

# MUUNTOGEEENISET ORGANISMIT, UHAT, EPÄVARMUUS: MISTÄ ON KYSYMYS?

Muuntogeeniteknikka tarkoittaa lyhyesti ilmaisten sitä, että organismien geneettistä mekanismia muutetaan joko siirtämällä niihin geenejä toiseen lajiin kuuluvista organismeista (siirtogeeniset organismit) tai muuntamalla organismin omien geenien ilmenemistä (poistogeeniset organismit). Tekniikan perustana olevat menetelmät periytyvät 1970-luvun taitteesta, mutta niitä edelsi molekyylibiologian vähittäinen vakiintuminen itsenäiseksi periytyvyyden mekanismeja selvittäväksi tutkimusalaksi suunnilleen 1930-luvulta lähtien. Muuntogeeniteknikan perustana ei ole mikään yksittäinen tieteellinen keksintö tai menetelmä vaan se on syntynyt, kuten Michel Morange (1998) toteaa, monien toisiinsa kietoutuneiden tutkimusperinteiden vuorovaikutuksen tuloksena.<sup>1</sup>

Arvioin tässä kirjoituksessa niitä uhkia ja epävarmuuksia, joita muuntogeeniteknikoiden soveltamiseen yleisesti liitetään. Koska ala on sidoksissa äärimmäisen erikoistuneeseen laboratoriotutkimukseen, arvioinnin taustaksi on tarpeen esittää lyhyt katsaus tutkimuksen erityispiirteisiin.

Periytyvyyden molekyylibiologisten mekanismien selkiytyminen on yksi 1900-luvun luonnontieteen tärkeimmistä saavutuksista. DNA:n rakenteen selvittäminen vuonna 1953 oli keskeinen murros, jonka ansiosta periytyvyyden molekyylibiologia varsinaisesti vakiintui tieteellisen tutkimuksen kohteeksi. Ulkopuolisen tarkkailijan käsityskyvyn rajoja hipoo erityisesti se täsmällisyys ja tarkkuus, jota molekyylibiologian käytännön tutkimus edellyttää. Uudet tutkimusmenetelmät ovat saaneet alkunsa käsityönä, jonka olennaisen osan on muodostanut kokeissa käytettyjen laitteistojen ideoiminen ja kokoaminen. Vakiinnuttuaan, eli tultuaan koetelluiksi käytännöllisessä laboratoriotutkimuksessa, menetelmät automatisoituvat ja jopa teollistuvat, mutta tutkimuksen “eturintamassa” on koko ajan tehty äärimmäisen hienoviritteiseen käsityöhön perustuvaa laboratoriotyötä (Michel Morange korostaa tätä hyvin hyödyllisesti).

Tutkimusmenetelmien automatisoituminen ja teollistuminen on tuottanut

geeniteknologian, mutta koko tutkimusalalla ei ole mahdollista mielekkäästi erottaa toisistaan perustutkimusta ja soveltavaa tutkimusta. Ne ovat erottamattomasti kietoutuneet toisiinsa muun muassa siksi, että samat kaupalliset laboratoriot ja yritykset tuottavat sekä perustutkimuksen että tuotannollisten sovellutusten tarvitsemia laitteita ja materiaaleja. Hyvän osoituksen tiivistä kietoutumisesta tarjoaa se, että alan Nobel-palkintoja on annettu erityisen nopeasti ja erityisen nuorille tutkijoille nimenomaan uudenlaisia käytännöllisiä tutkimustekniikoita ja siten myös tuotannollisia tekniikoita mahdollistavista löydöistä.<sup>2</sup> Molekyylibiologian vakiintumisen ydin on, että alan tutkimus on muuttunut kuvailevasta käytännölliseksi – perintöainesta on opittu manipuloimaan (Morange 1998, 216–217).<sup>3</sup>

Muuntogeenitekniikat ovat mullistaneet periytyvyyden mekanismeja koskevan ymmärryksen. Termi ”geeni” omaksuttiin käyttöön 1900-luvun alussa nimikkeenä partikulaarisille periytyvyyttä kantaville yksiköille, joiden todellisuudesta vakuuttettiin risteytyskokeiden perusteella. Klassisella genetiikalla ei kuitenkaan ollut mitään välineitä selvittää niitä mekanismeja, joiden välityksellä geenien vaikutus tulee ilmi yksilöiden ilmiasussa (eli ”geeniekspressiota”). Geneetikoilla ei ollut pääsyä organismien sisään, geneettisen säätelyn vuorovaikutteisiin tapahtumakulkuihin. Tilanne on uusien tutkimustekniikoiden ansiosta täydellisesti muuttunut. Periytyvyyden mekanismeja kyetään nykyisillä tutkimustekniikoilla manipuloimaan molekyylin tarkkuudella. Tutkimus on osoittanut, että geneettinen säätely on vuorovaikutteista ja tiukasti kontekstin määrittämää. Atomistinen geenikäsitys on samalla syrjäytynyt. Nykyisen käsityksen mukaan yksilönkehitys toteutuu geneettisten säätelyverkostojen vaikutuksesta kehäliikkeenä, jossa ”geenit” ja niiden ”ympäristö” ovat niin tiiviissä vuorovaikutuksessa keskenään, että kausaalista ensisijaisuutta on mahdotonta nimetä. Geenien ilmenemiseen vaikuttavat ympäristöolosuhteet käsittävät laajan kirjon eri mittakaavoissa vaikuttavia tekijöitä tuman ja solun sisäisestä biokemiasta organismien ulkopuoliseen ympäristöön.

