



**KUIDAS HINNATA GMODE
MÕJU INIMESTELE
JA LOODUSELE**



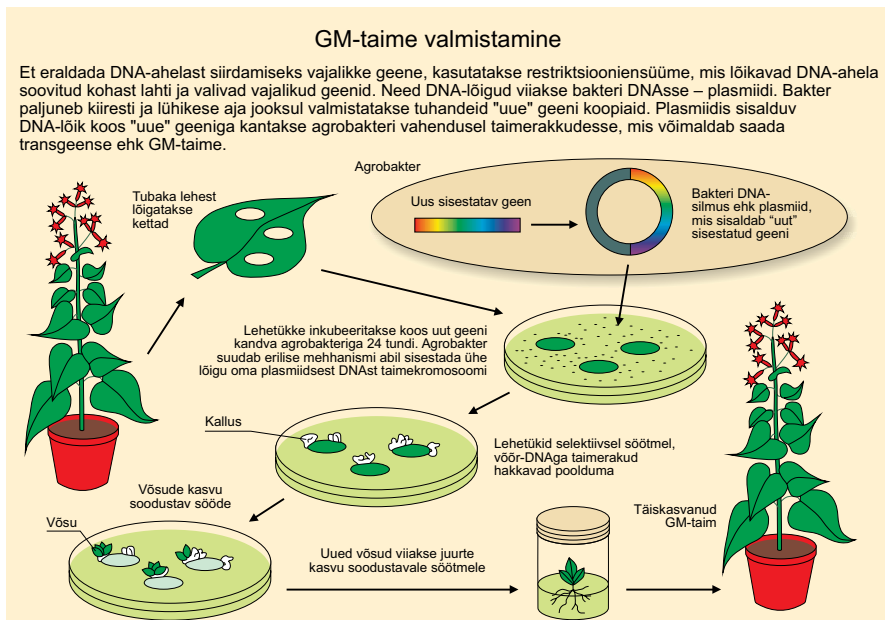
Väljaandjad Keskkonnaministeerium ja Tallinna Tehnikaülikool
2008
Kaasrahanud ÜRO Keskkonnaprogramm
Koostajad prof Erkki Truve, dr Mati Koppel, dr Liina Eek ja Tuuli Levandi .
Fotod: Stockxpert

Sissejuhatus

Geneetiliselt muundatud organism ehk GMO on organism, kuhu geenitehnoloogilisi võtteid kasutades (nn rekombinantse DNA tehnoloogia abil) on stabiilselt genoomi viidud mingid võõrad, selle organismi geenikogumis muidu mitteesinevad geenid, geenifragmendid või muud DNA lõigud. Oluline on see, et võõr-DNA peab olema stabiilne – see tähendab, et ta peab loodud GMO kõigis rakkudes püsima stabiilselt vähemalt mitme põlvkonna vältel. Vastasel juhul pole tegu GMOga.

Teiseks tuleb rõhutada, et GMOsid luuakse geenitehnoloogia abil. Võõrastest liikidest pärit DNAd võib organismidesse viia ka ristamise, rakkude fuseerimise (liitmise) või viiruste abil jne, kuid vastavalt GMOsid puudutavale seadusandlusele ei ole sellised liigid (näiteks kõik traditsioonilised kultuurtaimed ning kariloomad) GMOd.

Viimaks tuleb märkida ka seda, et GMO genoomid erinevad oma tavaeellastest tegelikult väga vähe. Nimelt on igas rakutuumaga organismis umbes 10 000 - 50 000 geeni. Geenide vahele jäävad lisaks nn mittekodeerivad regioonid, mis osas liikides moodustavad 99% kogu organismi genoomist. Kui nüüd viia kirjeldatud organismi veel üks geen, erineb selle GMO genoom eellase omast 0,00002%. Vaatamata sellele, et organismi geenide kogum on peaaegu samasugune kui vanemliinis, võib uue organismi talitlemine olla mõneti erinev.



Joonis: Eesti Loodus 2004 nr 2, autor Kaarel Tamre.

Geneetiliselt muundatud bakterite ja pärmide kõrval kasutatakse hetkel majandustegevuses eelkõige geneetiliselt muundatud taimi. Sellist GM kultuurtaime võib luua mitmel erineval meetodil.

Esiteks kasutatakse n-õ looduslikku teed. Nimelt suudab mullas elav agrobakter ühe osa oma DNAST täiesti normaalse loodusliku protsessi käigus viia taimerakku ja sisestada seal taimegenoomi. Asendades nüüd agrobakteris looduses paiknevad geenid meie poolt soovitud, saamegi tolle bakteri abil võõr-DNA stabiilselt taimerakkudesse viia.

Teine laialt kasutatav meetod ekspuaterib aparati, mida eesti keeles võiks nimetada DNA püssiks. Selle abil on võimalik (taime)rakku "tulistada" imepisikesi kul-laosakesi, mille külge on eelnevalt seotud DNA. Raku sees tuleb DNA kullapartikli küljest lahti, siseneb rakutuuma ja lülitub seal rekombinatsiooni teel genoomi.

