

STUK-A185

Kesäkuu 2001

Maitotuotteisiin kohdistuvat vasta- toimenpiteet ydinonnettomuus- tilanteessa

K. Sinkko¹, M. Ammann¹, E. Kostainen¹, A. Salo², K.
Liskola³, R. P. Hämäläinen⁴, J. Mustajoki⁴

¹ STUK – Säteilyturvakeskus

PL 14, FIN-00881 Helsinki, E-mails: kari.sinkko@stuk.fi,
michael.ammann@stuk.fi, eila.kostiainen@stuk.fi

² Kovapääntie 63, FIN-33680 Tampere, E-mail: anneli.salo@pp.inet.fi

³ Maa- ja metsätalousministeriö, Maatalousosasto
PL 30, FIN-00023 Valtioneuvosto, E-mail: kari.liskola@mmm.fi

⁴ Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin Laboratorio
PL 110, FIN-02015 TKK, E-mails: raimo@hut.fi, jyri.mustajoki@hut.fi

Selkäteksti:

STUK-**A185** Maitotuotteisiin kohdistuvat vastatoimenpiteet ydinonnettomuustilanteessa

Takakansi:

ISBN 951-712-450-3

ISSN 0781-1705

Edita Oyj, Helsinki 2001

STUKin raporttisarjoissa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 951-712-450-3
ISSN 0781-1705

Edita Oyj, Helsinki 2001

Myynti:
Säteilyturvakeskus
PL 14 00881 HELSINKI
Puh. (09)759 881

ALKUSANAT

Osana Euroopan Komission neljättä T&K -puiteohjelmaa on kehitetty päätöksenteon tukisysteemi RODOSTa, joka muodostaa kattavan tietokoneohjelmiston ydinonnettomuuksien hallintaan. Säteilyturvakeskus on omalta osaltaan pyrkinyt kehittämään vastatoimenpiteiden suunnittelua myös pitkällä aikavälillä. Jotta kaikkien päätöksentekoon osallistuvien tahojen näkemykset ja vaatimukset tulisivat otetuiksi huomioon, on Suomessa järjestetty sarja päätösriihiä. Ensimmäisten teemana vuosina 1997 ja 1999 oli onnettomuuden alkuvaiheen väestöön kohdistuvat suojelutoimenpiteet. Tässä työssä pääteema on myöhemmät suojelutoimenpiteet, erityisesti maitotuotteisiin kohdistuvista vastatoimenpidestrategioista päättäminen. Työhön on osallistunut monia eri alojen asiantuntijoita.

Onnettomuustapahtuman suunnittelivat ja seurausvaikutukset laskivat Michael Ammann, Riitta Hänninen, Kari Liskola, Eila Kostiainen, Ilkka Niemelä, Aino Rantavaara ja Anneli Salo. Harjoituksen www-kotisivusta, päätösanalyysistä, päätösriihen suunnittelusta ja järjestelyistä vastasivat Raimo Hämäläinen, Tiia Jokinen, Jyri Mustajoki ja Mats Lindstedt. He onnistuivat kiitettävällä työllään luomaan realistisen ja hedelmällisen harjoitustapahtuman.

Päätösriihtä edelsi sarja pienempiä asiantuntijoiden välisiä kokouksia tai yhteydenottoja, joissa valmisteltiin riihessä käsiteltäviä jatkotoimenpiteitä. Haluan erityisesti kiittää seuraavia riihen valmisteluun osallistuneita henkilöitä: Seija Jaakkola, Marketta Rinne ja Antti Suokannas, Maatalouden tutkimuskeskus MTT; Hannu Putula, Etelä-Pohjanmaan maaseutukeskus sekä Matti Huhtala, Valio, Seinäjoki.

Päätösriiheen osallistuivat seuraavat henkilöt: maatalousylitarkastaja Kari Liskola, maa- ja metsätalousministeriö; valmiuspäällikkö, Esa Latvio Elintarvikepooli Elintarviketeollisuusliitto ry; viestintäpäällikkö Irmeli Mustonen, Elintarviketeollisuusliitto ry; johtaja Pentti Moisio, Valio Oy / Maitopooli; hankintapäällikkö Heikki Mäkelä, Valio Oy/Maitopooli; eläinlääkintötarkastaja Satu Salmela, maa- ja metsätalousministeriö, Eläinlääkintä- ja elintarvikeosasto; kasvintuotantotoimiston päällikkö Jouko Uola, Etelä-Pohjanmaan maaseutukeskus; ylitarkastaja Kyösti Siponen, Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos, EVI; tutkimusjohtaja Sisko Salomaa, STUK; apulaisjohtaja Raimo Mus-

tonen, STUK; ylitarkastaja Kyllikki Aakko, STUK, laboratorionjohtaja Riitta Hänninen, STUK tutkija Eila Kostianen, STUK ja Anneli Salo. Heille lämpimät kiitokset osallistumisesta riiehen, paneutumisesta ongelmaan ja avoimesta keskustelusta, neuvoista ja päätökseen vaikuttavien tekijöiden arvottamisesta.

Päätösriihen jälkeen on tapahtunut organisaatio- ja nimenmuutoksia. MMM:n eläinlääkintä- ja elintarvikeosasto on 1.3.2001 lähtien eläinlääkintä- ja terveysosasto ELO, Maatalouden tutkimuskeskus on nyt Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, uusi Elintarvikevirasto EVI muodostettiin yhdistämällä Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen EELA:n elintarvikevalvonnan osasto ja entinen EVI. Se toimii MMM:n ELO:n alaisena, mutta sen yläpuolella ovat MMM:n lisäksi KTM ja STM, joita tulosohjausta varten edustaa Elintarvikevalvonnan yhteistyöryhmä. Nämä muutokset on pyritty ottamaan huomioon tässä raportissa.

Tätä työtä ovat rahoittaneet Elintarvikepooli, Huoltovarmuuskeskus ja Valio.

Kari Sinkko

SINKKO, Kari, AMMANN, Michael, KOSTIAINEN Eila, SALO, Anneli, LISKOLA Kari, HÄMÄLÄINEN, Raimo P, MUSTAJOKI, Jyri. Maitotuotteisiin kohdistuvat vastatoimenpiteet ydinonnettomuustilanteessa (STUK-A185). Helsinki 2001, 70 s.

ISBN 951-712-450-3
ISSN 0781-1705

Avainsanat ydinonnettomuustilanteiden hallinta, maitotuotteisiin kohdistuvat vastatoimenpiteet, moniattribuuttiriskianalyysi, päätöksenteon tukeminen, RODOS

TIIVISTELMÄ

Työssä selvitettiin hypoteettisen ydinonnettomuuden avulla millä vastatoimenpiteillä voidaan vähentää maitotuotteiden kautta saatavaa säteilyannosta. Erityisesti tarkasteltiin, onko kansainvälisten toimenpidetasojen alapuolella mahdollista tehdä toimenpiteitä, jotka ovat oikeutettuja ja optimoituja. Onnettomuuden kuviteltiin saastuttaneen keskikesällä laajan alueen Pohjanmaata, joka on yksi Suomen tärkeimpiä maidontuotanto- ja jalostusalueita. Tutkimuksessa arvioitiin toimenpiteillä saavutettua annoksen todellista vähene mistä sekä toimenpiteiden aiheuttamia kustannuksia ja toteuttamiskelpoisuutta. Lisäksi selvitettiin mitä tietoja eri tahot tarvitsevat päätöksenteon tueksi. Työssä tutkittiin myös miten vastatoimenpiteiden suunnittelua voidaan parantaa soveltamalla päätösanalyysin menetelmiä toimenpidevaihtoehtojen luomisessa ja päätöksiin liittyvien tekijöiden arvottamisessa. Päätösriihen ja sitä edeltävien valmistelevien kokouksien osallistujat olivat toimenpiteiden suunnittelusta ja esittelystä vastaavia viranomaisia.

Tehdyn kyselyn mukaan suurin osa osallistujista piti päätösriihtä ja päätösanalyysia käyttökelpoisena harjoituksissa. Myös harjoituksen hyödyllisyys kokonaisuutena arvioitiin suureksi tai erittäin suureksi. Todellisessa tilanteessa sovellettuna menetelmää pidettiin käyttökelpoisena vaikkakin hieman huonompana kuin harjoitustilanteessa. Päätösriihi ja päätöshaastattelut täydentävät siten hyvin tavanomaisia valmiusharjoituksia

Eriyisen vaikeaksi osoittautuivat realistiset annosarvioinnit. Nykyiset ohjelmistot kykenevät arvioimaan radionuklidien maksimipitoisuudet paikallisesti tuotetuissa ja paikallisista raaka-aineista jalostetuissa elintarvikkeissa. Annoksia ei kyetä laskemaan mielivaltaiselta ajanjaksolta. Nuklidien pitoisuudet muuttuvat nopeasti ja elintarvikkeiden tuotanto ja jalostus on monimutkainen prosessi, jossa rehu, raaka-aineet ja jalosteet liikkuvat paikkakunnalta toiselle. Täydellisen mallin kehittäminen kuluttanee liikaa voimavaroja, mutta laskentamenetelmiä on syytä kehittää riittävän tarkoiksi, jotta ne pystyvät tukkemaan päätöksentekoa.

Laskeuma-alueella tuotetaan merkittävä osa Suomen maitotuotteista. Jos laidunruoho korvataan puhtaalla rehulla, tarvitaan yli kolme miljoonaa kiloa rehua päivässä ja rehun kuljetukseen useita tuhansia rekkoja. Suurin osa osallistujista piti kuljetusten organisoimista mahdollisena. Maidon käyttökielto tai tuotannon muutokset aiheuttavat myös merkittäviä jäteongelmia. Maitoa tuotetaan noin kaksi miljoonaa kiloa päivässä. Sen kaatamista liete-kaivoon ja multaamista peltoon muiden radioaktiivisten eritteiden kanssa pidettiin eettisesti arveluttavana. Maidon, heran, prosessiveden, maitojauheen tai niitetyn heinän käsittelemiseen kaatopaikka- tai muuna jätteenä tai loppusijoittamiseen ei ole varauduttu. Jätteiden loppusijoittaminen on vaativa prosessi ja siihen tulisi varautua etukäteen.

Onnettomuuden ajankohta oli tuorerehun saatavuuden kannalta ehkä huonoin mahdollinen: edellisen vuoden sato on loppumassa ja uutta ei ole vielä korjattu. Myös onnettomuuden laajuus ja vakavuus on arvioitu todellisuudessa erittäin harvinaiseksi. Harjoituksen perusteella on arvioitavissa, että kotimaassa tapahtuvissa ydinonnettomuustilanteissa on hyvin todennäköisesti mahdollista toteuttaa kansainvälisten toimenpidetasojen alapuolella toimenpiteitä, jotka ovat oikeutettuja ja optimoituja. Kansainvälisesti hyväksytyjen toimenpidetasojen ylittyminen merkitsisi kaupan olevien maitotuotteiden käytön kieltämistä. Tehtyjen arvioiden perusteella käyttökielto aiheuttaa eniten haittaa.

SINKKO, Kari, AMMANN, Michael, KOSTIAINEN Eila, SALO, Anneli, LISKOLA Kari, HÄMÄLÄINEN, Raimo P, MUSTAJOKI, Jyri. Countermeasures for dairy products in nuclear emergencies (STUK-A185). Helsinki 2001, 70 pp.

ISBN 951-712-450-3

ISSN 0781-1705

Keywords nuclear emergency management, countermeasures on dairy products, multi-attribute risk analysis, decision support, RODOS

ABSTRACT

This work was performed in order to plan countermeasures that, after an accidental release of radioactivity, could reduce the dose to the public due to the consumption of contaminated milk and milk products. The attention was focused on whether there are justified and optimised actions below the international recommended concentration levels in foodstuffs. The analysis was conducted as a case study, i.e., it was assumed that a hypothetical accident had happened in a nuclear power plant leading to a release of radionuclides which severely contaminated a wide area of Ostrobothnia, one of Finland's most important milk production areas. The dose averted by actions, the monetary costs and the feasibility of actions were assessed. It was also studied what information is needed by decision-makers and in which form this information should be presented. Finally, it was examined how planning of countermeasures could be enhanced by applying decision analysis in establishing actions strategies and valuing attributes considered in decision-making. Preparative meetings and a concluding workshop was arranged and all authorities involved in food-related emergency management were invited to jointly analyse different options.

According to the query made the participants considered the decision workshop and decision analysis very practicable in exercises. The exercise as a whole was also evaluated useful or very useful. The presented techniques in a real situation were considered applicable but not as useful as in exercises.

Thus it can be deduced that the concluding workshop and decision analysis interviews augment well conventional emergency exercises.

Realistic dose assessments proved out to be very difficult. The software used was able to calculate the maximum radionuclide concentrations in foodstuffs processed from local raw materials. Radionuclide concentration in food or feedstuffs may, however, change quickly. Also, the production and processing of foodstuffs is a complex chain of events during which the raw material and end products move from locality to another. To take all this into account realistically might be too demanding considering the available resources. Nevertheless, appropriate dose assessments models should be developed to meet the needs of the decision-making.

Large amount of milk is produced in the hypothetical fallout area. If fodder from pasture is replaced by uncontaminated fodder produced elsewhere over three million kilos of clean fodder a day is needed and several thousands of lorries to transport it. The organisation of transportation was seen feasible by most participants. Prohibiting the use of milk or changes in production create measurable waste disposal problems. The milk production rate is about two million kilos a day. Disposing milk into a sludge well and mulching it into fields together with other radioactive excretions was considered ethically questionable. For the present, there are no plans to treat milk, whey, process water, milk powder or cut grass as dump or burial waste or to dispose them in a final repository. Waste disposal has proven out to be a demanding task and we should be prepared for it beforehand.

The availability of fodder at the time of the hypothetical accident was perhaps the worst possible: the crop of the previous year was drying up and the new one was not yet harvestable. The extent and severity of the accident was also estimated to be extremely rare in reality. Based on the analysis it could be concluded that in a national nuclear accident justified and optimised countermeasures could very probably be implemented below internationally recommended concentration levels in foodstuffs. If the international intervention levels were exceeded the use of milk products on sale should be prohibited. According to the analysis the costs due to banning of use causes the most disadvantage.

SISÄLTÖ

	sivu
ALKUSANAT	3
TIIVISTELMÄ	5
ABSTRACT	7
1 JOHDANTO	10
2 YDINONNETTOMUUSTILANTEIDEN HALLINTA SUOMESSA	14
3 MAIDONTUOTANTO JA MAHDOLLISIA VASTATOIMENPITEITÄ	17
3.1 Maidontuotanto Pohjanmaalla	17
3.2 Maidontuotantoon kohdistuvat toimenpiteet ja niiden soveltuvuus annetussa onnettomuustilanteessa	19
4 ONNETTOMUUSTAPAHTUMA JA YMPÄRISTÖSEURAAMUKSET	27
4.1 Onnettomuustapahtuma	27
4.2 Väestönsuojelutoimenpiteet	29
4.3 Seuraamukset maidontuotantoon	31
5 TOIMENPIDEVAIHTOEHTOJEN ANALYSOINTI	42
5.1 Päätösriihi	42
5.2 Päätösriihen toteutusympäristö	43
5.3 Ongelman mallintaminen	46
5.4 Päätöksiin vaikuttavien tekijöiden merkittävyyden arvioiminen	51
5.5 Tulokset	53
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	62
7 KIRJALLISUUSVIITTEET	67

1 JOHDANTO

EU on viime vuosina kehittänyt ydinonnettomuustilanteiden hallintaan kattavaa RODOS-ohjelmistoa (Real time On-line DecisiOn Support, Ehrhardt ja Weis, 2000). Osana RODOS-projektia STUK on järjestänyt vuosina 1997 ja 1999 sarjan säteilysuojelutoimenpiteiden suunnitteluun liittyviä analyysejä. Nämä päätösanalyyssillä tuetut tutkimukset, jotka tarkastelivat ydinonnettomuuden varhaisvaiheessa tehtäviä säteilysuojelutoimenpiteitä, järjestettiin yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratorion (SAL) kanssa (Hämäläinen et al., 1998 ja 2000). Säteilysuojelutoimenpiteiden suunnittelun jatkamiseksi ja päätöksenteon tukimenetelmien kehittämiseksi nähtiin tarpeelliseksi järjestää kolmas sarja kokouksia, joissa aiheena olisi onnettomuuden myöhäisempi vaihe. Tarkoitus oli jatkaa aloitettua työtä erityisesti määrittämällä kattavammin toteuttamiskelpoisia toimenpiteitä, päätöksiin vaikuttavia tekijöitä ja mitä tietoa päätöksenteossa tarvitaan. Haluttiin myös selvittää mahdollisuuksia soveltaa päätösanalyyssimenetelmiä toimenpiteiden suunnittelussa, harjoituksissa ja mahdollisesti itse tilanneaikaisessa päätöksenteossa.

Ensimmäinen sarja konferensseja vuonna 1997 saavutti asetetut tavoitteet toimenpiteiden suunnittelussa, päätöksiin vaikuttavien tekijöiden määrittelyssä, ongelman strukturoinnissa, arvoanalyyssissä ja hyötyanalyyssin esittelyssä sekä RODOS-systeemin käytettävyyden arvioinnissa. Osallistujat myös perehdyttiin siihen, kuinka päätösanalyyssiä voidaan soveltaa onnettomuuden varhaisen vaiheen toimenpiteiden suunnittelussa. Kuitenkin, koska päätösanalyysi ja analyyssillä tuettu kokous menetelminä ovat uusi sovellusalue säteilysuojelussa, jäi joukko kysymyksiä avoimiksi. Siksi katsottiin tarpeelliseksi täydentää analyyssiä lähestymällä ongelmaa haastattelutekniikkaa käyttämällä ja soveltamalla epävarmuuksien käsittelyyn muita menetelmiä kuin hyötyanalyyssiä. Toisen sarjan päätösanalyyssihaastattelut tehtiin vuonna 1999. Haastattelututkimuksessa käsiteltiin samaa onnettomuustapahtumaa kuin tässä raportissa on kuvattu mutta sen teemana olivat väestöön kohdistuvat suojelutoimenpiteet kuten sisälle suojautuminen, suojaväistö ja jodiprofylakia (Hämäläinen et al., 2000). Haastattelut muodostavat siten tärkeän ja saumattoman osan tässä raportissa esitettyä työtä.

Tässä työssä kuvattu päätösriihi järjestettiin keväällä 2000 laajentamaan ja täydentämään aiemmin aloitettua työtä. Tutkimuksen aihe rajattiin maitoon ja maitotuotteisiin kohdistuviin vastatoimenpiteisiin ja niiden toteuttamiseen liittyviin kysymyksiin. Kokoussarjan aikana tehdyt päätökset olivat peräkkäisiä: ensimmäisessä kokouksessa käsiteltiin onnettomuuden ensimmäisenä päivänä karjan ja maidontuotannon turvaamiseksi tehtäviä toimenpiteitä. Ennen varsinaista päätösanalyysillä tuettua aivoriihtä pidettiin pieniä teknisiä kokouksia ja haastateltiin asiantuntijoita. Näissä tapaamisissa valmisteltiin ja viimeisteltiin päätöksentekoon liittyviä kysymyksiä. Menettelyllä pyrittiin seuraamaan todellista päätösten valmisteluprosessia. Päätösriihen tehtävänä oli 'päättää' maitoon ja maitotuotteisiin liittyvistä jatkotoimenpiteistä ajankohtana, jolloin laskeuman määrä ja sen koostumus oli selvitetty ja elintarvikkeista sekä rehusta oli tehty tilanteen kartoittamiseksi tarvittavat näytemittaukset.