Termi ”geeni” on edelleen käytössä nimityksenä sellaiselle DNA-juosteelle, joka tiettyssä solussa ja tietyissä olosuhteissa koodaa tietyn proteiinin, mutta eri geenit eivät sijaitse kromosomeissa toisistaan erillisinä atomistina yksiköinä. Päinvastoin, yksi ja sama DNA-juoste voi koodata suuren määrän erilaisia proteiineja riippuen siitä, millaisessa solussa ja millaisissa olosuhteissa koodaamista määrittävä säätelyverkosto toimii (Tirri et al. 2001, Davidson 2006).<sup>4</sup>

Ilman muuntogeenitekniikoita meillä ei olisi täsmällistä käsitystä siitä, miten geneettinen mekanismi toimii. Tämä on yksi perustelu sille, että muuntogeenitekniikoita ei voi arvioida olemukselliselta perustalta. Olisi vaikea hyväksyä väitettä, että geneettisen mekanismin toiminnan tunteminen on ”sinänsä” pahaksi.

Tämä ei kuitenkaan merkitse, että tekniikoiden kaikki mahdollinen käyttö kaikkiin mahdollisiin tarkoituksiin tulisi oikopäätä hyväksyä. On tarpeen kehittää jäsentyneitä tapoja arvioida muuntogeenitekniikoiden erilaisia käyttötarkoituksia ja käytön mahdollisia seurauksia. Perustutkimuksen ja sovellutusten keskinäisen suhteen sumeudesta seuraa, että arvioinnin rajaukset eivät ole itsestään selviä. Arviointi tulisi kyetä kohdistamaan sekä koko tutkimusalan näkyymiin yleensä että erityisten sovellusalojen mahdollisuuksiin ja uhkiin erikseen.

Molekyylibiologian arviointia vaikeuttaa se, että alan kehitystä ovat alusta asti määrittäneet lupaukset tuottoisista sovellutuksista.<sup>5</sup> Lupaukset luovat odotuksia, ja odotukset luovat tulevaisuutta. Odotuksilla on tulevaisuuteen suuntautuvaa performatiivista voimaa: kun tietylnlaiseen tulevaisuuteen uskotaan, sen edellyttämiä toimenpiteitä toteutetaan tässä ja nyt (Brown et al. 2000). Toisin sanoen,

odotukset muuttavat tietynlaisia tulevaisuuksia todeksi jo ennen kuin ne ovat materialisoituneet. Millaisin kriteerein lupauksia ja odotuksia on mahdollista arvioida? Kenellä on valta määrittellä kriteerit? Otetaanko lupauksia ja odotuksia arvioitaessa huomioon myös kyseisten tulevaisuuksien odottamattomat sivuseuraukset? Miten suhtautua lupauksiin ja odotuksiin, jotka eivät koskaan materialisoidu?

\* \* \* \* \*

Molekyylibiologian tutkijat itse huolestuivat muuntogeenitekniikan mahdollisista hallitsemattomista seurauksista 1970-luvulla hyvin pian sen jälkeen, kun organismien perimän muuntaminen oli tullut mahdolliseksi. Alkuperäisen huolen aiheutti se mahdollisuus, että tekniikka voisi tuottaa uudenlaisia, helposti leviäviä ja sairauksia tai syöpää aiheuttavia bakteereita; bakteereita, erityisesti *Escherichia coli* -bakteerin tiettyä laboratoriokantaa, käytettiin varhaisten muuntogeenitekniikoiden vektorina. Tekniikoiden riskien määrittelemiseksi järjestettiin 1970-luvun jälkipuoliskolla sarja kokouksia, joiden tuloksena vahvistettiin geenitekologiaan suuntautuvien laboratorioiden turvallisuutta varmistavat menettelysäännöt. Susan Wright (1986) on osoittanut, että tämän laboratorioiden turvallisuutta koskevan konsensuksen keskeisiä luojia olivat tutkimusalan kehittämiseen erityisen vahvasti sitoutuneet tutkijat, jotka puolustivat laboratorioiden riippumattomuutta ulkopuolisen maailman huolenaiheilta.