Mõlema meetodi puhul tuleb pärast DNA rakku viimist muundatud üksikust rakust kasvatada terve uus taim, sest ainult sellisel juhul saame me tõelise GMO.

Üksikust rakust uue taime regeneratsioonil kasutatakse koekultuuri meetodeid, mida tuntakse põhimõtteliselt juba üle poole sajandi. Sarnase metoodikaga on kasvatatud näiteks laialt tuntud meristeemmasikad, koekultuuri etapi on läbinud suur osa Eestis kasvatatavate seemnekartulite eellasi.

Geenitehnoloogia on üpriski moodne, ent siiski mitte suisa eilse päeva saavutus. Esimene GM bakter loodi Kalifornias 1971. aastal, esimesed GM taimed tehti Belgias ja Missouris 1983. aastal.

GMODE kasutamine

Ehkki GMode kasutamise ajalugu pole kuigi pikk, on maailmas juba mitmeid GMode kasutusele lubatud. Esimestena tulid turule GM vaktsiinid (1992-1994), neile järgnes herbitsiidikindl tubakas aastal 1994 ning 1996-1997 aastal riburada mitmed rapsi-, soja-, maisiliinid ja mitmed geneetilisel muundatud lillesordid.

ISAAA* andmetel on võrreldes 2006 aasta seisuga GM kultuuride kasvatamine 2007 aastal suurenenud umbes 10 % võrra, jõudes 114 miljoni hektarini, millest umbes 50 % hõlmab USA. USA kõrval on teisteks suuremateks GMode kasvatatakseks Argentiina, Brasiilia, Kanada, India ja Hiina, mis koos USA-ga moodustavad hektaripõhiselt umbes 95 % kogu GMode kasvupindalast. Lisaks nimetatuile on maailmas veel 17 riiki, kus kasvatatakse GMode.

GM kultuuridest kasvatatakse kõige enam sojauba (51%), maisi (31%), puuvilla (13%) ning rapsi (5%). Nende kõrval on teisi põllumajanduses kasutatavaid GM taimi, näiteks tomat, kartul, kabatšokk, lutsern ja papaia.

Tabel Riigipõhised GM kultuuride kasvupindalad suurenevas järjekorras 2007 aastal. (Allikas: *ISAAA ja Clive James).

	Riik	Kasvupindala (miljon ha)	GM kultuur
1	USA	57.7	Sojauba, mais, puuvill, raps, kabatšokk, papaia, lutsern
2	Argentiina	19.1	Sojauba, mais, puuvill
3	Brasiilia	15.0	Sojauba, puuvill
4	Kanada	7.0	Raps, mais, sojauba
5	India	6.2	Puuvill
6	Hiina	3.8	Puuvill, tomat, pappel, petuunia, papaia, magus pipar
7	Paraguay	2.6	Sojauba
8	Lõuna Aafrika	1.8	Mais, sojauba, puuvill
9	Urugai	0.5	Sojauba, mais
10	Filipiinid	0.3	Mais
11	Austraalia	0.1	Puuvill
12	Hispaania	0.1	Mais
13	Mehhiko	0.1	Puuvill, sojauba
14	Kolumbia	<0.1	Puuvill, nelk

* International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications

	Riik	Kasvupindala (miljon ha)	GM kultuur
15	Tšiili	<0.1	Mais, sojauba, raps
16	Prantsusmaa	<0.1	mais
17	Honduras	<0.1	mais
18	Tsehhi	<0.1	mais
19	Portugal	<0.1	mais
20	Saksamaa	<0.1	mais
21	Slovakkia	<0.1	mais
22	Rumeenia	<0.1	mais
23	Poola	<0.1	mais

2007 aasta seisuga on Euroopa Liidu põllukultuuride sordilehte kantud ligikaudu poolsada GM maisi sorti, mille seemet ja paljundusmaterjali võib ELi piires turustada. Kasvatamiseks seevastu on lubatud ainult kahjuresistentne Bt mais (MON810) ja seda alates 1998 aastast. Seda maisisorti kasvatatakse Euroopa Liidus ligikaudu 110 tuhandel hektaril, peamiselt Hispaanias, Prantsusmaal, Tšehhis, Portugalis, Saksamaal, lisandunud on viimastel aastatel veel Slovakkia, Poola ja Rumeenia. Võrreldes 2006 aasta seisuga on Bt maisikasvatuse märkimisväärselt suurenenud, EuropaBio andmetel isegi 77 %.