Vastatoimenpiteiden suunnittelu ja niistä päättäminen ydinonnettomuuden jälkeen ei ole pelkästään tekninen ongelma. Säteilysuojelutoimenpiteistä päättämistä ei ohjaa yksin vaatimus vähentää väestön säteilyannosta, vaan päätökseen vaikuttavat väistämättä muutkin tekijät kuten rahalliset kustannukset, sosiaaliset ja psykologiset tekijät (stressi, huoli, turvallisuus) ja toimenpiteiden toteuttamiskelpoisuus. Näillä päätöksillä on kauaskantoisia seuraamuksia ja kuitenkin ne on tehtävä nopeasti olosuhteissa, joissa onnettomuuden ja toimenpiteiden seuraamukset ovat epävarmoja. Lisäksi päätöksentekijöiden ja edunvalvojien edustamat moraaliset ja eettiset arvot ovat yhtä tärkeitä päätöksenteossa kuin onnettomuuden seuraamuksiin liittyvät tekniset kysymykset. Tämä monimutkainen tilanne asettaa siten suuria vaatimuksia päätöksentekoprosessille ja päätöksenteon tukijärjestelmille. On tärkeää pysyä erottamaan ja käsittelemään sekä asia- että arvokysymykset.

Suojelutoimenpiteitä koskevat päätökset tehdään esittelyperiaatetta käyttäen. Päätöksen valmisteluun osallistuu eri sektorien edunvalvojia ja asiantuntijoita, joiden näkemykset kaikkien on ymmärrettävä ja otettava tasapuolisesti huomioon. Tämä asettaa suuria vaatimuksia neuvottelutekniikalle ja käytetylle tiedolle: mitä ja missä muodossa tietoa tulee esittää ja hyödyntää. Päätöksiin vaikuttavat tekijät ja toimenpiteiden seuraukset on kyettävä esittämään lyhyesti ja selkeästi myös lopullisen päätöksen tekijöille sekä niille, joita päätökset koskettavat.

Kansainväliset järjestöt ovat julkaisseet suosituksensa yleisluonteisiksi toimenpidetasoiksi väestön suojelemiseksi, elintarvikkeiden kansainvälistä kauppaa koskevat toimenpidetasot, joiden alapuolella kansainvälistä kauppaa ei tule rajoittaa, sekä EU:n toimenpidetasot kaupan oleville elintarvikkeille ja rehuille. Lisäksi kansainväliset organisaatiot ovat myös suositelleet numeerisia arvoja vältetyn annoksen ja toimenpiteiden kustannusten väliseksi vaihtoarvoksi (Council Regulation No. 3954/87, EU Radiation Protection 87, IAEA Safety Series No. 109, IAEA Safety Series No. 115). Yksi tämän työn tärkeä tavoite oli tutkia tarkemmin miten toimenpiteet toteutetaan käytännössä ja voidaanko annettujen toimenpidetasojen alapuolella tehdä toimenpiteitä, jotka ovat oikeutettuja ja optimoituja. Tavoitteena oli myös selvittää, mitä tietoa tarvitaan päätöksenteon tueksi ja missä muodossa. Pyrkimyksenä oli tuoda eksplisiittisesti päätöksentekoon päätöksentekijöiden arvot ja vakaumukset ja parantaa siten kommunikointia. Tavoitteena oli myös määrittellä toimenpiteet ja ne tekijät, joita tulee harkita päätöksenteossa sekä selvittää niiden painoarvo päätöksessä.

Säteilysuojelutoimenpiteiden suunnittelun alalla tehtyä työtä ovat aiemmin julkaisseet esimerkiksi Ahlbrecht et al (1997), Bäverstam et al. (1997), French (1996), French et al (1993, 1996) ja Hämäläinen et al (1998 ja 2000). Tehty työ on osoittanut, että päätösanalyysimenetelmien tuki ryhmäpäätöksissä on parantanut ja syventänyt keskustelua, tuonut esiin kysymyksiä, joita ei käsitellä tavanomaisten harjoitusten yhteydessä, ja osoittanut mitä tietoa päätöksenteossa tarvitaan. Päätösanalyysi tarjoaa analyyttisen menetelmän harjoitusten läpivienniksi ja tulosten käsittelemiseksi. Hyötyanalyysin edellyttämä ongelman strukturointi on osoittautunut hyödylliseksi; määrittelemällä ja erittelemällä selkeästi tavoitteet ja toimenpiteet, joilla tavoitteet saavutetaan, selkeytetään päätöksentekoa ja keskustelua. Kuitenkin hyötyanalyysin käyttö päätöstilanteissa, joihin liittyy epävarmuuksia, on osoittautunut vaikeaksi. Kokouksiin osallistujat eivät ole tunteneet hyötyanalyysin menetelmiä eivätkä ole tottuneet käyttämään rutiininomaisesti todennäköisyyksiä.

Päätösanalyysimenetelmää on sovellettu myös ympäristösuojeluun ja energia-politiikkaan liittyvissä päätöksissä (Apostolakis ja Pickett 1998, Hämäläinen 1988, 1990, 1991, 1992, Hämäläinen ja Karjalainen 1992, Keeney 1980). Tavoitteena on ollut lisätä myös edunvalvojen osallistumista päätöksentekoprosessiin (Marttunen ja Hämäläinen 1995).

Tämän raportin rakenne on seuraava: Kappaleessa 2 kerrotaan Suomen laki-perusteinen ja organisatorinen päätöksentekonstrukturi ydinonnettomuustilanteiden hallinnassa sekä päätöksentekoon osallistuvat organisaatiot. Maidontuotanto Pohjanmaalla ja toimenpiteet, jotka katsottiin tilanteeseen soveltuviksi, niiden tehokkuus, toteutettavuus ja kustannukset on kerrottu kappaleessa 3. Seuraavassa kappaleessa kuvataan onnettomuuden ensimmäinen päivä: onnettomuustapahtuma, aiemmin analysoidut ja väestöön kohdistuneet toimenpiteet sekä maidontuotantoon kohdistuneet toimenpiteet. Kappaleissa 2 - 4 kuvatut asiat muodostivat myös päätösriihelle jaetun tietopaketin keskeisen sisällön. Päätösriihi, sen toteuttaminen, arvopuun muodostaminen, arvojen asettaminen, toimenpidevaihtoehtojen analysointi ja tulokset - kaikki tämä on kuvattu kappaleessa 5. Keskeisimmät havainnot (päätösriihen käytettävyys, päätösanalyysin soveltuvuus harjoitus- ja tilanneaikaiseen käyttöön, toimenpiteiden arvojärjestyksen pohdinta sekä esiin tulleet ongelmat ja kehittämiskohteet) on esitetty kappaleessa 6.

2 YDINONNETTOMUUSTILANTEIDEN HALLINTA SUOMESSA

Ydinonnettomuustilanteiden hallinnan peruseriaate Suomessa on, että kukin hallinnonhaara on vastuussa valmiusjärjestelyistä ja toimenpiteistä sekä niistä tiedottamisesta omalla toimivalta-alueellaan. Siten kukin ministeriö päättää vastatoimenpiteistä toimivalta-alueellaan ja esittelee asian hallitukselle niissä tapauksissa, jotka edellyttävät poliittista sitoumusta. Päätösten tekoon osallistuvat organisaatiot ja päätöksiin liittyvä tiedotusvastuu voivat siten vaihdella riippuen onnettomuuden vaiheesta. Sisäasiainministeriö on vastuussa toimenpiteiden yleisestä koordinoinnista keskushallinnossa, erityisesti onnettomuuden varhaisvaiheessa.

Säteilylaki ja -asetus määräävät ne yleiset periaatteet, jotka tulee ottaa huomioon suojeltaessa väestöä ja toimenpiteiden toteuttajia ionisoivalta säteilyltä myös onnettomuustilanteessa. Normaalista poikkeavien säteilytilanteiden varalta sisäasiainministeriö antaa säteilylain nojalla yleiset määräykset ja ohjeet toimenpiteiden suunnittelemiseksi ja yhteensovittamiseksi.

Operatiivinen toiminta ja eri toimialoilla tehtävät päätökset toimenpiteistä perustuvat kunkin vastualueen omaan lainsäädäntöön. Keskeinen laki onnettomuustilanteiden varalle on pelastustoimilaki, joka kattaa palo- ja pelastustoimen sekä väestönsuojelun. Pelastustoimilaki määrää oikeudet ja vastuut niille, jotka päättävät ja toimeenpanevat kiireellisiä suojelutoimenpiteitä kuten sisälle suojautuminen, evakuointi, puhdistustoimenpiteet ja muut varautumissuunnitelmissa selostetut kiireellisesti tarvittavat toimenpiteet. Pelastustoimiasetus määrittelee myös keskeisten virastojen ja laitosten osallistumisen pelastustoimintaan.

Kotimaisissa onnettomuuksissa toimintaa johtaa onnettomuuskunnan pelastusviranomainen (pelastustoimessa useampi kunta muodostaa yhteistoiminta-alueen, jossa pelastustoimintaa johtaa aluepalopäällikkö; ydinvoimalaitosalu-eiden osalta yksityiskohtaiset suunnitelmat ovat valmiussuunnitelmissa). Kaikki asianosaiset paikalliset viranomaiset ovat edustettuina pelastusviranomaista avustavassa johtoryhmässä.

Läänin tasolla lääninhallitus (kaikki viranomaistahot edustettuina) ja valtakunnallisella tasolla sisäasiainministeriö voivat antaa tarpeen mukaan pelastustoimeen liittyviä määräyksiä. Onnettomuuden akuutissa vaiheessa sisäasiainministeriö voi asettaa koordinaatioryhmän, jossa ovat edustettuina kaikki asianosaiset ministeriöt ja asiantuntijaorganisaatiot. Kukin viranomainen vastaa kuitenkin itse toimialansa päätöksenteosta sen mukaan kuin niistä on säädetty alakohtaisissa, esimerkiksi maataloutta tai elintarvikkeita koskevissa säädöksissä.

Suomea kohtaavassa ulkomaisessa onnettomuudessa tilannetta johtaa sisäasiainministeriö. Se päättää myös onnettomuuden vuoksi annettavasta ja pyydettävästä ulkomaisesta avusta.

Koska päätökset toimenpiteistä onnettomuustilanteissa eri toimialoilla perustuvat voimassa olevaan lainsäädäntöön, jakautuu vastuu toisaalta kunnan, läänin ja valtakunnan tason kesken ja toisaalta eri hallinnonalojen kesken. Eräiden ydinonnettomuuden kannalta keskeisten hallinnonalojen osalta jako on seuraava:

Sosiaali- ja terveysministeriö vastaa väestön terveyden turvaamisesta (ohjeet jodiprofylaksista varautumissuunnitelmissa, juomaveden valvonta, psykososiaalinen tuki, lääkintähuolto jne.) ja evakuoitujen perushuollosta. Sen alaisena toimii kaikkia hallinnon aloja avustava asiantuntijalaitos, Säteilyturvakeskus (STUK). STUK valvoo ydinennergian ja säteilyn käytön turvallisuutta ja vastaa valtakunnallisen säteilyvalvonnan ylläpitotehtävistä. Lisäksi STUK vastaa ilmoitusten, varoitusten ja suojelutoimia koskevien suositusten antamisesta, huolehtii säteilytapahtumien turvallisuusmerkityksen arvioinnista ja osallistuu asiantuntijana sellaisten ydinennergian ja säteilyn käyttöön liittyvien turvallisuuskysymysten käsittelyyn, joiden tarkoituksena on säteilyn vahingollisten vaikutusten estäminen ja rajoittaminen.

Maa- ja metsätalousministeriö on vastuussa toimenpiteistä, jotka koskevat maa-, metsä- ja kalataloutta, sekä EU:n maa- ja kalataloutta koskevan politiikan täytäntöönpanoa. Sen alaisuudessa toimii Elintarvikevirasto, jonka tehtävänä on kansallisen elintarvikevalvonnan johtaminen. Toiminta kattaa kaikkien elintarvikkeiden valvonnan pelloilta pöytään.

Kauppa- ja teollisuusministeriö ohjaa Elintarvikevirastoa kaupan olevien elintarvikkeiden osalta. Kauppa- ja teollisuusministeriön alainen Huoltovar-

muuskeskus (HVK) on vastuussa elintarvikehuollon suunnittelusta ja varautumisesta poikkeusolojen varalle.

Ympäristöministeriö ohjaa rakentamista uudelleen sijoitettavan väestön asuttamiseksi. Se antaa asiantuntija-apua pelastustoimenpiteisiin liittyvässä ympäristövahinkojen vaikutusten arvioinnissa, kuten esim. saastuneen maan reklaamaatiossa ja puhdistustoiminnassa syntyneen jätteen käsittelyssä.

Liikenne- ja viestintäministeriö vastaa hätä- ja muiden viranomaistiedotteiden välittämisestä yleisölle sähköisten joukkoviestinten kautta, liikenneväylien käytöstä ja kuljetusten järjestämisestä evakuoinnissa. Sen alaisuudessa toimii Ilmatieteen laitos, joka antaa säätiedot ja -ennusteet, osallistuu säteilyvalvontaan ja esittää arviot radioaktiivisten aineiden kulkeutumisesta ilmakehässä.

Muita asianosaisia laitoksia ja ministeriöitä onnettomuustilanteessa ovat valtioneuvoston tiedotusyksikkö, joka koordinoi tiedotustoimintaa ja ulkoasiainministeriö, joka tiedottaa kotimaista onnettomuutta koskevista asioista kansainvälisille tiedotusvälineille. Puolustusvoimien osallistumisesta pelastustoimintaan sovitaan puolustusministeriön ja sisäasiainministeriön välisessä sopimuksessa.

3 MAIDONTUOTANTO JA MAHDOLLISIA VASTATOIMENPITEITÄ

3.1 Maidontuotanto Pohjanmaalla

Pohjanmaa on maatalousaluetta, jonka maidontuotanto on yli viidesosa koko maan tuotannosta. Rehuviljaa tuotetaan alueella yli sen oman tarpeen. Säilörehu tuotetaan yleensä omalla tai naapuritilalla. Kuivaheinän käyttö lehmien ruokinnassa on vähäistä. Laidunkausi alkaa kesäkuun alussa ja kestää syyskuun puoleenväliin. 85 % lehmistä on kesällä laitumella. Joillakin tiloilla lehmät ovat sisällä koko ajan, jolloin kesällä ruokintaan käytetään tuoretta nurmi- ja säilörehua.

Luonnonlaitumia ei enää juurikaan käytetä. Laitumena käytettävät pellot ovat yleensä lähipeltoja, joiden viljelykäytännöt ovat samat kuin säilörehu- ja kuivaheinäviljelyyn käytetyillä pelloilla. Nurmet kynnetään 3 - 5 vuoden välein. Nurmia perustettaessa lannoitteet levitetään keväällä muokattuun maahan, myöhemmin vuosina lannoitteet annetaan pintalevityksenä keväällä ja niittojen jälkeen. Nurmet perustetaan suojaviljaan.

Säilörehu korjataan 2 - 3 kertaa kesässä sääolosuhteista riippuen. Ensimmäinen korjuuajankohta on 15. - 20.6., toinen heinä-elokuun vaihteessa ja kolmas 5. - 10.9. Kuivaheinän korjuu tapahtuu kesä-heinäkuun vaihteessa, jonka jälkeen samoilta pelloilta voidaan tehdä vielä säilörehua tai käyttää niitä laitumena. Laidunruoho on syötävissä aikaisintaan kahden viikon kuluttua leikkuusta. Säilörehun kasvu korjuukelpoiseksi kestää alkukesällä 5 - 6 viikkoa, loppukesällä kauemmin.

Lehmien rehuannos koostuu karkearehuista ja väkirehuista. Yleisimmät karkearehut ovat nurmirehuja eli laidunruohoa, hapattamalla säilöttyä säilörehua tai kuivaamalla säilöttyä heinää. Yleisimmät väkirehut ovat rehuvilja (ohra ja kaura) sekä kaupalliset täys- ja valkuaisrehut. Karkearehujen osuus suomalaisten tarkkailulehmien rehuannoksesta on lähes 60 %. Märehtijöiden ruuansulatusprosessien normaalin toiminnan takaamiseksi rehuannoksen on aina sisällettävä merkittävästi karkearehuja, sillä liian suuri väkirehujen

osuus laskee pötsin happamuutta aiheuttaen eläimelle terveyshaittoja (Rinne, 2001).

Maidontuotannosta 97 % menee meijereihin, loppuosa käytetään tiloilla eläimille ja ihmisravinnoksi. Suoramyynti tiloilta kuluttajille on vähäistä.

Pohjanmaan maidontuotannosta suurin osa menee Seinäjoen meijeriin, jonka tuotannosta maidon ja piimän osuus on noin 30 - 40 %. Suurin osa raakamaidosta käytetään jauheeksi ja rasvatuotteiksi (jauheista 70 - 75 % menee vientiin). Seinäjoen meijerin maitonesteet kulutetaan oman tuotantoalueen sisällä. Seinäjoen meijeri on erikoistunut voin tuotantoon, ja sinne tuodaan kermaa muualta Suomesta voin raaka-aineeksi. Pohjanmaan alueen pienmeijerit tuottavat nestetuotteita ja juustoja vastaanottamastaan raakamaidosta. Maidon keräily Valion meijereihin hoidetaan yhteisen ketjun kautta, pienillä yksityismeijereillä on omat keräilyketjunsä.

Tuotantoprosessi rikastaa tai laimentaa radionuklidien pitoisuuksia, esimerkiksi voissa jodin pitoisuus on 50 % ja cesiumin 20 % raakamaidon pitoisuudesta. Jalostuskertoimella voidaan kuvata radionuklidien kulkeutumista raakatuotteesta jalosteeseen. Tässä jalostuskertoimella tarkoitetaan maitotuotteen ja raakamaidon pitoisuuksien suhdetta. Jalosteen tuotto ilmaisee puolestaan sen, kuinka paljon jalostettua tuotetta saadaan yhdestä raakamaitokilosta. Se saadaan jakamalla valmiin tuotteen paino raaka-aineen painolla. Jos tuote on kontaminoitunut lyhytikäisillä nuklideilla, voidaan pitoisuutta vähentää pidentämällä varastointiaikaa. Taulukossa I on annettu jalostuskertoimet, tuotto ja minimivarastointiajat tärkeimmille tuotteille.

Taulukko I. *Tärkeimpien maitotuotteiden jalostuskertoimet, minimivarastointiajat ja tuotto maitokiloa kohti. Alimmalla rivillä on Seinäjoen meijerin raakamaidon käyttö eri tuotteiden valmistuksessa.*

	Tuore- maito	Maito- jauhe	Voi	Kerma	Juoksete- juusto	Hapan- maito- juusto
Jalostuskerroin jodille	1,0	8,3	0,5	0,7	0,6	1,4
Jalostuskerroin cesiumille	1,0	8,3	0,2	0,7	0,6	0,6
Jalostus- ja varastointiaika (vrk)	1	30	10	2	30	2

Tuotto	1,0	0,12	0,05	0,1	0,1	0,1
Tuotanto-osuus raakamaidosta (%)	30-40	60-70	60-70	0	0	0

3.2 Maidontuotantoon kohdistuvat toimenpiteet ja niiden soveltuvuus annetussa onnettomuustilanteessa

Alla esitetty vastatoimenpideluettelo on tehty päätösriihtä varten ja siinä on otettu huomioon käsiteltävän laskeumatilanteen olosuhteet. Se ei ole siten kattava ja soveltuva kaikkiin laskeumatilanteisiin.

Karjan siirtäminen sisätiloihin ja/tai pitäminen sisällä ja sisäruokinta

Toimenpide

Karjan siirtäminen sisätiloihin ja sisäruokintaan on uhka- ja varhaisessa päästövaiheessa toteutettava ennakoiva toimenpide, joka toteutetaan potentiaalisella laskeuma-alueella ennen radioaktiivisen pilven saapumista. Laidunruoho korvataan varastoissa olevalla nurmirehulla (säilörehulla tai heinällä) tai lisäämällä väkirehun osuutta ruokinnassa. Varastossa oleva rehu ja avoin juottovesi suojataan mahdollisuuksien mukaan. Karja- ja rehusuojien ovet ja ikkunat suljetaan ja ilmanvaihto minimoidaan.

