellekulturane.

4. Celle- og vevskulturar i dyr

Det er sterke likskapsdrag mellom cellekulturar i dyr og planter, men og viktige skilnadar. I begge er det tale om å få celledeling og vekst med utgangspunkt i celler eller vev på eit eigna næringsmedium. Den viktigaste skilnaden er at det i celler frå høgare dyr nok let seg gjera å få vekst, men aldri nydanning (regenerasjon) av heile individ. Ein stad mellom 3. og 5. celledeling etter at eit egg vert befrukta, skjer det ei irreversibel fastlegging av utviklingsspora til dei einskilde cellene. Alt DNA finst i cellene, men visse gen er i bruk, andre ikkje. Vi kallar dette

vevs-spesifikke uttrykk av visse gen i visse celler. Genet for insulinproduksjon finst i alle cellene i kroppen, men er bare aktivt i dei «langerhanske øyene» i hypofysen. Dette gjer at all *kloning av pattedyr* må skje tidleg etter befrukting. Dette er vilkårete for at heile organismar kan bli danna og ikkje bare ein klona cellemasse. Difor er og teknikkar som har med nyleg befrukta egg eller tidlege embryo å gjera så sentrale: overtallig eggløysing (superovulering), *in vitro* (prøverøyrs-) befrukting, deling, frysing, implantering osv. På same måten som i planter er dette ein- eller fåcellestadiet eit sentralt kontaktpunkt mellom cellekulturar og genteknologi i form av «naken-gen» genoverføring.

Likevel er det mange bruksområde for kulturar av nyleg befrukta egg uavhengig av slik genoverføring. Avlsarbeidet med fisk ved universitetet i Madurai i Kerala (India) kan vera eit døme. Her vert avansert cellebiologi i fiskeslaga *Tilapia* og karpe kombinert med direkte kontakt med fiskeoppdrettarar på landsbygda. Målet er meir fortveksande fisk og metoden er å lage reine hannfiskpopulasjonar som i tillegg har eit ekstra kromosomsett. Begge delar er med på å auke vekstfarten. Å lage reine hannfiskstammer vert gjort stegvis. Kort tid etter befrukting får egga eit varme- eller kuldesjokk, der den normale utviklinga vert forstyrra, og resultatet vert hoar av typen XXX eller hannar av dypen XXY. Desse har altså 3 kromosomsett, dei er det vi kallar *triploide*. På grunn av ubalanse mellom kromosoma vert dei sterile og kan i staden bruke kreftene på å legge på seg. For å lage reine bestand av hannar må ein så «kjønnsreversere» yngelen ved å sette til kjønnshormon i fôret 1–2 veker etter klekking. Resultatet vert då reine «hannfisk»-bestand, der halvparten eigentleg har XXX-kromosom som hoar, men fysiologisk vert hannar. Denne og liknande teknikkar lærer oppdrettarane seg å bruke på landsbynivå eller dei hentar fagleg assistanse frå forskarane: eit inspirerande døme på kva type forsking kan som kan kome småfolk til gode. Bøndene er og svært interesserte i å få tilgang til transgene fiskestammer med auka vekstfart.

Cellekulturar treng ikkje vera knytta til kjønnsceller eller nyleg befrukta embryo. Dei er t.d. grunnlaget for å påvise kromosomvariantar i samband med fosterdiagnostikk eller kreftceller. Vidare kan cellekulturar frå ulike artar tillate s.k. «celle-hybridar», f.eks. mellom menneske- og muse-celler. Slike kan altså *aldri* gje opphav til anna enn cellekulturar, og har blitt nytta i medisinsk/genetisk forsking i over 30 år. Ei viktig nyutvikling her er s.k. *«hybridoma»*-teknikk, der kreftceller og kvite blodceller vert smelta saman for å lage s.k. *monoklonale antistoff*. Slike antistoff tillet – samanlikna med slike som vert laga ved produksjon i forsøksdyr – ein mykje meir presis medisinsk diagnostikk

av sjukdomar. Talrike «kits» basert på slike antistoff er tilgjengelege i moderne medisin.

Eit anna døme på konstruktiv bioteknologi er ein ny vaksine mot rinderpest i storfe som er utvikla i USA av etiopiaren T. D. Yilma. I 60- og 70-åra vart 80 millionar storfe vaksinerte i Afrika, men pga. krig, transport av levande dyr over landegrensene m.m. er sjukdomen på frammarsj att. Dr. Yilma sin vaksine har to vesentlege fordelar framfor den gamle «Plowright»-vaksinen: (1) Den er varmestabil, i motsetnad til den gamle som måtte bli oppbevart frosen, og (2) det er mogleg å lage vaksinen på landsbynivå. Vaksinen er ein gemodifisert (transgen) virus som inneheld visse gen frå rinderpest-viruset: Ny vaksine kan bli laga ved å lage ei hudavskraping på eit dyr og smøre på «vaksineviruset». Dette veks i såret, utan å skade dyret. Opptil 100 000 doser av vaksinen kan bli laga ved å fortynne denne sårvæska.