Enne GMO kasutuselevõttu annab selle kohta hinnangu teaduslik komitee, kes vaagib kõiki võimalikke riske ja teeb seejärel vastavale ametiasutusele ettepaneku kas loa andmiseks või sellest keeldumiseks. Eestis hindab paljunemisvõimeliste GMOde ohutust geenitehnoloogiakomisjon ning GMOde keskkonda viimise lube annab keskkonnaminister, GM toidu ja loomasööda kohta langetatakse otsus Euroopa Liidu tasandil. Lube peab uuendama iga 10 aasta järel.

Kui GMO on juba kasutusele lubatud, on tootjal kohustus seda ka hiljem jälgida – milline on pikaajaline mõju inimestele, loomadele, keskkonnale. Niipea kui avaldub mõni oht, peatatakse selle GMO kasutamine, kasutusluba tühistatakse ning GMO eemaldatakse nii turult kui ka kasutuselt. Peale tootja jälgivad GMO mõju ka teadus- ning järelevalveasutused.

Et hõlbustada GMODE jälgimist pärast turustamist, saavad kõik turule lubatud GMOD oma unikaalse koodi. See numbritest ja tähtedest koosnev kaubakood on igal GMOI erakordne nagu inimesel tema isikukood. Kõik GMOD peavad olema märgistatud alates tema kasvatamisest kuni lõpptooteni välja, olgu see siis kook, jahu, õli või muu.

Kuna GMOD on väliselt tavakultuuridega sarnased ja pelgalt pealevaatamisega neid muundamata organismidest üldjuhul eristada ei saa, on seemnekasvatajatel GMO



ja tavakultuuride kooskasvatamisel raske vältida oma sordi saastumist GMOga. Eriti raske on see tuultolmlejade taimede puhul, kelle õietolm võib kanduda kilomeetrite kaugusele. Samas võivad seemned ka lihtsalt mehaaniliselt seguneda. Piirkondades, kus GM taimi on kasutatud juba palju aastaid, on 100% GMO-vabu seemnepartiisid juba raske leida. Sellest probleemist ülesaamiseks on mõnedes maades kinnitatud teatud piirnormid, millest allpool lubatakse GMO saastust ja millest ülevalpool tuleb seeme juba märgistada kui GMOd sisaldav. Euroopa Liidu liikmesriikides on seemnete märgistamine erinevalt lahendatud, märgistamise piirnormid kõiguvad nulli ja 0.9% vahel, ühtset piirnormi veel kehtestatud pole. Enamike liikmesriikide seadusandlustes on sätestatud nõuded tava- ja GM põllukultuuride kooskasvatamiseks, et vältida nende geneetilist segunemist. Enamjaolt hõlmavad need GM põllukultuuri käitlemist, käitlejate koolitamist ja kindlasti naabrite teavitamist GM põllukultuuride käitlemise kasvatamise kavatsusest. GM põllukultuuri korrektne käitlemine tagatakse eelkõige GM põllukultuuri ja samast liigist geneetiliselt muundamata põllukultuuri vahelise kasvatusvahemaa kehtestamisega, samuti nõuetega veole ja ladustamisele, tootmisel kasutatavate seadmete ja tehnika puhastamisele.

Riskianalüüs

Mitmed GMOd on leidnud tee turule ja põldudele, samas on mõnede GMOde kasutamine kas keelatud või on nende kasutamine ajutiselt peatatud. Enne kui ükski GMO kasutusele lubatakse, tuleb teha üksikasjaline riskianalüüs, mille käigus määratletakse kõik võimalikud ohud, ohu tekkimise tõenäosus ning GMO kasutuselevõtu tagajärjed.

Iga GMO on unikaalne. Samuti on iga riskianalüüs ainulaadne ja selle tulemus on iga GMO jaoks erinev. Pole olemas sellist asja nagu üldine GMOde ohtlikkust või ohutust tõendav riskianalüüs.

Riskianalüüs võimaldab süstemaatilisel ja kõikidele arusaadavalt koguda ja hinnata andmeid, mille alusel langetatakse hiljem otsus GMO kasutamise lubamise või keelamise kohta.

Riskianalüüsi tegemisel on pikk ajalugu. Riskianalüüs on arenev ja muutuv protsess, hõlmates nii kvalitatiivseid kui ka kvantitatiivseid elemente, kuid neis kõigis on sarnaseid lähenemisviise ning alati on eristatavad kolm lihtsat üksteisega tihedalt seotud ja üksteisest loogiliselt tulenevat astet.

1. Ohu määratlemine ja selle hindamine

Ohu määratlemise juures tuleks küsida kahte küsimust – mida me kardame, et juhtub? Ning teiseks - mis seda põhjustab?

Ohu määratlemise esimene samm on teha kindlaks GMO mingi omadus (bioloogiline, keemiline, füüsikaline), millel võib olla kas inimestele või keskkonnale kahjulik mõju. GMO oht võib olla nt tema mürgisus või see, kui GMO tekitaks mingit haigust.

Oht võib olla otsene, kaudne, koheselt ilmnev, mingi aja pärast ilmnev või kumulatiivne, summeeruv.

Otsene oht võib olla mürgisus. Näiteks sööb putukas GM taime ja sureb.