Julkinen huoli muuntogeenitekniikoiden käytön aiheuttamista riskeistä ei kuitenkaan laantunut. Päinvastoin, kuten Helena Valve oheisessa artikkelissaan kuvaa, muuntogeenitekniikoiden mahdollisista riskeistä käydään voimakkaasti polarisoitunutta väittelyä. Tiukka puolesta–vastaan-asetelma hyväksytään usein niin itsestään selväksi tosiasiaksi, että julkinen keskustelu jäsennetään valmiiksi vastakohta-asetelman mukaiseksi.<sup>6</sup>

Toisin sanoen, muuntogeenitekniikoiden sovellutukset ovat voimakkaasti politisoituneet. Julkisessa keskustelussa esitetään jyrkästi toisilleen vastakkaisia näkemyksiä sovellutusten mahdollisuuksista ja uhkista. Tilannetta voi kuvata käyttäen metaforista termiä *julkinen energiakenttä* (Fox & Miller 1996):<sup>7</sup> muuntogeenitekniikat ovat luoneet latautuneen poliittisen toiminnan ja kiistelystä energiakentän, jota määrittävät keskenään ristiriitaiset intressit ja tavoitteet. Keskustelun polarisoituminen tekee julkiselle vallalle hankalaksi luoda johdonmukaista toiminta- ja sääntelypolitiikkaa geenitekniikan alalle, koska erilaisia ja eritasoisia argumentteja on vaikea erottaa toisistaan.

Miten siis edetä? Asetelma ei koske ainoastaan geenitekniologiaa vaan uusien teknologioiden avaamien tulevaisuuksien arviointia yleisemmin. Tulevaisuutta on mahdollista arvioida täsmällisesti vain niiden aineiden osalta, jotka ovat läsnä nykyisyydessä. Teknologisten innovaatioiden olemus on kuitenkin tuottaa uutta, jotakin sellaista mikä nimenomaan ei ole vielä läsnä nykyisyydessä. Uutuus ei sinänsä voi olla perustelu millekään tiettyä innovaatiota koskevalle näkökannalle, ei puolesta eikä vastaan. Uusien ilmiöiden arvioinnille tarvitaan spesifejä perusteita. Sellaisten esittämistä kuitenkin väittelyn polarisoituminen juuri vaikeuttaa.

Asetelman polarisaation ja argumenttien yleisluonteisuuden toisiaan vahvistavan kehäliikkeen murtamiseksi on tarpeen omaksua GM-tekniikoiden ongelmiin käytännöllinen näkökulma. Voimme selvittää polarisaation lujuuksia ensiksikin asettamalla kyseenalaiseksi näkemyksen, että muuntogeenitekniikat ovat "yksi" sillä

tavoin kuin ehdoton polarisaatio edellyttää. Voimme sen sijaan pyrkiä eriyttämään alan eri ulottuvuuksia toisistaan.

Tähän kysymykseen tarjoaa empiiristä aineistoa internetin keskustelusivusto *GM-foorumi*, jonka olemme toteuttaneet Suomen Akatemian ESGEMO tutkimusohjelman osana Ympäristöministeriön rahoituksella.<sup>8</sup> Jäsenimme sivuston kahdeksaksi keskustelualueeksi (ks. [www.gmfoorumi.fi](http://www.gmfoorumi.fi)). Kahden ensimmäisen vuoden aikana sivuilla käynnistyi 46 keskusteluteemaa, joista valtaosa (36) keskittyi kolmeen aihealueeseen: “viljelykasvit”, “ravinto” sekä “mahdollisuudet ja uhkat”. Täysin vaille kommentteja jäivät “kotieläimet” ja “prosessiteollisuus”, mutta myös “puut” ja “lääkkeet” herättivät vain muutamia keskustelujuonteita. Enemmistö keskustelujuonteista jäi lyhyiksi, mutta muutamat niistä laajenivat useiden kuukausien ajan jatkuneiksi väitteiden ja vastaväitteiden ketjuiksi.

GM-foorumin tuottama aineisto osoittaa sen, että GM-tekniikoiden eri sovellusalat ovat julkisen keskustelun energiakentällä toisistaan poikkeavassa asemassa. Tekniikoiden nostattama julkinen huoli liittyy ensisijaisesti GM-viljelykasveihin ja -ruokaan. Lääkkeiden tuotannossa ja prosessiteollisuudessa sovelletut GM-tekniikat eivät sen sijaan ole nostattaneet väittelyä.