Ajankohta ja kesto

Karjan siirto sisälle tehdään ennen pilven saapumista. Kun päästö on loppunut ja laskeuma-alue on määritetty, toimenpide lopetetaan ja siirrytään jatko-toimenpiteisiin.

Tehokkuus

Säteilyannos pienenee tekijällä, joka saadaan kun korvaavan rehun pitoisuus jaetaan kontaminoituneen laidunruohon pitoisuudella.

Toteutettavuus

Toimenpiteen toteuttamisen rajoitteena on tiloilla varastoissa olevan rehun riittävyys. Rehuvarastot tiloilla onnettomuusajankohtana ennen juhannusta ovat pienimmillään talven jäljiltä ja uuden säilörehun korjuu ei ole vielä alkanut. Toimenpide on muuten helposti toteutettavissa, koska lehmät laiduntavat yleensä lähipelloilla ja ne viedään lypsyä varten sisälle. Uhka-alue on syytä määritellä riittävän suureksi, jotta alueen laajentamista jälkikäteen ei tarvita.

Kustannukset

Kustannuksia koituu korvaavasta rehusta. Heinän kauppahinta on laadusta riippuen pienpaaleissa 0,2 - 0,3 EURO/kg, suurpaaleihin korjatun säilörehun hinta 0,03 - 0,04 EURO/kg ja kuljetuskustannukset 0,02 EURO/kg.

Tuorerehun korjaaminen ennen laskeumaa*Toimenpide*

Potentiaalisella laskeuma-alueella tuorerehu tai heinä korjataan talteen ja suojataan ennen radioaktiivisen pilven saapumista. Rehu varastoidaan kevyesti hapotettuna säilyvyyden parantamiseksi. Normaali heinäkasvuston korjaaminen muoviin käärittyihin suurpaaleihin (paino 500 - 550 kg) vaatii päivän esikuivatuksen pellolla.

Ajankohta ja kesto

Toimenpide tehdään ennen radioaktiivisen pilven saapumista.

Tehokkuus.

Tehokkuus määräytyy siitä, kuinka suurelta alueelta laskeuma-alueen pinta-alasta rehun korjaaminen voidaan tehdä. Säteilyannos pienenee tekijällä, joka saadaan, kun korjatun alueen rehun keskimääräinen pitoisuus (korjatun ja korjaamattoman rehun keskiarvo) jaetaan kontaminoituneen laidunruohon pitoisuudella. Mahdollisesta satotappiosta aiheutuva annos voidaan laskea satotappion suuruuden ja korvaavan rehun pitoisuuden avulla.

Toteutettavuus

Toimenpidettä rajoittavana tekijänä on työvoiman ja -koneiden saatavuus. Korjuuseen tarvitaan myös riittävästi aikaa (noin 10 - 15 tuntia) ennen kuin pilvi saapuu alueelle. Arvioitiin, että parhaassa tapauksessa päivän aikana ehditään korjata puolet normaalisadosta. Satotappioita aiheutuu liian varhaisesta korjuusta ja saamatta jäävästä rehusadosta, joka tässä on oletettu neljäsosaksi normaalisadosta¹. Ensimmäinen sato on noin puolet koko satokauden määrästä.

¹ Onnettomuusvuoden kasvukauden on oletettu vastaavan keskimääräisiä kasvuolosuhteita.

Kustannukset

Työvoimakustannukset ovat yhtä konetta kohti noin 0,2 - 0,3 miestyöpäivää/ha. Tehokkaassa korjuuketjussa on kolme miestä ja kolme traktoria, jolloin työntulos on 3 - 5 ha työpäivän aikana kuljetusetäisyydestä ja sadon määrästä riippuen. Liian varhaisen sadonkorjuun vuoksi satomäärä jää normaalia pienemmäksi ja lisäkustannuksia aiheutuu korvaavan rehun hankinnasta. Rehun hinnaksi on arvioitu 0,03 - 0,04 EURO/kg.

Puhtaamman rehun hankinta laskeuma-alueen ulkopuolelta*Toimenpide*

Saastunut laidunruoho korvataan kokonaan tai osittain heinäpohjaisella rehulla. Puuttuva rehu hankitaan lievästi saastuneelta alueelta tai laskeuma-alueen ulkopuolelta.

Ajankohta ja kesto

Rehun vaihto tehdään välittömästi ruokintaan kelpaavan rehun loputtua. Toimenpide lopetetaan, kun entiseen käytäntöön voidaan palata tai tilakohdaisiin toimenpitein tuottaa riittävän puhdasta rehua.

Tehokkuus

Säteilyannos pienenee tekijällä, joka saadaan jakamalla korvaavan rehun pitoisuus korjaamattoman rehun pitoisuudella.

Toteutettavuus

Rehuvaihtoehtoja ovat puhtaalla alueella tuotetut nurmirehut. Saastunut alue on määriteltävä ja siellä tuotettu rehu monitoroitava ennen käyttöönottoa.

Kustannukset

Ostorehun hinnaksi arvioitiin 0,03 - 0,04 EURO/kg ja kuljetuskustannuksiksi 0,02 EURO/kg

Saastuneen maidon käytön kieltäminen ja hävittäminen*Toimenpide*

Kulutukseen tai jatkojalostukseen kelpaamattoman maidon tai maitojalosteiden käyttö kielletään ja ne hävitetään. Korvaava maito hankitaan lievästi saastuneelta alueelta tai laskeuma-alueen ulkopuolelta.

Ajankohta ja kesto

Toimenpide voidaan tehdä välittömästi, kun laskeuman ja maidon pitoisuusmittauksin voidaan ennakoida, että toimenpidetasot ylittyvät eivätkä vaihtoehtoiset toimenpiteet ole riittäviä. Toimenpide lopetetaan, kun toimenpidetasojen alittuminen on todettu mittauksilla.

Tehokkuus

Säteilyannos pienenee tekijällä, joka saadaan jakamalla korvaavan maidon pitoisuus kielletyn maidon pitoisuudella.

Toteutettavuus

Tilakohtainen monitorointi ja luokittelu on tarpeen ennen maidon käytön kieltämistä ja hävittämistä. Saastuneen maidon hävittäminen on ongelmallista lyhyessä ajassa kertyvien suurien määrien vuoksi. Mahdollisia hävittämistapoja ovat maidon kaataminen tilan lietekaivoon (rajoitetusti), toimittaminen kaatopaikalle, multaaminen peltoon (kesantomaahan multaavalla levitysvaunulla). Osa maidosta voidaan juottaa vasikoille. Suuria määriä nestemaitoa kaatopaikat tuskin ottavat vastaan ja multaaminen peltoon tai juottaminen vasikoille on eettisesti kyseenalaista.

Kustannukset

Kustannuksia koituu tuotetusta maidosta ja sen hävittämisestä. Maidon tuotajahinta on 0,45 EURO/kg. Maidon hävittämisestä koituvien kuljetus- ja muiden kustannuksien arvioitiin olevan 0,02 EURO/kg.

Tuotantomuutos tuoremaidosta rasvoihin ja juustoihin*Toimenpide*

Tuotantoa vaihdetaan kulutusmaidon tuotannosta voihin ja juustoon, jotka voidaan varastoida. Varastoinnin aikana lyhytikäisen ¹³¹I:n pitoisuus laskee radioaktiivisen hajoamisen kautta hyväksyttävälle tasolle.

Ajankohta ja kesto

Tuotantomuutos voidaan aloittaa laskeuman koostumuksen ja määrän selvityä. Toimenpide lopetetaan, kun mittauksin voidaan varmistaa maidon pitoisuuden lasku hyväksyttävälle tasolle.

Tehokkuus

Voin ja juuston valmistuksessa poistuu radionuklideista 89 - 99 % tuotteesta ja nuklidista riippuen. On huomattava, että vaikka radiojodi ja cesium siirtyvät vain vähän voihin ja juustoon ja radiojodi häviää varastoinnin aikana, on cesiumin pitoisuus voissa ja juustossa 20 - 60 % raakamaidosta. Tämä johtuu niiden valmistamiseen tarvittavasta suuresta maitomäärästä (taulukko I).

Toteutettavuus

Meijerit saattavat lopettaa kontaminoituneen maidon jalostuksen, koska saastuneella alueella tuotettujen tuotteiden hyväksyttävyyden epävarmuus. Saastuneen alueen määrittely on tehtävä ennen toimenpidettä ja kontaminoituneen alueen maito ohjattava eri paikkaan kuin puhtaalta alueelta tuleva maito. Voin ja juuston valmistuksessa syntyvän cesiumia runsaasti sisältävän heran hyötykäyttö on tuskin mahdollista ja sen, samoin kuin tuoremaidon, hävittäminen on ongelmallista.

Kustannukset

Tuotantomuutosten kustannukset on arvioitu vähäisiksi ja heran hävittämiskustannuksiksi 0,01 EURO/l.

Laitumien puhdistaminen niittämällä kuivalaskeumatilanteessa*Toimenpide*

Niitetään laitumet lyhyeen sänkeen. Ruoho kerätään ja haudataan jätteenä.

Ajankohta ja kesto

Niitto tehdään mahdollisimman pian laskeuman tulon jälkeen (puoliintumisaika ruohossa on 5 - 30 päivää) (Rantavaara 2000). Jotta toimenpiteellä vähennettäisiin kontaminaatiota merkityksellisesti, on niitto tehtävä ennen sadetta.

Tehokkuus

Säteilyannos pienenee tekijällä, joka saadaan, kun laskeuma (Bq/m²) niittämisen jälkeen jaetaan laskeumalla ennen niittoa. Kuivalaskeumalle tehokkuus on 50 - 70 %.

Toteutettavuus

Kaluston ja työvoiman riittävyys saattaa olla rajoittava tekijä toimenpiteelle. Se on mahdollista toteuttaa vain, mikäli korvaavaa puhdasta rehua on saatavilla.

villa. (Talteen otettu ruoho voidaan varastoida ja käyttää myöhemmin, kun lyhytikäinen ^{131}I on puoliintunut, mikäli ^{137}Cs -pitoisuus todetaan mittauksin riittävän alhaiseksi.) Nopeasti kompostoituvan ruohon käsittely voi aiheuttaa merkittäviä annoksia työntekijöille. Myöskään jätteen käsittelyyn ja hautaamiseen ei ole suunnitelmia.

Kustannukset

Työvoimakustannuksiksi on arvioitu 71 EURO/ha, kuljetuskustannuksiksi 0,02 EURO/km ja korvaavan rehun hankintakustannuksiksi 0,03 - 0,04 EURO/kg.

Cesiumsitojien käyttö

Toimenpide

Lehmien ravintoon lisätään ammoniumferriferrosyanidia (AFCF), joka vähentää radiocesiumin imeytymistä ruoansulatuskanavasta verenkiertoon ja siten sen pitoisuutta maidossa ja lihassa. AFCF on virallisesti hyväksytty rehun lisäaineena Suomessa, mutta sen asentaminen mahalaukkuun (bolus) ei ole sallittu.

Ajankohta ja kesto

AFCF:n käyttö voidaan aloittaa laskeuman koostumuksen ja määrän selvittyä. Toimenpide lopetetaan, kun mittauksin voidaan varmistaa maidon pitoisuuden laskeneen hyväksyttävälle tasolle.

Tehokkuus

AFCF:n käytöllä saadaan vähennettyä maidon ja lihan cesiumpitoisuutta parhaimmillaan yli 90 %. Maidon cesiumpitoisuus nousee hyvin nopeasti eläinten syötyä kontaminoitunutta rehua. Mikäli AFCF:n käyttö aloitetaan jo ennen syötettävän rehun kontaminoitumista, voidaan maidon cesiumpitoisuuden nousu pitää tasolla, joka on 10 - 20 % siitä, mitä se olisi ilman AFCF:n käyttöä. Suositusannos lehmille on noin 1,5 grammaa kaksi kertaa vuorokaudessa.

Toteutettavuus

AFCF:ää ei ole Suomessa varastotuotteena ja valmistajalta tilattaessa toimitusaika on normaalisti noin kolme kuukautta. Onnettomuustilanteessa valmistautumisaikaa voi olla niukasti, joten AFCF:n käyttöönotosta tulisi olla selkeät etukäteissuunnitelmat.

Kustannukset

AFCF:n myyntihinta on n. 62 EURO/kg, joten lehmän päiväannos maksaa noin 0,2 EURO. Myös muut toimenpiteeseen liittyvät kustannukset ovat vähäisiä.

Päätösriihen aikana ei ollut tiedossa, että ammoniumferriferrosyanidin käyttö on hyväksytty rehuun lisättynä Suomessa ja siksi tätä vaihtoehtoa ei ole otettu huomioon päätösanalyysissä.

4 ONNETTOMUUSTAPAHTUMA JA YMPÄRISTÖSEURAAMUKSET

4.1 Onnettomuustapahtuma

Tutkimusta varten oletettiin, että Olkiluodon ydinvoimalaitoksella oli tapahtunut reaktorin sydämen sulamiseen johtanut onnettomuus ja sen seurauksena päästö, joka saastutti ympäristöä. Tämän laitoksen suojarakennuksen vuodon kautta ympäristön merkittävään saastumiseen johtavan onnettomuuden todennäköisyys on arvioitu pienemmäksi kuin 1/1 000 000 reaktorivuotta kohden. Onnettomuusajankohdaksi valittiin työpäivä kesäkuun puolivälissä. Onnettomuuden kulku laitoksella kuvattiin seuraavasti:

Onnettomuus sai alkunsa pienestä maanjäristyksestä, joka aiheutti ulkoisen sähköverkon menetyksen kello 6 aamulla. Maanjäristys rikkoi myös varaakustojen kaapistot, koska akustot ovat painavia eikä maanjäristyksiä oltu otettu niiden suunnittelussa huomioon ².

Reaktorin automaattinen ylipainesuojaus onnistui ja hydraulinen pikasulku saatiin tehtyä. Suojarakennus saatiin eristettyä. Avautuneet ylipainesuojaventtiilit sulkeutuivat onnistuneesti. Veden varasyöttöä reaktoriin ei saatu aloitettua seuraavien 45 minuutin aikana ja reaktorin paineenalennus käsin epäonnistui. Siten painetta ei saatu laskettua matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän toiminta-alueelle.

Reaktorin sydän alkoi sulaa korkeassa paineessa 50 minuuttia alkutapahtuman jälkeen. Reaktoripaineastian paineenalennusjärjestelmä saatiin palautettua ennen kuin 90 minuuttia oli kulunut ja paine voitiin laskea. Alemman kuivatilan tulvittaminen onnistui ennen reaktoriastian rikkoutumista.

Kahden tunnin kuluttua alkutapahtumasta reaktoripaineastia rikkoutui vedellä tulvitetussa suojarakennuksessa. Suojarakennuksen tiiviys menetettiin, kun sydänsulaa rouskui vedenpinnan yläpuolella oleviin läpivienteihin. Siten suojarakennuksesta oli suodattimen ja piipun ohittava reitti reaktoriraken-

² TVO on sittemmin modifioinut kaapistot.

nukseen, joka säilyi ehjänä. Koska se on hyvin suuri, jäi osa radionuklideista sen sisälle. Sydän jäi veden alle' (Niemelä 1997).

Päästö alkoi siten kaksi tuntia pikasulun jälkeen klo 8:00 aamulla ja sen kesto oli 12 tuntia. Päästönopeus ei ollut vakio, vaan voimakkaan alun jälkeen päästö väheni likimain eksponentiaalisesti 'nollaan' kahdessa kymmenessä tunnissa. Efekttiivinen päästökorkeus oli 50 m, mikä vastaa karkeasti muutaman megawatin vapautuvaa alkulämpötehoa (vuotokorkeus oli 10 m).

Onnettomuuden seuraamuksiin liittyy hyvin merkittäviä epävarmuuksia; erityisesti päästön arvioiminen ennen päästöä tai päästötapauksen aikana on erittäin vaikeaa. Päästön todellinen koostumus ja määrä voidaan arvioida vain laitoksella ja ympäristössä tehtyjen mittausten perusteella. Myös onnettomuuden ympäristövaikutusten arvioimiseen tarvitaan tarkentavia mittaustuloksia. Tässä työssä päästöpäivän aikana ja väestöön kohdistuneiden toimenpiteiden suunnittelussa otettiin huomioon vain merkittävien, päästön suuruuteen liittyvät epävarmuudet (Hämäläinen et al., 2000). Oletettiin, että päästö tapahtuu varmasti ja että säätila pystytään ennustamaan riittävän tarkasti ensimmäisen vuorokauden aikana ³. Päästön leviämislaskentaan liittyviä epävarmuuksia ei otettu huomioon.

Päästöarvio perustui Olkiluodon voimalaitoksen onnettomuuksien varalle tehtyihin analyysihin ja suojarakennuksen vikaantumiseen perustuvaan luokitukseen. Jokaiseen suojarakennuksen vikaluokkaan kuuluu useita mahdollisia tapahtumapuun haaroja. Taulukossa II on annettu tässä työssä käytetyn suojarakennuksen varhaisen vikaantumishaaran päästösuudet. Annetut arvot perustuvat ydinvoimalaitosten ja STUK:n asiantuntijoiden tekemiin laskelmiin. Harjoituksessa oletettiin, että PSA-analyysissä käytetty suojarakennuksen vikaantumislukitus voidaan tunnistaa ja päästölle antaa sen mukainen todennäköisyysjakauma. Päästön epävarmuudet annettiin kumulatiivisen todennäköisyysjakauman 5 %, 50 % and 95 % fraktiilien avulla ⁴. Tässä työssä päästö määräksi valittiin 50 % fraktiilia vastaava päästö.

³ Annettu sää perustui voimalaitoksen säämastossa aiemmin tehtyihin havaintoihin.

⁴ Kumulatiivinen jakauma antaa todennäköisyyden sille, että päästön suuruus on korkeintaan samansuuruinen kuin yksilöity suuruus.

Taulukko II. Oletetun onnettomuuden päästösuudet. Päästösuudet ovat suojarakennuksen vikapuun kumulatiivisen jakauman 5 %, 50 % and 95 % fraktiileja.