Kaudse ohu näide võib olla selline, kui seesama putukas sööb GM taime, mis toodab mingit putukale endale mittemõjuvat valku. Putukas sööb ja tal on kõht täis ja hea olla. Tuleb lind, sööb putuka ära ja see toksiin, mis oli putukale kahjutu, on kahjulik hoopis linnule ning näiteks linnu muna koor muutub seetõttu õhukeseks, lind istub oma munad katki ja pojad surevad enne koorumist. Samuti võiks üheks kaudse mõju näiteks olla see, kui putukad söövad toksiooni tootvat taime ja surevad ning seetõttu lindude toidulaud selles paigas vaesestub. Kaudseid mõjusid on raske hinnata ja see eeldab enamasti head arusaamist kogu ökosüsteemi toimimisest ja seal valitsevatest seostest.

Kohene oht ilmneb väikese ajavahemiku järel ja seda on kerge seostada GMOga, seevastu viivitatud oht võib ilmnedas alles pika aja, isegi põlvkonna möödudes.

Kumulatiivseks ohuks peetakse ohtu, mis ilmneb pika aja jooksul, kui mõjud kuhjuvad, erinevad tegurid suhtestuvad omavahel ja annavad koos teistsuguse tulemuse, kui võiks arvata nende üksi esinemisel.

GMOde riskianalüüs baseerub tavaliselt GMO võrdlusel tavaliste, muundamata sama liiki organismidega või eelistatult GMO vanemliiniga, juhul, kui liigisisene varieeruvus on väga suur. Nt kui mikroorganism ei olnud enne uue geeni sisesta-

mist patogeen, aga pärast geneetiliselt muundamist on, on patogeensus loomulikult organismi uus omadus ja oht, mille tekkimise tõenäosust ja tagajärgi tuleb hinnata.

Küllalt raske on hinnata ohtu, mis kaasneb GMO ristumisega looduslike sugulasliikidega või muundamata põllukultuuridega. Ristumine iseenesest ei pruugi keskkonnale või inimtervisele ohtlik olla, kui sellega ei anta edasi omadusi, mis muudaksid sugulasliikide edaspidist käitumist. Kui ristumisel antakse edasi umbrohumürgikindlust kandev geen, ähvardab põllumajandust selge oht – umbrohud ei allu enam tõrjele. Ristandid muutuvad ohtlikuks alles siis, kui need on võimelised looduses püsima jääma ja oma levikut suurendama. Järglasi mitteandvad üksikud ristandtaimed ei kujuta endast ohtu.

2. Pärast ohu määratlemist on riskianalüüsi teine etapp tõenäosuse ja võimaluse hindamine, et see oht tegelikkuses realiseerub

Ohu realiseerumise tõenäosus võib puududa, olla minimaalne, väike, keskmine (märkimisväärne) või suur. Oluline on ka GMOde kasvatamise või kasutamise ulatus ja kogused. Tõenäosus ja ulatus kokku annavad võimaliku ohu tegelikkuseks realiseerumise absoluutväärtuse – ohu võimalikkuse.

Väikese ohu korral võib aktsepteerida suuremat tõenäosust, kasvatamise puhul suurtel pindaladel peame olema ettevaatlikud ka väiksema tõenäosuse korral.

Näiteks teatud omadusega GMO söömisel suurtes kogustes ja sageli on suur tõenäosus allergia tekkeks. Kui see GMO on meie dieedis vähetähtis taim ja üldjuhul keegi seda nii suurtes kogustes ei tarbiks, siis tõenäosus allergia tekkeks kas puudub või on oluliselt väiksem kui juhul, kui see oleks tavaline, igapäevatoidus sagedasti kasutatav GMO.

Ohu tõenäosuse ja võimaluse hindamisel vaadeldakse ohu tekitaja (GMO) jaotumust ruumis, koguseid, omaduste muutumist vastavalt keskkonnaningimustele jms.

Näiteks mida rohkem on GM putukamürki tootvaid taimi põllul, seda suurem on tõenäosus, et kahjurputukad surevad suuremal hulgal. Kui GM taimi on ainult mõni, siis sureb ainult mõni isend kahjurputukate populatsioonist.

Kui GM taimi kasvatatakse suure ühtse monokultuurpõlluna, siis on suurem tõenäosus, et kahjurputukatel pole kuhugi põgeneda kui põllul, mis on jaotatud väikes-teks siiludeks, mille vahel kasvavad tavalised muundamata taimed.

3. Nende kahe komponendi – võimaliku ohu ja selle tekkimise tõenäosuse korrutisena – leitakse risk, st kvalitatiivne või kvantitatiivne hinnang, millist riski see GMO võib kujutada inimestele või keskkonnale ja millised tagajärjed sellel võivad olla.