Toisen mahdollisuuden polarisaation ylittämiseksi tarjoaa analyysi siitä, millä erilaisilla tavoilla väittelyssä käytettyjä argumentteja on kehystetty. Argumenttien kehysanalyysia on kehitetty poliittisten konfliktien empiirisen jäsentämisen menetelmänä erityisesti politiikka-analyysiksi (*policy analysis*) nimetyn yhdysvaltalaisperäisen tutkimusperinteen piirissä. Kehysanalyysin avulla voidaan tunnistaa argumenttien taustalla olevia oletuksia ja arvioida eri argumenttien keskinäistä yhteensopivuutta. Analyysin tavoite ei suinkaan ole arvioida, mitkä argumenteista ovat pätevimpiä. Sen sijaan analyysi jäsentää ja tekee näkyviksi niitä semanttisia tiloja, jotka määrittelevät argumenttien merkitysyhteyksiä ja joissa eritasoisten argumenttien keskinäisiä suhteita on ylimalkaan mahdollista arvioida (Fischer & Forester 1993, Hajer & Wagenaar 2003).

Esitän seuraavassa kysymyslauseiden avulla jäsenyyksen niistä semanttisista tiloista, joita on tunnistettavissa GM-foorumin keskusteluissa käytettyjen argumenttien taustalla: (1) Ovatko muuntogeenitutkimuksen menetelmät teknisesti hallittavia ja vakaita? (2) Voiko geeniteknologiaa valvoviin instituutioihin luottaa? (3) Aiheuttaako maatalouteen ja ravinnontuotantoon sovellettu geeniteknologia uudenlaisia ihmisten terveyteen tai luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvia “megaskejejä”? (4) Onko muuntogeenitekniikoihin kohdistuva tutkimus sitoutumaton vai onko se päinvastoin lähtökohtaisesti alistettu biotekniikkayhtiöiden taloudellisen mahdin ja tuoton kasvattamiselle? (5) Muuttaako GM-tekniikoiden soveltaminen maatalouden ehtoja siten, että viljelijöiden toimeentulo vaikeutuu ja paikallisia oloja kunnioittavan kestäväen maatalouden edellytykset heikkenevät? (6) Onko eettisesti oikein, että ihminen manipuloi elämän perusmekanismeja?<sup>9</sup>

Kaikki näiden kysymysten määrittämät semanttiset tilat ovat kiistatta tärkeitä. Helena Valve esittää kirjoituksessaan useita niihin liittyviä konkreettisia esimerkkejä. Tilat eivät ole riippumattomia toisistaan, vaan niiden välille muodostuu jäsenynteitä suhteita. Kysymykset (1) ja (3) liittyvät selvästi toisiinsa siten, että jos edelliseen voidaan uskottavasti vastata myöntävästi, jälkimmäisen ilmentämä huoli vähenee. Kysymykset (2) ja (4) ovat läheisesti sidoksissa toisiinsa, samoin kysymykset (2) ja (5). Näiden molempien ongelma-alueiden taustalla on kysymys siitä, kuinka avoimesti ja demokraattisesti julkisen vallan valvontainstituutiot toimivat. Kysymyspariin (2) ja (5) liittyy olennaisesti myös kansainvälisen oikeudenmukaisuuden

olottuvuus. On selviä osoituksia siitä, että esimerkiksi Yhdysvallat on pyrkinyt määrätietoisesti käyttämään ruoka-apua keinona avata kehitysmaiden paikalliset markkinat ja viljelykäytännöt GM-viljelykasveille (Paul 2005).

Kiinnostava havainto on, että GM-foorumien eri aihealueet suhteutuvat semanttisiin tiloihin eri tavoin. Prosessi- ja lääketieteellisyydessä sovellettua geeniteknologiaa arvioidaan lähinnä teknisen hallittavuuden semanttisessa tilassa. Koska näiden alojen tuotantoprosessit ovat ulkomaailmasta eristettyjä, huolen aiheita ei synny – sikäli kuin mitään inhottavia yllätyksiä ei tapahdu. Sen sijaan GM-viljely ja GM-ruoka saavat merkityksiä vahvojen kulttuuristen arvojen merkitsemässä semanttisessa tilassa. On oireellista, että GM-viljelyn vastustus on erityisen voimakasta laveasti yli poliittisen kentän sellaisissa Euroopan maissa, joissa maatalouden perustana on perinteinen, kulttuurisesti arvostettu yhteisösidonnainen tuotanto kuten Kreikassa, Sveitsissä ja Itävallassa.

On kaiken kaikkiaan ilmeistä, että argumenttien eriyttäminen auttaa jäsentämään GM-tekniikoista käytyä väittelyä.

\* \* \* \* \*

Geeniteknologian arvioinnin olennainen ongelma-alue liittyy tiedon ja politiikan keskinäisiin suhteisiin. Geeniteknologian soveltamisella ei ole vain teknisiä vaikutuksia, mitä ikinä teknisillä vaikutuksilla ymmärretäänkään. Soveltamisella on laajakantoisia ja suurelta osin ennakoimattomia yhteiskunnallisia ja kulttuurisia sivuvaikutuksia. Minkälainen tieto siis on pätevä argumentti GM-tekniikoita koskeissa kiistoissa?