Dette siste dømet aktualiserar eit viktig problem: at det er dyrt å lage vaksinar og firma prioriterar stort sett ikkje dette utan at dei har ein kjøpekraftig marknad. Fattigfolk sine problem er og fattige på forsking. Difor finst det viktige sjukdomar som har vore forsømte vitskapleg, men fleire tropiske sjukdomar (t.d. sovesjuke, trypanosomiasis og spedalskhet) har no kome i molekylærbiologane sitt søkelys avdi dei er av stor vitskapleg interesse. Truleg vil vi sjå ei endring i dette når fleire folk som Dr. Yilma tek sine prioriteringar med seg inn i laboratoriet. Analoge problem finst med viktige, men genetisk nestan uutforska kulturplanter. Den etiopiske veksten *tef* kan vera eit døme her.

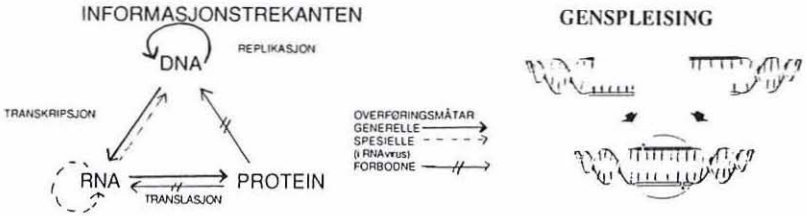
5. Genteknologi: visse grunndrag

Det har dei siste åra kome gode framstillingar på norsk av kva genteknologi går ut på. Interesserte lesarar kan gå stort utbytte av t.d. boka *Genteknologi* av Grünfeld og Oltedal (Det Norske Samlaget 1992). Her skal bare visse grunndrag nemnast.

Det første som trengst er ei forståing av kva eit gen er og korleis det virkar. Då Mendel i 1865 publiserte sin hypotese om «arveanlegg», visste han ingenting om cellekjerner eller kromosom. Då Mendel sitt arbeid vart gjenoppdaga ca. år 1900, var desse fenomena kjende, men genetikarane krangla i 25 år før alle vart samde i at «anlegga», som nå heitte «gen», var knytta til kromosoma. Men kromosoma er bygde opp av DNA og protein, og først i 1944 vart det klart at DNA er «arvestoffet». I 1953 kunne så Watson og Crick hauste fruktene av andres studiar av DNA og sette i hop puslespelet på ein genial måte, den kjende dobbelspiralmodellen: to spiralsnodde molekyl knytta saman ved hjelp av

nukleotidbasar. Virkemåte og vedlikehald av DNA låg då klart for oppdaging. DNA virkar som *kode* og «mal» for RNA som igjen er «mal» for dei proteina som livsprosessane avheng av. Dei fysiologiske prosessane vert utført av enzym, men «bakom synger DNA». Eit gen er ein relativt kort *sekvens av nukleotidbasar, kodar*, på det kjempemessige DNA-molekylet som eit kromosom er. Perioden 1953 til 1973 markerte molekylærbiologien sin første fase. I 1973 vart så genteknologien – i form av styrt overføring av gen mellom organismar – ein realitet. Den langsame prosessen som starta med Mendel, har nå kome inn i ein fase av nesten eksponensiell kunnskapstilvekst, med ringverknadar til alle greiner av biologien. Embryologi, patologi, marin biologi – alle problemstillingar kan bli studert «molekylært». Ja, til og med i arkeologi eller paleontologi kan ein studere DNA: i gamle herbarium, utgravingar eller fossil. Dei nye metodane *erstattar* ikkje dei tidlegare, men representerar både nye og skjerpa verktøy.

Genteknologien bygger direkte på dei naturlege prosessane til vedlikehald og bruk av DNA i cellene. Desse er synte i figuren til venstre, den s.k. «informasjonstrekanten» eller «grunndogmet» i molekylærbiologien:



Før ei celle delar seg, må DNA kopiere seg sjølv (s.k. *replikasjon).* Dette vert utført av eit knippe med dertil eigna enzym. Når DNA vert omsett, først til RNA *(transkripsjon)* og så protein *(translasjon)* er det og visse enzym som «gjer jobben». Slike enzym kan så bli nøkkelverktøy for genteknologien. Normalt er dette ein *einvegs* trafikk, slik pilene syner. Men det finst unnatak. Særleg viktig er eit enzym frå visse virus som kan lage DNA frå RNA (s.k. «revers transkriptase»). Ved hjelp av dette kan vi i laboratoriet framstille DNA frå RNA. Vi kan og lage DNA frå protein ved hjelp av maskiner som syntetiserar DNA. Poenget at det *ikkje* er «einvegs trafikk» *i laboratoriet.*