Risk hõlmab:

1. informatsiooni (teadmisi) ja ebakindlust (seda, mida me ei tea);
2. analüüsi ja olukorra hindamist;
3. järelduste tegemist ja edasist tegevust (nn riski käitlemine).

Riski võib defineerida kui mingi ebasoodsa sündmuse tekkimise tõenäosust ja selle tagajärgede tähtsust.

Selleks et hinnata riski, PEAB olema olema mingi OHT ja samas võib olla olemas ebakindlus või teadmatus selle ohu realiseerumise suhtes. Riski hindamisel tuleb kindlaks teha ebakindluse olemasolu ning otsuse tegemisel tuleb seda ebakindlust arvesse võtta.

Otsuse tegemisel tuleb arvestada ka riski käitlemist. Näiteks olukorras, kus oht võib küll eksisteerida ja tema esinemise tõenäosus on suur, kuid kui seda ohtu on väga kerge kontrolli all hoida, võib riski taseme siiki aktsepteeritavaks lugeda.

Kokkuvõtteks võib öelda, et riskianalüüsi käigus määratletakse ohud, iseloomustatakse riske, kirjeldatakse ebakindlaid aspekte ja eeldusi ning tehakse kokkuvõtte. Riskianalüüs aitab kaasa otsuste tegemisele, kuid ei anna lõplikku vastust, pigem iseloomustab täpsemalt probleeme ja võimalikke lahendusi. Võimalik lahendus on edaspidine tegevus, riski käitlemine. Alles pärast nende etappide läbimist võib langetada otsuse GMO kasutusele lubamise või keelustamise kohta.

Riski käitlemine, ettevaatusprintsiiip

Edaspidise tegevuse kavandamisel tuleb püüda vastata järgmistele lihtsatele küsimustele:

1. Mida saaks teha, et riski ära hoida või väiksemaks muuta?
2. Kui mõjusad ja teostatavad need meetodid on?
3. Mis mõju on nende meetodite rakendamisel?
4. Milline on ebakindluse tase?
5. Mida siis kokkuvõttes teha?

Enamus GM taimede riski vähendamise meetodeid on tavalised traditsioonilises põllumajanduses kasutatavad taimekasvatuse meetodid. Näiteks selleks, et vältida kahjuritel putukamürgi suhtes kindluse tekkimist, ei tohi seda toksiini tootvaid taimi kasvatada suurtel ühtsetel põldudel mitmel aastal järjest. Et vähendada taime risttolmlemist traditsiooniliste sortidega, tuleb GM põllud rajada teatud vahemaaga, kasvatada põllu ümber nn tolmpuüdjatena õitsevaid taimi, kes GM õietolmu kinni püüavad, kasvatada GM taimi, kes on teistsuguse õitsemisajaga kui traditsioonilised põllukultuurid, ja palju muud. Loomulikult on see iga liigi ja asukoha puhul erinev. Maisi õietolm on raske ja ei levi naljalt kaugemale kui mõnikümme kuni sadakond meetrit, samas kui rapsi õietolm võib levida kilomeetrite kaugusele, sellest tulenevalt on ka nende liikide risttolmlemise vältimise meetodid erinevad.

Riski käitlemise meetodite hulka kuulub ka hilisem keskkonnavaatlus. Selleks tuleb jälgida keskkonda koos selle elustikuga pärast GMO keskkonda viimist – jälgida risttolmlemist, levikut väljapoole kasvuala, püsimist pärast koristust, mõju elustikule, jpm.

Juhul kui GMO ohutuse kohta pole piisavalt teaduslikult vettpidavaid tõendeid, kuid siiski on põhjust arvata, et see GMO võib kujutada ohtu kas keskkonnale või inimtervisele, võidakse kasutada nn ettevaatusprintsiiipi, mille kohaselt GMOD ei lubata kasutusele enne, kui uued teaduslikud andmed kinnitavad selle ohutust või pakutakse välja võimalikke riske maandav riski käitlemise viis. Ettevaatusprintsiiibi rakendamiseks on vaja kahte tegurit:

1. Mingi potentsiaalselt negatiivse mõju olemasolu,
2. Puudub piisavalt teaduslikke andmeid, mistõttu on võimatu hinnata selle potentsiaalse riski olemasolu ning maandamist.

Ettevaatusprintsiiip ei asenda teaduslikku riskianalüüsi ning seda tuleks kasutada kooskõlas üldiste risikianalüüsi tegemise reeglitega.



Praktiline riskianalüüs

Järgnevalt teeme läbi riskianalüüsi nelja hüpoteetilise GMO kohta ja püüame jõuda järeldusele, millist mõju avaldaksid need GMOd Eesti keskkonnale ja inimestele. Loomulikult on need ülimalt lihtsustatud hüpoteetilised näited ja tegelik elu on oluliselt keerulisem ja mitmetahulisem ning otsuste langetamine ei ole kaugeltki mitte lihtne. Tegelikult tehakse eraldi riskianalüüs doonororganismi kohta (organism, kellelt on võetud GMOsse sisse viidud geen) ning selle geeni või geenitüki jaoks; eraldi riskianalüüs tehakse vektori ehk selle organismi kohta (tavaliselt viirus või bakter), kelle abil uus geen või geeni tükk GMOsse sisse viidi, ning lõpuks alles GMO enda kohta, kelles see uus geen avaldub. Alljärgnevalt on kirjeldatud lihtsustatult ainult viimast etappi.