Nuklidiryhmä	Päästösuus		
	5 % fraktiili	50 % fraktiili	95 % fraktiili
Jalokaasut	$4.7 \cdot 10^{-1}$	$4.9 \cdot 10^{-1}$	$5.1 \cdot 10^{-1}$
Jodit	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^{-1}$
Alkali-ryhmä (Cs, Rb)	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$9.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-1}$
Tellurium-ryhmä (Te, Se, Sb)	$2.0 \cdot 10^{-5}$	$6.1 \cdot 10^{-3}$	$9.2 \cdot 10^{-2}$
Maa-alkali-ryhmä (Sr, Ba)	$3.4 \cdot 10^{-6}$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	$3.1 \cdot 10^{-2}$
Ruthenium-ryhmä (Ru, Mo, Tc)	$1.1 \cdot 10^{-7}$	$3.7 \cdot 10^{-6}$	$1.6 \cdot 10^{-3}$
Lantanidi-ryhmä (Y, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Np, Pu, Am, Cm, refr. Ox, Nb, Zr)	$4.6 \cdot 10^{-8}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$3.1 \cdot 10^{-3}$

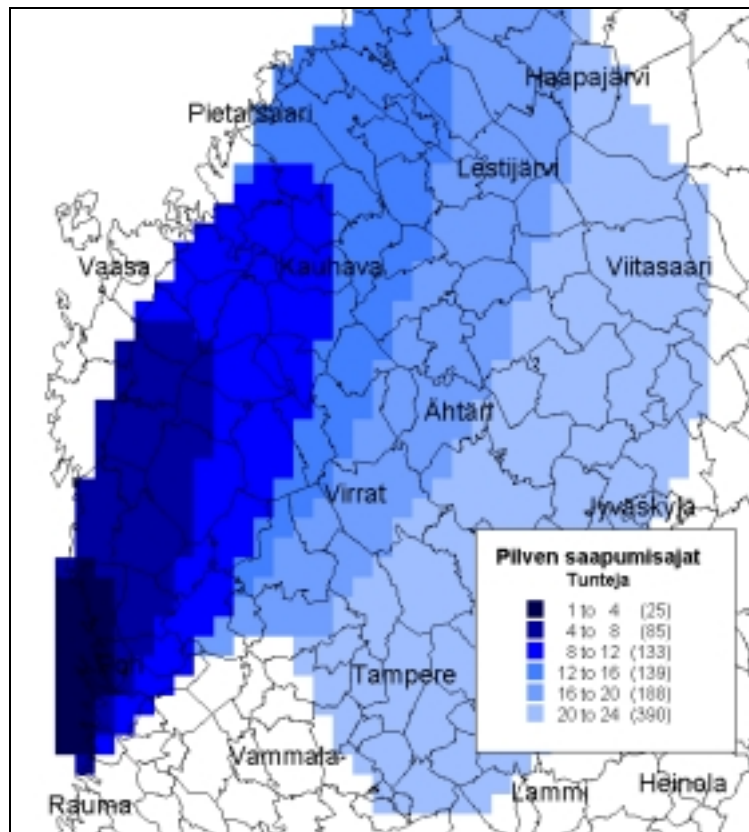
Säätila onnettomuspäivänä oli poutainen, päivällä oli heikkoa etelän ja kaakon välistä tuulta 4 - 9 m/s. Yön aikana tuuli kääntyi luoteeseen. Yön ja aamun aikana saatiin heikkoa sadetta. Seuraavana päivänä tuuli oli luoteesta ja sää poutainen. Kuvassa 1 on esitetty radioaktiivisen pilven saapumisajat eri paikkakunnille.

4.2 Väestönsuojelutoimenpiteet

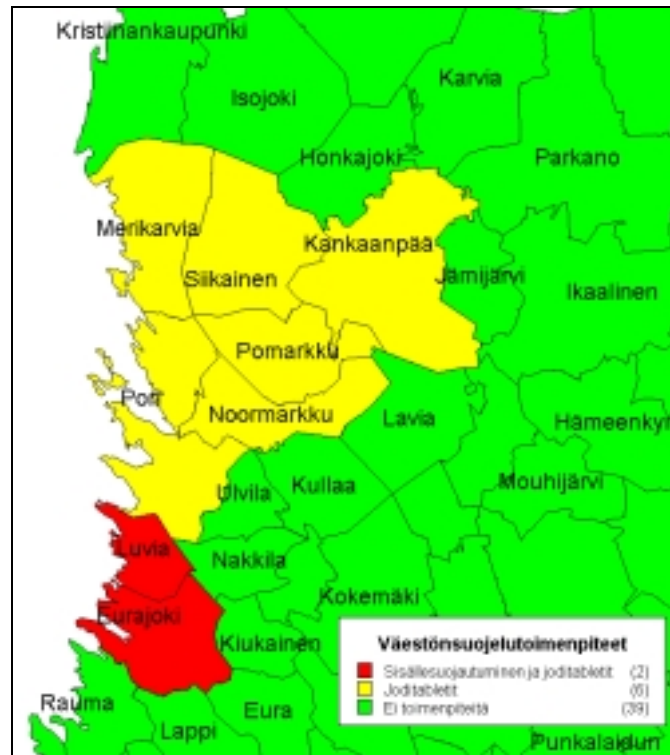
Oletettiin, että edellä kerrottu kuvaus on keskeinen tieto noin kello kahdeksan (päästön kesto, koostumusta ja määrää ei tuolloin kuitenkaan tiedetä). Tällöin päästö on juuri alkanut ja on päätettävä väestöön kohdistuvista suojelutoimenpiteistä, jotka ulottuvat kauemmas kuin 5 – 20 km:n etäisyydelle laitokselta tuulen alapuolelle. Valmiusohjeiden mukaan 5 km:n suojavyöhykettä ja tuulen alapuolista aluetta koskevat päätökset tulee tehdä viimeistään kun sydän on alkanut sulaa, eli tässä tapauksessa kello 7.

Suojelutoimenpiteistä päätettäessä peruseriaate on, että toimenpiteet ovat oikeutettuja ja optimoituja. Nämä ehdot voidaan verifioida päätösanalyysillä. Väestöön kohdistuvat toimenpiteet tutkittiin vuonna 1998 päätösanalyysihaastatteluissa ja tulokset on julkaistu aiemmin (Hämäläinen et al., 2000). Käytännössä suojelutoimenpiteet on toteutettava selvästi määritellyllä alueella, joka on sopiva määritellä vastaamaan hallinnollista yksikköä. Väestöä koskevissa päätöksissä on koettu sopivaksi valita tällaiseksi yksiköksi

kunta. Tutkittavat toimenpidestrategiat laadittiin määrittelemällä mitkä toimenpiteet (sisälle suojautuminen, jodiprofylaksia, jne.) toteutetaan missäkin kunnassa. Tehtyjen haastattelujen perusteella toimenpidestrategia, jossa joditabletit nautitaan Eurajoen, Luvian, Porin, Merikarvian ja Siikasten kunnissa, vastasi haastateltujen näkemystä oikeutetusta ja optimoidusta toimintasuunnitelmasta väestön suojelemiseksi. Toimenpidestrategia, jossa Luvian ja Eurajoen kunnissa toteutetaan sisälle suojautuminen ja jodiprofylaksia sekä edellä mainittujen kuntien lisäksi Noormarkun, Pomarkun ja Kankaanpään kunnissa jodiprofylaksia, oli analyysin mukaan vaihtoehtoinen strategia. Koska tässä strategiassa toteutuu sekä kello 7 tehty sisälle suojautuminen varoalueella että kello 8 tehty laajennus, valittiin tämä strategia 'toteutuneeksi' toimenpiteeksi tässä tutkimuksessa. Nämä väestön kohdistuneet toimenpiteet annettiin tiedoksi päätösriihen osallistujille (kuva 2).



Kuva 1. Radioaktiivisen pilven saapumisajat eri paikkakunnille.



Kuva 2. Väestön suojelemiseksi tehdyt toimenpiteet.

4.3 Seuraamukset maidontuotantoon

Onnettomuuspäivänä toimenpiteet joudutaan tekemään voimallitokselta saadun tiedon, päivän aikana tehtyjen mittausten ja karkeiden pilven leviämisen- ja ympäristöseuraamusarvioiden perusteella. Ensimmäisenä päivänä tehdyt toimenpiteet ovat luonteeltaan ennakoivia, nopeasti tehtäviä ja suurten epävarmuuksien takia niiden on oltava tilanteen mukaan nopeasti muutettavia. Seuraavina päivinä tehtävät näytemittaukset ja todennäköisesti kolmantena päivänä valmistuva laskeuman nuklidikohtainen lentokartoitus mahdollistavat jatkotoimenpiteiden suunnittelun ja toteuttamisen. Päätökset ovat siten perättäisiä. Tuotantohäiriöiden ja sosiopsykologisten ongelmien minimoimiseksi on myös tärkeää suunnitella muutama päivä onnettomuuden jälkeen tehtävät toimenpiteet mahdollisimman pitkälle tulevaisuuteen, kuten tässä

tilanteessa laidunkauden loppuun. Tässä työssä oletettiin, että tarvittava tieto on käytettävissä muutama päivä onnettomuuden jälkeen ja että jatkotoimenpiteet suunnitellaan toimeenpantavaksi ensimmäisen viikon jälkeen. Siten onnettomuuden ensimmäisenä päivänä tehtyjen toimenpiteiden kestoksi oletettiin yksi viikko.

Seuraavissa taulukoissa annetut arvot eivät ole tarkkoja. Todellisuudessa, kun päätökset tulee tehdä, lentomittaukset laskeumasta ja rajallinen määrä näytemittauksia laskeuman koostumuksesta, tuorerehusta ja maidosta ovat olemassa. Lisäksi laskeuma ei ole tasainen vaan pitoisuudet vaihtelevat alueittain. Siten seuraamusarviot ovat epävarmoja ja voivat poiketa annetuista arvoista tekijällä 2 - 3.

Onnettomuuspäivänä tehdyt maidontuotantoon kohdistuneet toimenpiteet

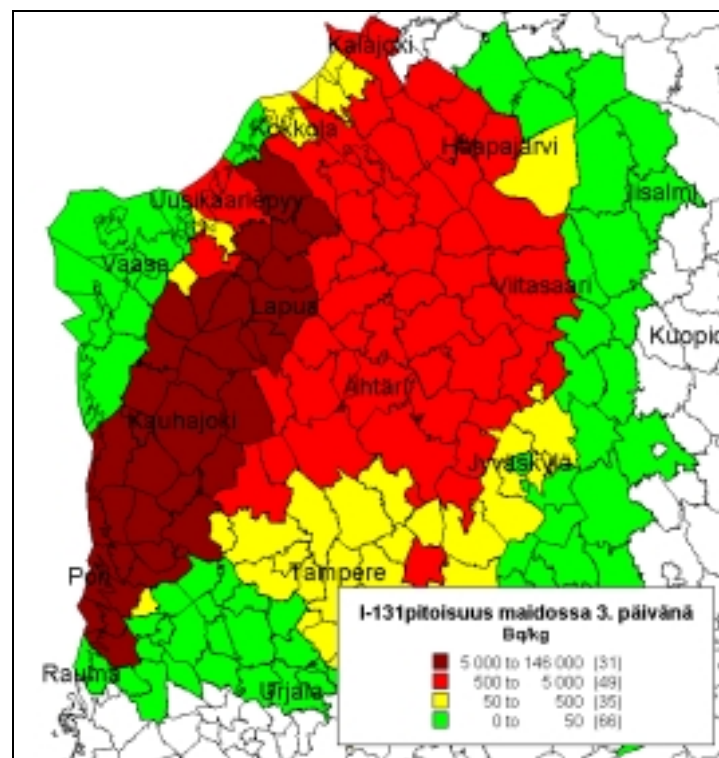
Uhka- ja varhaisen päästövaiheen aikana tehdyt ennakoivat toimenpiteet maitoannostien kontrolloimiseksi perustuivat RODOS-ohjelmalla tehtyihin seuraamusarvioihin. Seuraamusten epävarmuuden verrattuna uhkavaiheeseen oletettiin pienenevän mittaustulosten valmistuttua ensimmäisen päivän aikana. Mahdollisia ennakoivia toimenpiteitä annetussa tilanteessa katsottiin olevan:

1. Potentiaalisella laskeuma-alueella ennen radioaktiivisen pilven saapumista karja siirretään sisälle ja/tai pidetään sisällä ja laidunruoho korvataan varastoissa olevalla puhtaalla rehulla.
2. Potentiaalisella laskeuma-alueella korjataan tuorerehu tai heinä talteen ja suojataan ennen radioaktiivisen pilven saapumista. Annetussa tilanteessa rehun korjaaminen arvioitiin mahdolliseksi alueella, jonne pilvi saapuu 16 tunnin kuluttua päästön alkamisesta.

Seurausvaikutusten arvioimiseksi laskettiin kaksi toimintavaihtoehtoa eli strategiaa. Ne muodostettiin 1) alueesta, jolla jodi-131:n maksimipitoisuuden *tuotetussa* maidossa ennakoidaan ylittävän EU:n toimenpidetason meijerituotteille ja 2) alueesta, jolla pitoisuus on kymmenesosa toimenpidetasosta (kuva 3). Annoksen kannalta merkittävin radionuklidi ensimmäisen kuukauden aikana on jodi (kuva 4). Toimenpidevaihtoehdot ovat:

1. Karja siirretään sisätiloihin viikon ajaksi kunnissa, joissa tuotetun maidon ^{131}I :n maksimipitoisuus ylittää 500 Bq/kg.
2. Karja siirretään sisätiloihin viikon ajaksi kunnissa, joissa tuotetun maidon ^{131}I :n maksimipitoisuus ylittää 50 Bq/kg.

Pitoisuusmaksimi maidossa ilmenee kolmantena päivänä päästöstä. Laskettu maksimipitoisuus on kunkin kunnan alueella tuotetun maidon pitoisuuden päiväkeskiarvo.

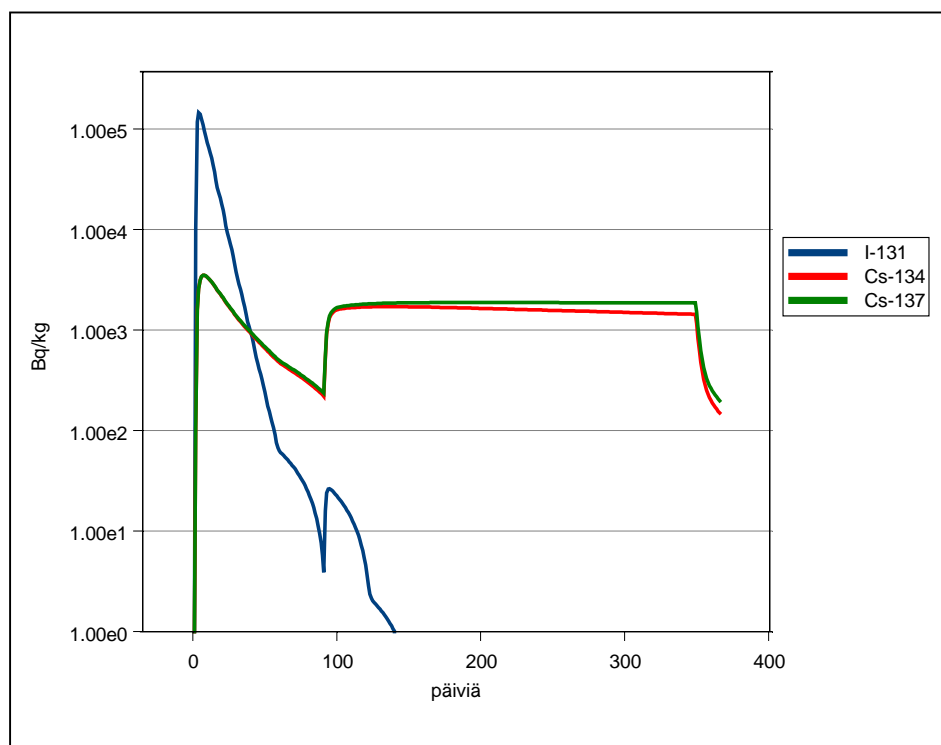


Kuva 3. ^{131}I -pitoisuus maidossa kuntakeskiarvona kolmantena päivänä onnettomuuden jälkeen.

Karjan siirtäminen sisätiloihin ja/tai pitäminen sisällä ja sisäruokinta

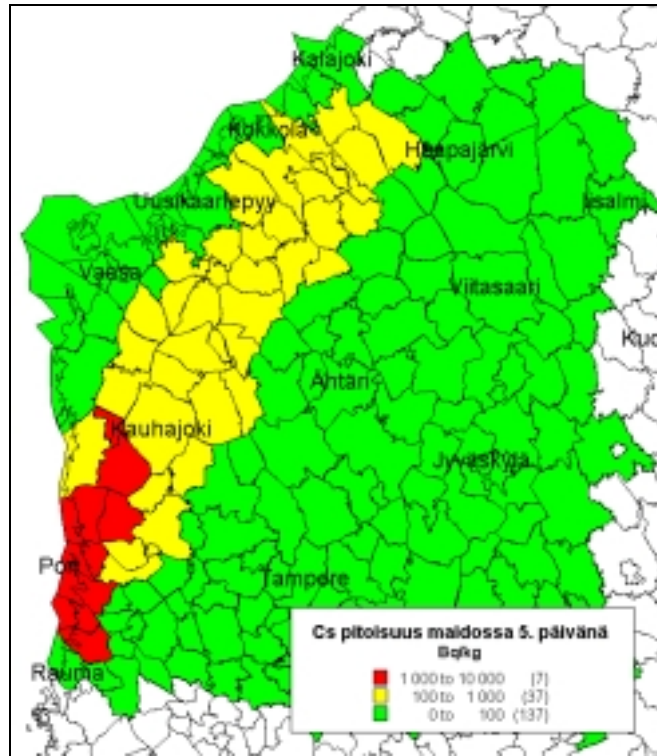
Toimenpiteiden vaikutukset arvioitiin *kollektiivisen annoksen, lasten kollektiivisen kilpirauhasannoksen* (0 - 15 v) ja toimenpiteiden *kustannusten* avulla. Laskut tehtiin ensimmäisen viikon ajalta olettaen, että maitotuotteiden normaalia jalostusrutiinia ei muuteta (maito toimitetaan pääosin Seinäjoen meijeriin (1700 tilaa), tai muihin alueen meijereihin (1000 tilaa)). Suurin osa maidosta jalostetaan maitojauheeksi ja rasvoiksi ja vain 40 % tuoremaidoksi (kauppanesteiksi).

Annoslaskut perustuvat kolmeen annoksen kannalta tärkeimpään nuklidiin: ^{131}I :iin, ^{134}Cs :iin ja ^{137}Cs :iin. Kuvassa 5 on annettu Cs-pitoisuus (^{134}Cs ja ^{137}Cs) maidossa kuntakeskiarvona viidentenä päivänä onnettomuuden jälkeen. Kollektiivinen annos on 50 vuoden annositouma (annos nautinnan kautta) väes-



Kuva 4. Radionuklidien (cesium ja jodi) ajallinen käyttäytyminen maidossa.

tölle olettaen, että kaikki maitotuotteet myös kulutetaan. Lasten kilpirauhasannos arvioitiin ottamalla huomioon lasten osuus väestöstä ja heidän kuluttamansa maidon määrä. Varastoissa oleva tai muualta tuotu tuorerehu oletettiin käytännössä puhtaaksi. Taulukossa IIIa arvioidut annokset johtuvat siten lähinnä toimenpidealueen ulkopuolella tuotetusta maidosta.



Kuva 5. Cs-pitoisuus (^{134}Cs ja ^{137}Cs) maidossa kuntakeskiarvona viidentenä päivänä onnettomuuden jälkeen.

Taulukko IIIa. Valittujen toimenpiteiden vaikutusarvio ensimmäiseltä viikolta, kun karja pidetään viikko sisällä sisäruokinnassa.

	Ei toimenpiteitä ¹	Puhdas rehu alue yli 500 Bq/kg	Puhdas rehu alue yli 50 Bq/kg
Lasten kollektiivinen kilpirauhasannos [manSv]	8710	56,6	0,7
Kilpirauhassyöpätapaukset [kpl]	69,7	0,5	0,0
Väestön kollektiivinen annos [manSv]	533	3,4	0,04
Muut syöpätapaukset [kpl]	39,3	0,2	0,0
Kustannukset [milj. EURO]	0	1,11	1,33

¹ Ei toimenpiteitä on lisätty referenssiksi.

Taulukko IIIb. Laskennassa käytetty tuotantotieto ensimmäisen viikon ajalta.

	Koko laskenta- alueella	Alue yli 500 Bq/kg	Alue yli 50 Bq/kg
Maidon tuotantomäärä [milj. kg]	22,37	13,18	15,84
Vastaava määrä lypsäviä lehmia	107000	63000	76000
Korvattavan rehun määrä [milj. kg] (puhdas rehu)		21,97	26,40
Korvattavan rehun määrä 500 kg paaleina		43940	52800

Tuorerehun korjaaminen ennen laskeumaa

Seurausvaikutukset on arvioitu olettaen, että ensimmäinen tuorerehu- ja heinä-sato edustaa koko sadosta 50 %:a ja päivän aikana ehditään korjata puolet normaalisadosta. Korjuu tehdään alueella, jonne pilvi saapuu 16 tuntia päästön alkamisesta, eikä sitä tehdä kauempana kuin minne pilvi ehtii 24 tunnissa. Kustannukset on arvioitu kuten edellä olettaen, että varhennettu korjuu vähentää satoa ja että laskeuman alle jäävän rehun käyttökiellosta päätetään myöhemmin rehun saastumisen takia. Taulukossa IV on annettu toimenpiteen vaikutusarviot.