Har ein så framstilt eit DNA-molekyl, kan vi bruke eit anna nøkkelverktøy. I bakteriar finst enzym som kan klyppe DNA-molekyl i heilt

presise «attkjenningssekvensar» (s.k. «restriksjonenzym). For bakterien er formålet truleg å verne seg mot framandt arvestoff. For oss vert dette ein utruleg nyttig reiskap i samband med s.k. *gen-spleising*. Ved å klyppe DNA frå 2 ulike kjelder med same enzymet og så blande dei, kan vi ved hjelp av eit anna enzym («DNA-ligase») skøyte DNA frå desse ulike kjeldene saman til *eitt hybrid («rekombinant») DNA-molekyl*. Dette er synt i figuren til høgre ovanfor. Den eine delen er ofte eit plasmid, den andre delen kan t.d. vera eit gen for insulin frå menneske eller for eit lagerprotein i ris. Med plasmidet som «arbeidshest» kan dette genet då bli masseprodusert i bakterien. Dette kan då vera grunnlag for vidare arbeid.

Ein bør her merke seg at overføring av gen frå t.d. menneske til ein slik bakterie-*«vektor»* i prinsippet inneber kryssing av artsgrenser. Dei siste par åra har ein ny metode til å masseprodusere DNA kome i bruk s.k. PKR (som står for «polymerase kjede-reaksjon»). Denne bygger direkte på dei fysiske eigenskapane til DNA-molekylet og enzym som inngår i replikasjonen av det. Metoden tillet ei milliondobling av eit DNA-molekyl i løpet av eit par timar.

6. Bruksområde for genteknologien

Kva brukar ein så det oppformerte DNAet til? Grovt kan formåla bli delte i 3, sjølv om dei grip sterkt over i kvarandre:

(1) Til *grunnforsking omkring DNA-molekyla sin virkemåte i levande organismar:* Kva for gen styrer ein viss eigenskap? Kvifor vert visse gen brukt bare i visse vev, under visse miljøvilkår osb.? Korleis er gena plasserte på kromosoma?

(2) Til *DNA-diagnostikk* som kan avsløre genotypen til eit visst individ. Er eit visst individ «berar» av eit gen som kan kome til uttrykk seinare i livet eller i neste generasjon? Er eit individ smitta av ein viss sjukdom som endå ikkje har manifestert seg? Bruk av slike DNA-testar er ein langt meir kjensleg metode å påvise infeksjonar på enn sjølv dei monoklonale antistoffa.

(3) Til *genoverføring mellom organismar* for å lage s.k. *«transgene»* organismar. Dette krev ein metode til å føre det framande DNA inn i cellekjernene i mottakaran. Slike metodar kan vera basert på direkte opptak eller mikroinjeksjon i cellene, eller på s.k. «biologiske vektorar». Det første har vi vore inne på før, i samband med «naken-gen»-overføring på eitt- eller fåcellestadiet i dyr og i planter. Det andre nyttar seg av genoverføringssystem som ligg naturleg føre. Visse virus (s.k. retrovirus) i dyr eller jordbakteriar *(Agrobacterium)* i planter har evna til å

lage vertsorganismen ufrivillig transgen. Ein slik form for genetisk parasittisme kan vi modifisere og bruke til våre formål. Dei skadelege gena i *Agrobacterium* kan såleis bli fjerna og gen vi har interesse av, sette inn. Dei første transgene plantene (tobakk) vart laga med denne metoden i 1983. I dag er det ein rutinemetode i dei fleste tofrøblada vekster, der eit visst minimum av celle- og vevskultur er utvikla (nydanning av planter frå bladstykke, røter e.l. må vera mogleg). Einfrøblada vekster som kornartene vert ikkje naturleg infisert av *Agrobacterium*, og metoden er difor ikkje brukbar i desse artane. Her er ein difor nøydd til å arbeide med direkte genoverføring på ei- eller fåcellestadiet. Diverre er dette og artar som er vanskelege i cellekultur, så her er ein i klar motbakke. Det har imidlerltid lyktest å overføre gen til protoplastar i ris og mais og å nydanne planter der gena var inkorporert i kromosoma.

Av gen som til nå er sette inn i planter, kan nemnast:
- insektresistensgen frå bakterien *Bacillus thuringiensis*
- resistensgen mot ulike typar ugrasmiddel
- resistensgen mot virus (ei form for genetisk «vaksinering»)
- ulike typar «markørgen» (tekniske «hjelpe-gen» som lett let seg påvise ved hjelp av farge-reaksjonar e.l.)