Näide 1.

Rapsiliin, kuhu on sisse viidud geen, mis muudab ta tolerantseks herbitsiidi UMB1 suhtes. Muud omadused täpselt samasugused kui tavalisel rapsil.

Rapsiliini tahetakse kasvatada õlirapsina üle kogu Eesti.

1. Ohu määratlemine ja selle hindamine:

- a) Oht 1: Herbitsiiditolerantsuse teke UMB1 suhtes.
- b) Oht 2: Herbitsiiditolerantsuse ülekandumine muundamata rapsisortidele ning metsikutele sugulasliikidele, võimaldades seega UMB1 tõrjele mittealluvate taimede tekkimist.

2. Tõenäosuse hindamine, et oht realiseerub

- a) Ohu 1 suhtes: Senini pole teada herbitsiiditolerantsuse teket UMB1 suhtes, kuigi seda herbitsiidi on kasutatud Eestis suurtel aladel juba mitukümmend aastat. Võimalus ohu realiseerumiseks on madal.
- b) Ohu 2 suhtes: Raps on tuultolmleja taim, tolm võib kanduda kilomeetrite kaugusele. Valminud rapsi seemned varisevad kergesti ning püsivad mullas idanemisvõimelisena 5-7 aastat. GM taimed võivad kasvada põllul mitu aastat pärast rapsi kasvatamist, segunedes ja ristudes seal järgnevat kultuuridega. Rapsi kasvatatakse laialdaselt kogu Eestis. Ohu realiseerumise tõenäosus on kõrge.

3. Riski hinnang:

Kuna rapsi kasvatatakse Eestis laialt, on suur tõenäosus, et muundamata rapsisordid võivad saastuda GM rapsi tolmuga. Euroopa Liidus on reegel, et märgistama ei pea neid tooteid või GMOsid, mis sisaldavad 0,9% turule lubatud GMOsid, või 0,5% selliseid GMOsid, millele on tehtud teaduslik riskianalüüs ja selle alusel on antud soovitus GMO kasutusele lubada, aga neid GMOsid ei ole (veel) turule lubatud. Mahepõllumajanduses kasutatavad seemned peavad olema täiesti GMO vabad.

Eestis on mitmeid metsikuid ristõielisi, mis võivad ristuda muundatud rapsiga, andes nii aluse uute looduses püsivate paljunemisvõimeliste umbrohtude tekkele, mis ei allu enam herbitsiidile UMB1.

Järeldus: risk on mitteaktsepteeritav.

Näide 2.

Maisiliin, kuhu on sisse viidud geen, mis teeb ta tolerantseks herbitsiidi UMB2 suhtes. Muud omadused on täpselt samasugused kui tavalisel maisil.

Maisi kavatakse kasvatada Tartu ja Jõgeva maakonnas, mõlemas 10 hektaril, loomasöödaks.

1. Ohu määratlemine ja selle hindamine :

- a) Oht 1: Herbitsiiditolerantsuse teke UMB2 suhtes.
- a) Oht 2: Risttolmlemine traditsioonilise maisiga ning herbitsiiditolerantse geeni levik looduses.

2. Tõenäosuse hindamine, et oht realiseerub:

- a) Ohu 1 suhtes: Senini pole teada herbitsiiditolerantsuse teket UMB2 suhtes, kuigi seda herbitsiidi on kasutatud Eestis juba mitukümmend aastat. Maisi kavatakse kasvatada 20 hektaril, seega on pindala, mis on herbitsiidile eksponeeritud, küllalt väike. Võimalus ohu realiseerumiseks on madal.
- a) Ohu 2 suhtes: Risttolmlemise tõenäosus madal, sest maisi õietolm ei levi kaugele. Mais võib tolmelda, kuid Eestis ei kasvatata maisi seemneks. Maisi

kasvatatakse ainult siloks, mis koristatakse enne seemnete valmimist. Soojadel aastatel võivad mõned maisiseemned valmida ja variseda, kuid sellistest seemnetest ei ole võimalik elujõuliste taimede areng.

Maisil ei ole Eestis sugulasliike, niisiis on välistatud geeni levik teistesse liikidesse. Ohu realiseerumise tõenäosus praktiliselt puudub.

3. Riski hinnang

Isegi kui mais risttolmleks teistel põldudel kasvava tavamaisiga, ei ületaks GMO sisaldus Euroopa Liidus lubatud 0,9 või 0,5% piiri (vt näide 1). Mahemaisi, kus GMO sisaldus peab olema 0%, Eestis ei kasvatata. Risttolmlemisel ei ole teistele maisikasvatajatele mingit mõju. Risk puudub.