Taulukko IV. Annokset ja kustannukset, kun tuorerehu korjataan tai korjuuta ei tehdä ennen pilven saapumista laskeuma-alueelle.

	Ei korjata	Korjataan
Lasten kollektiivinen kilpirauhasannos [manSv]	207	198
Kilpirauhassyöpätapaukset [kpl]	1,7	1,6
Väestön kollektiivinen annos [manSv]	976	936
Muut syöpätapaukset [kpl]	97,3	93,3
Kustannukset [milj. EURO]	13,5	8,4

Päätösriihtä varten valmistelevissa kokouksissa 'päätettiin', että ensimmäisenä päivänä toimenpiteiksi oli valittu strategia, jossa karja siirretään sisätiloihin viikon ajaksi kunnissa, joissa tuotetun maidon jodi-131 maksimipitoisuuden ennakoitaan ylittävän 50 Bq/kg. Lisäksi tuorerehu tai heinä korjataan talteen ja suojataan ennen radioaktiivisen pilven saapumista alueella, jonne pilven ennakoitaan saapuvan 16 tunnin kuluttua päästön alkamisesta. Tämä tieto annettiin päätösriihtien tiedoksi.

Päätösriihessä käsitellyt jatkotoimenpiteet

Muutama päivä onnettomuuden jälkeen, kun päätösriihessä 'päätettiin' maitoon ja maitotuotteisiin liittyvistä vastatoimenpiteistä, oli laskeuma-alue ja laskeuman koostumus selvitetty sekä rajoitettu määrä laskeuma-, maito- ja rehunäytteitä analysoitu. Riiehessä pyrittiin löytämään toimenpidestrategiat, jotka ovat voimassa onnettomuutta seuraavina kuukausina laidunkauden loppuun asti, mahdollisesti pitempään.

Mahdollisia jatkotoimenpiteitä ovat: aiemmin tehtyjen toimenpiteiden lopettaminen, niiden pitäminen edelleen voimassa, kontaminoituneen maidon jalostaminen voiksi tai juustoksi tai maidon käytön kieltäminen.

Myös ensimmäistä viikkoa seuraavan kuukauden aikana annokseen eniten vaikuttava nuklidi on ¹³¹I. Tämän jälkeen tärkeimmiksi nousevat ¹³⁴Cs ja ¹³⁷Cs. Tämän takia toimenpiteet analysoitiin kahdessa eri jaksossa: ensimmäistä viikkoa seuraavat viikot 2 - 5 ja 6 - 12, so. laidunkauden loppuun. Alueet, joilla toimenpiteiden seurausvaikutukset laskettiin, määriteltiin viikkojen 2 - 5 ajaksi samoin kuin ensimmäisen viikon aikana, so. kunnat, joissa ¹³¹I:n

maksimipitoisuus ensimmäisellä viikolla ylitti 500 Bq/kg tai 50 Bq/kg. Ensimmäistä viikkoa seuraavien neljän viikon ajaksi harkittiin seuraavia toimenpidevaihtoehtoja:

Ei toimenpiteitä: Aiemmin tehdyt toimenpiteet puretaan.

Puhdas rehu: Karja pidetään edelleen sisällä ja sisäruokinnassa. Ensimmäisellä viikolla aloitettua toimenpidettä jatketaan neljällä viikolla. Laidunruoho korvataan varastoissa olevalla tai muualta tuodulla heinäpohjaisella rehulla tai säilörehun osuutta ruokinnassa lisätään. Jalostusmuutoksia ei tehdä.

Jos tuorerehu on puhdasta, säilyy myös maito puhtaana eikä väestölle aiheudu annoksia. Kollektiivista annosta kertyy vain alueen ulkopuolella tuotetusta maidosta.

Tuotannon muutos: Tuotantomuutos tuoremaidosta rasvoin. Kaikki muutoin kaupanesteiksi valmistettu maito (40 %) jalostetaan voiksi ja maitojauheeksi seuraavan kuukauden aikana ⁵. Tästä maitomäärästä kuorittu rasva (10 %) jalostetaan voiksi ja loput 90 % maitojauheeksi. Jodi häviää radioaktiivisen hajoamisen kautta varastoinnin aikana molemmista tuotteista.

Käyttökielto: Saastuneen maidon käytön kieltäminen ja hävittäminen. Koko annos vältetään kiellettävän maidon osalta. Annosta koituu vain alueen ulkopuolella tuotetusta maidosta.

Eri strategioiden seurausvaikutukset on annettu taulukossa Va.

⁵ Seinäjoen meijeri jalostaa vastaanottamastaan maidosta 40 % tuoremaidoksi (kaupaneste) ja 60 % voiksi ja maitojauheeksi. Noin 50 % voista ja 70 % maitojauheesta viedään maasta.

Taulukko Va. Valittujen toimenpiteiden vaikutusarviot, viikot 2 - 5. Alueet on määritetty I-131 pitoisuuden perusteella.

	Ei toimenpiteitä	Puhdas rehu Bq/kg		Tuotannon muutos Bq/kg		Käyttökielto Bq/kg	
		500	50	500	50	500	50
Lasten koll. Kilpi rauhasannos [manSv]	6680	43,6	0,8	124	82	43,6	0,8
Kilpirauhassyöpä- tapaukset [kpl]	53,4	0,3	0,0	1,0	0,7	0,3	0,0
Väestön kollektiivinen annos [manSv]	450	2,8	0,05	14,5	11,8	2,8	0,05
Muut syöpätapaukset [kpl]	34,4	0,2	0,0	1,3	1,0	0,2	0,0
Kustannukset [milj. EURO]	0	4,75	5,71	9,07	10,9	26,1	31,5

¹ Ei toimenpiteitä on lisätty referenssiksi.

Taulukko Vb. Laskennassa käytetty tuotantotieto, viikot 2 - 5. Alueet on määritetty I-131 pitoisuuden perusteella.

	Laskenta- alue	Alue yli 500 Bq/kg	Alue yli 50 Bq/kg
Maidon tuotanto [milj. kg]	95,88	56,50	67,88
Vastaava määrä lypsäviä lehmä [kpl]	107000	63000	76000
Korvattavan rehun määrä [milj. kg] (Puhdas rehu)		94,17	113,1
Korvattavan rehun määrä [500 kg paaleina]		188340	226200
Lisäys jalostettavaan maitomäärään [milj. kg] (Tuotannon muutos)		22,60	27,15
Hävitettävä maitomäärä [milj. kg] (Käyttökielto)		56,50	67,88

Koska loppukesästä jodia ei enää ole ja koska cesiumin pitoisuus ja annoskerroin ovat pienempiä kuin jodin, on harkittava voidaanko valittua toimenpidettä jatkaa vai onko olemassa edellytyksiä muuttaa sitä. Alla taulukossa VIa on

laskettu kaksi vaihtoehtoa, joissa aluetta on pienennetty: alue, jolla ^{137}Cs :n maksimipitoisuus maidossa on 50 Bq/kg 37. päivänä onnettomuuden jälkeen, ja alue, jolla ^{137}Cs :n maksimipitoisuus maidossa on 500 Bq/kg. Seurausvaikutukset on laskettu toimenpiteelle, jossa näille alueille tuodaan puhdasta rehua laidunkauden loppuun asti.

Taulukko VIa. Annokset ja kustannukset, kun alueille tuodaan puhdasta rehua laidunkauden loppuun asti. Viikot 6 - 12. Alueet on määritelty ^{137}Cs pitoisuuden perusteella.

	Ei toimen- piteitä	Puhdas rehu alue yli 500 Bq/kg	Puhdas rehu alue yli 50 Bq/kg
Lasten koll. kilpirauhasannos [manSv]	122	119	39,2
Kilpirauhassyöpätapaukset [kpl]	1,0	1,0	0,3
Väestön kollektiivinen annos [manSv]	44	42,9	10,7
Muut syöpätapaukset [kpl]	4.2	4,1	1,0
Kustannukset [milj. EURO]	0,0	0,015	2,54

Taulukko VIb. Laskennassa käytetty tuotantotieto, viikot 6 - 12. Alueet on määritelty ^{137}Cs pitoisuuden perusteella.

	Laskenta- alue	Alue yli 500 Bq/kg	Alue yli 50 Bq/kg
Maidon tuotanto [milj. kg]	169	0,174	30,2
Vastaava määrä lypsäviä lehmiä [kpl]	107000	200	20000
Korvattavan rehun määrä [milj. kg] (Puhdas rehu)		0,290	50,27
Korvattavan rehun määrä [500 kg paaleina]		580	100556

Edellä laskettujen seurausvaikutusten perusteella voidaan muodostaa toimenpidestrategioita, jotka ovat voimassa viikoilla 2 - 12. Taulukossa VIIa on esitetty päätösräihtä varten muodostetut viisi strategiaa ja taulukossa VIIb on annettu niitä vastaavat seurausarviot.

Taulukko VIIa. Päätösriihessä analysoidut toimenpidestrategiat. Alueet on määritelty ^{131}I - (viikot 2 – 5) ja ^{137}Cs - (viikot 6 – 12) pitoisuuden perusteella.

Toimenpide		
	Viikot 2- 5 alueella, jossa ^{131}I 3. päivänä ylittää 50 Bq/kg	Viikot 6 - 12 alueella, jossa ^{137}Cs 37. päivänä ylittää 50 Bq/kg
Strategia 0	Ei toimenpiteitä	Ei toimenpiteitä
Strategia 1	Puhdas rehu	Ei toimenpiteitä
Strategia 2	Puhdas rehu	Puhdas rehu
Strategia 3	Tuotannon muutos	Puhdas rehu
Strategia 4	Käyttökielto	Puhdas rehu
Strategia 5	Käyttökielto	Käyttökielto

Taulukko VIIb. Laskettujen toimenpidestrategioiden seurausvaikutukset, viikot 2 - 12.

	Strategia 0	Strategia 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4	Strategia 5
Lasten koll. kilpirauhasannos [manSv]	6800	129	40	121	40	0,8
Kilpirauhassyöpätapaukset [kpl]	54,4	1,0	0,3	1,0	0,3	0,0
Kollektiivinen annos [manSv]	494	44,0	11,2	22,5	11,2	0,05
Muut syöpätapaukset [kpl]	38,6	4,2	1,1	2,1	1,1	0,0
Kustannukset [milj. EURO]	0	5,71	8,24	13,5	33,6	45,4

5 TOIMENPIDEVAIHTOEHTOJEN ANALYSOINTI

5.1 Päätösriihi

Tässä harjoituksessa sovellettiin toimenpiteiden suunnittelussa päätösriihtä (päättösanalyysiteorian mukaista päätös-konferenssia). Päätösriihessä kootaan yhteen kaikki tärkeät päätöksentekoon osallistuvat tahot keskustelemaan oleellisista päätökseen liittyvistä kysymyksistä sekä pohtimaan ja arvottamaan mahdolliset toimenpidestrategiat. Päätöksentekoprosessin tukena on usein interaktiivinen tietokoneohjelma, jonka avulla voidaan rakentaa päätöksentekomalli auttamaan päätöksentekijöitä tutkimaan ongelmaansa. Tyyppillisesti päätösriihi on kehitysprosessi, joka sekä luo strategioita että myös arvottaa niitä.

Yleisesti päätösriihi on menetelmä tai prosessi, joka tukee ryhmän päätöksentekoa monimutkaisissa strategisissa ongelmissa. Päätösriihessä ryhmää avustaa fasilitaattori eli kokouksen vetäjä ja yleensä avustava analyytikko, jotka valvovat prosessia ja päätöksen mallinnusta antaen ryhmän vapaasti keskittyä käsillä olevan ongelman sisältöön. Fasilitaattori ja analyytikko, jotka voivat olla samakin henkilö, eivät ole asiantuntijoita pohdittavassa päätöksessä. He avustavat riihtä pitämällä keskustelun kohdistettuna käsillä olevaan ongelmaan sekä varmistamalla, että kaikki läsnäolijat sekä esittävät näkemyksensä että ymmärtävät täysin toisten päätöksentekijöiden esittämät näkökohdat. Näin he auttavat luomaan yhteisymmärrystä sekä ongelmaan että sen ratkaisuun.

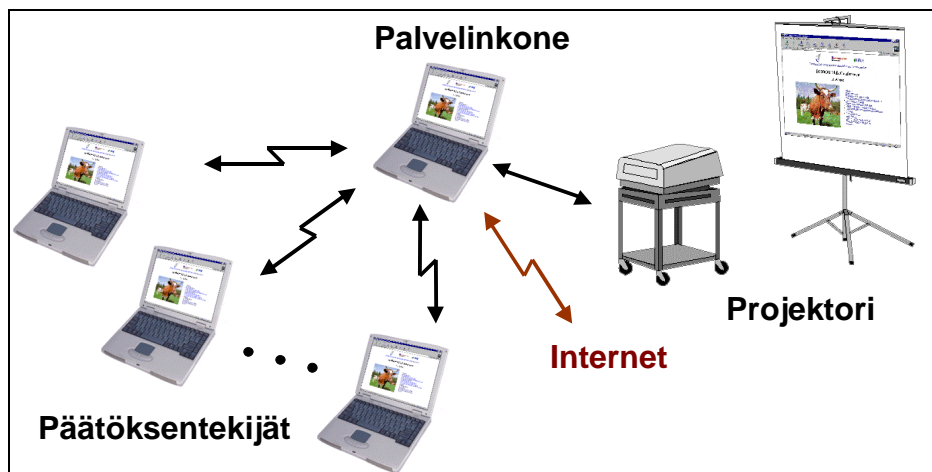
Fasilitaattori ja analyytikko muodostavat ongelmasta päätösmallin ja esittävät tulokset koko ryhmälle. Yleensä päätösmallista tehdään useita revisioita, joista jokainen on jatkokehitys edellisestä. Mallinnus johtaa poikkeuksetta vilkkaaseen keskusteluun. Herkkyysanalyysin avulla mallin tulokset tutkitaan käyttäen laajaa numeeristen arvojen vaihteluväliä. Usein vaihtoehtoisten strategioiden arvojärjestys pysyy ennallaan tai muuttuu merkityksettömästi ryhmän antamien numeeristen arvojen vaihteluvälin puitteissa. Joissakin tapauksissa merkityksellisiä muutoksia järjestyksessä tapahtuu ja ryhmän on keskusteltava muutoksen aiheuttaneista arvoista.

5.2 Päätösriihen toteutusympäristö

Maitotuotteisiin kohdistuvia vastatoimenpiteitä käsittelevään päätösriiheen osallistui viranomaisia, teollisuuden ja tuottajien edustajia sekä asiantuntijoita, jotka myös todellisessa onnettomuustilanteessa olisivat mukana päätöksenteossa tai sen valmistelussa.

Järjestetyn päätöskonferenssin tavoitteena oli luoda mahdollisimman hyvä kuva huomioonotettavista näkökulmista ja todellisesta päätöksentekotilanteesta, jotta saatuja kokemuksia voitaisiin hyödyntää mahdollisen onnettomuuden sattuessa. Päätöksentekotilanne oli vasta viikko onnettomuuden jälkeen, jolloin onnettomuuden laajuus oli jo tiedossa. Tämä vähensi epävarmuutta attribuuttien arvojen suhteen. Päätösriihi järjestettiin vajaan työpäivän mittaisena, mitä voidaan pitää hyvin toteutettavissa olevana mallina pitempikestoiselle kokoukselle.

Päätöksentekoprosessin tukemiseen käytetty järjestelmä koostui seitsemästä kannettavasta tietokoneesta, langattomasta lähiverkosta ja projektorista (kuva 6). Ongelman analysointiin käytettiin Systeemianalyysin laboratoriossa kehitettyjä Web-HIPRE- (<http://www.hipre.hut.fi>) ja Opinions-Online (<http://www.opinions-online.com>) -ohjelmistoja. Ne mahdollistavat priorisoinnin ja vuorovaikutteisen ryhmätyön sekä tulosten keräämisen ja yhdistämisen lähiverkon tai Internetin välityksellä. Projektorin avulla sekä yksittäiset että ryhmien yhdistetyt tulokset pystyttiin esittämään osallistujille suoraan tietokoneelta.



Kuva 6. Käytetty päätöstukijärjestelmä.

Tukijärjestelmän laitteisto on kevyttä ja kokonaisuus on helposti liikuteltavissa ja asennettavissa vaihtuviin tiloihin. Tämä edesauttaa järjestelmän käyttöä esimerkiksi tilanteissa, joissa päätöksentekijöiden liikkumismahdollisuudet ovat rajallisia. Internetin käyttö ohjelmistojen tiedonvälityskanavana mahdollistaa myös etäosallistumisen sekä toisaalta helpon yhteydenoton tietolähteisiin tai vaikkapa onnettomuuskohteiden videokuvaan. Joskus tämäntyyppinen tuki voi olla erittäin hyödyllistä kokonaiskuvan muodostuksen kannalta. Tulevaisuudessa onkin kasvavan tutkimuskiinnostuksen kohteena mahdollisuus toteuttaa kriisitilanteen kokouksia verkossa. Myös tälle harjoitukselle luotiin oma www-sivusto (kuva 7). Sivuille, joita osallistujat pystyvät harjoituksen aikana selaamaan, koottiin materiaalia harjoituksesta ja onnettomuus-tilanteesta. Jälkikäteen sivustolle lisättiin myös harjoituksessa saadut tulokset ⁶.

⁶ Sivusto on jatkuvasti käytettävissä osoitteessa <http://www.riihi.hut.fi/stuk>.



Kuva 7. Päättökongressiharjoituksen WWW-kotisivu.

Olellaisena uutena piirteenä kongressissa moniin aikaisempiin päätökongressseihin verrattuna oli se, että osallistujat itse käyttivät tukijärjestelmiä. Ennen tämän vaiheen ovat suorittaneet fasilitaattori avustajineen. Tämä asettaa vaatimuksia sekä järjestelmän että menetelmien käytettävyydelle. Päättökongresssin yhtenä tavoitteena oli myös tutkia, kuinka hyvin osallistujat pystyvät itse käyttämään tukijärjestelmiä. Eri tekniikoiden käytössä on oltava varovainen ettei huomio kiinnity liikaa ongelman ratkaisua tukeviin asioihin ja päätöksiä tehdä 'väärään' tietoon perustuen.

5.3 Ongelman mallintaminen

Ennen riittä osallistujille jaettiin onnettomuuden kulkua ja seurauksia kuvaava tietopaketti. Oleellisesti paketin sisältö on sama kuin kappaleet 2, 3 ja 4 lisättyinä alla esitetyllä arvopuulla ja attribuuttien määrittelyillä. Tiedon jakamisen lisäksi sen tavoitteena oli omalta osaltaan selvittää mitä tietoa eri osapuolet tarvitsevat päätöksenteon tueksi ja missä muodossa se tulisi esittää. Päätösriihen alussa osallistujille selvitettiin kokouksen tavoitteet ja työn taustat. Säteilyturvakeskuksen edustaja kertasi onnettomuustapauksen ja sen vaikutukset maidontuotantoon. Fasilitaattori esitteli päätösanalyttisten menetelmien ajattelutavan. Noin puolet osallistujista oli aiemmin jo osallistunut vastaaventyyppisiin päätösriihiin, mutta osalle lähestymistapa oli uusi.