Av gen som er sette inn i dyr, kan nemnast:
- ulike typar «markørgen» (som ovanfor)
- ulike typar veksthormon
- kulderesistensgen i fisk

7. Genteknologien sine grenser

Professor Harald Skjervold skreiv i si pionerlærebok om *Genteknikk* frå 1986 at «Det er bare fantasien som setter grenser». I praksis er grensene mange, sjølv om dei kontinuerleg vert flytta. Begrensingane er fleire. (1) Vi *kjenner ofte ikkje gena* som kan vera aktuelle å føre inn, t.d. for sjukdomsresistens i korn. Dette må ein gå ut frå vil betre seg med tida. (2) Verre er det at mange viktige eigenskapar er styrt av mange gen samtidig, og vi har pr. i dag ingen måtar å overføre fleire gen samtidig på. Vi har heller ingen kontroll med kvar gena vert plasserte på kromosoma. (3) Nokre av begrensingane innan celle- og vevskulturen er alt nemnde. Likevel må vi kome i hug kor nye teknikkane er og kor fort utviklinga går. Det er og lett å argumentere – som Skjervold – for at potensialet i slike metodar er enormt. Biodiversiteten som er tilgjengeleg i husdyr og dyrka planter kan såleis bli større ved bioteknologi, dersom teknologien vert brukt rett. Det finst t.d. mange ville

slektningar av kveite som er resistente mot sjukdomar som avlingane lir under. Desse gena er ofte vanskelege å overføre ved kryssing til høgt foredla sortar. Genteknologien kan – i teorien – tillate ein å «tappe» desse kjeldene og å auke tilfanget av resistensgen i foredlinga.

Det må likevel understrekast at gen- og bioteknologi ikkje er noko tryllemiddel som kan erstatte andre sjukdomsbekjempande tiltak, som t.d. eit sunt og allsidig vekstskifte. På same måten vil ikkje genteknologien kunne *løyse* helseproblema i u-landa. Ein rimeleg levestandard og hygiene er sjølsagt viktigare for folkehelsa enn betre vaksinar og diagnosar, men det er ingen motsetnad i dette. Eg vil framheve at dei nye metodane *ikkje* er miljø-fiendslege eller antiøkologiske. Tvertimot *kan* dei vera dei viktige grunnlag for langt meir naturvennlege og naturforståande metodar både i medisin og landbruk. Spørsmålet er kven som får nytten av metodane, det vi kalla «nivå 2» ovanfor. Men det er temaet for andre foredrag på dette seminaret.

8. Konklusjonar

1. Bio- og genteknologien omfattar mange ulike teknikkar, med ulike ressurskrav og ulike bruksområde.
2. Bio- og genteknologien nyttar «naturens eigne» metodar og kan bli eit viktig grunnlag for miljøvenlege driftsformer i landbruket, i medisin osb. (Eks.: Mikroformering av planter, ny genetisk variasjon for foredling, Dr. Yilmas rinderpestvaksine.)
3. Bio- og genteknologien er eit hjelpemiddel, inga løysing på dei grunnleggande utviklingsproblema.
4. Spørsmålet er i kva lei forskinga vert styrt og kven som får nytten av resultata.

Vidare litteratur:

For ei generell innføring i genteknologi vil eg tilrå den før nemnde boka av Grünfeld og Oltedal. I innstillingane frå Backer-utvalet *(Bioteknologi: Sikkerhet, helse og miljø,* 1989) og Skjæraasenutvalet *(Mennesker og bioteknologi,* 1990) finst og mykje nyttig informasjon. Den første har eit eige kapitel om tilhøvet til u-landa. Ei bok som går særskilt på dette er *Miracle or menace? Biotechnology and the Third World* av Robert Walgate (The Panos Institute 1990, ISBN 1-870670-18-3). Mange av mine døme er henta frå denne svært velinformerte boka. Opplysningane om fiskeavls-arbeidet i Madurai har eg frå karmelittsøster Soosamma Kavumpurath, som har utført mykje av arbeidet.

Åsmund Bjørnstad, f. 1951, cand. real. (Bergen) 1979, dr. scient. (NLH) 1986. Vit. ass. (Norsk Institutt for Skogforskning og NLH) 1979–86), NAVF-forsker 1986–89, førsteamanuensis i planteforedling, Institutt for Plantekultur, NLH 1989–. Forskning og vitskapleg produksjon særleg i tilknytning til haploid teknikk.

The use of gene technology and biotechnology in relation to the problems of the developing countries

The article initially indicates three levels of debate: the sensational level, preoccupied with the (unlimited) possibilities of biotechnology; the level of conflicting interests; and the level of ethics and religion. Then follows a description of the limitations and potentials of biotechnology, exemplified by reference to research on cell plant and animal biotechnology and gene technology, with special reference to agricultural and medical concerns in the Third World.