Kuna maisi kavatakse kasvatada piiratud alal, siis on ebatõenäoline, et sellel alal tekiks maisil herbitsiidiresistentsus ja isegi kui see tekiks, siis oleks välistatud tolerantsust kandva geeni levik, kuna Eestis ei kasvatata seemnemaisi ning sugulasliike maisil Eestis pole.

Isegi kui nendel põldudel tekiks herbitsiiditolerantsus UMB2 suhtes, allub see mais teistele herbitsiididele ja tema levikut on võimalik kontrollida. Mais sureb talvel ega anna meie kliimavõotmes iseseisvalt, ilma inimese abita, järglasi.

Järeldus: Risk on aktsepteeritav.

Näide 3.

Maisiliin, kuhu on sisse viidud geen, mis toodab maisil toituvatele teatud liblikaliigi röövikutele mürgist toksiini. Lisaks toodab see mais teatud uut valku VALK1. Muud omadused täpselt samasugused kui tavalisel maisil.

Maisi tahetakse kasvatada loomasöödaks üle kogu Eesti, inimtoiduks kasutamine keelatud.

1. Ohu määratlemine ja selle hindamine:

- Oht 1: Uue geeni väljaristumine ning seega toksiini produtseerimise võime edasikandumine risttolmlemise teel teistele maisisortidele või sugulasliikidele.
- Oht 2: Putukatel tekib tundetus selle toksiini suhtes.
- Oht 3: Mürgi tootmine. Toksiin on mürgine ainult röövikutele, kes toituvad maisil, mitte täiskasvanud liblikatele. Röövikud, kes toituvad maisil, surevad, sest mürk blokeerib nende närvisüsteemi, nad ei tunne enam nälga ega taha enam süüa. Teistele elusolenditele see mürk mingit mõju ei avalda. Mürk on toksiline kolmele Eestis esinevale liblikaliigile – harilikule päevakoerale, koerliblikale ja kapsaliblikale.
- Oht 4: VALK1 seedub inimese seedekulglas aegalselt ja on seega potentsiaalne allergeen. Loomade seedesüsteemis seedub valk kiiresti.

2. Tõenäosuse hindamine, et oht realiseerub:



- a) Ohu 1 suhtes: Sugulasliike maisil Eestis pole. Seemnemaisi Eestis ei kasvatata. Tõenäosus geeni edasikandumiseks ja levikuks looduses puudub.
- b) Ohu 2 suhtes: Kuna maisi kasvatatakse Eestis piiratud aladel, on putukate hulk, kes on toksiinile eksponeeritud piisavalt pika aja vältel, väike. Tõenäosus madal.
- c) Ohu 3 suhtes: Maisil toitunud röövikud surevad. Ohu realiseerumise tõenäosus on kõrge.
- d) Ohu 4 suhtes: Mida kauem on valk seedekulglas, seda suurem on allergia tekkimise tõenäosus. Seega klassifitseeritakse see valk keskmise tõenäosusega potentsiaalseks allergeeniks.

3. Riski hinnang:

Kuna maisi kasvatatakse Eestis vähe ja mitte suurteil põldudel, pole sel maisil võimalikult toituvate ja seega surmale määratud liblikaröövikute arv kuigi suur. Need liblikaliigid on Eestis tavalised ja osa isendite surm ühes paigas ei kahjusta kogu populatsiooni. Risk elusloodusele on aktsepteeritav.

Isegi kui peaks tekkima mõnes kohas selle toksiini suhtes kindlate putukate populatsioon, on mõju põllumajandusele väike, kuna seda toksiini ei kasutata teiste põllukultuuride puhul putukatõrjeks.

Kuigi mais on mõeldud ainult loomasöödaks, on alati võimalik, et mõni pahatahtlik või teadmatu põllumees kasutab seda maisi inimese toidu tootmiseks. Kuna VALK1 on raskesti seeditav, võib ta tekitada inimestel seedehäireid ja allergiat. Kuigi allergia tekkimise tõenäosus on keskmine ja senini pole seda suudetud tõestada, on risk

siiski olemas. Samas kasvatatakse seda maisi ainult loomasöödaks ning inimtoidu saamiseks vajalikke maisitölvikuid Eestis ei valmi, niisiis on võimalus selle maisi kasutamiseks inimtoiduna peaaegu välistatud. Isegi kui saadaks tölvikuid, mida võiks kasutada inimtoiduks, on sellele maisile eksponeeritud tarbijate hulk kaduvväike. Samuti ei saa olla suured tarbitavad kogused ning võimalus allergia tekkeks on väike. Järeldus: allergia tekkimise tõenäosus on keskmine, kuid võimalike inimtarbijate hulk on piiratud, samuti on söödavad kogused väga väikesed. Võimalus, et võltsprodukti suudetakse toota allergia tekkeks piisavalt suurtes kogustes ja pika aja vältel, peaaegu puudub.