Tiedon vajavaisuus ei ole kansalaisten kokemia uhkia määrittävä tekijä, kuten erityisesti Brian Wynne on toistuvasti korostanut (esim. Wynne 2001). Pikemminkin päinvastoin, kansalaisten paraneva tietämys GM-tekniikoista ja niiden sovellutuksista on omiaan lisäämään heidän tuntemaansa huolta. Wynnin olennainen havainto on, että kansalaisten huolen keskeinen perusta on institutionaalinen epäluottamus. Mitä paremmin kansalaiset ovat perillä GM-tekniikoiden monimutkaisuudesta ja niiden soveltamisen yhteiskunnallisista, sosiaalisista ja taloudellisista vaikutuksista, sitä epäluuloisemmin he suhtautuvat instituutioiden kykyyn (ja haluun) valvoa asianmukaisesti tekniikoiden käyttöä. GM-tekniikoista riippumattomat ruokaskandaalit kuten erityisesti Englannin BSE (”hullun lehmän tauti”) -epidemia ovat nävertäneet viranomaisia kohtaan tunnettua luottamusta. Institutionaalinen epäluottamus välittyy sujuvasti kohdealueelta toiselle.

Taustalla on toisin sanoen tieteellis-teknisen asiantuntemuksen ja demokratian keskinäisen suhteen ongelma. Tieteellis-tekninen asiantuntemus ei hallitse omia sovellutuksiaan sellaisella läpinäkyvällä tavalla kuin tieteellisten instituutioiden piirissä enimmäkseen kuvitellaan. Erityistieto ei omasta takaa paljasta omaa yhteiskunnallista merkitystään. Asiantiloja koskeva tieto (*savoir* Foucault’n vuoden 2005 termin) voidaan kytkeä osaksi monia erilaisia tietämyksen ja sovellutusten järjestelmiä – ei tietenkään mielivaltaisesti, mutta monilla keskenään vaihtoehtoisilla ja jopa keskenään ristiriitaisilla tavoilla. Ristiriitaisuudesta tarjoaa esimerkin GM-foorumilla käyty keskustelu Australiassa toteutetusta laboratoriokokeesta, jossa siirtogeenisessä herneessä tuotetun alfa-amylaasi-inhibiittorin todettiin aiheuttavan hiirillä tulehdusreaktion.<sup>10</sup> GM-tekniikoiden käytön vastustajat pitävät tapausta esimerkkinä menetelmän vaarallisuudesta, puolustajat taas esimerkkinä valvontajärjestelmän toimivuudesta.

Yhteiskunnallinen todellisuus ei ole sillä tavoin jäsentynyt kokonaisuus, että kaikkien alojen tutkimustuloksilla ja niiden teknisillä sovellutuksilla olisi siinä valmiiksi annettu paikkansa.<sup>11</sup> Tiedon moninaisuus on syytä ottaa vakavasti. Muuntogeenitekniikat ovat tietointensiivinen, tavattoman pitkälle erikoistuneeseen ja teollisessa mittakaavassa harjoitettuun laboratoriotutkimukseen nojaava erityisala. Alan spesialisteilla on tietenkin korvaamatonta tietämystä, joka on omilla ehdoillaan ja omissa asiayhteyksissään luotettavaa. Spesialistien tieto on kuitenkin sidoksissa monisyiseen, taloudellisten kriteerien mukaan toimivaan teknistaloudelliseen järjestelmään. Spesialistien tieto ei ohjaa tämän järjestelmän kehitystä. Epävarmuudet liittyvät perimmiltään siihen, miten luotettava GM-tiedon kontekstina toimiva teknistaloudellinen järjestelmä on, kuten Helena Valve toteaa.

Perinteinen riskien arviointi on voimaton koettaessamme arvioida teknistaloudellisten järjestelmien luotettavuutta. Täsmällisessä merkityksessään ”riski” on laskennallinen suure, jonka laskemisen perustana on arvioinnin kohteena olevan ilmiön frekvenssi jossakin soveliaassa jo toteutuneiden tapahtumien joukossa. Teknis-taloudellisten järjestelmien suhteen tällaista tapausjoukkoa ei voi määritellä. Riskin arvioinnin yhtälöstä puuttuu nimittäjä. Teknis-taloudellisten järjestelmien tuottamat uhat ovat systeemisiä, ne eivät pelkisty laskennallisiksi riskeiksi vaan ilmentävät systeemiä koskevaa epävarmuutta. Tällaisen epävarmuuden vähentämiseksi keskeisiä ovat organisatoriset seikat, kuten toimintojen avoimuus, toiminnasta vastaavien työntekijöiden kokemukseräisen tiedon kunnioittaminen sekä järjestelmän kyky oppia aiemmista tapahtumista, muun muassa ”vähältä piti”-tilanteista. Järjestelmän on herkistyttävä havaitsemaan orastavan onnettomuuden uhka jo ennen kuin onnettomuus tulee todeksi (Perrow 1999 on tässä yhteydessä klassikko).