Päätökseen vaikuttavat tekijät eli attribuutit oli määritelty työryhmässä etukäteen ja niiden lopullinen sisältö ja käyttö jätettiin osallistujien päätettäväksi. Attribuuttien määrittelyn etukäteen katsottiin yhtenäistävän keskustelua. Ehdotetussa listassa oli hyödynnetty aiemmissa päätösanalyysihaastatteluissa (Hämäläinen et al., 1998 ja 2000) esille tuotuja näkemyksiä. Annettu attribuutilista oli seuraava:

Väestön kollektiivinen annos. Stokastiset terveystvaikutukset (pääsääntöisesti syöpä) ovat mahdollisia suuressa väestömäärässä, vaikka yksilöannos olisi varsin pieni. Edelleen, todellisia yksilöannoksia ei voida määrittää, koska tuotettu maito kulutetaan pääosin muualla Suomessa, eikä kuluttajia siten voida tunnistaa. Siksi stokastiset terveystvaikutukset voidaan arvioida ennakoituna kollektiivisena annoksena (manSv) tai vaihtoehtoisesti *syöpätapausten lukumääränä*. Kuolleisuus on kuitenkin erilainen eri syövissä. Esimerkiksi kilpirauhassyövässä kuolleisuus on noin 10 %, kun se muissa syövissä on noin 50 %. Lisäksi kilpirauhassyöpä ilmenee muutaman vuoden kuluttua onnettomuudesta, kun taas muut syövät ilmenevät vuosikymmenien kuluttua.

Yksilöannos. Joidenkin yksilöiden (esim. ammattiin liittyvä ulkotyö) stokastinen riski voi olla muuta väestöä suurempi tai on olemassa determinististen terveystvaikutusten riski. Näiden henkilöiden riski tulee arvioida yksilöllisesti ja mitata yksilöannoksen avulla (mSv).

Lasten kilpirauhassyöprien lukumäärä. Radiojodilla saastunut tuoremaito lisää lasten riskiä saada kilpirauhassyöpä. Attribuutti mitataan syöpätapausten lukumääränä.

Statistiset, ei säteilyyn liittyvät kuolemantapaukset. Alentuneen terveydenhoidon, huonontuneen ravinnon jne. takia aiheutuneet kuolemantapaukset. Hyvin karkeasti on arvioitu, että sijoittamalla ympäristösäännöksiin 10 milj. EUROa, aiheutetaan yksi statistinen kuolemantapaus, joka johtuu verotuksen kasvusta, palkan pienenemisestä ja siten vähentyneestä tulojen käyttömahdollisuudesta terveydenhuoltoon, ravintoon jne. ('richer is safer', Keeney 1994).

Yksilölliset, ei säteilyyn liittyvät kuolemantapaukset. Kuolemantapaukset, jotka aiheutuvat säteilysuojelutoimenpiteiden toimeenpanosta, esimerkiksi tapaturmat, liikenneonnettomuudet (1/10 milj. henkilökilometriä).

Onnettomuustyöntekijöiden annos. Suojelu- tai puhdistustoimenpiteitä tekemään määrätyille henkilöille aiheutuva ennakoitu yksilöannos (mSv).

Uhka elinkeinolle. Häiriöt perheyhteisössä, kun toimeenpannaan väestön elinolosuhteita muuttavia toimenpiteitä. Esimerkiksi väestösiirrot, tai kuten tässä, uhka ammatin menettämisestä maidontuottajana. Suora pisteytys.

Väestön ahdistuneisuus. Onnettomuudesta johtuvia eriasteisia stressioireita voi esiintyä enemmistössä väestöä, mutta oireet voivat johtua myös tehdyistä suojelutoimenpiteistä. Koska säteilyä ei voi havaita aistein, onnettomuuden vakavuus realisoituu tehtyjen toimenpiteiden keveyden tai rajuuden mukaan. Suora pisteytys.

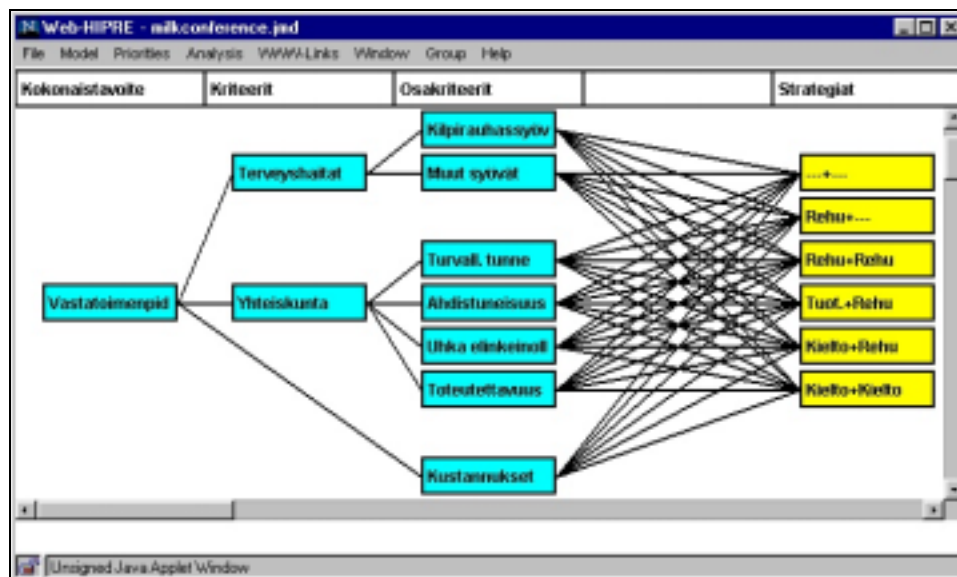
Väestön turvallisuuden tunne. Tarkoituksenmukaiset ja järkevän laajat toimenpiteet voivat vakuuttaa väestön turvallisista elinoloista saastuneella alueella. Erityisesti toimenpiteet, jotka väestö itse voi toimeenpanna, vähentävät voimakkaimmin stressioireita. Suora pisteytys.

Onnettomuustyöntekijöiden ahdistuneisuus. Toimenpiteiden toteuttaminen voi aiheuttaa stressioireita niitä tekeville onnettomuustyöntekijöille. Suora pisteytys.

Toimenpiteen toteutettavuus (suhteessa määriteltyyn laatuun tai määrään). Tämä attribuutti on monesti rajoitus tai este toteuttaa toimenpide. Kuitenkin joissakin tapauksissa toimenpide voi erota toteutettavuuden suhteen (esim. sisälle suojauduminen tai suojavaistö kovalla pakkasella). Suora pisteytys tai jokin muu sopiva suure.

Toimenpiteen rahalliset kustannukset. Toimenpiteen välillisten ja välittömien kustannusten summa. Syövän hoitokustannuksia ja kuolemasta johtuvaa menetystä BKT:een ei saa sisällyttää kustannuksiin, koska ne tulisivat silloin otetuiksi huomioon kahdesti. Rahayksikkö.

Ongelmasta muodostettu alustava osallistujille esitetty, osin karsittu arvopuu on esitetty kuvassa 8. Analyysin selkeyttämiseksi arvopuu voidaan muodostaa hierarkkisesti ryhmittelemällä attribuutteja. Tässä tapauksessa *terveysvaikutuksiin* ja *yhteiskunnallisiin vaikutuksiin* liittyvät attribuutit on jaettu omiksi ryhmikseen.



Kuva 8. Osallistujille esitetty alustava arvopuu.

Ongelmasta lähdettiin keskustelemaan ehdotetun attribuutilistan perusteella. Osallistujat saivat tehdä listaan lisäyksiä tai poistoja listaan näkemystensä mukaan. Keskustelulla pyrittiin myös poistamaan epäselvyyksiä attribuuttien määrittelyssä. Keskustelun aikana ehdotetut muutokset arvopuussa näytettiin myös osallistujille heijastamalla ne valkokankaalle.

Eniten keskustelua aiheutti attribuuttien *turvallisuuden tunne* ja *ahdistuneisuus* määrittely. Osa osallistujista mielsi nämä attribuutit saman asian eri ääripäiksi, jonka perusteella ne voitaisiin yhdistää yhdeksi attribuutiksi. Argumenttina molempien mukanaolon puolesta mainittiin esimerkki, jossa laajat suojatoimenpiteet voivat aiheuttaa sekä ahdistuneisuutta (laajat toimenpiteet tarkoittavat myös laajaa vahinkoa) että turvallisuuden tunnetta (laajat toimenpiteet vakuuttavat väestöä). Lopulta päädyttiin siihen, että molemmat attribuutit jätetään malliin, mutta ne osallistujat, jotka halusivat käsittää asiat yhtenä attribuuttina, voisivat jättää toisen attribuuteista huomiotta painottamalla tätä arvolla nolla.

Tärkeä tavoite oli suojella lapsia kilpirauhassyövältä. Lapset kuluttavat maitotuotteita aikuisia enemmän, joten riski saada kilpirauhassyöpä, joka ilmenee jo muutama vuosi onnettomuuden jälkeen, on aikuisia suurempi. Koska lasten kilpirauhassyöpä on harvinainen, näkyy sen lisääntyminen tilastoissa herkästi. Lasten syöpätapaukset tekevät päätöksentekijät haavoittuviksi, vaikka kuolleisuus olisikin pieni. Syöpien lukumäärää attribuutin mittana pidettiin parempana kuin kuolleisuutta. Syövän hoidossa vuosikymmenien kuluessa tapahtuvaa mahdollista edistystä ei otettu huomioon.

Myös muista kuin säteilyannokseen liittyvistä kuolemantapauksista keskusteltiin. Esimerkiksi rehun siirrosta aiheutuvan rekkaliikenteen voidaan katsoa aiheuttavan keskimäärin yhden liikennekuoleman 10 miljoonaa henkilökilometriä kohti. Muiden kuolemien määrä katsottiin kuitenkin verrattain pieneksi verrattuna säteilyn aiheuttamiin syöpäkuolemiin, minkä perusteella ne jätettiin huomiotta.

Toimenpiteiden mahdollinen toteutettavuus käytännössä tuli esiin useasti jo valmistelemissa kokouksissa. Laskeuma-alueella tuotetaan merkittävä osa Suomen maitotuotteista. Jos laidunruoho korvataan puhtaalla rehulla, tarvitaan yli kolme miljoonaa kiloa rehua päivässä ja rehun kuljetukseen tuhansia rekkoja. Osa osallistujista piti kuljetusten organisoimista mahdollisena, osa ei. Maidon käyttökielto tai tuotannon muutokset aiheuttavat myös merkittäviä

jäteongelmia. Maitoa tuotetaan noin kaksi miljoonaa kiloa päivässä eikä koko määrää voida juottaa vasikoille. Maidon kaatamista lietekaivoon ja multamista peltoon muiden radioaktiivisten eritteiden kanssa pidettiin eettisesti arveluttavana. Maidon, heran, prosessiveden tai maitojauheen käsittelemiseksi kaatopaikka- tai muuna jätteenä ei ole valmiita suunnitelmia.

Onnettomuuden aiheuttama uhka maitoelinkeinolle ja teollisuudelle koettiin suureksi. Jo pelkkä onnettomuus leimaa alueen ja edellyttää sertifikaatteja tuotteiden puhtaudesta ja juridisesta hyväksyttävyydestä. On olemassa uhka, että oikeista toimenpiteistä ja tiedottamisesta huolimatta laskeuma-alueella tuotettuja tuotteita ei hyväksytä kauppatavaraksi. Käyttökielto merkitsee tulonmenetyksiä. Tuotannon muutos tuoremaidosta voihin ja juustoon vähentää annosta, mutta koska pitoisuus jalosteessa pienenee parhaimmillaan viidesosaan (voi), osaa alueen tuotteita ei voida kaupata. Lähellä toimenpidetäsoa oleva pitoisuus kyseenalaistaa tuotteen hyväksyttävyyden. Maidontuotannon loppuminen tiloilla ja sen seurausvaikutukset teollisuudelle merkitsisivät vakavia sosiaalisia häiriöitä.

Lopulta keskustelujen perusteella päädyttiin käyttämään alkuperäistä ehdotusta arvopuusta. Vaikka arvopuuhun ei muutoksia tehty, lisäsivät keskustellut päätöksentekijöiden ymmärrystä myös muista kuin omaan erikoisalaan liittyvistä vaikutuksista. Analyysissä käytettiin siten seuraavia attribuutteja. Attribuuttien määrittelyjä ei muutettu:

Väestön kollektiivinen annos. Vaikutukset mitattiin kahtena attribuuttina: *lasten kilpirauhassyöpien ja muiden syöpien lukumäärinä.*

Sosiaaliset häiriöt. Attribuutin alkuperäinen nimi *Uhka elinkeinolle* muutettiin nimeksi *sosiaaliset häiriöt*. Suora pisteytys.

Väestön ahdistuneisuus. Suora pisteytys.

Väestön turvallisuuden tunne. Suora pisteytys.

Toimenpiteen toteutettavuus. Suora pisteytys.

Toimenpiteen rahalliset kustannukset. Rahayksikkö.

5.4 Päätöksiin vaikuttavien tekijöiden merkittävyyden arvioiminen

Riiheen osallistujat edustivat päätöksen valmisteluun osallistuvia tahoja ja päätösvaihtoehtojen arvottamiseksi heidät jaettiin taustansa mukaan kuuteen viiteryhmään: maatalous, elintarviketeollisuus, elintarvikeviranomaiset, säteilyturvaviranomaiset 1 (säteily), säteilyturvaviranomaiset 2 (elintarvikkeet) ja kansalaiset.

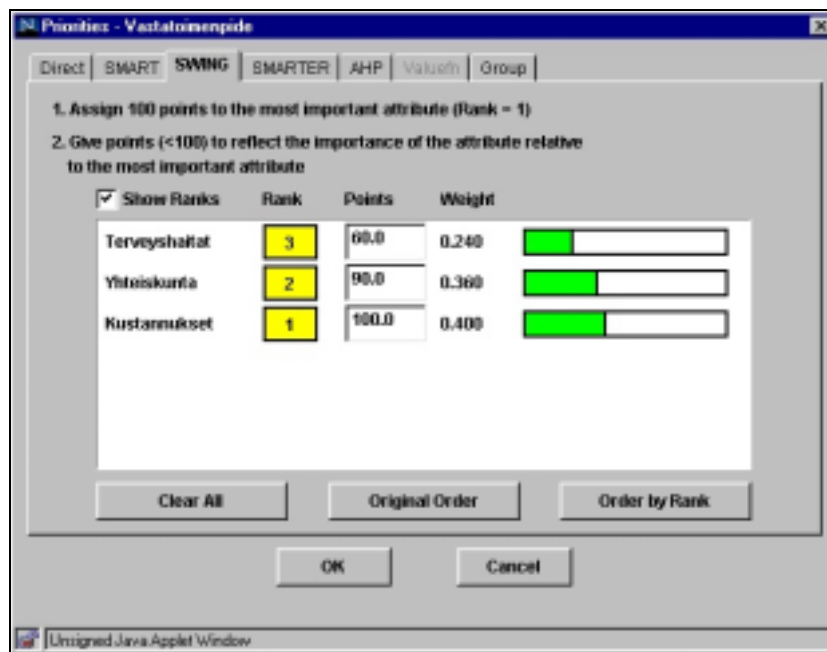
Käytetyssä päätösmallissa tekijöiden arvot kuvataan arvofunktiolla. Arvo-funktio kuvaa attribuuttien arvot välille 0 – 1, jossa nolla on huonoin ja yksi paras arvo (vrt. esim. taulukko VIIb). Arvofunktiot oletettiin lineaarisiksi, jolloin esimerkiksi yksi kuolemantapaus aiheuttaa yhtä suuren arvonmenetyksen riippumatta siitä, kuinka paljon kuolemantapauksia on yhteensä.

Toimenpiteiden asettamiseksi paremmuusjärjestykseen on attribuuteille (tarkemmin niiden arvojen vaihteluvälille) annettava painoarvo, joka kuvaa sen merkitsevyyttä päätöksen kannalta. Kukin ryhmä työskenteli omalla tietokoneellaan ja suoritti arvottamisen Web-HIPRE-ohjelmistolla. Fasilitaattorin ohjeiden mukaan ryhmät asettivat toimenpidevaihtoehdot paremmuusjärjestykseen antamalla attribuuteille painoarvon arvioimansa tärkeyden mukaan. Kukin viiteryhmä antoi yhden painoarvon, joka perustui ryhmän sisäiseen keskusteluun. Painotuksen aikana osallistujilla oli mahdollisuus käydä harjoituksen kotisivulta tarkistamassa onnettomuuteen liittyviä taustatietoja, kuten esimerkiksi onnettomuuden kuvausta, laskeumakarttoja, päätöstauluja jne. Mahdollisissa ongelmatilanteissa avustajat tukivat tietokoneen ja menetelmien käytössä.

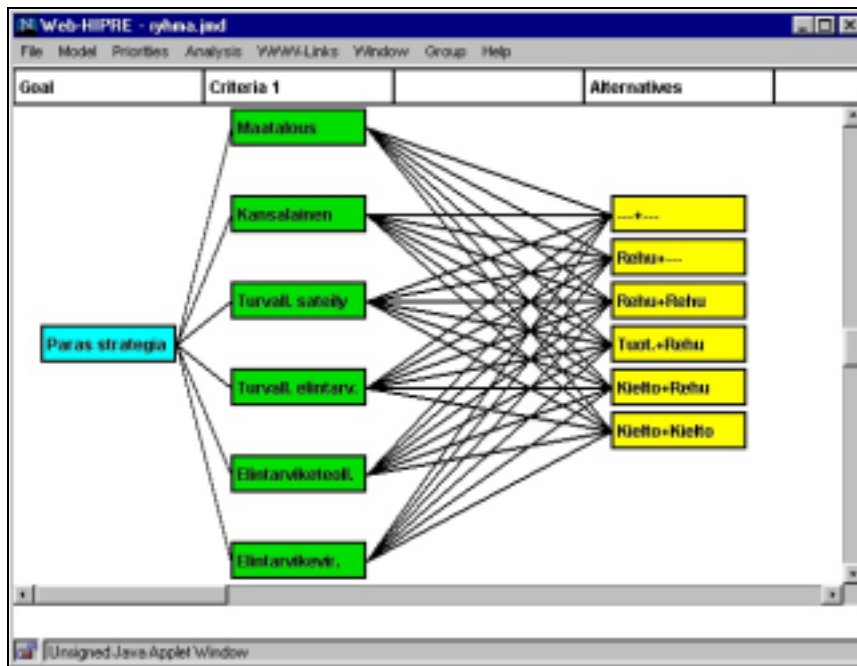
Attribuuttien painotus toteutettiin Swing-menetelmällä (von Winterfeldt and Edwards, 1986). Menetelmässä kaikki attribuutit asetetaan aluksi huonoimmalle tasolle, ja päätöksentekijältä kysytään, minkä näistä hän mieluiten nostaisi parhaalle tasolle. Tälle annetaan 100 pistettä. Tämän jälkeen muille attribuuteille annetaan pistemäärä, joka ilmaisee sen, kuinka tärkeätä attribuuttien nostaminen parhaalle tasolle on suhteessa tärkeimmän attribuutin nostamiseen parhaalle tasolle. Varsinaiset attribuuttien painot saadaan normeeraamalla annettujen pisteiden summa yhdeksi. Kuvassa 9 on esimerkki, jossa näkyvät ryhmän 1 antamat pisteet ja näiden normeeratut painot. Toi-

menpidevaihtoehtojen pisteet saadaan summaamalla attribuuttien painoilla kerrotut attribuuttien arvot kussakin vaihtoehdossa.

Mallin evaluoinnin jälkeen ryhmät tallensivat mallinsa Web-HIPREN verkko-ominaisuutta käyttäen palvelinkoneelle. Täältä mallit voitiin uudelleen avata ja heijastaa valkokankaalle keskustelua varten. Yksittäisistä malleista muodostettiin myös yhteinen ryhmämalli (kuva 10), jossa yksittäiset päätöksentekijät (tässä tapauksessa siis viiteryhvät) ovat ylimmän tason attribuutteja. Ryhmän kokonaisarvot saadaan laskemalla päätöksentekijöiden 'tärkeydellä' painotettu summa yksittäisten päätöksentekijöiden arvoista.