Järeldus: risk on aktsepteeritav.

Näide 4.

Kartulisort, kuhu on sisse viidud geen, mis toodab teatud uut valku VALK2. Muud omadused täpselt samasugused kui tavalisel kartulil.

Kartulit tahetakse kasvatada tööstuslikuks otstarbeks tärglise saamiseks üle kogu Eesti.

1. Ohu määratlemine ja selle hindamine:

- a) Oht1: Uue geeni kandumine risttolmlemise teel teistesse kartulisortidesse või looduslikele liikidele.
- b) Oht 2: VALK2 seedub inimese seedekulglas aegalselt ja on seega potentsiaalne allergeen. Loomade seedesüsteemis seedub valk kiiresti.

2. Tõenäosuse hindamine, et oht realiseerub:

- a) Ohu 1 suhtes: Eestis ainsad looduslikud kartuli sugulasliigid on harilik ja must maavits, mis kartuliga ristandeid ei anna. Tõenäosus risttolmlemiseks looduslike sugulasliikidega puudub. Kartuli õietolm võib kanduda teistele kartulipõldudele, tõenäosus suur.
- b) Ohu 2 suhtes: Mida kauem on valk seedekulglas, seda suurem on tõenäosus, et ta võib tekitada allergiat. Seega klassifitseeritakse see valk keskmise tõenäosusega potentsiaalseks allergeeniks.

3. Riski hinnang:

Kartulit ei kasvatata seemnetest, seega ei ole risttolmlemine ohtlik põllumajandusele ega ka mahepõllumajandusele.

Kuigi kartul on mõeldud ainult tärglise tootmiseks, on alati olemas ka inimese söögilauale sattumise võimalus. Kuna VALK2 on raskesti seeditav, võib ta tekitada seedehäireid ja allergiat. Kuigi allergia tekkimise tõenäosus on keskmine ja senini pole seda suudetud tõestada, on risk siiski olemas.

Kartulit kasutatakse Eestis toiduna laialdaselt ja suurtes kogustes, kuuludes igapäevasesse söögisedelisse. Kuigi käesolev kartulisort on mõeldud eranditult tööstuslikuks kasu-



tamiseks, ei saa seejuures aga täielikult välistada juhuslikku või pahatahtlikku sattumist toidulauale. Ilma täiendavate piirangute rakendamiseta on risk mitteaktsepteeritav.

Järeldus 1: risk on mitteaktsepteeritav.

Täiendavate piirangute rakendamisega on võimalik hoida GM kartuli sattumine toidulauale minimaalsena.

Järeldus 2: risk hinnatakse aktsepteeritavaks pärast seda, kui taotleja esitab meetmete plaani kartuli juhusliku toidulauale sattumise vältimiseks ja kohustub üldsust teavitama GMO söömisega seotud ohtudest.

GMOde kasvatamine maailmas

Nr 1 USA* 57.7 miljonit ha Soja, mais, puuvill, raps, papaia, mesikas, kabatšokk	Nr 9 Uruguai* 0.5 miljonit ha Soja, mais	Nr 18 Tšehhi Vabariik <0.05 miljonit ha Mais
Nr 2 Argentiina* 19.1 miljonit ha Soja, mais, puuvill	Nr 10 Filipiinid* 0.3 miljonit ha Mais	Nr 19 Portugal < 0.05 miljonit ha Mais
Nr 3 Brasiilia* 15.0 miljonit ha Soja, puuvill	Nr 11 Austraalia* 0.1 miljonit ha Puuvill	Nr 20 Saksamaa <0.05 miljonit ha Mais
Nr 4 Kanada* 7.0 miljonit ha Raps, mais, soja	Nr 12 Hispaania* 0.1 miljonit ha Mais	Nr 21 Slovakkia <0.05 miljonit ha Mais
Nr 5 India* 6.2 miljonit ha Puuvill	Nr 13 Mehhiko* 0.1 miljonit ha Puuvill, soja	Nr 22 Rumeenia 0.05 miljonit ha Mais
Nr 6 Hiina* 3.8 miljonit ha Puuvill, tomat, pappel (haab), petuunia, papaia, magus pipar	Nr 14 Kolumbia <0.05 miljonit ha Puuvill, nelk	Nr 23 Poola <0.05 miljonit ha Mais
Nr 7 Paraguai* 2.6 miljonit ha Soja	Nr 15 Tšiili <0.05 miljonit ha Mais, soja, raps	
Nr 8 Lõuna-Aafrika* 1.8 miljonit ha Mais, soja, puuvill	Nr 16 Prantsusmaa <0.05 miljonit ha Mais	
	Nr 17 Honduras <0.05 miljonit ha Mais	

*13 tärniga märgistatud maad kasvatavad 50 000 ha või enam GMOsid Clive James 2007 järgi