Nimenomaan systeemisestä näkökulmasta geenitekniologia tuo maatalouteen ja ruoantuotantoon uudenlaista epävarmuutta. Geenitekniologian avulla uusia lajikkeita voidaan kehittää tavattoman paljon nopeammin ja täsmällisemmin kuin perinteisillä menetelmillä. Ei ole epäilystäkään siitä, että GM-tekniikoilla on mahdollista siirtää kasvista toiseen arvokkaita ominaisuuksia, kuten tiettyjen tautien tai tuholaisien kestävyys. GM-tekniikat kuitenkin muuttavat sen verkoston luonnetta, joka koettelee ja testaa jalostuksen tuloksia. Tekniikoita hallitsevat suuryritykset, joiden olemassaolon ehto on saada markkinoille uusia tuotteita niin nopeasti kuin mahdollista, niin halvalla kuin mahdollista ja niin laajalle kuin mahdollista. Asetelma palautuu kysymykseen: Ovatko GM-tekniikoiden sovellutuksia kehittävät ja valvovat instituutiot luotettavia? Kuka kuvittelee, että Monsanto ja muut ylikansalliset biotekniikkayritykset eivät olisi valmiita tinkimään turvallisuustesteistä, mikäli se suinkin on mahdollista? On hyvin ongelmallista, lievästi ilmaisten, että muuntogeenitekniikan kehitystrendit ovat julkisuudelta piilossa tuottoperiaatteella toimivien suuryritysten patenttien ja liikesalaisuuden takana. Yksi vahva motiivi GM-viljelykasveja koskevalle epäluulolle on syntynyt siitä, että muuntogeenisten lajikkeiden kehittämisen tavoite on ollut pikemminkin kehittäjiensä markkinamonopolin vahvistaminen kuin ruoan laadun parantaminen. Olisi ilmeisen tarpeellista, että julkiset tutkimuslaitokset saisivat paljon nykyistä vahvemman aseman myös GM-tekniikoiden kehittämisessä.<sup>12</sup>

Voiko luottamus GM-kasveja ja GM-ruokaa kohtaan rakentua ”induktiivisesti” eli sillä edellytyksellä, että mitään vakavia seurauksia ei ilmene vaikka ne vähitellen yleistyvät? Michel Morange (1998) toteaa, että tällainen ”epälooginen” mekanismi on ollut perustana sille, että muuntogeenitutkimusta harjoittavia tutkimuslaboratorioita on ryhdytty pitämään turvallisina. Vastaavanlainen kehityskulku epäilemättä

selittää sen, että GM-tekniikoiden soveltaminen prosessiteollisuuteen ei herätä huolta. GM-ruoan kohdalla asetelma ei kuitenkaan ole yhtä selkeä. On epäselvää, millaiset tapaukset voidaan hyväksyä saman tapauksen "toistoiksi". On esimerkiksi ilmeistä, että muuntogeenisen maissin dumpppaaminen nälänhädästä kärsiviin Afrikan maihin johtaa GM-ruoan käyttöön aivan erilaisessa mittakaavassa kuin Yhdysvalloissa, missä GM-kasveja tosin viljellään laajassa mittakaavassa mutta suurin osa niiden sadosta käytetään esimerkiksi karjan rehuksi.

On pakko hyväksyä, että GM-tekniikoita ei voi alistaa kriittiselle testille, jonka perusteella olisi mahdollista muotoilla ehdoton kanta asiaan. Sääntelyyn on siis omaksuttava refleksiivinen, kokemusten perusteella jäsentyvä ja täydentyvä varovaisuusperiaate, vaikka perinteisen lainsäädännöllisen ajattelun on tällaista vaikea mieltää (Kauppila 2005).

Muuntogeenitekniikat eivät muodosta senkaltaista yhtenäistä ilmiötä, joka tarvisi hylätä tai hyväksyä kokonaisuudessaan tai jota olisi edes mahdollista hylätä tai hyväksyä kokonaisuudessaan. On sen sijaan tarpeen arvioida ja nostaa näkyviin niitä täsmällisiä kysymyksiä, joiden suhteen GM-tekniikoille annetaan keskenään ristiriitaisia merkityksiä spesifeissä yhteyksissä. GM-tekniikoiden erilaisia yhteiskunnallisia ja kulttuurisia merkityksiä jäsentävät semanttiset tilat auttavat tässä arvioinnissa. GM-viljelyn kannattajien argumentti, jonka mukaan on eettisesti epäilyttävää hylätä hyvin yleisluonteisin perustein tekniikoiden tarjoamat positiiviset mahdollisuudet, on epäilemättä oikeutettu. Myös tämä argumentti tulisi kuitenkin sitoa konkreettisiin yhteyksiin, yleisluonteinen hyötyjä koskeva lupaus ei riitä. Muuntogeenitekniikoiden sovellutuksia tulee arvioida tapauskohtaisesti yksi kerrallaan, ja arvioinnin piiriin tulee sisällyttää myös taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset seikat.