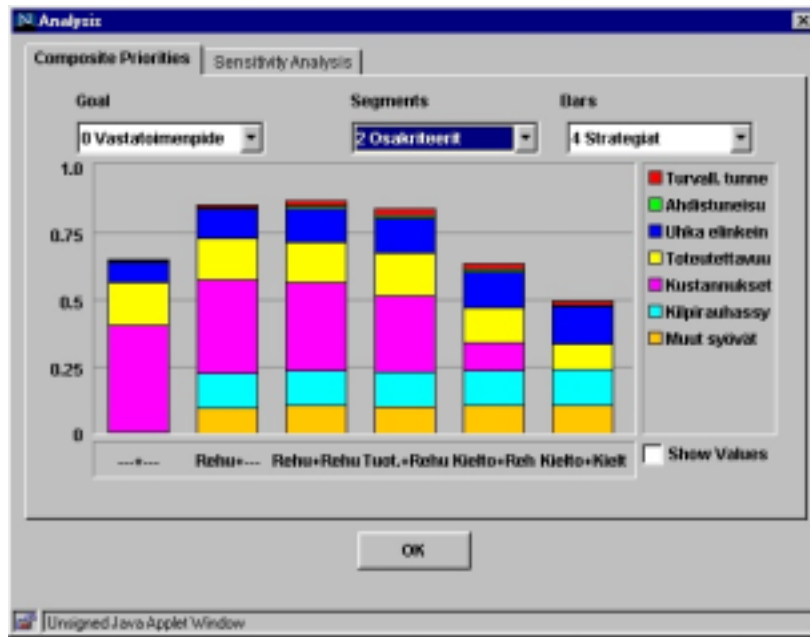
Kuva 9. Ryhmän 1 ylimmän tason attribuuttien painotus.



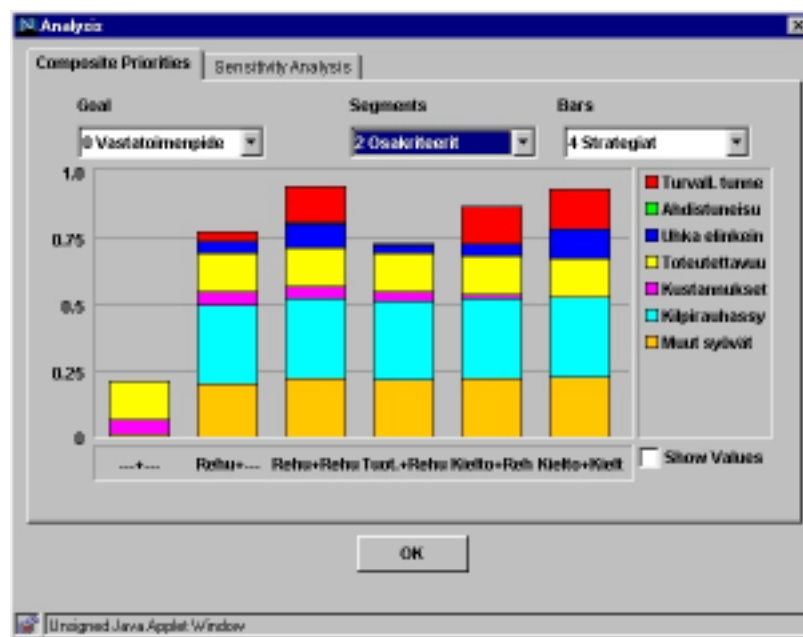
Kuva 10. Ryhmämalli.

5.5 Tulokset

Antamiensa painoarvojen perustella jokainen viiteryhmä sai toimenpidevaihtoehtoillemme omien arvostustensa mukaiset pisteet. Kuvissa 11a – c on esitelty muutamien viiteryhmien tulokset. Kokonaispisteet on jaettu osiin sen mukaan, mistä attribuuteista ne ovat muodostuneet. Esimerkiksi ryhmä 1 painotti eniten *kustannuksia*, mikä näkyy myös attribuutin suurena osuutena kuvan pylväissä. Ryhmät 2 ja 3 sen sijaan painottivat eniten *terveysvaikutuksia*. Täten esimerkiksi vaihtoehto *ei toimenpiteitä* ('---+---') saa hyvin pienen kokonaisarvon, sillä vaihtoehtoon valinnasta seuraa suuri määrä syöpätapauksia. Ryhmä 2 painotti hyvin paljon myös *yhteiskunnallisia vaikutuksia*, mikä on nähtävissä tähän ryhmään kuuluvien attribuuttien suurena osuutena kuvassa.



Kuva 11a. Ryhmän 1 vaihtoehtojen kokonaispainot.



Kuva 11b. Ryhmän 2 vaihtoehtojen kokonaispainot.

Vaihtoehto luo turvallisuuden tunnetta ilman laajoja toimenpiteitä, ei aiheuta merkittävää uhkaa maataloudelle ja se katsottiin mahdolliseksi toteuttaa.

Harjoituksen lopuksi osallistujille suoritettiin kysely Opinions-Onlineella (kuva 12), jossa selvitettiin osallistujien mielipiteitä attribuuttien painotuksesta sekä harjoituksesta yleensä. Kyselyn mukaan (taulukot VIII ja IX) sekä attribuuteissa että näiden painotuksessa saattaa olla jonkin verran epävarmuutta. Täten eri ryhmien antamien painojen herkkyyttä tutkittiin myös herkkyyksianalyysin avulla. Kuvassa 13 on esimerkkinä ryhmän 1 attribuutin *kustannukset* herkkyyksianalyysikuvaaja. Ryhmän *kustannukset* attribuutille antama paino on 0,4, ja tällöin *'Rehu+Rehu'* on paras vaihtoehto. Kuitenkin jos *kustannusten* painoa nostetaan yli 0,52:n, niin *'Rehu+-----'* nousee parhaaksi vaihtoehdoksi. Edelleen nostettaessa painoa aina arvoon 1 saakka, *ei toimenpiteitä* nousee lopulta parhaaksi, sillä tällöin vaikuttavana attribuuttina on ainoastaan *kustannukset*. Suoritetuissa herkkyyksianalyseissä muutaman ryhmän kohdalla vaihtoehtojen paremmuusjärjestys osoittautui melko herkäksi etenkin attribuutille *kustannukset* annetulle painolle.

Opinions-Online kysely - R0005 Milk Conference 31.5.2000 - Harjoituksen arviointi - Netscape

Back Forward Reload Home Search Netscape Print Security

Bookmarks Location [Ur/tervet/taustoty/Menana=mlk2000name=STUK.tuomane](#) Stop loading this page(s)wd What's Related

Milk Conference 31.5.2000 - Harjoituksen arviointi

OPINIONS-Online®

[Haluatko lisätietoja? Katsa kyselyn kokosivua!](#)

Välityshäki

Tarvittavuusviranomaisen Einarvikeviranomaisen Einarvikeetollisuus Maantalous Kansallinen

Päätöskonferenssin lähestymistavan käyttökelpoisuus kokonaiskuvan muodostamisessa harjoitustilanteissa

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Päätöskonferenssin lähestymistavan käyttökelpoisuus kokonaiskuvan muodostamisessa todellisessa onnettomuustilanteessa

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Päätöskonferenssin lähestymistavan käyttökelpoisuus vastatoimienpiteiden valinnassa harjoitustilanteessa

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Päätöskonferenssin lähestymistavan käyttökelpoisuus vastatoimienpiteiden valinnassa todellisessa onnettomuustilanteessa

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Päätöksentekamalla (Web-HIPRE) tuettaman vaihtoehtojen paremmuusjärjestyksen vastaavuus omaan ennakkoarvioon

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Vaikeus ymmärtää ja käyttää vertailumenetelmää, Web-HIPRE

erittäin suuri suuri pieni erittäin pieni en osaa sanoa

Vaikeus ymmärtää ja käyttää vertailumenetelmää, WinPRE

Document Done

Kuva 12. Osallistujille suoritettu Opinions-Online-kysely.

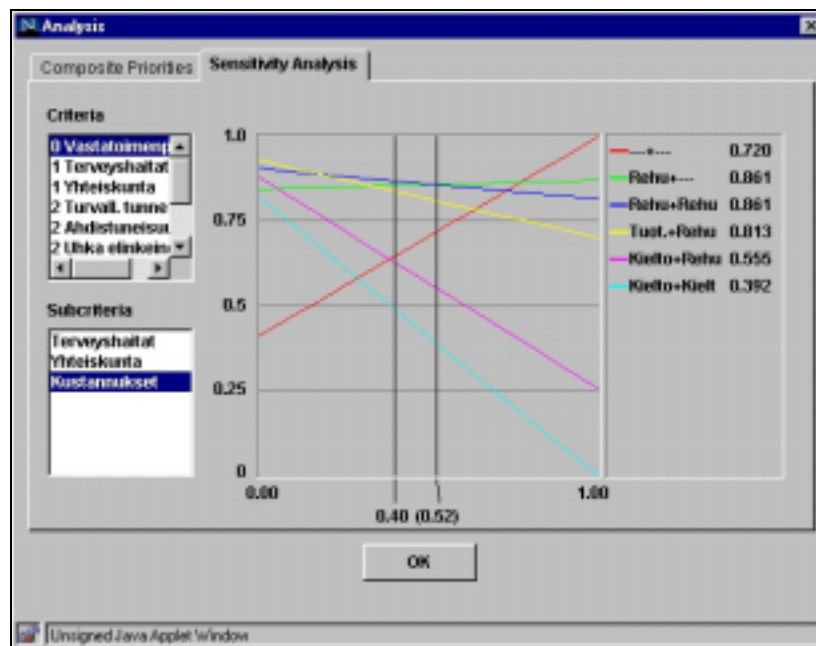
Taulukko VIII. Opinions-Online-kyselyn tulokset.

	eritt. suuri	suuri	pieni	eritt. pieni	EOS
Päätösriihen lähestymistavan käyttökelpoisuus kokonaiskuvan muodostamisessa harjoitustilanteissa	0	10	1	1	1
Päätösriihen lähestymistavan käyttökelpoisuus kokonaiskuvan muodostamisessa todellisessa onnettomuustilanteessa	0	7	3	2	1
Päätösriihen lähestymistavan käyttökelpoisuus vastatoimenpiteiden valinnassa harjoitustilanteissa	3	8	2	0	0
Päätösriihen lähestymistavan käyttökelpoisuus vastatoimenpiteiden valinnassa todellisessa onnettomuustilanteessa	1	7	4	0	1
Päätöksentekomallin (Web-HIPRE) tuottaman vaihtoehtojen paremmuusjärjestyksen vastavuus omaan ennakoarvioon	0	12	0	0	1
Vaikeus ymmärtää ja käyttää vertailumenetelmää, Web-HIPRE	0	1	10	1	1
Harjoituksen hyödyllisyys kokonaisuutena	1	12	0	0	0

	< 5%	±5%	±10%	±20%	±50%	>50%	EOS
Kuinka paljon mielestäsi strategioiden arvioiduissa vaikutuksissa on epävarmuutta?							
- Terveyshaitat	0	0	5	6	1	0	1
- Yhteiskunnalliset vaikutukset	0	0	1	5	2	3	2
- Kustannukset	0	0	2	2	4	4	1
Mikä on antamiesi vertailupainotusten keskimääräinen epävarmuus?	0	0	3	8	1	0	0

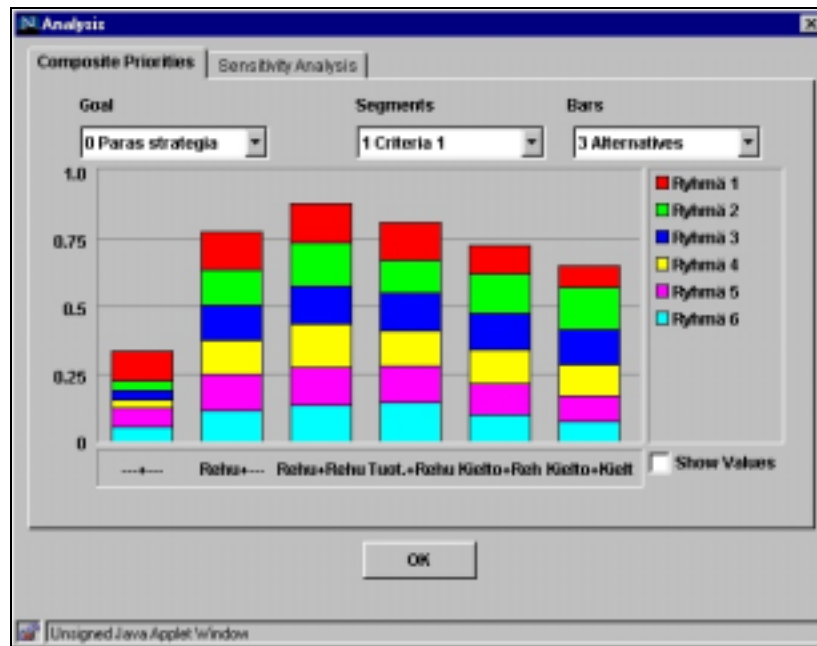
Taulukko IX. *Vaihtoehdon hyväksyvien määrä (13 vastaajaa).*

Ei toimenpiteitä – ei toimenpiteitä	0
Puhdas rehu – ei toimenpiteitä	3
Puhdas rehu – puhdas rehu	13
Tuotannon muutos – puhdas rehu	13
Käyttökielto – puhdas rehu	11
Käyttökielto – käyttökielto	3

**Kuva 13.** *Herkkyysanalyysi muuttujan kustannukset –attribuutin suhteen (ryhmä 1).*

Ryhmämallin kokonaisarvot laskettiin painotettuna keskiarvona yksittäisten päätöksentekijöiden arvoista. Mallissa päätöksentekijöiden suhteelliset painoarvot voidaan ottaa huomioon painottamalla päätöksentekijöitä näiden 'merkittävyyden' mukaan. Painotuksen voi suorittaa jokin puolueeton taho, tai siitä voidaan yrittää sopia yhteisesti. Tässä harjoitustilanteessa ryhmien väliin merkityksiin ei otettu kantaa, vaan ryhmämalli toteutettiin kokeiluluon-

toisesti painottamalla kutakin ryhmää samanarvoisesti. Näin saadut tulokset ovat kuvassa 14. Vaihtoehto 'Rehu+Rehu' on odotetusti paras, sillä se oli useimmissa yksittäisissäkin malleissa paras vaihtoehto. Ryhmämallin päätöksentekijöiden painojen suhteen suoritettu herkkyyshanalyysi näytti tuloksen olevan vakaa suurillekin yksittäisille ryhmän painon muutoksille. Tämä oli myös odotettua, sillä yksittäisten päätöksentekijöiden tulokset olivat lähellä toisiaan.



Kuva 14. Ryhmämallin tulokset.

Ennen päätösriihtä jaetun tietopaketin sisällöstä ja käytettävyydestä tehtiin myös kysely riihen päätyttyä. Kyselyllä haluttiin saada palautetta tiedon lopukäyttäjiltä, erityisesti säteilysuojeluyhteisöön kuulumattomilta tahoilta. Tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa X.

Taulukko X. Informaatiopakettia koskevan kyselyn tulokset (11 vastaajaa).

	☺	☹	⊗
Oliko tietoa sopivasti?	7		4
Olivatko teemakartat hyödyllisiä?	11		-
Olivatko strategiavaihtoehdot relevantteja	8		3
Olivatko attribuutit relevantteja?	9	1	1

Kyselyn ja riien aikana saatujen kommenttien perusteella tietopaketin rakenne vastasi hyvin odotuksia. Tiedon määrä on erittäin vaikea ongelma. Joidenkin mielestä tietoa oli liikaa ja jotkut kaipasivat lisää tietoa kuten laskeumakarttoja ja pitoisuuksia voissa ja juustossa. Eräs keskeinen ongelma on saada tiedon tarvitsijat lukemaan ja hyödyntämään saatavilla olevaa tietoa. Tiedon välittäminen ei voi olla passiivista, vaan keskeistä informaatiota, kuten riien alussa tehty opastus, on pyrittävä aktiivisesti jakamaan. Kuten aikaisemmissakin päätösanalyseissa teemakartat olivat hyödyllisiä ja tarpeellisia. Strategiavaihtoehdot arvioitiin kyselyssä varsin hyväksi, osa vastanneista piti niitä pelkistettyinä eikä ehkä loppuun asti harkittuina. Arviointimallien tulisi olla kyllin joustavia, jotta riien aikana voisi muodostaa uusia strategioita osallistujien toiveiden ja arvostusten mukaisesti. Päätösanalyysin tavoitehan on löytää uusia toimenpidevaihtoehtoja. Tämä ei ollut mahdollista. Käytetyillä malleilla seurausvaikutusten arvioiminen etukäteen osoittautui erittäin vaikeaksi ja suuritöiseksi. Tällaisiksi osoittautuivat erityisesti realistiset annosarviot, joissa on tarpeellista ottaa huomioon tuotantotieto. Pääosa attribuuteista, erityisesti kouriintuntuvat, olivat osallistujien mielestä asiaan kuuluvia, mutta ei-kouriintuntuvia, kuten *sosiaaliset häiriöt*, koettiin vaikeiksi, päällekkäisiksi, vaikeiksi soveltaa ja jopa puutteellisiksi. Päätösanalyysi edustaa uudenlaista ajattelua ja eri asioiden määrittely ja soveltaminen eri tilanteisiin on tarpeellista, jotta esim. attribuutit ymmärrettäisiin samalla tavalla ja syvällisesti.

Yleisesti harjoitusta pidettiin hyvänä, mielenkiintoisena ja hyödyllisenä. Päätösriihi-tyyppisiä harjoituksia toivottiin myös jatkossa. Koska osallistujat olivat eri tahojen asiantuntijoita, ammattisanaston käyttö tuotti vaikeuksia ja häytti ymmärrettävyyttä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä päätösanalyysia sovellettiin päätösriihimuotoisessa kokouksessa. Riiehen kutsuttiin kaikki keskeiset päätöksentekoon osallistuvat tahot pohtimaan maitoannostien suojeluun liittyviä kysymyksiä ja harkitsemaan mahdollisia toimenpidestrategioita annetussa onnettomuustilanteessa. Edeltävä tutkimus, väestöön kohdistuneiden suojelutoimenpiteiden analyysi, tehtiin haastattelutekniikkaa käyttäen. Yhteydenotot ja kokoukset ovat oleellinen osa onnettomuustilanteiden hallintaa. Tehty päätösriihi ja haastattelut vastaavat siten todellisuutta, mutta tässä työssä päätösanalyysin keinoja hyödynnettiin tarvittavan tiedon valmistelussa ja toimenpidestrategioita arvioitaessa.

Menetelmänä päätösanalyysihaastattelu oli helpompi sovittaa yksittäisen henkilön aikatauluun kuin riihi, ja kahdenkeskinen keskustelu toi paremmin esiin henkilökohtaiset arvot. Päätösriihi soveltuu, kuten tässä, kun päätös on teknisesti valmisteltu tai haastattelusarjan päätöskokoukseksi. Se on hyödyllinen, kun halutaan löytää kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu mahdollisessa ristiriitatilanteessa. Tehtyjen päätösanalyysisarjojen perusteella voidaan arvioida päätösriihi- ja päätöshaastattelumenetelmien soveltuvan erittäin hyvin käytettäväksi myös tositilanteessa, erityisesti onnettomuuden myöhemässä vaiheessa.

Päätöksen strukturoiminen so. tavoitteiden asettaminen (tässä esim. syöpäriskin pienentäminen), numeroarvojen antaminen tavoitteita kuvaaville attribuuteille (kollektiivinen annos) ja niiden toimenpidevaihtoehtojen määrittely, joilla asetetut tavoitteet saavutetaan, on analyttinen prosessi. Päätösanalyysin soveltaminen harjoituksessa määritteli implisiittisesti mitä tietoa ja missä muodossa tieto päätöksenteossa tarvitaan. Se evaluoi siten myös tutkimus- ja kehitystarpeita; esimerkiksi tässä tutkimuksessa havaittiin tarvetta kehittää elintarvikkeiden kautta saatavan realistisen annoksen arviointimenetelmiä ja toimenpiteiden kustannusten arviointia. Harjoituksen aikana tuli esiin myös monia päätöksenteon tukijärjestelmien kehittämiskohteita, joita on välitetty niiden tekijöille (esim. RODOS).