#### v i i t t e e t

1. Tekniikkojen moninaisuudesta johtuu, että yhtä tyydyttävää, kaikenkattavaa yleisnimeä on vaikeaa esittää (Tirri et al. 2001; ks. <http://www.bioteknologia.info/>). Käytän seuraavassa termiä "muuntogeenitekniikat" (vastaavasti "muuntogeeniset organismit") sekä lyhennettä GM (= *genetic modification*) tutkimusmenetelmien moninaisuudesta ja termiä "geenitekniologia" tuotannollisista sovellutuksista.
2. Polymeraasiketjureaktio: Kary Mullis sai vuonna 1985 julkaisemastaan tutkimuksesta kemian Nobelin 1993 (Rabinow 1996); interferenssi-RNA (RNAi) tekniikka: Andrew Fire ja Craig Mello saivat vuonna 1998 julkaisemastaan tutkimuksesta fysiologian ja lääketieteen Nobelin 2006 (Abbott 2006).
3. Ian Hacking (1983) puolustaa entiteettejä koskevaa realismiaan toteamalla, että "atomi" on osoittautunut todelliseksi sen jälkeen kun se on onnistuttu värjäämään. Vastaavasti "geneettinen säätelyjärjestelmä" on muuttunut todelliseksi sen jälkeen kun sitä on onnistuttu manipuloimaan.
4. Geneettisen säätelyjärjestelmän entistä parempi tuntemus on myös tuottanut murroksen biologista evoluutiota koskevassa ymmärryksessämme. Säätelyjärjestelmän hienopiirteinen vuorovaikutteisuus merkitsee sitä, että yksilönkehityksen *plastisuus* (*plasticity*) on evolutiivisen muutoksen synnyssä olennainen tekijä; ks. West-Eberhard (2003), tiiviin suomenkielisen yhteenvedon esittää Dyke (2006a).
5. Kirjaimellisesti alusta asti; Lily Kay (1993) osoittaa seikkaperäisesti, että tulevien hyötyjen lupaus oli jo 1930-luvulla alan syntyyn johtaneen laboratoriotutkimuksen tärkeimmän rahoittajan Rockefeller Foundationin keskeinen motiivi.
6. Hyvä esimerkki tästä on Englannin hallituksen vuonna 2002 toteuttama kampanja,

- jotka tavoite oli selvittää yleisön näkemys geeniteknologiasta, erityisesti GM-ruoasta. Kampanjan yhden osan muodosti julkinen debatti *GM Nation?* Se koostui sarjasta yleisötilaisuuksia, joiden keskusteluista laaditut yhteenvedot ovat olleet esillä internetsivuilla. Jokaisen teeman esittely alkaa yleisistä väitteistä puolesta ja vastaan. Yhteenvedot ovat edelleen (1.1.2007) nähtävillä (<http://www.gmnation.org.uk/>).
7. *Public energy field*. Termin ”kenttä” Fox & Miller ovat perineet Kurt Lewiniltä. He esittävät julkisen energiakentän idean vaihtoehdoksi Habermasin termille ”julkinen sfääri” korostaakseen sitä, että ristiriitaisten intressien lataamat uudet ilmiöt synnyttävät uudenlaisia, historiallisesti kontingetteja poliittisten ristiriitojen alueita, joiden hallitsemiseksi vakiintuneen hallintokoneiston arvovalta ja uskottavuus eivät riitä.
  8. Olen toiminut hankkeen johtajana, sivuston hallinnoinnista on vastannut FM Timo Takala. Sivusto avattiin joulukuussa 2004, sen moderointi joudutaan lopettamaan rahoituksen päättyessä keväällä 2007. Tarkoituksemme on käyttää sivustolle kertynyttä keskustelua myös aineistona analyysille siitä, millaisia mahdollisuuksia internet tarjoaa julkisen keskustelun foorumina.
  9. Vastaavanlaisen erittelyn GM-tekniikoihin kohdistetun kritiikin kehystämisestä voisi laatia kirjallisuuden perusteella. Kiinnostavaa on, että GM-foorumille arkistoitunut keskustelu on tässä suhteessa sangen edustavaa.
  10. ”Amylaasit” ovat tärkkelystä pilkkovia entsyymejä; ”alfa-amylaasi” on eläinten sylki-  
rauhasten ja haiman erittämät entsyymi; ”inhibiittori” estää entsyymien toiminnan; ”alfa-  
amylaasi-inhibiittoria” esiintyy esimerkiksi tietyissä papulajeissa luontaisena suojana  
papuja syöviä toukkia vastaan: tästä motiivi koettaa kehittää siirtogeeninen herne, joka  
torjuisi omasta takaa herneitä syövien kovakuoriaistoukkien (”hernetoukkien”) tuhoja.
  11. Dyke (2006b) käyttää termiä ”monoteistinen tiede” kuvaamaan perinteisen rationalis-  
min mukaista uskoa, että tieteelliset innovaatiot ja yhteiskunnallinen kehitys nivoutuvat  
automaattisesti harmonisesti yhteen. Usko, että maailma jäsenyy inhimillisen järjen  
sääntöjen mukaisesti, edellyttää uskoa, että maailman ja ihmisjärjen on luonut sama  
jumala. Monoteismin tietoteoreettinen sääntö on ihmisjärjen itseimartelu.
  12. Niin sanotun terminaattorigeenin omaavien lajikkeiden kehittäminen on selvin osoitus  
siirtogeenisten lajikkeiden taustalla olevien motiivien hämäryydestä; terminaattorigeeni  
tarkoittaa sitä, että kasvin siemenet eivät idä. Terminaattorilajikkeiden yleistymisen  
taloudellinen seuraus olisi, että biotekniikkayhtiö saisi siementuotantoon täydellisen  
monopolin. Monsanto esitti voimakkaan painostuksen jälkeen syksyllä 1999 vetoomuk-  
sen, että terminaattorilajikkeiden kaupallistamisesta luovuttaisiin, mutta on epäselvää,  
kuinka laajasti vetoomusta noudatetaan. – Julkisen sektorin tutkimuspanoksen vahvis-  
taminen on FAO:n vuonna 2004 omaksuman GM-lajikkeita koskevan positiivisen kan-  
nan ehto.

## K I R J A L L I S U U S

- Abbott, A. (2006) ”Youthful duo snags a swift Nobel for RNA control of genes.” *Nature* 433, 488.
- Brown, Nick, Rappert, Brian & Webster, Andrew (toim.) (2000) *Contested Futures. A Sociology of Prospective Techno-science*. Aldershot.
- Davidson, Eric H. (2006) *The Regulatory Genome. Gene Regulatory Networks in Development and Evolution*. Academic Press.
- Dyke, Chuck (2006a) ”Hämmäntävä ekspressio: biodiversiteetin edellytykset pitkällä aikavälillä.” *niin & näin* 50, 55–64.
- Dyke, Chuck (2006b) ”Natural Speech: A Hoary Story.” Teoksessa: Haila, Yrjö & Dyke, Chuck (toim.), *How Nature Speaks. The Dynamics of the Human Ecological Condition*, 66–77. Duke University Press.
- Fischer, Frank & Forester, John (toim.) (1993) *The Argumentative Turn in Policy Analysis and Planning*. Duke University Press.



- Foucault, Michel (2005) *Tiedon arkeologia*. Vastapaino.
- Fox, Charles J. & Miller, Hugh T. (1996) *Postmodern Public Administration. Toward Discourse*. SAGE.
- Hacking, Ian (1983) *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge University Press.
- Hajer, Maarten & Wagenaar, Hendrik (toim.) (2003) *Deliberative Policy Analysis. Understanding Governance in Network Society*. Cambridge University Press.
- Kauppila, Jussi (2005) "Näkökulmia muuntogeenisillä organismeilla tehtävien kenttäkokeiden sääntelyyn: karkaako geeni luontoon vai lähteekö teknologiamopo käsistä?" *Oikeus* 34(1), 4–26.
- Kay, Lily E. (1993) *The Molecular Vision of Life. Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*. Oxford University Press.
- Morange, Michel (1998) *A History of Molecular Biology*. Harvard University Press.
- Paul, Helena (2005) "Agri-biotechnology as Symptom of a Malaise." *Science as Culture* 14, 289–292.
- Perrow, Charles (1999) *Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies*. 2<sup>nd</sup> Ed. Princeton University Press.
- Rabinow, Paul (1996) *Making PCR. A Story of Biotechnology*. The University of Chicago Press.
- Tirri, Rauno, Lehtonen, Juhani, Lemmetyinen, Risto, Pihakaski, Seppo & Portin, Petter (2001). *Biologian sanakirja. Uudistettu laitos*. Otava.
- West-Eberhard, Mary Jane (2003) *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford University Press.
- Wright, Susan (1986) "Molecular Biology or Molecular Politics? The Production of Scientific Consensus on the Hazards of Recombinant DNA Technology." *Social Studies of Science* 16, 593–620.
- Wynne, Brian (1991) "Creating Public Alienation: Expert Cultures of Risk and Ethics on GMOs." *Science as Culture* 10, 445–481.