Tutkimuksessa ei pyritty evaluoimaan itse harjoitustapahtumaa, mutta istuntojen aikana analysoitiin tieteellisin menetelmin toimenpiteitä ja tehtiin herkkyystarkasteluja, joista voi päätellä tulosten luotettavuutta ja arvioida siten

itse harjoituksen onnistumista. Saatujen tulosten perusteella harjoitusta voi pitää onnistuneena. Toimenpiteiden suunnittelua varten tutkimuksessa haettiin myös päätöksiin vaikuttavia tekijöitä sekä arvoja, joita tarvitaan avoimessa keskustelussa ja tiedottamisessa, ja joita ei voi saada esiin tavanomaisissa valmiusharjoituksissa. Päätösriihi ja päätöshaastattelut, joissa sovelletaan päätösanalyysia, täydentävät siten hyvin tavanomaisia valmiusharjoituksia.

Tehdyn kyselyn mukaan suurin osa osallistujista piti päätösriihtä ja päätösanalyysia harjoitustilanteessa käyttökelpoisena lähestymistapana. Tämä tulos on havaittu aiemmissakin vastaavissa tutkimuksissa. Myös harjoituksen hyödyllisyys kokonaisuutena arvioitiin suureksi tai erittäin suureksi. Todellisessa tilanteessa käytettyinä menetelmiä pidettiin käyttökelpoisina mutta kuitenkin hieman huonompina kuin harjoituksissa. Asenteisiin vaikuttanee päätösanalyysimenetelmien monimuotoisuus ja joidenkin menetelmien epähavainnollisuus. Menetelmien käytettävyyttä on siten kehitettävä. Arvopuumenetelmällä saatujen tulosten vastaavuutta osallistujien ennakoarvioon pidettiin suurena, mikä osaltaan vahvistaa luottamusta päätösanalyttisten menetelmien käyttöön.

Riihessä ja sitä edeltävissä kokouksissa pohdittu onnettomuustapahtuma oli hypoteettinen ydinonnettomuus. On havaittu, että onnettomuustapahtuman kuvauksen on oltava ehdottoman totuudenmukainen, toimenpiteiden valmistelun käytäntöä vastaavaa ja osallistujien onnettomuustilanteiden hallintaan osallistuvia tahoja. Nyt toteutettu riihi, kuten myös aikaisemmat riihat ja päätöshaastattelut, on osoittanut, että realismi stimuloi keskustelua ja lisää osallistujien motivaatiota. Totuudenmukaisilla järjestelyillä on tärkeä merkitys tulosten laatuun. Vastapainona tämäntyyppiset harjoitukset ovat selvästi työlämpiä kuin tavanomaiset valmiusharjoitukset. Toisaalta nämä harjoitukset ylläpitävät valmiutta ja motivoivat asiantuntijoita kehittämään arviointi- ja toimintamenetelmiä.

Erityisen työlääksi osoittautui realististen annosten laskeminen. Nykyiset ohjelmistot kykenevät arvioimaan radionuklidin maksimipitoisuuden paikallisesti tuotetussa tai paikallisista raaka-ainesta jalostetussa elintarvikkeessa ja esittämään pitoisuuden aikariippuvuuden. Annoksia ei kuitenkaan voida laskea mielivaltaiselle vaan ennalta valitulle ajanjaksolle, kuten vuosi. Radionuklidin pitoisuus esimerkiksi laidunruohossa muuttuu nopeasti ajan funktiona. Elintarvikkeiden tuotanto ja jalostus on monimutkainen prosessi, jossa raaka-aineita kuljetetaan eri tuotantolaitoksiin ja jalosteet myydään kulutuksen

mukaan eri paikkakunnilla. Täydellisen realistisen annoslaskentamallin kehittäminen voi olla voimavaroja liiaksi kuluttavaa, mutta menetelmiä on syytä kehittää sellaisiksi, että ne pystyvät nykyistä paremmin laskemaan päätöksenteossa tarvittavat annosarviot.

Ennen riittä osallistujille jaettiin onnettomuuden kulkua ja sen seurauksia kuvaavaa tietoa. Tämän informaatiopakettin tarkoitus oli osaltaan selvittää, mitä tietoa eri tahot tarvitsevat saadakseen totuudenmukaisen tilannekuvan onnettomuudesta, ja mitä tietoa tarvitaan päätöksenteon tueksi. Tämä paketti sisälsi kaikki keskeiset asiat, jotka on myös esitetty tässä raportissa. Kyselyssä esitettiin joitakin parannusehdotuksia, mutta yleisesti jaettua tietopakettia pidettiin hyvänä. Myös tehty päätösanalyysi onnistui hyvin valitun aineiston perusteella, joten valintaa voitaisiin hyödyntää yleisemminkin suunniteltaessa valmiustoimintaa ja kohdennettaessa tutkimus- ja kehityshankkeita.

Harjoituksessa kokeiltu tietokonetuettu päätöstukijärjestelmä toimi hyvin myös käytännössä. Osallistujat kykenivät itse käyttämään järjestelmää ja kokivat myös ymmärtäneensä käytetyn menetelmän. Langattoman verkon käyttö oli ongelmaton ja tämän kokemuksen perusteella sitä voi pitää erittäin käyttökelpoisena todellisissa eri paikoissa toteutettavissa ryhmäprosesseissa. Liiallisen informaation tai teknisten apuvälineiden käyttö voi kuitenkin viedä huomion pois itse ongelmasta, tuoda esiin harhoja (ankkuroituminen ensin saatuun tietoon, tiedon saatavuus) ja vähentää tulosten merkittävyyttä.

Harjoituksessa vaihtoehtoja tuli punnittua monesta eri näkökulmasta, mikä vahvasti merkittävästi osallistujien saamaa kokonaiskuvaa ongelmasta. Vaikka osallistujien preferenssit olivat erilaisia, olivat tulokset kuitenkin samansuuntaisia. Tuloksissa ei ollut suuria eroja muiden kuin vaihtoehdon *ei toimenpiteitä* suhteen. Ehkä tämä olisi voitu jättää pois tarkastelusta, jolloin erot muiden vaihtoehtojen välillä olisivat tulleet paremmin näkyviin. Vaihtoehto saattoi luoda ankkuroitumispisteen ja aiheuttaa harhaa muiden vaihtoehtojen välisiin suhteisiin. Toisaalta vaihtoehdon mukanaolo vahvasti käsitystä, jonka mukaan vastatoimenpiteitä tulisi tehdä.

Analyyseissä vaihtoehtojen paremmuusjärjestys osoittautui melko herkäksi etenkin attribuutille *kustannukset* annetulle painolle. Tämä johtui siitä, että toimenpidevaihtoehtojen terveysvaikutukset olivat eri strategioissa lähes samat ja terveysvaikutuksia ei esiinny, jos jokin suojelutoimenpide tehdään.

Siten rahalliset kustannukset tulevat päätöksenteon kannalta merkittäviksi. Kustannusten arvioimiseen olisi siten suunnattava tutkimusta.

Toimenpiteiden mahdollinen toteutettavuus käytännössä tuli esille useassa yhteydessä. Laskeuma-alueella tuotetaan merkittävä osa Suomen maitotuotteista. Jos laidunruoho korvataan puhtaalla rehulla, tarvitaan yli kolme miljoonaa kiloa rehua päivässä ja rehun kuljetukseen useita tuhansia rekkoja. Suurin osa osallistujista piti kuljetusten organisoimista mahdollisena. Maidon käyttökielto tai tuotannon muutokset aiheuttavat myös merkittäviä jäteongelmia. Maitoa tuotetaan noin kaksi miljoonaa kiloa päivässä, eikä koko määrää voida juottaa vasikoille. Maidon kaatamista lietekaivoon ja multaamista peltoon muiden radioaktiivisten eritteiden kanssa pidettiin eettisesti arveluttavana. Maidon, heran, prosessiveden, maitojauheen tai niitetyn heinän käsittelemiseen kaatopaikka- tai muuna jätteenä tai loppusijoittamiseen ei ole varauduttu.

Käytettävissä ollut ohjelmisto ei ollut niin joustava, että sillä olisi voinut tehdä seurausarvioita tai generoida uusia toimenpidestrategioita riihen aikana. Osa osallistujista koki esilasketut toimenpidestrategiat jäykkänä ja vaihtoehtojen määrän pienenä. Esimerkiksi teollisuudella on mahdollisuus tehdä muitakin tuotantomuutoksia kuin tässä työssä käsitellyt (esim. maitoerien ohjaaminen eri tuotantolinjoille pitoisuuden mukaan). Tämä näkyy myös siinä, että strategia *puhdas rehu/ tuotantomuutokset* sijoittui hyvin analyysissa.

Annetussa tilanteessa pohdittujen toimenpiteiden paremmuusjärjestyksestä oltiin yksimielisiä. Analyysin jälkeen suoritetussa vaihtoehtojen hyväksyttävyysskyselyssä kaikki osallistujat olivat valmiita hyväksymään seuraavat vaihtoehdot ja pyrkimään toteuttamaan ne suunnitellun laajuusina: puhtaan rehun hankkiminen laskeuma-alueen ulkopuolelta laidunkauden loppuun ja tuotantomuutosten soveltaminen viikkoina 2 - 6, minkä jälkeen puhtaan rehun hankkiminen.

Onnettomuuden ajankohta oli tuorerehun saatavuuden kannalta ehkä huonoin mahdollinen: edellisen vuoden sato on loppumassa ja uutta ei ole vielä korjattu. Myös onnettomuuden laajuus ja vakavuus ovat erittäin harvinaisia. Harjoituksen perusteella on arvioitavissa, että hyvin suuressa joukossa kotimaassa tapahtuvista ydinonnettomuuksista on mahdollista toteuttaa kansainvälisten toimenpidetasojen alapuolella toimenpiteitä (esim. puhdas rehu), jotka ovat oikeutettuja ja optimoituja. Kansainvälisesti hyväksytyjen toimenpi-

detasojen ylittyminen merkitsisi kaupan olevien maitotuotteiden käytön kieltämistä. Tehtyjen arvioiden perusteella käyttökielto aiheuttaa myös eniten haittaa.

Harjoitukseen käytetty aika taukoineen oli yhteensä noin kuusi tuntia, mikä tuntui sopivalta. Osallistujien ajankäytön rajallisuuden vuoksi pidempi aika ei usein käytännössä tulisi kysymykseen. Tämän vuoksi käydyt valmistelevat kokoukset olivat välttämättömiä kokouksen onnistumisen kannalta.

Kokonaisuutena tällainen ryhmäprosessi, jossa kaikki osallistujat tuovat näkemyksensä esille, auttaa ymmärtämään myös muiden päätöksentekijöiden preferenssejä. Analyysin avulla tuodaan esiin ei vain osallistujien parhaina pitämät vaihtoehdot, vaan se, miksi näitä vaihtoehtoja pidettiin parhaina. Täten päätösriihessä suoritettu analyysi voi etenkin tällaisessa tärkeässä päätöstilanteessa, jossa pyrkimys konsensukseen osallistujien välillä on suuri, vahvistaa myös sitoutuneisuutta tehtävään päätökseen.

7 KIRJALLISUUSVIITTEET

Ahlbrecht M, Borodin R, Borzenko V, Ehrhardt J, French S, Shershakov V, Sohler A, Trakhtengerts E, Verbruggen A. Decision Support Issues in RODOS: The Needs of Decision Makers. *Radiation Protection Dosimetry* 1997; 1- 4 (Vol. 73): 81-84.

Apostolakis G E, Pickett S E. Deliberation: Integrating Analytical Results into Environmental Decisions Involving Multiple Stakeholders. *Risk Analysis* 1998; 5 (Vol 18): 621-634.

Bäverstam U, Fraser G, Kelly G N. Decision-Making Support for Off-Site Emergency Management. *Proceedings of the Fourth International Workshop, Aronsborg, Sweden, October 7-11. Radiation Protection Dosimetry* 1997; 1-4 (Vol. 73): 315.

Council Regulation (Euratom) No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.

EU Radiation Protection 87. Radiological protection principles for urgent countermeasures to protect the public in the event of accidental releases of radioactive material. European Commission, Luxembourg, 1997.

Ehrhardt J, Weis A (Eds.). RODOS: Decision support system for off-site nuclear emergency management in Europe. European Commission, EUR 19144 EN, 2000.

French S. Multi-Attribute Decision Support in the Event of a Nuclear Accident. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 1996; (Vol. 5): 39-57.

French S, Walmond-Larsen O, Sinkko K. RISO: Decision Conferencing on Countermeasures after a Large Nuclear Accident. RISO-R-676(EN), p. 23, 1993.

French S, Finck R, Hämäläinen R P, Naadland E, Roed J, Salo A, Sinkko K. Nordic Decision Conference: An Exercise on Clean-Up Actions in an Urban Environment after a Nuclear Accident. STUK-A132, 1996.

Hämäläinen R P. Computer Assisted Energy Policy Analysis in the Parliament of Finland. *Interfaces* 1988; 4 (Vol. 18): 12-23.

Hämäläinen R P. A decision aid in the public debate on nuclear power, *European Journal of Operations Research* 1990, 1 (Vol. 48): 66-76.

Hämäläinen R P. Facts or values - how do parliamentarians and experts see nuclear power? *Energy Policy* 1991; 5 (Vol. 19): 464-472.

Hämäläinen R P. Decision Analysis Makes Its Way Into Environmental Policy in Finland. *OR/MS Today* 1992; 3 (Vol. 19): 40-43.

Hämäläinen R P, Karjalainen R. Decision Support for Risk Analysis in Energy Policy. *European Journal of Operational Research* 1992; 56: 172-183.

Hämäläinen R P, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. RODOS and decision conferencing on early phase protective actions in Finland. STUK-A159. Helsinki 1998.

Hämäläinen R P, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. Decision analysis interviews on protective actions in Finland supported by the RODOS system. STUK-A173. Helsinki 2000.

IAEA Safety Series No. 109. Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. International Atomic Energy Agency, 1994.

IAEA Safety Series No. 115. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, International Atomic Energy Agency, 1996.

Keeney R L. *Siting Energy Facilities*. New York, Academic Press, 1980.

Keeney R L. Using Values in Operations Research. *Operations Research* 1994; 5 (Vol. 42): 793-813.

Marttunen M, Hämäläinen R P. Decision Analysis Interviews in Environmental Impact Assessment. *European Journal of Operational Research* 1995; 87: 551-563.

Niemelä I. Henkilökohtainen tiedonanto. STUK - Säteilyturvakeskus, 1997.

Rantavaara A. Henkilökohtainen tiedonanto. STUK - Säteilyturvakeskus, 2000.

Rinne M. Henkilökohtainen tiedonanto. MMT - Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 2001.

Winterfeldt von, D, Edwards W. *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press, New York, 1986.

STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A184 Servomaa A, Parviainen T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2001. Helsinki 2001.

STUK-A183 Sinkko K, Ammann M (eds.). RODOS Users' Group: Final project report. Helsinki 2001.

STUK-A182 Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L, Markkanen M, Arvela H. Talusveden radioaktiivisuus - perusteita laatuvaatimuksille. Helsinki 2001.

STUK-A181 Jalarvo V. Suomalaisten solariuminkäyttö. Helsinki 2000.

STUK-A180 Salomaa S, Mustonen R (eds.). Research activities of STUK 1995 - 1999. Helsinki 2000.

STUK-A179 Salomaa S (ed.). Research projects of STUK 2000 - 2002. Helsinki 2000.

STUK-A178 Rantavaara A, Calmon P, Wendt J, Vetikko V. Model description of the Forest Food Chain and Dose Module FDMF. Helsinki 2001.

STUK-A177 Rantavaara A, Moring M. Puun tuhkan radioaktiivisuus. Helsinki 2001.

STUK-A176 Lindholm C. Stable chromosome aberrations in the reconstruction of radiation doses. Helsinki 2000.

STUK-A175 Annanmäki M, Turtiainen T, Jungclas H, Rausse C. Disposal of radioactive waste arising from water treatment: Recommendations for the EC. Helsinki 2000.

STUK-A174 Servomaa A, Parviainen T (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2000. Koulutuspäivät 24. - 25.2.2000 ja 10. - 11.4.2000. Helsinki 2000.

STUK-A173 Hämäläinen RP, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. Decision analysis interviews on protective actions in Finland supported by the RODOS system. Helsinki 2000.

STUK-A172 Turtiainen T, Kokkonen P, Salonen L. Removal of Radon and Other Natural Radionuclides from Household Water with Domestic Style Granular Activated Carbon Filters. Helsinki 1999.

STUK-A171 Voutilainen A, Mäkeläinen I, Huikuri P, Salonen L, Arvela H. Porakaivoveden radonkartasto/Radon atlas över borrbrunnar/Radon Atlas of wells drilled into bedrock in Finland. Helsinki 1999.

STUK-A170 Saxén R, Koskelainen U, Alatalo M. Transfer of Chernobyl-derived ¹³⁷Cs into fishes in some Finnish lakes. Helsinki 2000.

STUK-A169 Annanmäki M, Turtiainen T (Eds.). Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water. Helsinki 1999.

STUK-A168 Suomela M, Bergman R, Bunzl K, Jaakkola T, Rahola T, Steinnes E. Effect of industrial pollution on the distribution dynamics of radionuclides in boreal understorey ecosystems (EPORA). Helsinki 1999.

STUK-A167 Thorrying H, Steinnes E, Nikonov V, Rahola T, Rissanen K. A summary of chemical data from the EPORA project. Helsinki 1999.

STUK-A166 Rahola T, Albers B, Bergman R, Bunzl K, Jaakkola T, Nikonov V, Pavlov V, Rissanen K, Schimmack W, Steinnes E, Suomela M, Tillander M, Äyräs M. General characterisation of study area and definition of experimetal protocols. Helsinki 1999.

STUK-A165 Ilus E, Puhakainen M, Saxén R. Strontium-90 in the bottom sediments of some Finnish lakes. Helsinki 1999.

STUK-A164 Kosunen A. Metrology and quality of radiation therapy dosimetry of electron, photon and epithermal neutron beams. Helsinki 1999.

STUK-A163 Servomaa A (toim.). Säteilyturvallisuus ja laadunvarmistus röntgendiagnostiikassa 1999. Helsinki 1999.

STUK-A162 Arvela H, Rissanen R, Kettunen A-V ja Viljanen M. Kerrostalojen radonkorjaukset. Helsinki 1999.

STUK-A161 Jokela K, Leszczynski D, Paile W, Salomaa S, Puranen L, Hyyssalo P. Radiation safety of handheld mobile phones and base stations. Helsinki 1998.

STUK-A160 Voutilainen A, Vesterbacka K, Arvela H. Radonturvallinen rakentaminen - Kysely kuntien viranomaisille. Helsinki 1998.

STUK-A159 Hämäläinen RP, Sinkko K, Lindstedt M, Ammann M, Salo A. RODOS and decision conferencing on early phase protective actions in Finland. Helsinki 1998.

STUK-A158 Auvinen A, Rahu M, Veidebaum T, Tekkel M, Hakulinen T, Salomaa S, Boice JD Jr (eds). Cancer incidence and thyroid disease among Estonian Chernobyl clean-up workers. Helsinki 1998.

STUK-A157 Klemola S, Ilus E, Ikäheimonen TK. Monitoring of radionuclides in the vicinities of Finnish nuclear power plants in 1993 and 1994. Helsinki 1998.

Täydellisen listan STUK-A-sarjan julkaisuista saa

Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
puh. (09) 759 881

